

Klimatek proiektua 2017-2018

Euskadiko karbonoaren izakinen mapa eta lurzoruen ehundura mapa



Klimatek proiektua 2017-2018

Euskadiko karbonoaren izakinen mapa eta lurzoruen ehundura mapa



Ihobe, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa
Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental

ARGITARATZAILEA:

Ihobe, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa
Ingurumen, Lurralde Plangintza eta Etxebizitza Saila
Eusko Jaurlaritza

Urkixo zumarkalea 36, 6. solairua
48011 Bilbao

info@ihobe.eus | www.ihobe.eus
www.ingurumena.eus

EDIZIOA:

2019ko abendua

EDUKIA:

Dokumentu hau NEIKER-Tecnalia, Laboratorio Agroambiental Fraisoro eta Lorra kooperatibak, Abelur, Lurgintza, AGA eta Aberekk egin du, I+G, Berrikuntza eta aldaketa klimatikoaren egokitzearen proiektuen garapenari laguntzeko sortutako 2017-2018ko Klimatek I+B+G laguntzen deialdian jasotako finantzazioari esker.

AURKIBIDEA

1.SARRERA ETA AURREKARIA.....	4
1.1.Lurzoruak babesteko euskal estrategia.....	4
1.2.Lurzoruak babesteko Europako politikak.....	4
1.3.KLIMA-2050 Estrategia	6
1.4.Lurzoruetako karbono organikoa eta karbonoaren atzematea	7
1.5.Ehundura lurzoruaren karbono organikoari dagokionez	8
2.PROIEKTUAREN XEDEAK.....	10
3.METODOLOGIA ETA EMAITZAK.....	11
3.1.Lanaren metodologia orokorra: aurreikusitako faseak.....	11
3.2.Burututako faseak eta lanak	12
3.2.1. I. FASEA: Lurzoruaren analitiken bilketa eta haien gaineko analisisa	12
3.2.2. II. FASEA: Ehunduraren eta karbono organikoaren aldakortasun espaziala azaldu dezaketen eragileen gaineko kartografia laguntzailearen bilketa	18
3.2.3. III. Eta V. FASEAK: Ehunduraren eta materia organikoaren interpolazio espaziala.	27
3.2.4. IV. FASEA: EAEko lurzoruetan C organikoaren metatze gehigarriaren bidez , gutxitzea eta egokitzea sustatzeko jarraibideak	28
AIPAMEN BIBLIOGRAFIKOAK.....	40

1. SARRERA ETA AURREKARIAK

1.1 Lurzuak babesteko euskal estrategia

Gizakiok ezin berriztu dezakegun baliabide naturala da lurzoria, bada, **gizakien jardun gehienek euskarria** dugu, eta izaera funtzio-anitza du (euskarri, erregulazio hidrikoa, elikadura, bioaniztasunaren gordailu, etab.). Horren guztiaren ondorioz, lurzuak berebiziko garrantzia du gizakion bizitzarentzat, eta are nabarmenagoa da **EAEko kasu berezian, oso mugatua delako hemen** eta horren ondorioz erabilera ezberdinak ematen dira, batzuetan haren degradazioa eragiten dute.

Ezin dugu ahaztu Lurzoruen Nazioarteko Urtean, 2015ean, Eusko Jaurlaritzak **kutsatutako lurzoruen araudia gaurkotu zuela**, ekainaren 25eko kutsatutako lurzoria prebenitzeko eta zuzentzeko **4/2015 Legearen bidez**. Halere, legean bertan aitortzen denez, “kutsadura ez da lurzoruaren ingurumen kalitatea kaltetzen duen gertakari bakarra”, eta aurreikuspen gisa adierazten da, “Gobernuak estrategia bat onartuko du **erosio, materia organikoaren galera, gazitze, trinkotze, bioaniztasunaren galera, zigilatze, eta uholdeen eraginez degradatu daitezkeen** lurzoruen funtzio naturalak eta erabilera babesteko, gordetzeko eta birjartzeko. Modu horretan, ingurumenari dagokienez lurzoria babesteaz gain, **haren ingurumen, ekonomia, gizarte, zientzia eta kultur funtzioak** mantendu nahi dira”. Egun, garatu beharreko eginkizunen “ibilbide-orri” bat jarri da lanean jada, lurzoruen funtzio naturalak eta haren erabilera babestea, gordetzea eta birjartzea xede dituen estrategia hori bete dadin.¹

Lurzuak babesteko Europako politikak

Europar Batasunean lurzoria babesteko erantzukizuna **Lurzoria Babesteko Estrategia Tematikoa** (“EU Thematic Strategy for Soil Protection”, COM(2006)231 final) izenekoan gauzatu da; horri jarraiki, lurzoruaren babesa eta erabilera jasagarria xede orokorra duten zenbait jardun ezarri zituzten, degradazio handiagoa eman ez dadin prebentzioa landuz eta degradazioa jasaten duten lurzuak birjarriz. Lurzoruaren Estrategia Tematikoa horren esparruan, Europako Batzordeak **“European Soil Data Centre” (ESDC)** delakoa ezartzea erabaki zuen, aurretiaz “European Soil Database” (ESDB)-arekin ekindako bidearen ildo beretik, **erabakiak hartzen dituzten arduradun politikoek lurzoruen gaineko informazio eskuragarria aise erabili ahal zezaten**.

ESDB-aren parametro funtsezkoenetariko bat ehundura mota da (buztinezkoa, franko-lohia, etab), osagai lodien edukiarekin batera. Aipatu parametro hori “Harmonised World Soil Database”-aren (HWSD) datuekin uztartu zuten buztin, lohi eta harearen portzentajeak lortzeko. Esparru horretan landu diren azken proiektuetako bat LUCAS LUCAS (“Land Use and Cover Area frame Statistical survey”) delakoa izan da, aurreko datu-baseen datuak hobetzen saiatu dira proiektu horretan, 14 km-tako pixel tamainara helduz, ezaugarri fisikoak abiapuntutzat hartuta (Ballabio et al., 2016). Haiek oinarritzat, **ondoriozko emaitza batzuk ere lortu dira, dentsitate erlatiboa esaterako**.

Ezaugarri fisikootatik ekinez, eta pedotransferentziaren funtzioak aplikatzeari esker, ehunduraren sailkapena, dentsitate erlatiboa, ur eskuragarriaren erretentzio-ahalmena,

1. Lurzuak babesteko 2020 Estrategia:

http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/plana_programa_proiektua/plan-de-suelos-contaminados-del-pais-vasco-horizonte-2018/r49-orokorra/es/

EAEko karbonoaren izakinen mapa eta lurzoruen ehundura mapa

eroankortasun hidraulikoa eta lurzoruko landare eta uraren gaineko ikerketa ugaritan eskatzen diren beste parametro batzuk lortu daitezke. Kontuan hartu behar da neurketa mota hau eta korrelazioak bilatzea garestia, zaila eta askotan ezinezkoa dela. Horrez gain, dentsitate erlatiboari buruzko interesa hazten ari da karbonoaren atzematearen gaineko ardurarekin batera, izan ere, karbonoaren edukia izakinetan (t C / ha) bihurtzeko erabiltzen da askotan.

Zentzu berean, duela gutxi Frantziako Ekimenak "4 per 1000", kalkulatu du urtero lurzoru bakoitzeko 4 lurzoruetan karbono erresebak haziz gero, atmosferako CO₂ kontzentrazioaren hazkundera gelditzea posible dela. Hazkunde tasa hau ez du helburu normatiboa izan nahi herrialdeentzat, nekazaritzako lurzoruen eta basoen karbono biltegian hazkunde txikiak ere eragin handia duela frogatzea baino, eta aldi berean lurrraren emankortasuna eta nekazaritza ekoizpena hobetzen duela, horrek epe luzerako helburua lortzen laguntzen du: tenperaturaren igoera + 1,5 / 2 °C-ra mugatzea.

1. irudia. "4 bider 100 Ekimenak" edukia organikoa hobetzea eta lurzoruetan karbonoa atzematea du helburu, tokiko eta ingurumeneko, gizarte eta ekonomia baldintzetara egokitutako nekazaritza praktikak gauzatuz, esaterako. Nekazal-ekologia, nekazal-basogintza, kontserbazio nekazaritza eta paisaiaren kudeaketa.

ESDC-ren estatistiken arabera, ehunduraren gainean garatu informazio kartografikoa eroso hidrikoaren, haizearen, bioaniztasunaren modelizaziorako, uraren atxikitze gaitasuna zehaztearekin zerikusia duten lanetarako, laborantza eta landaretzaren hazkunderako, lurzoru babesteko, lurzoruaren hezetasunaren gaineko jarraipena egiteko, lurrraren erabilerarako, azterketa ekologikoa burutzeko, lurrazpiko uren ahuldadea zehazteko eta hidrologiarako erabiltzen da sarri. (Ballabio et al., 2016).



Lurzoruaren egoeraren eta haren joeren gaineko informazio erabilgarria izatea aurre-eskakizuna da, lurzoruak babesteko inbertsio arrazionalak garatu ahal izateko, eta baita babes neurrien eraginkortasuna ebaluatu ahal izateko ere, baina lurzoruak monitorizatu ahal izateko kostuak altuak izan ohi dira (Kibblewhite et al., 2012).

1.2 KLIMA-2050 Estrategia

Klima Aldaketaren Euskal Estrategiak 2050 (KLIMA-2050) jardura-ildo nagusiak definitzen ditu BEG emisioak murrizteko eta Euskadik klima-aldaketara egokitzeko gaitasuna sendotzeko, berrikuntza eta lehiakortasun ekonomia onartzen duen garapena. Azken epemuga 2050 izan arren, KLIMA-2050 berriak ere helburu eta ekintza zehatzagoak definitzen ditu 2020rako eta 2030erako epeetarako, Europar Batasunetik (EB) ezarritako jarraibideekin bat etorriz.

KLIMA-2050 estrategiarekin bat etorriz, biztanleria handiagoa eta baliabideen ekoizpen premia handiagoak dituen etorkizuneko eszenatokia ikusita, lehen sektoreak etorkizuneko politikak eta plangintzak garatzeko beharrezko ikusiko duen garrantzia izango du. Ildo horretatik, nekazaritza, abeltzaintza eta basogintzako praktiken hobekuntza garrantzitsua izango da, BEG emisioak murriztea eta baso eta lur masen karbonoa atzemate prozesuan hobetzea eta klima egoera berrietara egokitzea.

KLIMA-2050 horren jarduketa-ildoan artean, proiektu honekin erlazionatutako batzuk 4., 5. eta 8. xedeei dagozkie:

XEDEA	Jarduketa-ildoak
4. XEDEA: Ingurune naturalaren Ekosistemak birsotzea eta naturalizatzea lurraldearen erresilientzia erresilientzia handitzea	mantentzeko. Erosioa gutxitu eta lurzoruko materia organikoa zaintzen dituzten nekazaritza praktikak sustatzea (adibidez, gutxieneko laboreak, estalkiak landare, etab.). Tokiko produkzio integratua bultzatzeko programak sustatzea, baita ekoizpen ekologikoa ere.
5. XEDEA: Lehen sektorearen erresilientzia handitzea eta isurketak murriztea	Karbonoaren isurgune gisa Euskadiko ahalmena areagotzea. Lehen sektorearen jardunbide eta kudeaketa (nekazaritza, abeltzaintza), klimaren baldintza berrietara egokitzea, nekazaritzako kudeatzaile eta profesionalei erabakiak hartzea ahalbidetzen dieten tresnak garatuz, eta klima aldaketekin bat datozen praktika berriak zehaztea lehen sektorean. Klima-aldaketaren eraginak ikertzea eta modelatzea honako hauetan: urbaliabideak, lurreko, kostaldeko eta itsasoko ekosistemak, lehen sektorea, hiriko ingurunea eta osasuna.
8. XEDEA: Berrikuntza, hobekuntza eta ezagutzaren transferentzia sustatzea.	Klima aldaketaren eraginen gaineko monitorizazio eta jarraipen sistema bat ezartzea.

Karbono organikoak lurzoruan duen garrantzia CO₂ gordetzeko gaitasuna gaintzen du, klima-aldaketara egokitzearen ikuspuntutik onura handiak ondorioztatzeaz gain, lurzoruen materia organikoa (MO) lurzoruen egitura hobetzen laguntzen baitu, eta ondorioz, higadura murriztu, luraren hezetasuna kontserbatu, luraren biodibertsitate edafikoa areagotu eta abar.

Ehunduraren gainean garatu informazio kartografikoa **erosio hidrikoaren, haizearen, bioaniztasunaren modelizazioarako, uraren atxikitze gaitasuna zehaztearekin zerkusia duten lanetarako, laborantza eta landaretzaren hazkunderako, lurzorua**

babesteko, lurzoruen hezetasunaren gaineko jarraipena egiteko, luraren erabilerarako, azterketa ekologikoa burutzeko, lurrazpiko uren ahuldadea zehazteko eta hidrologiarako erabiltzen da sarri. (Ballabio et al., 2016).

Lurzoruen egoeraren eta haren joeren gaineko informazio erabilgarria izatea aurre-eskakizuna da, lurzoruak babesteko inbertsio arrazionalak garatu ahal izateko, eta baita babes neurrien eraginkortasuna ebaluatu ahal izateko ere, baina lurzoruak monitorizatu ahal izateko kostuak altuak izan ohi dira (Kibblewhite et al., 2012).

1.3 Lurzoruetako karbono organikoa eta karbonoa atzematea

Karbono-isurgune baten sistema edo prozesu orotan, gas bat edo zenbait gas ateratzen da atmosferatik eta gorde egiten da. **Kyotoko Protokoloak**, Nazio Batuek sustatu tresna berotegi-efektuko gasen (CO_2 , N_2O , CH_4 , HFC, PFC, SF_6), isurketen zama eta erantzukizuna partekatu daitezen, aitortu egiten du biomasaren eta lurzoruen rola C-aren isurgune gisa. Bada, herrialde sinatzaileak baimentzen ditu beren isurketetatik berotegi-efektuko gasen (BEG) finkapena deskontatzeko jardun osagarrien bidez (luraren erabilera jarduerak, luraren erabilera aldaketa, eta basogintza). Beraz, laborantzaren, bazkatzen duten espezieen, landatzearen eta basogintzaren jardunen ondorioz CO_2 atmosferikoa biomasan eta lurzoruetan finkatzea laguntza garrantzitsua izan daiteke herrialde bakoitzarentzat, adostu gasen murrizketa konpromisoak betetzeko.

Karbonoaren zikloan, ekosistema mailari dagokionez, landaretzak CO_2 isurgune lana egiten du, atmosferatik ateratzen baitu aipatu gas hori fotosintesiaren bidez eta bere ehunetan bildu finkatutako karbonoa. Landare-biomasan dagoen karbonoaren parte bat atmosferara isurtzen da arnasketa eta deskonposizio prozesuetan, gainerako karbonoa, aldiz, zurean (behin behineko isurgunea) eta lurzoruen materia organikoa (nolabait iraunkorra den isurgunea) metatzen da.

Lur-ekosistema naturaletan karbonoaren metatze prozesu hori, denborarekin, karbono organiko egonkorreko stock balio batera heltzen da, beste eragile batzuen artean, landare espeziearen, klimaren, litologiaren eta lurzoru motaren arabera. Eragiteen diren eteteek, hala nola, laborantza, mozketak masiboak, suteak, erosioa etab., lur-ekosistemen karbonoaren dinamikarengana dute eragina, eta sarri, karbono iturri gisa aritzera igarotzen dira. Laborantzan, larreetan, abeltzaintzan eta basogintza **praktika egokien bidez**, lurzoruak karbono organikoa galtzea ekiditeaz gain, lurzoruetan karbono organikoaren stockak ahalbidetzea eta haiek gehiago metatzea lortu daiteke. Orobat, baso-landatzeen kudeaketa egoki batekin karbonoa biomasan metatzea ahalbidetu daiteke, eta gainera, bititza ziklo luzea duten zurezko produktuak lortzea sustatzen da.

Honako proiektu honetan, **EAEko egungo karbono organikoaren stock-a zenbatu** nahi da **erabilera guztietan** (laborantza-lurrak, mahastiak, belar bazkalekuak, sasiak, koniferak eta hostozabalak) gaur egun arte eskuragarri diren analitikak kontuan hartuz.

Horrez gain, sortutako **kartografiari**, klima aldaketaren aurreko egokitzapen neurriak identifikatzeko derrigorrezko urrats gisa, **EAEko lurzoruetan karbono organikoaren metatze gehigarria sustatzeko jarraibide-agiri bat** erantsiko zaio, eta arestian zehaztu transferentzia eta dibulgazio mekanismo berberekin izango da eskuragarri.

Etorkizuneko eszenatokiek proiektatzen duten tenperaturen gorakadarekin bat, lurzoruen materia organikoaren mineralizazioa gehitu egingo da eta, ondorioz, haien galera. Lurzoruen lehen 30 cm-tan C-aren (Mg C/ha) izakinen mapa eskuragarri izateari esker, egungo egoeraren berri emateaz gain, **abiapuntutzat erabiliko da**

kokapen bakoitzaren hobekuntza ahalmena ezagutzeko, egokitzen neurriak identifikatzeko, eta ondorio onuragarriak lortzeko ingurumenaren ikuspegiari dagokionez, hala nola, laborantza, abeltzaintza eta basogintza kudeaketa **jasangarria**, horren ondoriozko uren eta lurzoruen kalitatearen hobekuntzarekin eta, oro har, ingurunearena.

Klima aldaketaren testuinguru batean, 2050 urtean bizilagunak elikatzeko ahalmena **lurzuak bizirik mantentzeko** gure gaitasunaren arabera izango da. Horrela bada, nekazaritza -ekoizpena oso estu dago lotuta lurzoruen osasunarekin, eta horren adierazlerik nagusia materia organikoren maila da. Lurzu emankorrek eta egonkorrek zuenean dute eragin positiboa ekoizleen erresilientziarengan, klima inportuen aurrean.

Lurreko karbono organikoa zaintzea, degradatutako laborantza lurra birjartzea eta hobetzea, eta modu orokorrean, lurzoruaren karbonoa gehitzea dira **elikatzaren segurtasunaren**, elikatzeko sistemak eta herriak klima aldaketaren eraginetara egokitzearen eta isurketa antropogenikok arintzearen erronka hirukoitzen osagai nagusiak.

Hortaz, honako proiektu honi esker, **EAEko lurzoruaren karbonoaren erreserbak handitzeko hobekuntza planak ezarri ahal izango dira**, bada, **lurren emankortasuna eta nekazaritza-ekoizpena hobetzeaz bat**, epe luzean begirako xedea lortzen lagunduko du tenperaturaren igoera $+1,5/2^{\circ}\text{C}$ **mugatuz**, klima aldaketak eragin ondorioak lar nabarmenak izan ez daitezela.

1.4 Ehundura lurzoruaren karbono organikoa dagokionez

EAEko ehunduren mapa bat landu da (2 mm baino gutxiagoko partikula mineral ezberdinen **proportzio erlatiboan, tamainaren arabera elkartuak**). Lurrean karbonoaren izakinak kalkulatzeko xedez, luraren materia organikoa edukia zehaztu ohi da (sarritan masaren portzentajearen adierazia, hau da, materia organikoa g/100 g lurzu lehor baten eta, karbono organikoa izakinetan bihurtzean (C/ha t) ezinbestekoa da dentsitate erlatiboa zehaztea, edo gutxienez balioztatzea (lur lehorra t/lur m³), horretarako, ehundura da abiapuntua, hau da, 2 mm baino gutxiagoko mota granulometrikoen proportzio ezberdinak, honako lurzoruaren frakzioak: buztinak (0-0.002 mm), lohiak (0.002-0.05 mm) eta hareak (0.05-0.2 mm).

Garrantzitsua da aldagai kimikoen jokaera ezagutzea, hala nola, **ehundura eta materia organikoa**, aldagaiok erabiltzen baitituzte funtsezko eragin **lurzoruaren oinarritzeko ezaugarri hidraulikoak**. Ehundurak neurri handi batean azaldu dezake lurzoruaren jokaera fisikoa (Koorevaar et al., 1983). Materia organikoa, propietate kimiko gisa, rol garrantzitsua betetzen du lurzoruaren agregazioa ahalbidetuz, horri esker, buztin-humus konplexuak sortzen dira, eta lurzoruaren agregatuaren nukleo gisa aritzen dira (Lal et al., 1994), horrela, porositatea, aireztapena, infiltrazioa eta fluidoaren perkolazioa handitzen da lurzoruaren ura atxikitze gaitasunaren gehikuntzari bide emanez (Brady, 1984), eta isurketa zein erosioaren arriskua gutxitzeko prozesuan arituz (Van Beers, 1980).

Lurzu baten ehundura da haren propietaterik garrantzitsuetariko bat, bere aldetik ere eragina baitu lur-azalerako prozesuetan parte hartzen duten beste propietate fisiko, kimiko, biologiko edo hidrologiko askorengan. Ehundura **bereziki aldakor** agertzen da naturan (Burrough, 1993), **eta ezaugarri oso egonkorak agertzen ditu denboran zehar, materia organikoa edo lurzoruaren egiturak ez bezala**, hauek nabarmen aldatu baitaitezke epe laburrean eta ertainean. Bereizitasunok bihurtzen dute ehundura funtsezko osagai mantentzeko hornikuntzaren erraztasuna, uraren eskuragarritasuna eta luraren aireztapena ezarri ahal izateko, landarearen

garapenean ezinbesteko eragileak (Crave eta Gascuel-Odoux, 1997), eta halaber, lurzoruen degradazio prozesuak zehazteko (López-Bermúdez et al., 1998).

Oro har, karbonoaren eta lurzoruen ehunduraren gaineko mapak baliagarriak izan ohi dira klima aldaketaren ondorioak arintzearekin eta egokitzapenarekin zerikusirik duten proiektu anitzetarako, funtsean lurzorua bitarteko urrats gisa aritzen delako **hidrosfera, atmosfera eta litosferaren artean** (uraldien modelizazioa edo baliabide hidrikoen eskuragarritasuna, laborantzaren ureztatze eta uztaldien beharrianen proiektzioa, BEG-en inbentarioak, CO₂ xurgatzeko proiektuen bidez isurketak konpentsatzeko Erregistroa, espezieen eta nekazaritza-laboreen aukeraketa etab.).

2. PROIEKTUAREN XEDEAK

Proiektuaren helburua bikoitza da: egungo gabezia kartografikoak estaltzea azalera unitate bakoitzeko karbono stockaren maparen gaurkotzeari dagokionez, EAEko ehunduren mapa lantzea (gaur egun ez baitago). Beraz, proiektuak honako xede xehatuak ditu:

→ **EAEko karbono izakinen mapa garatzea azalera unitate bakoitzeko (Mg C / ha), lurzoruen lehenengo 30 cm-ko sakoneran, orain arte eskuragarri dauden lurzoruen analitikan oinarrituta (2017ko ekaina).**

→ **EAEko lurzoruen ehunduraren mapa lantzea, lurzoruen lehenengo 30 cm-ko sakoneran, gaur egun arte (2017ko ekainak) erabilgarri dauden lurzoruen analitikak abiapuntutzat hartuta.**

→ **Klima-aldaketa arintzea eta haren aurreko egokitzapena sustatzeko jarraibideak identifikatzea EAEko lurzoruetan C organikoaren metatze gehigarriaren bidez.**

3. METODOLOGIA eta EMAITZAK

Lan-metodologia orokorra: aurreikusitako faseak

LURCARBONTEXT proiektuaren txostenean deskribatu bezala, proiektuaren garapenean zehar burutu beharreko fase desberdinak hauek dira:

- I. FASEA: Lurzoruen analisien bilketa
- II. FASEA: Ehunduraren eta karbono organikoaren aldakortasun espaziala azaldu ditzaketen eragileen gaineko kartografia laguntzailea biltzea
- III. FASEA: Lurreko karbono-izakinen interpolazio espaziala metodo desberdinen bidez
- IV. FASEA: Klima-aldaketa arintzea eta haren aurreko egokitzapena sustatzeko jarraibideak, EAEko lurzoruetan C organikoaren metatze gehigarriaren bidez
- V. FASEA: Lurraren ehunduraren interpolazio espaziala metodo desberdinen bidez
- VI. FASEA: Dibulgazioa eta emaitzen transferentzia

Burututako faseak eta eginkizunak

Ondorengo ataletan deskribatzen dira burututako eginkizunak.

I. FASEA: Lurzoruen analitiken bilketa eta haien azterketa

Lehenengo fasean honako zeregin hauek egin ziren:

1. Atala: 2017ko datu-basearen eguneratzea (ehundura, materia organikoaren edukia, maneu praktiak, etab.) lurzoruen analisien bilketa abiapuntutzat hartuta.
2. Atala: Puntuen geolokalizazioa (UTMX, UTM).
3. Atala: Emaitza analitikoaren arazketa eta harmonizazioa. (sakoneraren homogeneizazioa, laborategiko metodoa, etab.).
4. Atala: Emaitza analitikoekin lotutako karbono-izakinen eta ehunduren balioztapena.
5. Atala: Lurzoruen erabileren arabeko datuen banaketa (laborantzak, mahastiak, larreak, koniferak, hostozabalak...) eta, ahal den neurrian, produkzio sistemen arabera (bereziki, lurzoruen kudeaketa eta sargaien ekarpena).

Proiektua garatzeko funtsezko gakotzat jotzen da EAEko lurzoruen analisisa. Funtsezkoa da laborategiko datu horiek osatzen baitute materia organikoaren eta

EAEko karbonoaren izakinen mapa eta lurzoruen ehundura mapa

ehunduraren datu-basearen edukia, eta haietatik kalkulatuko baitira kokapenen karbonoaren edukia eta ehundura, laborategiko inongo daturik gabe.

Proiektu honi ekin baino lehen, aurretiaz argiratutako (Eusko Jaurlaritza, 20142). Karbono-stockaren mapa (Mg C / ha) lortzeko oinarri gisa erabilitako lurzoruen analisiak zeuden (gutxi gorabehera, 8800 datu 1977-2010 epealdiari dagozkionak; gehienak 1991-2008 epealdikoak).

Hortaz, 2009-2017 aldiko datuekin datu-basea gehitzean bideratu ziren ahaleginak, proiektuaren bazkide ugarien lankidetzaren bidez (LORRA, LURGINTZA, ABELUR, ABERE, AGA, FRAISORO) mota horretako informazioa duten EAEko eragile ia guztiak. Horretarako, bazkide ezberdinen arteko koordinazio eta elkar-banaketa bilerak egin behar izan ziren.

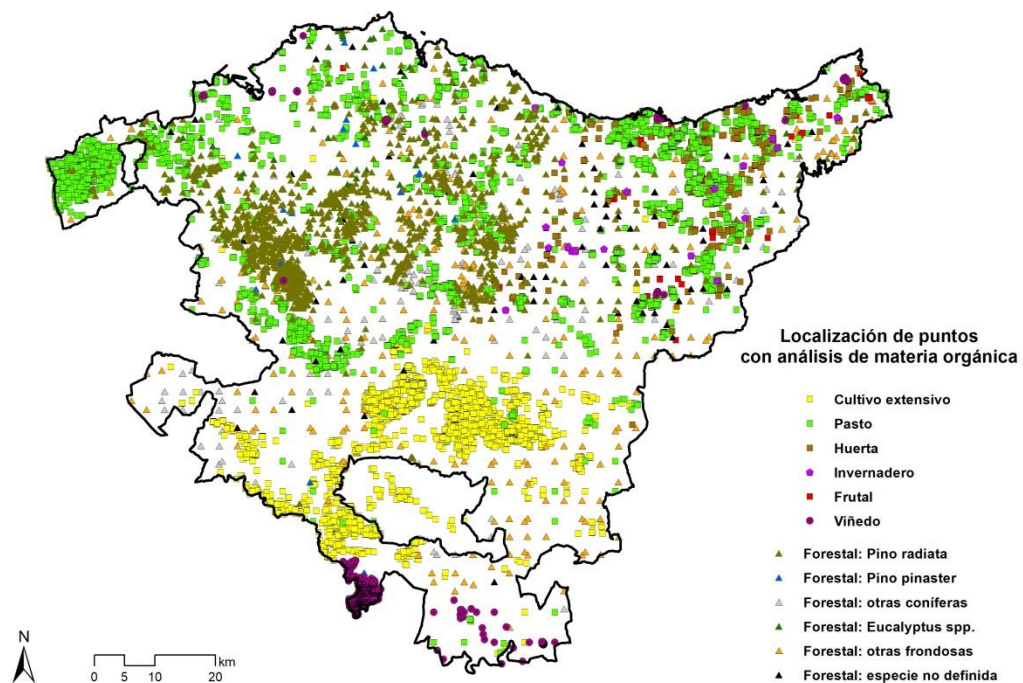
Gainera, eskuragarri dauden datuen kopurua handitzeko ahaleginak egin dira, Neiker-en alde aurretik prestatu karbono-stockaren maparako bildutakoetatik harago (Eusko Jaurlaritza, 2014).

Azterketa horiek ez direnez arruntean egiten EAEko lurzoruen datu basea hobetzeko xedez, haien eskuragarritasuna zoriaren eta lurraren jabeek edo erabiltzaileek izan dezaketen aukera eta interesaren arabera izan ohi da, labore, belardi, baratx edo beste edozein erabileratarako direla. Hala ere, aurreko ezagutzak aberastu ahal izan dira analisi kopurua handituz.

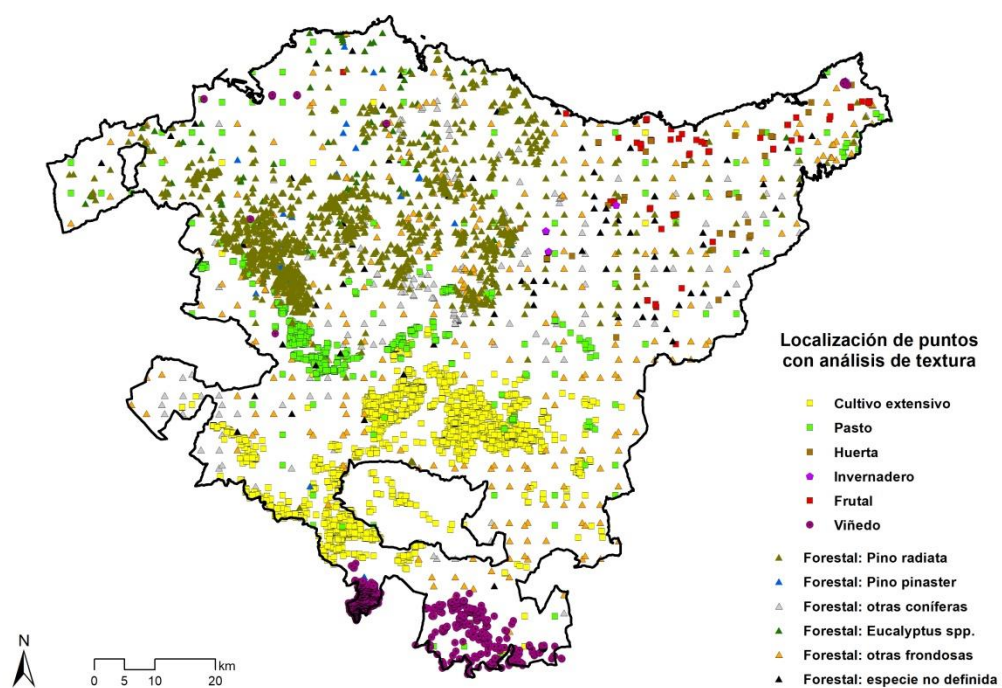
Baso-lurren kasuan, non jabeak edo erabiltzaileak lurzoruak aztertzea ez ohizkoagoa izaten baiten, ia ezinezkoa suertatu zen aurreko C mapak eskainitakoak baino datu gehiago biltzea, horietako asko BASONETen sarekoak (2001eko laginketa). BASONET sarearen laginketa egin zenez geroztik eta Basoen Inbentario Nazionalaren (BIN) zereginak profitatuz, BASONET sarearen zenbait puntuetako lurzoruak berriro lagintzea eta aztertzea komenigarria izan zitekeela erabaki zen. Horrela bada, BASONET sareko 81 lursail berri lagindu eta aztertu dira datu-basean sartzeko.

Laburbilduz, proiektu honi esker, gai organikoen eta ehunduraren datu-baseko erregistroen kopurua 12.000 datuetara iristeraino handitu da. Bildutako analisi ia guztiek lurrraren materia organikoaren edukiari buruzko informazioa dute (irudian 11.914 datu), berriz, ehundura analisia duten laginak gutxiago dira (irudian, 6.800 datu).

2. Eusko Jaurlaritza , 2014. *Sumideros de carbono de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Capacidad de secues*
https://issuu.com/ingurumena/docs/c_sumideros.



1. Irudia. Erabileren araberako datu-basearentzat bildutako datuen kokapena, materia organikoaren analitikekin.



2. Irudia. Erabileren araberrako datu-basearentzat bildutako datuen kokapena, ehunduraren analitikekin.

Datu-basearen harmonizaziorako eta emaitzen azterketa prozesurako alderdi aipagarrienak jarraian zehazten dira:

- **Azterketa-metodoa:** azterketa gehienak bi laborategitan (Fraisoro eta Neiker) egindakoak dira, metodo analitiko beraren bidez, baina ez modu berean, materia organikoaren edukia zehazten duten. Hortik dator erabilitako azterketa metodoak identifikatzeko eta bien arteko baliokidetasuna bilatzeko garrantzia.

Bi laborategietan materia organikoaren edukia Walkley & Black metodoaren arabera zehazten da. Teknika hezeaz burutu digestioa da, medio azido batean gehiegizko potasio dikromatoa erabiliz; Neiker zerbitzuko laborategiaren kasuan, ez da berorik ematen prozesuan zehar. Gehiegizko dikromatoa Mohr gatzarekin balioztatzen da. Balorazio erreodox izanik, metodoak C baliokideak zehazten ditu eta materia organikoak 0 oxidazio egoera duela onartuz, C baliokideak C gramoetara pasatzen dira. C edukiaren azken emaitza materia organikoaren eduki bihurtzen da, materia organikoaren % 58 C.-k osatzen duela neurtuz. Metodo honen bidez C organikoa ez da erabat oxidatzen; askotan, oxidatu gabeko C dikromatuaren frakzioa forma karbonizatuei dagokie.

Metodo bera erabili arren, egiaztatu da lagin berrien azterketaren emaitzak ez direla berdinak Neikerren eta Fraisoron. Hori dela eta, honako funtzio lineal hau aplikatu da Fraisororen laborategian lortutako materia organikoaren balioak Neikerren lortutako liratekeenekin, laginok bertan aztertu izan balira, doitzeko.

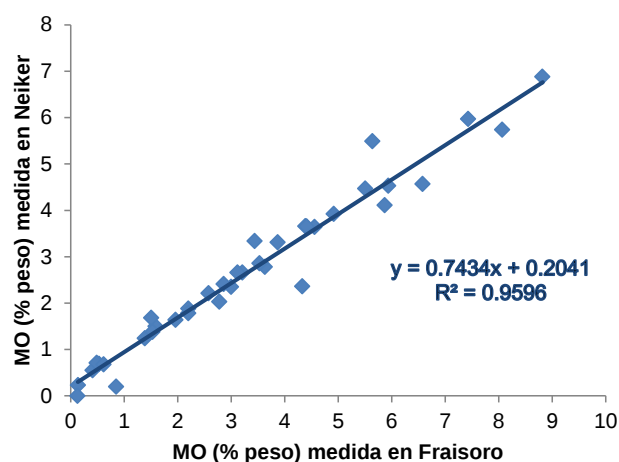
$$y = 0,7434 * x + 0,2041 \quad (R^2 = 0.9596)$$

Non eta:

y: Neikerren lortutako MO edukia (%).

x: Fraisoron lortutako MO edukia (%).

Erregresio-lerro hori laborategi bietan (%0,2-6,9 materia organikoaren tarte batean) lagin berberaren materia organikoaren edukia aztertuz lortu zen (ikus.3.Irudia).



3. Irudia. Fraisoro eta Neikerren materia organikoaren emaitzen artean aurkitutako erregresio-zuzena.

- **Laginketaren sakonera:** Ehunduraren eta materia organikoaren gainean sortuko den kartografiak lurzoruaren sakonera-profil berdina izan behar du (0-30 cm), baina bildutako analitikak sakonera anitzekoak dira, ez baitira berariaz egiten mota horretako kartografiarako, beste xede batzuetarako baino.

Proiektuaren helburua C organikoaren izakinak lurzoruaren goiko 30 cm-tan lortzea da, IPCC-k (IPCC, 2006) jarduera antropogenikoek errazago eragin dezaketen sakonera dela neurtzen baitu.

Hala ere, zenbait kasutan, lurzoruaren lehenengo 30 cm-ko C edukia ez dago erabilgarri. 30 cm baino gehiagoko sakonera duten aukera ezberdinak aztertu diren kasuetan, edukia C-tan haztatu da, lehenengo 30 cm-tan dagoen kopurua bakarrik lortzeko.

Laginen sakoneraren arabera banaketa honako hau da:

0-10 cm: 5883
0-15 cm: 6
0-20 cm: 68
0-25 cm: 1
0-30 cm: 5687
10-30 cm: 615

0-15 cm, 0-20 cm eta 0-25 cm-ko sakoneretako laginak ezabatu egin dira analisiotatik, datuen % 0,6 baitira.

30 cm-ko baino gutxiagoko sakonera aztertu den kasuetan, C-ren banaketa 30 cm-tara arte kalkulatu da, Jobaggy eta Jackson-ek 2000 urtean egin lanaren arabera, 1.842ko lan zientifikoetan aipatua. Lan horrek karbonoaren edukiaren banaketa bertikala ebaluatzen du 694 profil edafikoko lurzoruetan, larre, sasi eta baso-sistemetan ezberdinduz.

Bihurketa-faktorea lortzeko, lehendabizi, goiko bi geruzak (0-20 cm eta 20-40 cm) 10 cm-ko geruzetan banatu ziren (0-10, 10-20 eta 20-30 cm) eta C zer portzentaje zegokien azpigeruza bakoitzari kalkulatu, kontuan hartuz lurzoruaren C proportzioa esponentzialki gutxitzen dela sakonerarekin jaisten dela. Horrela, 0-20 cm-ko geruzaren arabera, %65 0-10 cm-ko geruzan egongo litzatekeela onartu zen eta gainerako %35 20-30cm-ko geruzan. Eta 20-40 cm-ko geruzaren arabera, %60 20-30 cm-ko geruzari egotzi zitzaion. Analisi horretatik abiatuta, 1. taulako ekuazioak kalkulatu dira.

1. Taula. Karbono organikoaren edukia 0-30 cm-ko sakonera lortzeko aplikatutako ekuazioak sakonera baxuagoetan hartutako lurzoruaren laginak aztertzeetik aplikatu dira.

Analisiaren informazio eskuragarria	0-30 cm-ko sakonera betetzeko aplikatutako ekuazioa
Larre-erretarako sakoneran lehen 10 cm-ak eskuragarri direnean	$C_{0-30cm} = C_{0-10cm} * 2.04$
Baso-sistemetatarako lehen 10 cm-ak eskuragarri direnean	$C_{0-30cm} = C_{0-10cm} * 1.79$

C_{0-30cm} eta C_{0-10cm} C-ren kontzentrazioa (%) lehen 30 cm-tan eta 10 cm lurzoruaren profiletik.

10-30 cm-ko laginketaren sakonera aurkeztzen zuten laginak mahastietakoak ziren guztiak eta sakonera horren C kontzentrazioa nahi zen sakonerara eraldatu ahal izateko, NEIKERek lan ezberdinetan sortutako informazioa erabili zen, hala nola, Doktore tituludun Olatz Unamunzaga And.-aren doktorego tesia: *Arabako Errioxako*

mahasti baten zonifikazioa, lurzoruaren ezaugarrien arabera eta ekoizpenarengan eta kalitatearengan duen eraginaren arabera. Profil edafiko desberdinak berrikusi ondoren, 1,2 bihurketa-faktore bat erabiltzea erabaki zen, C kontzentrazioa 10-30 cm-tik 0-30 cm-ra eraldatzeko.

- **Kokapena:** Bildutako laborategiko analisi asko ezin ziren zuzenean erabili proiektu honetan, ez baitzegoen informazio nahikorik beren kokapen espazialaren gainean. Kudeaketa-zentroetatik ahalegindu ziren haien kokapena eskuratzen, laborategietan bildutako beste datu batzuetan oinarrituta (jabea, jabeak emandako informazioa, erabilera, etab.).

Erabilitako kokapen formatu guztiak (SIGPAC identifikazioa lursailaren arabera, SIGPAC identifikazioa barrutiaren arabera, koordenadak, etab, ...) erreferentziako sistema berdineren (ETRS89 sistemaren UTMak) bihurtu ziren eta, azkenik, puntu-geolokalizatu bihurtu ziren. Hau da, lurzoruaren azterketa lursail baten (edo barruti baten) azalerari zegokionean, bere gain hartu zen haren zentroideari zegokiona.

- **Dentsitate Erlatiboa:** Lurzoru baten dentsitate erlatiboa bolumen unitate bakoitzari dagokion lurzoru lehorraren masa gisa definitzen da, hutsuneak edo poroak, agerikoak edo ez, barne direla. Definizio hau bai Geologian bai Materialen Teorian erabili ohi da. Lurraren dentsitate erlatibo hori adierazle ona da lurzoruaren ezaugarri garrantzitsuak ezagutzeko, hala nola, porositatea, aireztapen maila eta drainatze ahalmena. Lurzoru mota batean, dentsitate erlatiboari dagozkion balio txikiek lurzoru porotsuak, ondo aireztatuak eta ondo drainatuak adierazten dute.

Berriz, balioak altuak baldin badira, lurzorua trinkoa edo poro gutxikoa dela adierazten dute, beren egiturak porositate gutxi duela, uraren infiltrazioa motela dela eta horrek uholdeak sor ditzake.

Dentsitate erlatiboa zehazteko metodarik sinpleena zuritu gabeko lurzoruaren bolumen finko bat hartu eta lehortu ondoren pisatzea da, labean 105 °C-tan berotuz 48 orduz. Horretarako, bolumen ezaguneko metalezko zilindro bat erabiltzen da. Mutur batean buru zilindriko bat jartzen zaio, gomazko mazo batekin kolpatuko dena, zilindro edo lagin-eraztuna lurzorian sartu ahal izateko, laginari eraginik egin gabe. Guztiz iltzatu eta gero, zilindroa lurretik ateratzen da, tresna egoki batekin moztuz, eta horri esker, iltzatutako muturraren soberakoa ezabatu ahal izango dugu. Behin zilindroa beteta, eta bi muturretan berdinduta, plastikozko bi estalki jartzen zaizkio bi muturretan. Laborategian jada, barruko lurra ateratzen zaio, horren bolumena zilindrokoenarekin dator bat eta ezaguna baita, lehortu eta pisatu egiten da. Lortutako pisu lehorraren eta dagokion bolumenaren arteko erlazioaren arabera zehazten da dentsitatea.

Lurzoruaren dentsitate erlatiboa funtsezko parametroa da C-aren kontzentrazioa (g C kg^{-1} lurzorua) C edukia (Mg C ha^{-1}) bihurtzeko, eta hori zehaztea zein neketsua den kontuan hartuta, pedotransferiko ekuazioetan oinarritzen aipatu datua lortzeko.

Baso-sistemetarako, NEIKER-en garatutako pedotransferia funtzioak erabili ziren (2. Taula). Ekuazio horiek Eusko Jaurlaritzako Nekazaritza Sailak 2001. urtean sortutako BASONET sarea dute oinarri. Basoen Inbentario Nazionaleko 428 lursailak osatzen dute BASONET eta lursailotan aldatu gabeko lagin-zilindro bildu ziren bi sakoneratan (0-20 cm eta 20-40 cm) dentsitate erlatiboa zehazteko. Horrez gain, lurzoru-laginak bildu

EAEko karbonoaren izakinen mapa eta lurzoruen ehundura mapa

ziren eta lurzoruaren ehundura zein materia organikoa aztertu ziren. Horri esker, NEIKERek baso-sistemetarako pedotransferentzia ekuazioak sortu ahal izan zituen.

2. Taula. Baso-lurzoruen dentsitate erlatiboa kalkulatzeko aplikatutako ekuazioak.

Ehunduraren gainean informazio erabilgarria (USDA)	0-30 cm-ko dentsitate erlatiboa aplikatutako ekuazioa
Buztinaren edukiera lurzoruetan $\leq 45\%$	$D_{\text{erlatiboa}} = -0.2135 * \ln(\text{MO}) + 1.3185$
Buztinaren edukiera lurzoruetan $> 45\%$	$D_{\text{erlatiboa}} = -0.1741 * \ln(\text{MO}) + 1.247$

$D_{\text{erlatiboa}}$: dentsitate erlatiboa, g cm^{-3} -tan edo Mg m^{-3} ; MO: edukia materia organikoa, portzentajea.

Basorik gabeko lurzoruetarako, Rawls et al.-ek (2004) garatutako ekuazioa erabili zen, Ameriketako Estatu Batuetako A horizonteko 2.100 lurzoru laginen azterketan oinarrituta.

The following model was developed to predict soil bulk density from % sand, % clay and % organic carbon using over 2100 A soil horizons taken from the USDA-NRCS Soil Characterization Database.

$$\begin{aligned} \rho_b = & 1.36411 + 0.185628(0.0845397 + 0.701658w - 0.614038w^2 - 1.18871w^3 \\ & + 0.0991862y - 0.301816wy - 0.153337w^2y - 0.0722421y^2 + 0.392736wy^2 \\ & + 0.0886315y^3 - 0.601301z + 0.651673wz - 1.37484w^2z + 0.298823yz \\ & - 0.192686wyz + 0.0815752y^2z - 0.0450214z^2 - 0.179529wz^2 \\ & - 0.0797412yz^2 + 0.00942183z^3) \end{aligned} \quad (2)$$

where: $x = -1.2141 + 4.23123 \text{ sand}$ ($0.004 < \text{sand}(P_{50-2000 \mu\text{m}}) < 0.952(\text{g/g})$); $y = -1.70126 + 7.55319 \text{ clay}$ ($0.002 < \text{clay}(P_{<2 \mu\text{m}}) < 0.807(\text{g/g})$); $z = -1.55601 + 0.507094 \text{ OM}$ ($1 < \text{Organic matter content} < 14.70(\%)$); $w = -0.0771892 + 0.256629x + 0.256704x^2 - 0.140911x^3 - 0.0237361y - 0.098737x^2y - 0.140381y^2 + 0.0140902xy^2 + 0.0287001y^3$.

Azkenik, lurzoru laginen C portzentajeaz azalera unitateko C kantitate bihurtzeko (Mg ha^{-1}), honako formula hau erabili da:

$$C (\text{Mg ha}^{-1}) = C (\%) * D (\text{Mg m}^{-3}) * \text{sakonera (m)} * 100$$

Non,

C (Mg ha^{-1}): azalera-unitate bakoitzeko (C Mg ha^{-1}) dagoen C kantitatea.

C (%): lurzoruaren laginaren C edukia,%-tan.

D (Mg m^{-3}): lurzoruaren dentsitatea erlatiboa, Mg m^{-3} -tan.

Sakonera (m): laginketaren sakonera, metroan.

II. FASEA: Kartografia osagarriaren bilketa ehunduraren eta karbono organikoaren aldakortasun espaziala azaldu dezaketen eragileei buruz

Eskala-prozedurak honako arrazoibideari jarraiki egin behar dira: laginketa-puntu bakoitzean materia organikoa edota ehundura metatzea datu espazialak eskuragarri dauden eragin-parametroen arabera da, hala nola, klima, materiala parentala, erabilera-mota eta malda (ko-aldagaiak).

Ko-aldagaion hautaketa eskuragarri dagoen informazioan eta aldagai bakoitzak eragina luraren ehundura eta materia organikoarengan duen eraginean oinarritu da. Aukeratutako ko-aldagaiak lau multzotan banatu dira:

1. **Lur-eredu digitaletik eratorritako aldagaiak**

Eskala nazionaletarako gomendioa 30 m-ko bereizmena duen lur-eredu digitala (LED) erabiltzea da. Kasu honetan, Euskal Herriko LED bat erabili da 5 m-ko bereizmenarekin, informazio hori Eusko Jaurlaritzaren GeoEuskadi atarian baitago (4. irudia). Lurzoruen materia organikoa zehazteko, LED-tik eratorritako ko-aldagai interesgarrienetakoak honako hauek dira: **altxaera** tenperaturan eragiten baitu materia organikoa galtzeko posibilitatea; **orientazioak**, **itxurak** eta kurbadurak puntu bakoitzak jasotzen duen erradiazioarekin zerikusia duten parametroak dira, eta, beraz, materia organikoaren mineralizazio tasarengan dute eragina. Orobat, lurzoruen hezetasunarekin (Topographic wetness index) gehitzeko aukera baloratu da, hezetasuna baita mineralizazioarengan eragiten duen beste parametro bat.

2. **Materia parentala**

Ama-arrokak funtsezko inpaktua du lurzoruen eraketan, haren geokimikan eta fisikan. Ama-arrokari buruzko informazioa normalean mapa geologikoetan egoten da, non arroka eraketari, osagai mineralei eta adinari buruzko informazioa gordetzen baita, eta maiz, azaleko sedimentu gazteagoei buruzko informazioa faltan botatzen da (baita mapa kuaternarioetan ere). Geologoek erabiltzen dituzten sailkapenak, batez ere, geokimika eta harriaren egitura hartzen dute kontuan. Geokimikak funtsezko eragina du lurzoruen kimikan, adibidez truke-kationikorako ahalmenean, oinarrien saturazioan eta mantenugaien stockean. Arroka eraketak, bestalde, desintegratzeko gaitasuna zehazten du eta horrek eragina du lurzoruen propietate fisikoengan, hala nola luraren ehundura, iragazkortasun eta lodierarengan. Kasu honetan, Energiaren Euskal Erakundeak (EEE) garatutako Eusko Jaurlaritzaren GeoEuskadi atarian eskuragarri dagoen 1984ean garatu informazio geologikoa erabili da, 1: 25.000 ebazpenarekin (5. irudia).

3. **Lurzoruen erabilerak**

Luraren erabilera eta luraren estaldura funtsezko faktoreak dira lurzoruen propietateak mapatzeko. Lur-estaldurari eta luraren erabilerari buruzko informazio iturri ezberdinak daude, esaterako, GlobCover, GeoCover, GlobeLand30 edo CORINE Land Cover. Kasu honetan, Nekazal Lursailak Identifikatzeko Sistema Geografikoa (NLISG) erabili da, lurren erabilerak honako terminoetan sailkatuz: baratzeak (BA), larreak (LA), mahastiak (MA), olibondoak (OI), fruta arbolak (FA), laborantza estentsiboak (LE) eta basogintza (BAG). Baso-eremuen kasuan, NLISG-ak ez du informazio gehiagorik eskaintzen, beraz, Baso Inbentario Nazionala erabiltzea erabaki da, radiata pinua, pinus pinaster eta beste konifero, eukalipto, hostozabal eta zehaztu gabeko espezieekin sailkatzeko baso-eremua. Zehaztu gabeko espezieen kategoriak barietate atlantikoko zuhaitz eta zuhaixka mota ugari biltzen dituzten baso-sistemak hartzen ditu barne, nagusiki Quercus generoko zuhaitz espezieak nagusi diren arren (6. irudia).

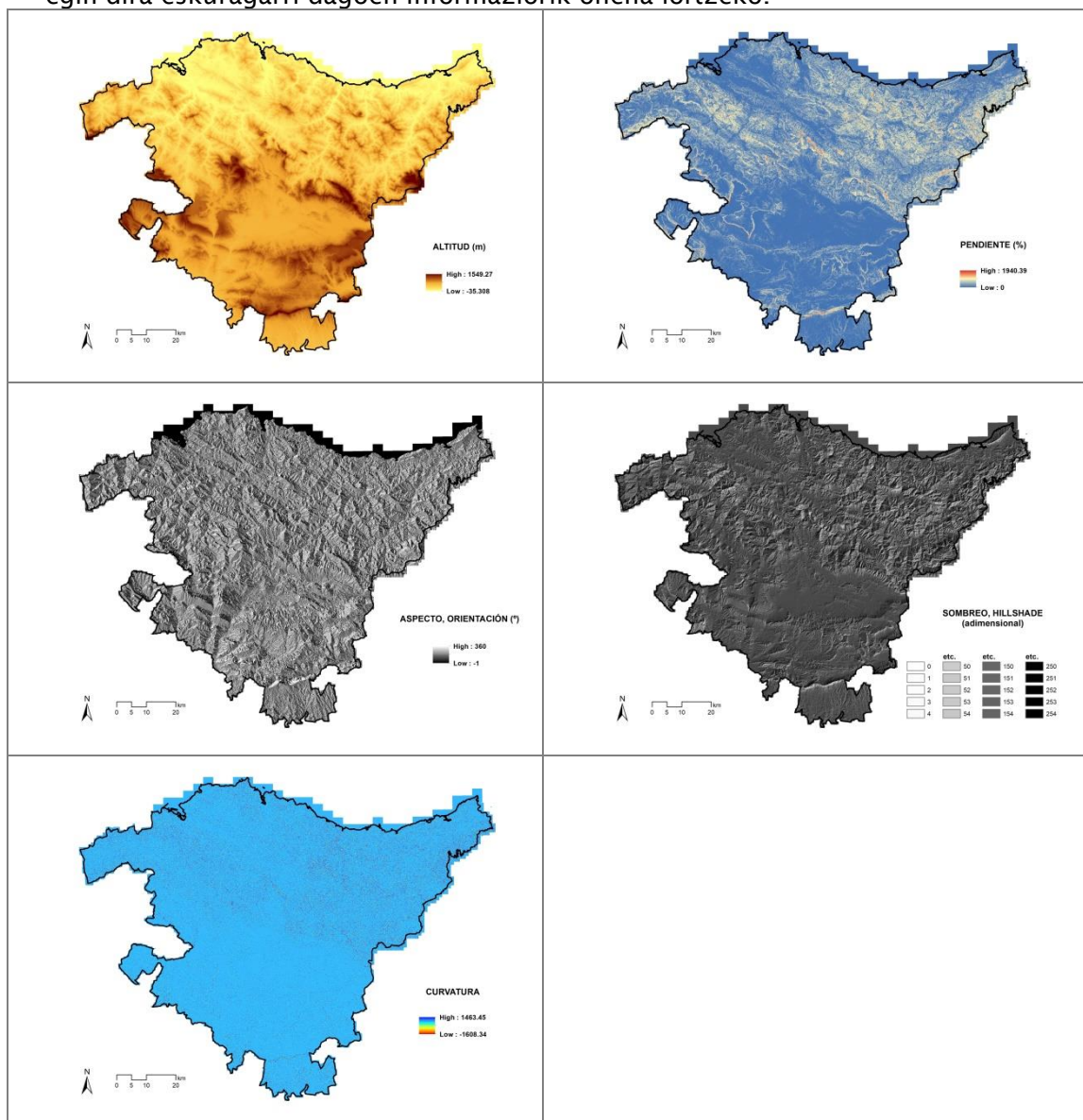
4. **Klima aldagaiak**

Lurzoru mineraletan material organikoaren gehien eragiten duten aldagaiak hezetasuna eta tenperatura dira, haien mineralizazio tasa zehazten baitute. Interpolazio espaziala lortzeko erabili diren aldagai klimatikoak KLIMATEK proiektuan sortutakoak dira: NEIKERek zuzentzen duen klima-aldaketaren eszenatokiaren lanketa. Aukeratutako aldagaiak hauek dira: urteroko

EAEko karbonoaren izakinen mapa eta lurzoruen ehundura mapa

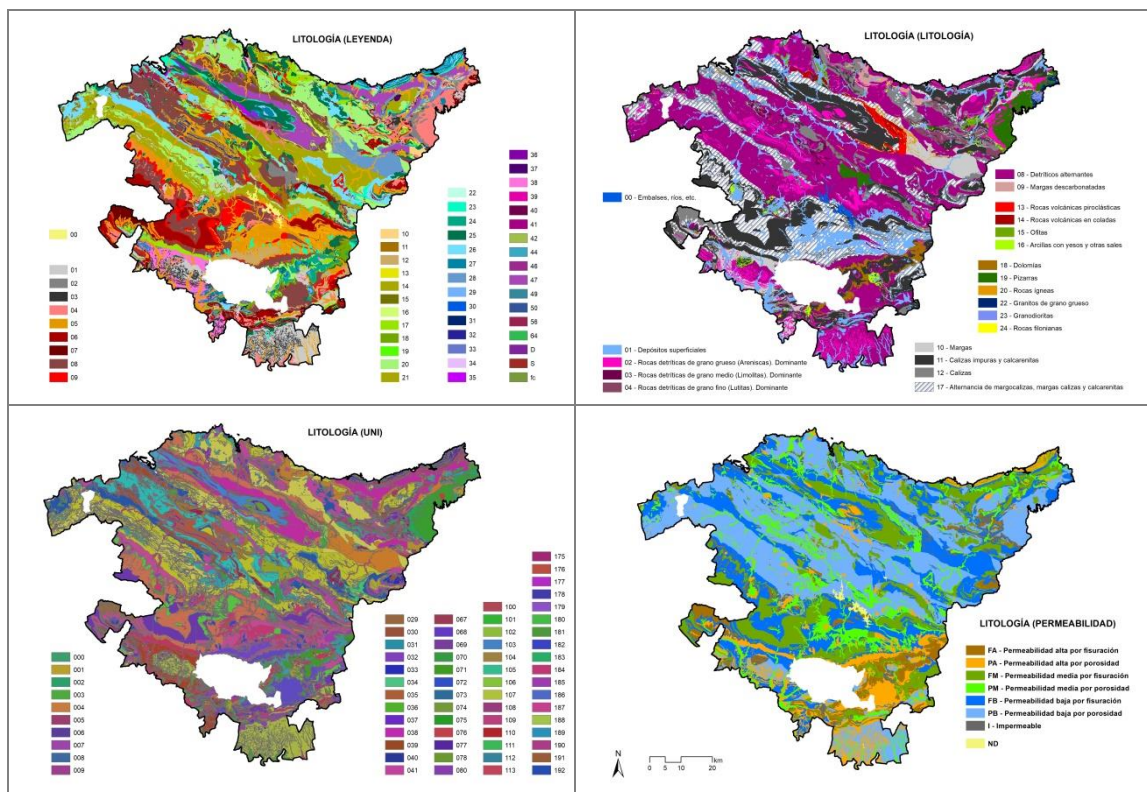
prezipitazioa, batez besteko tenperatura, 1971-2016 epealdiari dagokion tenperatura gorenena eta minimoena 30" pixeleko bereizmenean (7. irudia).

Hautatutako aldagaien bereizmen espaziala desberdinaenez, harmonizatu egin dira eskuragarri dagoen informaziorik onena lortzeko.



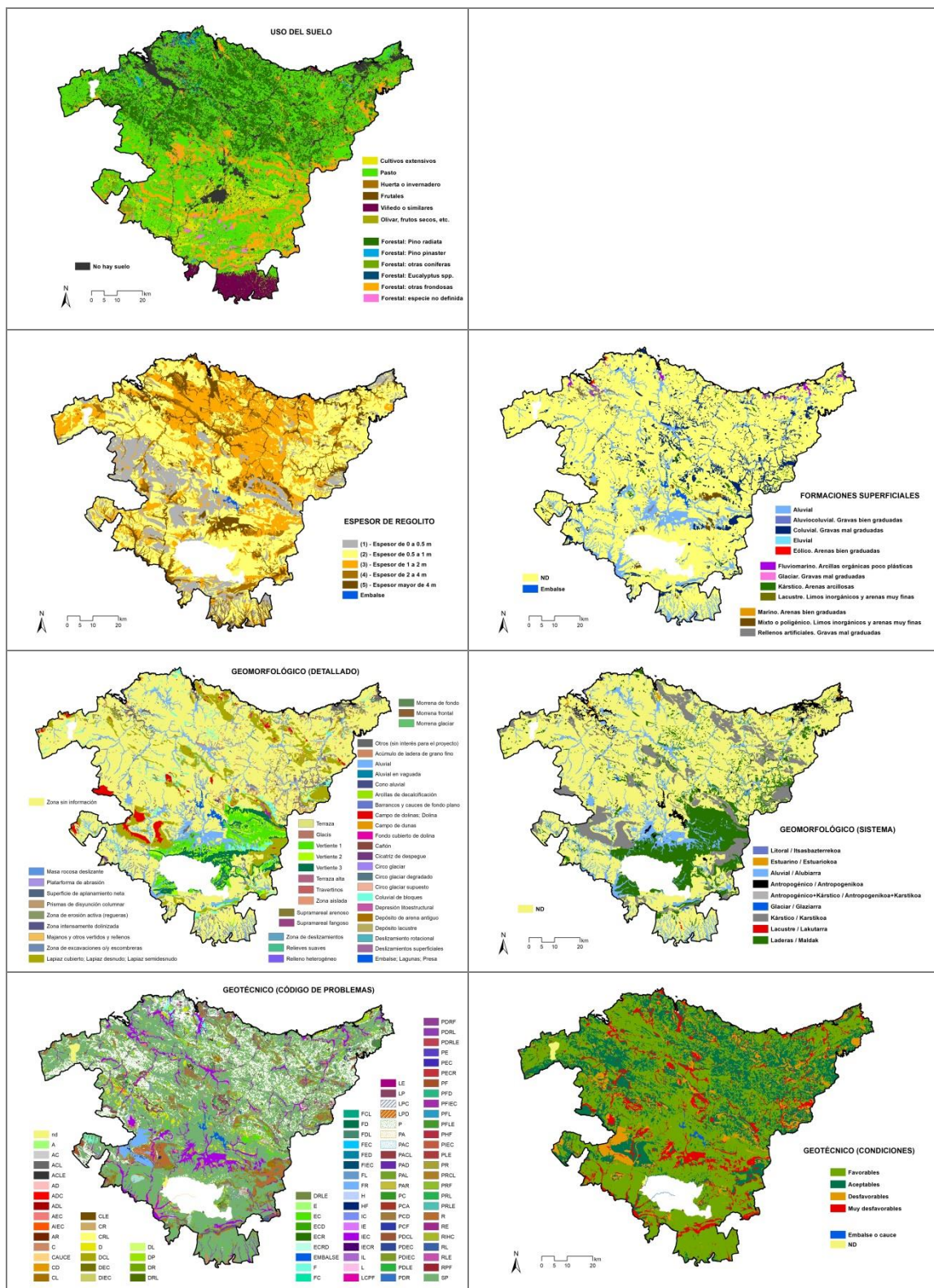
4. Irudia. Ko-aldagaiak. Lur-Eredu Digitalaren (2016ko LiDAR-a 5 m-ko bereizmenarekin: malda, orientazioa, kurbadura eta itzaleztatzea.

EAEko karbonoaren izakinen mapa eta lurzoruen ehundura mapa

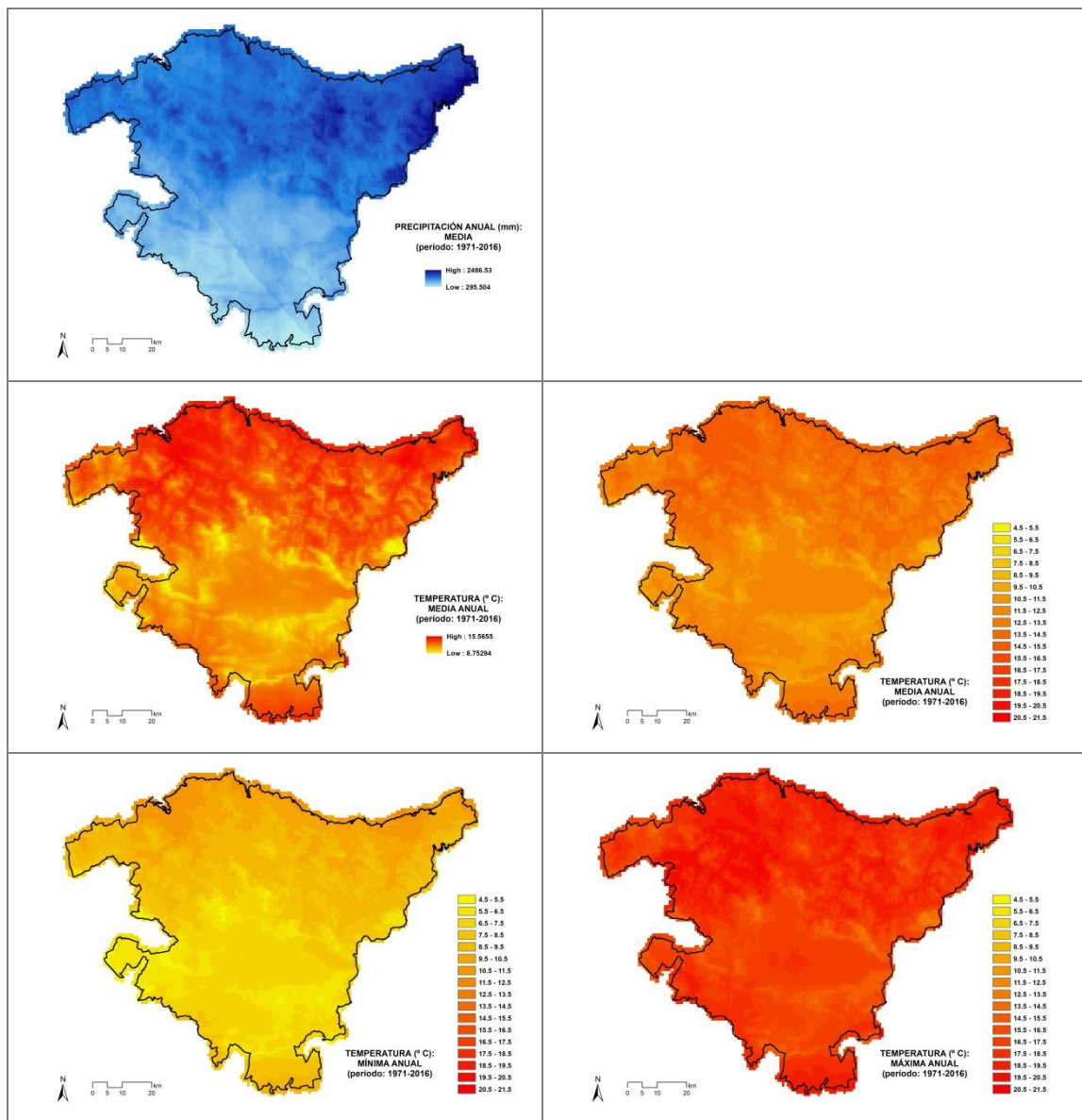


5. Irudia. Ko-aldagaiak. Litologiaren alderdi ezberdinak eta xehetasun maila ezberdinarekin.

EAEko karbonoaren izakinen mapa eta lurzoruen ehundura mapa



6. Irudia. Ko-aldagaiak. Lurraren erabilera (SIGPAC-2017 eta IF-2016-aren arteko uztarketa), erregolitoaren lodiera, azaleko eraketak, geomorfologia (xehetasun maila ezberdinarekin), geoteknikoa (xehetasun maila ezberdinarekin).



7. Irudia. Ko-aldagaiak. 1971-2016 epealdiari dagozkion urteroko batez besteko prezipitazioak eta temperaturak (batez bestekoa, gutxienezkoa eta gehienekoa), 30'' pixeleko bereizmenarekin.

Informazio espaziala bildu ondoren, lurzoruaren propietateen gaineko taula bat sortu behar da. Ko-aldagaien informazioa laginketa geo-erreferentziatuko gune bakoitzerako ateratzen da eta lurrazaren propietateen taulari gehitzen zaio (ikus 8. Irudiaren adibidea). Taula hau eredu estatistikoa lantzeko eta balioztatzeko erabiltzen da, gerora bere hedapen espazial osoan zehar aplika daitezkeen SOC eta ehunduraren izakinak aurreikusteko.

ID_2	Grupo_sp	USO_SIGPAC	prof_MO	prof_textu	And	Arena	Limo	Arcilla	MO	X_etr89	Y_etr89	MDT_m	ASP_s	CUR_s	HIL_s	SLO_p	PR_mm	TG_C	TN_C	TX_C	reg_cod	reg_m	
3297	C_remolacha_0819	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2009	13.81	53.45	32.75	2.11	520177	4747230	503.350006	345.965027	0.60009766	181	0.82455671	749.857727	12.2585678	7.0729661	17.4900475	3 (3)	-Espesor de 1 a 2 m	
3298	C_UDAPA_0046	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2012	26.89	50.67	22.44	1.1	520806	4747240	504.739999	227.865021	-0.32006836	180	0.70803493	802.916748	12.2545509	7.04604816	17.4962711	1 (1)	-Espesor de 0 a 0.5	
3299	C_AGA_0574	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2013	21.25	44.24	34.51	2.28	524131	4747260	503.489999	165.961182	0.15979004	179	0.41232464	816.753052	12.3089094	7.19404078	17.5042553	1 (1)	-Espesor de 0 a 0.5	
3300	C_UDAPA_0667	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2013	21.25	44.24	34.51	2.28	524131	4747260	503.489999	165.961182	0.15979004	179	0.41232464	816.753052	12.3089094	7.19404078	17.5042553	1 (1)	-Espesor de 0 a 0.5	
3301	C_AGA_0303	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2013	18.05	43.38	38.57	1.6	534506	4747270	528.77002	175.362839	-0.07983398	176	2.78392363	786.765015	12.1537437	6.87068892	17.4632053	2 (2)	-Espesor de 0.5 a 1	
3302	C_UDAPA_0302	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2013	18.05	43.38	38.57	1.6	534506	4747270	528.77002	175.362839	-0.07983398	176	2.78392363	786.765015	12.1537437	6.87068892	17.4632053	2 (2)	-Espesor de 0.5 a 1	
3303	r_EROSION2005_231	FRONDOSA	FO	0-10 cm	0-10 cm	2005	68.8	15.4	15.8	8.07	477394	4747290	913.76001	243.828827	-2.75976563	186	52.0347099	918.192688	10.0739927	5.08964586	15.1180716	1 (1)	-Espesor de 0 a 0.5
3304	r_EROSION2005_230	conifera	FO	0-10 cm	0-10 cm	2005	68	12.6	19.4	9.36	482394	4747290	1027.59998	209.339005	6.87939453	135	53.8294258	835.168457	10.9415903	5.72040892	16.0674152	1 (1)	-Espesor de 0 a 0.5
3305	r_EROSION2005_229	cultivo	TA	0-10 cm	0-10 cm	2005	68.8	11	20.2	0.57	487394	4747290	638.169983	114.701508	2.63989258	153	14.7771378	765.011169	11.5672941	5.93557405	17.2561417	4 (4)	-Espesor de 2 a 4 m
3306	r_EROSION2005_228	conifera	PA	0-10 cm	0-10 cm	2005	84.2	9.6	6.2	0.19	492394	4747290	828.080017	50.5103951	1.3203125	167	30.1913433	725.093567	12.0296478	6.04429197	18.0537834	2 (2)	-Espesor de 0.5 a 1
3307	r_EROSION2005_227	GRASSLAND	PR	0-10 cm	0-10 cm	2005	77.6	9	13.4	5.9	497394	4747290	976.47998	233.645706	-2.08032227	180	28.9313164	987.197388	9.88488674	4.87141514	15.2715759	2 (2)	-Espesor de 0.5 a 1
3308	r_EROSION2005_226	conifera	FO	0-10 cm	0-10 cm	2005	66.8	21.6	11.6	10.24	502394	4747290	711.72998	323.354645	-1.60009766	212	20.4400673	925.534546	11.570035	6.33653784	16.8881378	3 (3)	-Espesor de 1 a 2 m
3309	r_EROSION2005_225	GRASSLAND	PR	0-10 cm	0-10 cm	2005	65.6	19.8	14.6	9.26	507394	4747290	603.47998	122.316826	-0.36035156	153	14.1695938	954.805054	12.0455914	6.93508291	17.255724	2 (2)	-Espesor de 0.5 a 1
3310	r_EROSION2005_224	FRONDOSA	FO	0-10 cm	0-10 cm	2005	55.6	17.2	27.2	10.09	512394	4747290	836.179993	56.5590363	-4.03979492	160	31.9373341	794.779419	11.4534245	6.59928799	16.4748554	1 (1)	-Espesor de 0 a 0.5
3311	r_EROSION2005_223	cultivo	TA	0-10 cm	0-10 cm	2005	53.2	24.4	22.4	6.67	517394	4747290	533.429993	162.879456	0.27978516	171	5.51970816	828.714172	12.0739021	6.96487808	17.2596493	2 (2)	-Espesor de 0.5 a 1
3312	r_EROSION2005_222	cultivo	TA	0-10 cm	0-10 cm	2005	50.4	16	33.6	4.6	522394	4747290	505.059998	268.296997	-1.2800293	183	2.52614021	740.392578	12.2690248	6.98599291	17.5360069	1 (1)	-Espesor de 0 a 0.5
3313	r_EROSION2005_221	cultivo	CA	0-10 cm	0-10 cm	2005	29.8	40.6	29.6	3.62	527394	4747290	509.649994	79.8671341	-1.92004395	173	6.67919111	757.670105	12.3330469	7.27897692	17.6637802	2 (2)	-Espesor de 0.5 a 1
3314	r_EROSION2005_220	cultivo	TA	0-10 cm	0-10 cm	2005	37.6	25.8	36.6	5.64	532394	4747290	518.640015	256.706696	-0.83959961	181	1.41282511	835.474426	12.1966248	6.85130215	17.5597591	5 (5)	-Espesor mayor de
3315	r_EROSION2005_219	GRASSLAND	PR	0-10 cm	0-10 cm	2005	29.2	46.6	24.2	9.88	537394	4747290	557.340027	18.1895599	-1.87963867	193	22.1049747	878.169922	12.0431519	6.87154818	17.2992725	2 (2)	-Espesor de 0.5 a 1
3316	r_EROSION2005_218	cultivo	TA	0-10 cm	0-10 cm	2005	28	46	26	3	542394	4747290	582.119995	5.08239222	-0.80004883	190	9.31151199	785.732605	12.2194166	7.11011982	17.4221535	2 (2)	-Espesor de 0.5 a 1
3317	r_EROSION2005_217	FRONDOSA	FO	0-10 cm	0-10 cm	2005	38	26	36	9.1	547394	4747290	622.700012	64.6381989	-0.43969727	166	18.093977	848.855591	12.0179234	7.07640219	17.0432129	2 (2)	-Espesor de 0.5 a 1
3318	r_EROSION2005_216	cultivo	TA	0-10 cm	0-10 cm	2005	43.6	19.8	36.6	0.27	552394	4747290	594.210022	191.862732	-0.91967773	177	3.03961849	915.436462	12.435605	7.71185112	17.2920094	3 (3)	-Espesor de 1 a 2 m
3319	r_EROSION2005_215	GRASSLAND	TA	0-10 cm	0-10 cm	2005	35.8	15.4	48.8	8.9	557394	4747290	585.530029	215.426117	-0.79956055	176	8.9277916	986.345703	12.5383072	7.94615412	17.1936588	3 (3)	-Espesor de 1 a 2 m
3320	C_remolacha_0869	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2009	17.68	43.51	38.81	2.33	536462.667	4747333.33	566.090027	208.260757	2.08056641	167	19.2718029	889.616333	12.1060047	6.92196083	17.3765812	2 (2)	-Espesor de 0.5 a 1	
3321	C_particular_0074	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2007	21.13	48.88	29.98	1.31	520431	4747360	504.01001	202.98851	0.00024414	179	1.79235208	802.916748	12.2545509	7.04604816	17.4962711	3 (3)	-Espesor de 1 a 2 m	
3322	C_remolacha_0270	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2009	24.95	51.08	23.97	1.42	516682	4747380	524.47998	289.036926	1.59960938	182	1.53393602	769.943665	12.2026424	7.07768488	17.4015999	4 (4)	-Espesor de 2 a 4 m	
3323	C_UDAPA_0692	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2013	9.87	42.45	47.68	2.42	512223	4747380	504.480011	240.072113	-0.15979004	181	2.85595894	760.290405	12.2637424	6.995049	17.529356	1 (1)	-Espesor de 0 a 0.5	
3324	C_remolacha_0473	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2008	32.21	47.83	19.96	1.61	518974	4747420	533.559998	146.668762		1	168	6.64276171	805.389587	12.2727833	7.0969739	17.4982948	3 (3)	-Espesor de 1 a 2 m
3325	C_UDAPA_0191	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2013	25.22	38.54	36.24	1.44	533714	4747420	531.880005	183.523041	0.59985352	165	11.7973499	837.197205	12.1742067	6.86105585	17.5111885	2 (2)	-Espesor de 0.5 a 1	
3326	C_remolacha_0795	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2009	19.05	45.05	35.9	2.02	532229	4747450	520.340027	174.46814	1.36035156	178	1.55754685	817.378723	12.2140074	6.82839394	17.6126652	4 (4)	-Espesor de 2 a 4 m	
3327	C_particular_0418	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2007	15.02	42.18	42.8	2.26	524000	4747480	504.779999	3.35922527	-0.32006836	181	0.85153025	816.753052	12.3089094	7.19404078	17.5042553	1 (1)	-Espesor de 0 a 0.5	
3328	C_particular_0157	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2007	26.17	34.94	38.9	1.53	519492	4747490	516.47998	159.376541	0.23974609	167	7.45253801	749.857727	12.2585678	7.0729661	17.4900475	1 (1)	-Espesor de 0 a 0.5	
3329	C_UDAPA_0399	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2013	28.96	47.25	23.79	1.72	519492	4747490	516.47998	159.376541	0.23974609	167	7.45253801	749.857727	12.2585678	7.0729661	17.4900475	1 (1)	-Espesor de 0 a 0.5	
3330	C_remolacha_0933	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2008	12.29	53.51	34.2	3.15	520951	4747490	504.309998	348.693909	0.44006348	181	0.89233202	802.916748	12.2545509	7.04604816	17.4962711	1 (1)	-Espesor de 0 a 0.5	
3331	C_remolacha_0338	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2009	23.08	47.76	29.16	1.47	540626	4747490	552.469971	101.30455	-0.20043945	179	0.63752109	841.09314	12.0842752	6.9916811	17.3018913	2 (2)	-Espesor de 0.5 a 1	
3332	C_remolacha_0631	cultivo	0-30 cm	0-30 cm	2008	19.78	52.43	27.78	1.77	534242	4747510	536.609985	232.496964	0.11987305	181	4.06531191	786.765015	12.1537437	6.87068892	17.4632053	2 (2)	-Espesor de 0.5 a 1	
3333	G_ABERE_0168	GRASSLAND	0-10 cm	0-10 cm	2013	0	0	0	5.52	558668	4747510	602.460022	27.6355324	-4.75952148	187	22.7448101	1212.3446	11.1189079	6.91871309	15.4627619	3 (3)	-Espesor de 1 a 2 m	

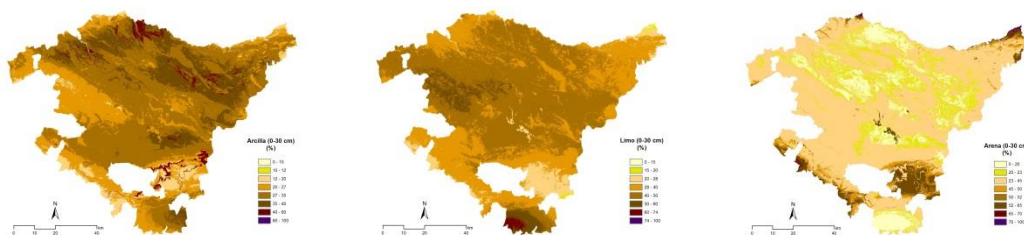
8. Irdia. Lurraren propietateen taularen laburpena.

III. FASEA eta V. FASEA: Ehunduraren eta materia organikoaren interpolazio espaziala.

Informazio geoklimatiko eta litologikoan oinarritutako materia organikoaren eta lurzoruaren ehunduraren iragarpenaren esparruan, interpolazio espazialen metodoen gaineko literaturak, besteak beste, MARS-Multivariate Adaptive Regression Splines (Friedman, 1991), GAM-*Generalized Additive Models* (Hastie eta Tibshirani, 1990), Kriging (Cressie, 1993) edo Gaussian Process Regression (Rasmussen eta Williams, 2006) moduko teknikak ditugu, edo ikasketa automatikoa erabiltzen dituzten teknikak edo ikasteko teknikak edo *Machine Learning* como *random forest* (Breiman, 2001), *cubist* (Quinlan, 1993) edo sare neuronalak (Bishop, 1995). Proiektuaren fase honetan, arestian aipatutako metodoak erabiliz egingo da datuen analisia. Eredu estatistiko desberdinen doikuntzaren egokitasuna balioztapen gurutzatuaren bidez egiten da. Ereduak kalibratzeko eta ebaluatzeko neurri desberdinak aztertuko dira, hala nola, zehaztapen koefizientea, batez besteko errore karratua edo batez besteko errorearen zehaztasuna. Irizpide horien guztien arabera jokabide hobeak aurkeztuak izango dira aukeratutako azken ereduak.

Ehunduraren ereduak

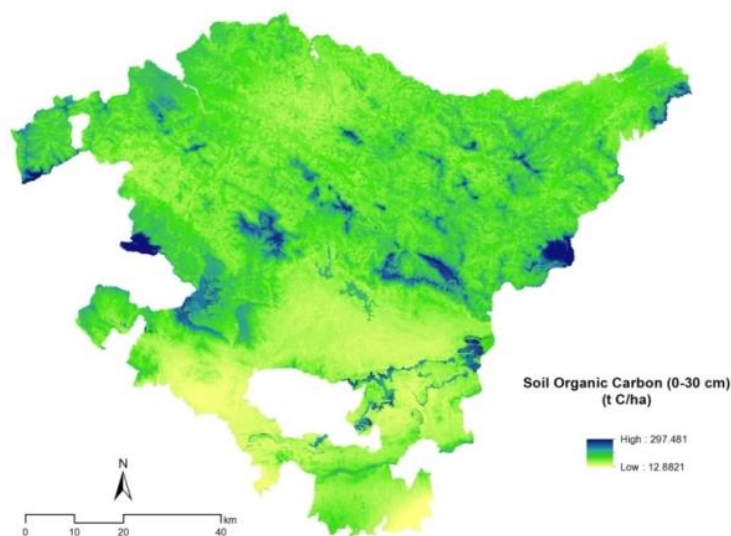
Ehunduraren ereduari dagokionez, 0-10 cm eta 0-30 cm-ko sakoneran, harea, buztin eta lohi portzentaje datuak dituzten laginak aztertu dira (8. irudia) eta ereduaren ko-aldagai gisa, 4. eta 6. irudietan aurkeztutakoez gain, longitude eta latitudea geografikoak erabili dira, patroia espaziala lortu xedez. Ehunduraren hiru klaseetan (harea, buztina eta lohia) % gisa adierazten denez, eta haren batuketak %100 eman behar duenez, Aitchison-ek (1982) eraketa datuentzako proposatu log-ratioaren eraldaketa gehigarria burutu da. Horrela, aukeratutako eredu egokituak aldagai-anitzeko erantzun ereduak izango dira eraldatutako harezko eta buztinezko aldagaientzat, eta hirugarrena (lohia) %100aren eta beste bien batuketaren arteko diferentziaren emaitza izango da. Bi alternatiba eduki dira kontuan ikuspegi aldagai-anitzarentzat: I) MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines) eta II) GAMs (*Generalized Additive Models*), bi ikuspegiok erantzun anitzeko ereduak ezartzea eta ondoriozko ereduak interpretatzea ahalbidetzen baitute.



9. Irudia. EAE-ko buztin, lohi eta harezko mapak, 10 x 10 m-ko bereizmenarekin.

Ereduak Materia Organikoarentzat (MO)

Ehunduraren ereduak lortutako iragarpen mapa lagindutako kokapenetan harezko, buztinaren eta lohiaren portzentajeak erabili dira, eta aldi berean, ko-aldagai gisa erabili dira materia organikoaren (MO) % iragarpenenean, 4. eta 6. irudietako ko-aldagaiekin eta longitude zein latitude geografikoarekin batera. Kasu honetan, erantzun-aldagaia (MO) aldagai bakarra denez, hainbat erregresio teknika konparatu dira, hala nola, ausazko zuhaitzak, cubist-ak, sare neuronalak, prozesu gaussiarrak eta ehunduren aurreikuspen maparako jada aipatu eta erabilitakoak (MARS eta GAMak).



10. irudia. EAEko lurzoruetako lehenengo 30 cm-ko karbono organikoaren edukia, 10x10 m-ko bereizmenarekin.

IV. FASEA: EAEko lurzoruetan C organikoaren metaketa osagarriaren bidez minimizazioa eta egokitzapena bultzatzeko jarraibideak

Ekosistema edafikoak C isurgune garrantzitsuak dira. Hala ere, nabarmendu behar da lurzoruak ez direla berez C isurgune gisa aritzen eta, batez ere, metaketa hori ez dela iraunkorra ezta infinitua. Lurzoruen kudeaketaren edo erabileraren aldaketak denbora jakin batean gertatzen diren C organikoaren metaketa handien eragile dira. Hortaz, edozein ekosistemaren kudeaketa aldaketak ezinbestean ekarriko du lurzoruen C organikoaren mailen aldaketa C mailetan (LKO). LURCARBONTEXT-en lurzoruen C metaketa osagarria sustatzeko jarraibideak proposatu nahi ditugu, kudeaketaren aldaketen bidez. NEIKERek eta IHOBEk 2004an ikerketa bat argitaratu zuten arren, EAEko labore, larre eta basoen lurzoruek eta biomasek karbonoaren isurgune gisa duten ahalmenaz, LURCARBONTEXT-ek C atzemateko aholkatu praktika ezberdinen ahalmen arintzailea aztertu nahi du.

Ariketa honen helburua lurzoruen kudeaketaren aldaketak EAEko nekazal-lurzoruetako C metatze ahalmenarengan balizko eragina simulatzea da, egungo egoera eta epe luzea alderatuz. Berotegi-efektuko gasen kontabilitate-protokoloek CO₂ isurketak konpentsatzera zuzendutako kudeaketa-ekintza orok "osagarritasun" bat agertzea eskatzen dute, "ohi bezala" eszenatokiaren osagarri izan dadila.

Simulaziorako, bilaketa bibliografiko bat burutu da lurarren kudeaketa praktika eta erabilera urbanistiko desberdinekin C atzemate tasen gaineko informazioa bildu ahal izateko. Nekazaritzako lurzoruetarako, larre iraunkorretarako eta baso-sistemetarako informazioa jaso da. Ondoren, eszenatoki hipotetiko bat planteatu da, non lurarren kudeaketa aldatzeko neurri horiek ezarriko bailirateke EAEko nekazal-eremuan, bai laborantza bai abeltzaintza barneratzen dituen Nekazaritzaren sektorean jatorria duten isurketak konpentsa daitezkeela frogatu ahal izateko, urtero Ihobek egiten dituen berotegi efektuko gasen inbentarioaren esparruan.

Lurzoruetan C metatze gehigarria sustatzeko jarraibideak

Laborantza lurretan C metaketa osagarria eta metatze tasak hobetzeko etorkizun gehien duten praktikak honako hauek dira:

 **Nekazaritza lurrak larre bihurtzea:** larre iraunkorraren terminoak luraren erabilera konplexua islatzen du non era askotariko aprobetxamendua ematen baiten: artzaintza, sega edo biak ala biak (mistoa). Tokiko kudeaketa definitzen duten datu-base faltagatik, Lugato et al.-ek (2015) kudeaketa baldintza sinplifikatuak proposatu zituzten eta eman zitekeen karbonoaren oreka imitatzen saiatu ziren. Bereziki, biomasa kendu zuten lurzorutik hiru mozketak simulatzeko (maiatza, uztaila eta iraila), eta berriz, karbonoaren birjarpena simaurraren aplikazioari esker inplementatu zen, ernalketa organikoaren tasa erreala mantenduz. Ez ziren aldaketarik egin abereen dentsitatean. Urteroko atzematearen batez besteko tasak $0,6 \text{ t C ha}^{-1} \text{ urte}^{-1}$ baino altuagoak izan ziren epe laburrean (2020), eta handik gutxira jaitsi egin ziren (Lugato et al., 2015).

 **Uztaren hondakinak gehitzea eta laborantza murriztea:** Lugato et. al.-ek (2015) gaur egungo eszenatokitza jotzen dute zerealaren lastoa %50 eremutik kentzen duena (siloratzeko artoa, biomasa lur gainetik kendu zaion alea, eta alea bakarrik, hurrenez hurren, izan ezik). Eszenatoki alternatiborako, egileok zerealaren lasto guztia lurzorura gehitzea jo zuten ontzat. Gainera, gaur egungo eszenatokian, kudeaketa praktikarik ohikoena luraren laborantza konbentzionala da: laborantza primarioa ezartzea laborearen uzta egin ondoren (normalean iraila eta azaroa bitartean) eta, ondoren, bigarren mailako landaketa azalekoagoa erein aurretik (laborantza motaren arabera). Laborantza eszenatoki murriztua, lurzoruaren goldaketa primario ohikoa hondakinen materia organikoa azalean banatzen duen eta SOM deskonposizio tasa murrizten duen laborantza azalekoagoarekin (zizel motakoa) ordezkatzeari oinarritu zen. Urteko atzemate batez besteko tasak hondakinak eta gutxiengo laborantza gehitzen duen eszenatokirako $0,31 \text{ t C ha}^{-1} \text{ urteko}^{-1}$ izan ziren 2050erako (Lugato et al., 2015).

 **Landare-estaldurak ezartzea:** lurlean dagoen landaredia urte osoan zehar mantentzen da, nahiz eta ohiko izan, eta baita desiragarria ere, udan nekeak jotzea. Orokorrean, estaldura mota honek lehia handia du laborantzarekin eta haren erabilera eurite altuko zonetara (700-800 mm/urteko gora) edo laborantzarako nahiko baliabide hidriko askotako laboreetarako eta hauek inongo denbora murrizketarik, kuantitatiborik edo legeari dagozkionik ez duten laboreetara murrizten da. Halaber, estaldura mota hau oso lehiakorak ez diren edo laborantza ziklora egokitzen diren espezie berriekin erabili daiteke, horrela bada, lehiakortasun hori modu orekatuan eta harmonikoan egingo da uztaren garapenarekin. Landareen estalduraren urteko batez besteko atzemate-tasak $0,11 \text{ t C ha}^{-1} \text{ urteko}^{-1}$ dira (Lugato et al., 2015).

 **Nekazaritza-basogintzagintza:** Nekazaritza eta basogintza sistemak zuhaitzak eta laborantza edo zuhaitzak eta larreak uztartzen dituzten nekazal-ekosistema konplexuak dira. Nekazaritza-basogintzagintza termino generikoa

da, eta sistema ugari biltzen ditu (adibidez, *alley cropping*, hesiak, larreak, baso-artzaingintza, ...), zuhaitz espezieen eta laboreen antolamenduaren arabera aldatzen direnak, klimaren eta eskualdearen arabera, nekazaritza-basogintzagintza sistemen sailkapena zailagoa egindez. Klima-aldaketaren erregulazioari dagokionez, nekazaritza-basogintzagintza sistemen onura oso hedatua eta onartua izan da, abantaila oso ezaguna da, berriki egindako sintesi eta metaanalisien arabera, berretsi egin zuten Lurreko Karbono Organikoaren (LKO) atzematean duen eragin positiboa (Cardinael et al. 2018). Cardinael eta kideen arabera (2018), LKO-aren atzemate batez besteko biltzea tasa nekazaritza-basogintzagintza sistemetan bihurtutako laborantza lurretarako $0.75 \pm 0.19 \text{ t C ha}^{-1} \text{ urteko}^{-1}$ da.

Baso sistemetarako lurzoruetan C metatzeko eta C metaketa tasak hobetzearen aldeko neurriak:



EAEko pinudietan basogintza aldatzea. Pinudietan C metaketa neurriak proposatu ahal izateko, *Euskal Autonomia Erkidegoko C Isurguneak* liburuan argitaratutako informazioa erabili da. 20. Taulak pinudi helduen ikerketa zonaldeko lurzoruetan C edukien batez besteko eta desbideratze estandarra aztertzen du (Bizkaia + Kantauriko Araba). Datu hauen arabera, eremu horretako pinudi helduen lurzoruetan C edukiaren %95aren pertzentila 116 Mg C ha^{-1} ingurukoa izango litzateke. Kudeaketa jarraibide egokiak jarraituz gero, hala nola, egurrezko pistek eta parkeek okupatutako azalera murriztea edo lurzoruetan materia organikoa galtzearekin lotutako etenak murriztea (ongarrien lekualdatzeak edo desugerketak) Euskadiko pinudiek lortu dezaketen edukia arestian aipatu hori izango da. Lurzorua kontserbatzeko jarraibideok hauek azken erabileraren unean gauzatuko balira, C eduki horiek txanda bakarrean (40 urte) lortu litezke, hortaz, baso-kudeaketa egokitua ezarriko litzatekeen landaketa horietako C metatzearen tasa $1,09 \text{ t C ha}^{-1} \text{ urteko}^{-1}$ izango litzateke.



EAEko eukalipto-sailetan basogintza aldatzea: Basoak ustiatzeko metodoak nabarmen eragiten du C-arengan lurzoruan. Johnson eta Curtis-en (2001) arabera, zuhaitzaren mozketak eta erabateko aprobetxamenduak % 6 gutxitzen du C lurzoruan eta, berriz, zuhaitzaren zura bakarrik, azala aprobetxatu gabe, erabiltzeak batez beste %18 gehitzen du C lurzoruan, biomasaren gainerakoa (hostoak, adarrak, etab.) zelaian geratzen baita. Egun EAEan eukalipto-zuhaitzen aprobetxamendua zuhaitz osoarena da. Euskadiko eukalipto-sailetako lurzoruen batez besteko C edukia $68.36 \text{ Mg C ha}^{-1}$ baldin bada, lurzoruan C %18ko igotzeak $0,82 \text{ t C ha}^{-1} \text{ urteko}^{-1}$ metaketa tasak ondorioztatu beharko lituzke, 15 urteko txanda batean.



Zuhaitzik gabeko edo zuhaitz-estaldura iraunkorra duten sastrakadien basotzea/basoberritzea (naturari lotutako basogintza): Eraldaketa horren egokitasunari buruzko erabakiak kontuan hartu beharko luke egun zuhaitzik gabeko lur sistema horiek betetzen duten rol ekologikoa, soziala eta ekonomikoa, zenbait baldintza sozioekonomikok eta ingurumen baliok haien kontserbazioa eragin baititzakete. . Eraldaketa aukeratuz gero, kontuan izan beharko litzateke basotze baten ondoren lurzoruan C aldatzea eragiten duten faktore garrantzitsuenak luraren aurreko erabilera, klima eta ezarritako baso mota direla. Zenbait emaitzek iradokitzen dute lurzoruko C parte handi bat galdu egiten dela zur-biguneko espezieak landatzen direnean, bereziki Pinus radiataren landaketak. Hala ere, lurzoruan C metatzea handiagoa izan daiteke zur gogorra duten hostoerorkorrak edo N2 finkatzen duten espezieak ezartzen direnean (bai oihanpe edo landaketa gisa) (Paul et al., 2002). Basotze/basoberritze bidezko Lurzorua C atzemate ahalmena ebaluatzen duten ikerketa zientifiko gehienek (adibidez, Rahman et al., 2017) laborantza lurren basoberritzeen gainean jarduten dute, horregatik, ariketa honetarako $0,7 \text{ t C ha}^{-1} \text{ urteko}^{-1}$ C atzemate tasa erabiltzea erabaki da, Alemaniako basoetarako sortu informazioan oinarrituta (Grüneberg et al., 2014).

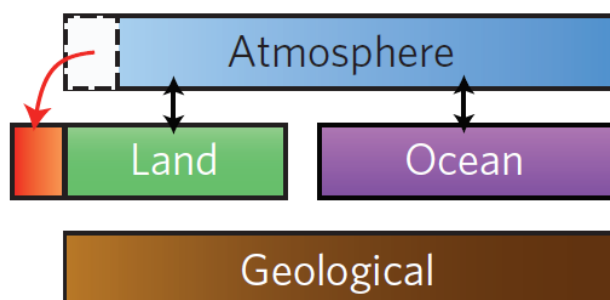
Bazkalekuentzat honako hauek dira lurzorua kudeaketan eman daitezkeen balizko praktikak:



Larreen kudeaketa hobetzea: aireko biomasaren etengabeko ezabapena saihesteak edo belar-biomasaren ekoizpen handiena sustatzeak karbonoaren edukiak gehitu ditzakete larre edo bazkalekuetarako lurzoruetan. Hortaz, larreak kudeatzeko hobekuntzari dagokionez, bereziki garrantzitsuak dira, batetik, ernalkuntza (kalitatezko mendeapen organikoak) eta belardietako espezieen aukeraketa (ereintza aberasgarria) eta, bestetik, gehiegizko artzaintza eta erreketak ekiditea. Oro har, larreen kudeaketa hobe horren ondoriozko $0,48$ eta $1,19 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a urteko}^{-1}$, 20 urtean, C metaketa tasak ezartzen ditu IPCC-ak.

Klima-aldaketa arintzeko kudeaketa-aldaketen eszenatokia (sustagarriak diseinatzeko aukerak):

Nekazaritzako lurak karbonoa atmosferatik kentzeko eta lurlean finkatzeko duen gaitasuna ikustea (ikus 9. irudia) aztertu nahi da ariketa honetan. Horretarako, lurzorua kudeaketa aldatzeko 11 neurri zehatz proposatzen dira, luraren C-aren edukia handitzeaz gain, galerak gutxitzea dute xede C-aren mineralizazioaren bidez. Jarraian zehazten dira neurriok:



9. irudia. Erreserba atmosferiko, lur, ozeano eta geologikoen artean, karbono-fluxuen errepresentazio eskematikoa, Smith eta kideen (2015) eruditik ateratako nekazaritza lurzoruen kudeaketan aldaketak ezarriz.

Gutxi gorabehera, urtero EAEko berotegi efektuko gasen inbentarioan (670 Gg CO₂-eq urteko⁻¹) nekazaritza sektoreari egozten zaizkion CO₂ isurketen kopuru baliokidea lortzeko kuantifikatu dira.

Aldaketak baso-sistemetan:

1. 30 baino gehiagoko maldetan dauden landatutako basoak zuhaitz-estaldura iraunkorreko baso bihurtzea proposatzen da. FAOren arabera (2017), ez litzateke baimendu behar egurra erauztea 30 gradu baino gehiagoko inklinazioa duten maldetan (%57 aldapa). Baso-sistema mota hauek (mendiko basoak deitutakoak) ekosistema hauskorrak dira, malda malkartsuetan ohiko lurzoru meheekin (leptosolak) kokatzen baitira eta prezipitazio altuko klima jasaten baitute, *Environmentally Sensitive Areas* (ESA) dira, beraz, honako hau proposatzen da: naturatik hurbil dagoen basogintza non lehentasunezko kudeaketaren xedea ez baiten egurra erauztea baizik eta basoaren babespen funtzioa mantentzea eta hobetzea. Mendi magalean harri, lur, ur, elur edo izotz masen mugimenduak arriskua sor lezake jendearen bizitzarentzat eta azpiegiturentzat; beraz, mendiko basoek babespen lan garrantzitsua bete ohi dute, harkaitz-jausi, lur-jausi, uholde eta lur-desplazamenduen moduko arrisku naturalak gerta litezkeen beheragoko lekuetan kokatutako aktiboak eta ondasunak babestuz (esaterako, giza kokalekuak edo errepideak). Neurri horrek EAEko 39.000 hektarea ingururengan izango luke eragina (Bizkaian eta Gipuzkoan soilik) eta 100.800 t CO₂ baliok. urteko⁻¹ finkatuko luke.

2. Radiata pinudi produktiboen %40 basogintza aldatzea: EAEko radiata pinudien %40 basogintza aldatu dezaten proposatzen da haien lurzoruetan C gehiago atzemateko. Horretarako, egurrezko pistek eta parkeek okupatzen duten azalera errodala azalera osoaren %10eraino murriztu beharko litzateke eta ongarria ia errodal osoan mantendu beharko litzateke basogintza lanak egin ondoren. Neurri horrek gutxi gorabehera 50.000 hektarea hartuko lituzke 2016ko baso-inbentarioaren arabera, eta gutxi gorabehera finkatuko litu 200.000 t CO₂ baliok. urteko⁻¹.
3. Basogintza aldaketa eukalipto-sail produktiboen %60: EAEko eukaliptoen %60 zuhaitzaren fustea bakarri erabiltzea proposatzen da, basoko gainerako biomasa zelaian utzita. Neurri horrek ia 11.000 hektarea hartuko lituzke 2016ko basoaren inbentarioaren arabera eta 32.822 t CO₂ baliok. Urteko⁻¹ finkatuko lituzke.
4. Zuhaitzik gabeko %70 berriro basotzea baso-estaldura iraunkorreko mendi bihurtzea: Kasu honetan, baso kudeaketaren helburua ez da izango egurra ekoiztea, baizik eta biodibertsitatea handitzea, lurzoruen eta uren kalitatea hobetzea, eta C atzematea. Neurri horrek 2016ko baso-inbentarioaren arabera zuhaitzik gabeko ia 11.000 hektarea hartuko lituzke eta ia 28.000 t CO₂ baliok. urteko⁻¹ finkatu ahal izango lituzke.
5. EAEko sastrakadien %35 (behin betirako erabili ondoren baso abandonatu gisa identifikatuak) estaldura iraunkorreko baso bihurtzea. Kasu honetan, baso kudeaketaren helburua ez da egurra ekoiztea biodibertsitatea, baizik eta lurzoruen eta uren kalitatea hobetzea eta C atzematea. Neurri horrek 28.000 hektarea baino gehiago hartuko lituzke 2016ko baso-inbentarioaren arabera, eta 73.000 t CO₂ baliok. urteko⁻¹ finkatu ahal izango lituzke.

Aldaketak larreetan:

6. Larreen %35 kudeaketa hobetzea kalitate oneko mendeape organikoekin, belarrak erretzea eta gehiegizko artzaintza ekidin, eta belar-espezieak aberasteko ereiteak: kudeaketa mota hau EAEko larre iraunkorren % 35 bultzatzea proposatzen da, 37.000 hektarea inguru hartuko lituzke eta 162.000 t CO₂ baliok. urteko⁻¹ finkatuko lituzke.

Laborantza lurretarako neurriak:

7. Euskadiko fruta-arbola eta olibondoen %30 landare-estaldurak ezartzea: neurri horrek 1.725 hektarea eragingo lituzke Euskadin (Eustat) 2016an lurraren erabileraren banaketaren arabera, eta gutxi gora behera 700 t CO₂ baliok. urteko⁻¹ finkatuko lituzke.

8. Euskadiko mahastien %40 landare-estaldurak ezartzea: neurri horrek 5.300 hektarea eragingo lituzke Euskadin (Eustat) 2016an lurraren erabileraren banaketaren arabera, eta gutxi gora behera 2.150 t CO₂ baliok. urteko⁻¹ finkatuko lituzke.
9. Laborantza estentsiboen %25 nekazaritza-basogintzako sistema bihurtzea: Araban ondo funtzionatu lezakeen sistema horren adibide bat, egurra ekoizteko intxaurrondoa, fruta-arbola eta zerealaren ekoizpenaren arteko uztarketa izango litzateke. Ekoizpen sistema horrek sarrerak dibertsifikatuko lituzke arriskua sakabanatuz EAEko nekazaritza sektorearen erresilientzia ahalbidetuz. Neurri horrek gutxi gorabehera 15.000 hektarea hartuko lituzke eta 40.600 t CO₂ baliok. urteko⁻¹ inguru finkatuko lituzke.



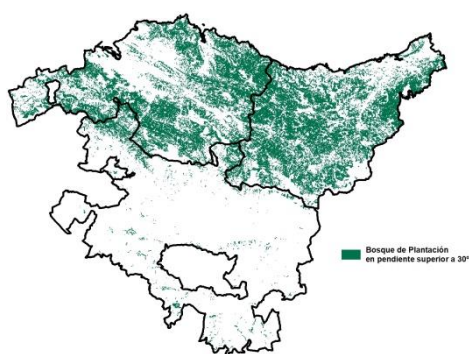
10. Irudia: 40 urteko intxaurrondo-zereala lantzen duen nekazaritza-basogintzako sistema baten adibidea Les Eduts-en, Charente-Maritime, Frantzia, garagarraren uzta 2016ko uztailaren 5ean (argazkia Philippe Van Lerberghe-k egin) (www.agforward.eu).

10. Laborantza estentsiboen %35 laborantza hondakinak sartzeko eta laboreak gutxitzeko neurriak ezartzea: dagoeneko mota honetako neurriok sustatzen ari

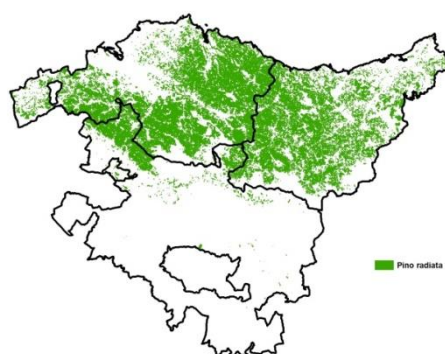
dira Eusko Jaurlaritzatik Ekoizpen Ekologikoa Sustatzeko Planean (EESP), alta, orain arte, estandar hauek hartzen dituzten azalera nekazaritza-azal osoaren % 1,1 besterik ez da. Neurri horrek, gutxi gorabehera, 21.000 hektarea hartuko lituzke eta 23.500 t CO₂ baliok. urteko⁻¹ finkatuko lituzke.

11. Laborantza estentsiboen %5 belardi bihurtzea: neurri hau marjinal gisa identifikatutako lurretan aplikatuko litzateke, ez baita ariketa honen xede kalitateko lurzoruen nekazaritzako erabilera arriskuan jartzea. Neurri horrek gutxi gorabehera 3.000 hektarea hartuko lituzke eta 6.500 t CO₂ baliok. urteko⁻¹ finkatuko lituzke.

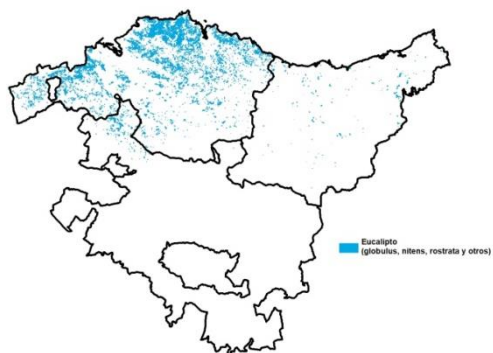
11. irudian, orientazio moduan, C atzematea gehitzeko proposatutako 11 neurriekin lotuko liratekeen lurzoruen azalerak erakusten dira. Esparru hauek adierazitako erabileraren %100 dira eta Baso Inbentarioan (BI-2016) eta SIGPAC-etik (SIGPAC-2017) (Nekazaritzako Lursailen Informazio Geografikoaren Sistema) hartuak dira, kalkuluak egiteko erabilitakoetatik hurbil. Esparruon barruan, karbonoa atzemateko ahalmenaz gain, haien identifikazioa beste faktore askoren arabera izango litzateke (jabetza publikoko zein pribatuko lurrak hartzen baitituzte barne, eragile ekonomikoak, sozialak, ingurumenari dagozkionak etab.).



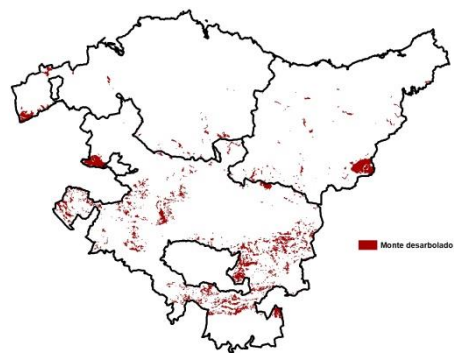
Malda altuak dituzten baso-sailak (1. Neurria)



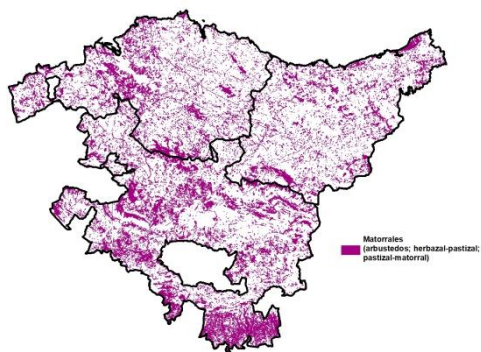
Pinus radiata sailak (2. Neurria)



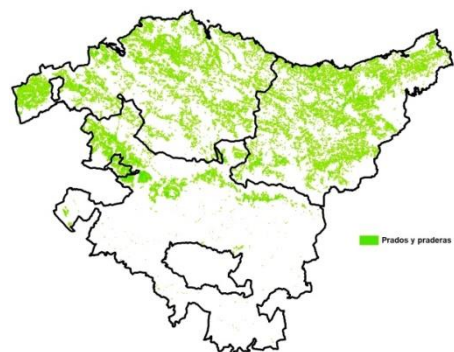
Eucalyptus spp. sailak (3. Neurria)



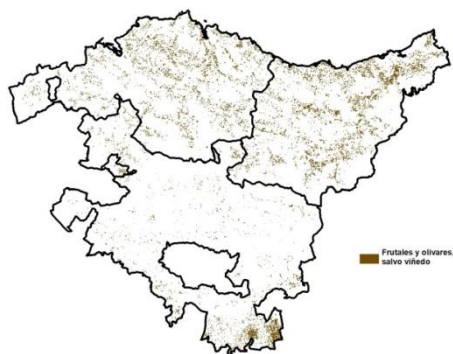
Zuhaitzik gabeko mendiak (4. Neurria)



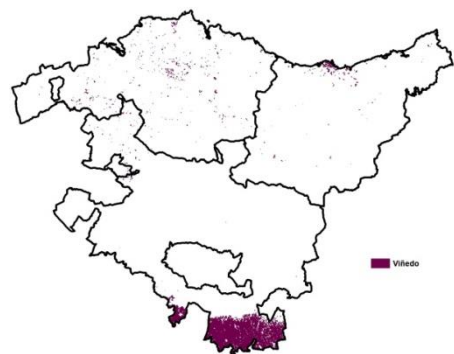
Sastrakadiak (zuhaixkak, belardi-larrea; larre-
sastrakadi (5. Neurria)



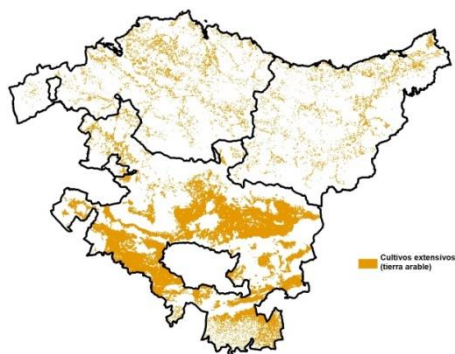
Larreak eta belardiak (6. Neurria)



Fruta-arbolak eta olibondoak (7. Neurria)



Mahastiak (8. Neurria)



Goldatu daitezkeen lurak (9., 10. eta 11. Neurriak)

11. irudia: Nekazaritza sektorearentzat deskribatutako 11 konpentsazio neurriek aipatuko lituzketen kokapenen azalera. OHARRA: azalaren %100 adierazi dira, 11 neurrientzat kalkulaturako portzentajeen ordeez.

Proposatutako eszenatokiaren ebaluazioa:

Proposatutako 11 neurriek gutxi gorabehera 670.000 t CO₂ baliok. ha⁻¹ urteko ⁻¹ finkatu ditzakete eta EAEko 222.000 hektarearengan eragingo lukete azalaren %30. Lurren kudeaketan proposatutako aldaketen arintze-ahalmena ebaluatu ahal izateko, honako hauek dira EAEko berotegi-efektuko gasen (BEG) isurketak 2016an, sektoreen:

Sektorea	T CO ₂ milaka	%
energia	6.203	32.9
industria	4.020	21.3
garraioa	5.983	31.7
etxebizitza	657	3.5
zerbitzuak	410	2.2
nekazaritza	675	3.6
hondakinak	916	4.9
guztira	18865	100

Nekazal-sektoreak nekazaritza eta abeltzaintza sektoreak biltzen ditu. Abeltzaintzak berotegi-efektuko gasen emisioak sortzen ditu, batez ere hausnarkariaren digestioaren prozesuan metanoa (CH₄) ekoiztearen ondorioz. Aurkeztutako inbentarioan, nekazaritza-sektorearen isurketen % 60 ganaduaren metanotik eratorritakoak (405.060 t CO₂ baliok. ha⁻¹ urteko⁻¹), beraz, gainerako 270.040 t CO₂ baliok. ha⁻¹ urteko⁻¹ nekazaritza-sektoreko oxido nitroso emisioek eragindakoak izango lirateke, nagusiki nitrogenozko ongarriak erabiltzeagatik. 1. eta 2. neurriek 298.900 t CO₂ baliok. ha⁻¹ urteko⁻¹, gutxi gorabehera, finkatu ditzakete, nekazaritza sektorearen isurketak indargabetuz, eta gainerako neurriek (3tik 11ra) metano emisioen %100 arintzea eragin lezakete. Batera proposatutako 11 neurriek nekazaritza sektorearen isurketen % 100 finkatzeko gaitasuna izango lukete, emisioetan sektore neutroa sortuz.

Hala ere, nabarmendu behar da klima-aldaketaren arindu eta Parisko Akordioaren xedeak betetzearen ikuspegitik, bereziki garrantzitsua dela bai nekazaritza-sektorean eta bai gainerako sektore guztietan berotegi-efektuko gasen emisioa murriztea. Hortaz, isurketa negatiboen teknologia (INT) garatu beharrean gaude, eta teknologiek egun eskuragarri ez izateaz gain, gaitasun mugatua izango dute atmosferan berotegi-efektuko gasen kontzentrazioaren gehikuntzak gelditzeko, Klima Aldaketari buruzko Gobernu Arteko Mahaiaren (IPCC) eszenatokiak aurreikusitakoaren arabera.

Azken IPCC txostenak (IPCC WGIII AR5, 2014) nekazaritzako, basogintzako eta lurraren beste erabilera batzuetako klima-aldaketari buruz (AFOLU) zenbait muga eta erronka jorratzen ditu eskala desberdinetan. Adibidez, arintze neurri ezberdinek (adibidez N2O emisioak murriztea ernalkuntza optimizatzearen bidez) klima aldaketa arintzeko gaitasunean eragin iraunkorra duten bitartean, C bahiketarekin lotutako neurriek ez dute izaera hori, iraunkorra, arintze neurria eteten edo aldatzen denean prozesu itzulgarria izan daiteke, eta lurrian aldez aurretik eskuratutako C atmosfera berriro isurtzen da.

Hori dela eta, garrantzitsua da lurzoruak kudeatzeko era honetako aldaketak mantentzea epe luzera duen garrantzia azpimarratzea, baldin eta helburua lurzoruetan C atzematea bada, lurzoru emankorrakoak sortzen ditugun bitartean, lurzoruaren erosioa saihestu, biodibertsitatea hobetu eta neurri handi batean nekazaritza-sistemen erresilientziaren alde egiten dugu, zerbitzu ekosistemikoen hornikuntzaren bidez. Orobat, azpimarratu behar da, gomendatutako praktika hauek funtzio garrantzitsua betetzen dutela klima aldaketaren aurreko egokitzapenean, ura hobeto erabiltzeko, biltegitratzeko eta uraren eraginkortasunerako duten eraginagatik (Lasco eta kideek, 2014).

4. Taula: C atzemateko gomendatutako kudeaketa praktikak, C atzemateko tasa-ahalmena eta informazioa jasotako iturria.

Praktika	C atzematearen balizko tasa (t C ha ⁻¹ urteko ⁻¹)	Fuente
Zuhaitz-estaldura iraunkorreko basoak sortzea (naturatik gertuko basogintza)	0,7	Grüneberg y col. (2014)
Basogintza aldatzea pinudietan	1,09	Propia
Basogintza aldatzea eukalipto-sailetan	0,82	Johnson y Curtis (2001) adaptado a la CAPV
Gutxieneko laboreak eta hondakinak gehitzea laborantza estentsiboetan	0,31	Lugato y col. (2015)
Laborantza estentsiboak belardi bihurtzea	0,6	Lugato y col. (2015)
Laborantza estentsiboak nekazaritza-sistema bihurtzea	0,75	Cardinael y col. (2018)
Landareen estaldurak ezartzea	0,11	Lugato y col. (2015)
Larreen kudeaketa hobetzea mendeapen organikoekin	0,76	Smith y

4. AIPAMEN BIBLIOGRAFIKOAK

- Aitchison, J. 1982. The statistical analysis of compositional data. J. R. Stat. Soc. Ser. B Methodol. 139–177.
- Ballabio, C., P. Panagos and L. Montanarella. 2016. Mapping topsoil physical properties at European scale using the LUCAS database. Geoderma 261: 110–123.
- Johnson, D. W. and Curtis, P. S. 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. For. Ecol. Manage. 140: 227-238.
- Bishop, C. M. 1995. Neural networks for pattern recognition. Clarendon Press. ISBN 0198538499. OCLC 33101074.
- Breiman, L. 2001. «Random Forests». Machine Learning 45 (1): 5–32.
- Cressie, N. 1993. Statistics for spatial data, Wiley, New York.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M. & Smith, J. 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. Philosophical Transactions of the Royal Society B - Biological Sciences, 363: 789–813.
- Eusko Jaurlaritza 2014. *Euskadiko Erkidego Autonomoko karbono isurguneak. Antzemate ahalmena eta sustatzeko neurriak. Sumideros de carbono de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Capacidad de secuestro y medidas para su promoción.* Artetxe, A., O. del Hierro, M. Pinto, N. Gartzia, A. Arias. Arg. Eusko Jaurlaritzaren Ingurumen eta Lurralde Politika Saila. Argitalpenen Zerbitzu Nagusia. ISBN: 978-84-457-3345-5. Vitoria-Gasteiz. Hemen eskuragarri: https://issuu.com/ingurumena/docs/c_sumideros.
- Friedman, J. H. 1991. "Multivariate Adaptive Regression Splines". The Annals of Statistics. 19: 1.
- Hastie, T. y Tibshirani. 1990. Generalized Additive Models. Chapman and Hall, London.
- Ihobe y Neiker. 2005. *Euskadiko Erkidego Autonomoan lurzoruen eta biomasaren karbono organikoaren inbentarioa / Inventario de carbono orgánico en suelos y biomasa en la Comunidad Autónoma del País Vasco.* Eusko Jaurlaritzaren Ingurumen, Lurralde Plangintza eta Ingurumen Saila, eta, Nekazaritza eta Arrantza Saila. Ingurumen Esparru Programa seriea 48 zk., 2005eko apirila. Hemen eskuragarri: <http://www.ihobe.net/Publicaciones/>
- FAO. 2017. Soil organic carbon mapping cookbook. Eskuragarri: <http://www.fao.org/3/I8895EN/i8895en.pdf>
- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. 2006. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Published: IGES, Japan. ISBN 4-88788-032-4.

Kibblewhite, M. G. L. Miko and L. Montanarella. 2012. Legal frameworks for soil protection: current development and technical information requirements. Current Opinion in Environmental Sustainability, 4 :573–577.

KLIMA-2050. 2015. *Euskadiko Klima Aldaketaren 2050 Estrategia*. Argitaletxea. Eusko Jaurlaritzaren argitalpenen Zerbitzua(Vitoria-Gasteiz, 2015). Hemen eskuragarri: <http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/informacion/estrategia-vasca-de-cambio-climatico-2050/r49-11293/es/>

Quinlan. 1993. C4.5: Programs For Machine Learning. Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, CA

Rasmussen, C.E., and Williams, C.K.I. 2006. Gaussian Process for Machine Learning, The MIT Press.

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

INGURUMEN, LURRALDE PLANGINTZA
ETA ETXEBIZITZA SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y VIVIENDA

www.ihobe.eus
www.ingurumena.eus