



Gipuzkoako
Foru Aldundia
Diputación Foral
de Gipuzkoa

GIPUZKOAKO BASOEN KARBONO HUSTULEKU GAITASUNAREN HOBEEKUNTZA

Aldaketa klimatikoa moteltzeko eta hontara egokitzeko ikerketa eta berrikuntzako proiektua

Garazi Auzmendi

Egilea: Garazi Auzmendi Arkarazo

2018ko beka deialdiaren barruan garatutako proiektua.

Bekaren xedea: Aldaketa klimatikoa moteltzeko eta hontara egokitzeko ikerketa eta berrikuntzako proiektua.

Ingurumeneko eta Obra Hidraulikoetako Departamentua

Gipuzkoako Foru Aldundia

“Naturaren kontserbazioak ez du aurrerabidea eragozten, bermatu egiten du.”

Joaquín Araujo



Laburpen exekutiboa

Neurri berean ez bada ere, aldaketa klimatikoak planetako eskualde guztiei eragingo die eta inpaktu negatiboak ez ditu ingurune naturalak soilik pairatuko, honek pertsoneri eta ekonomiari ere kalteak eragingo baitizkio. Testuinguru honetan, geroz eta gehiago dira klima krisia arindu nahiz honen eraginetara egokitzea bideratutako politikak. Basoek munduko karbonoaren zikloan berebiziko garrantzia izateaz gain, asko dira hauek ekosistema zerbitzuen bidez gizarteari eskaintzen dizkieten onurak. Hori dela eta, klima aldaketaren aurkako borrokari dagokionez azken urteetan baso ekosistemek arreta handia erakarri dute.

Zuhaitzek atmosferako karbonoa finkatu eta metatzeko gaitasuna dute. Basoen karbono hustuleku izaera hau, baso-biomasari eta lurreko karbono erreserbei zor zaie, hauek atmosferatik xurgatutako karbonoa ehundaka urtetan metatu baitezakete. Horregatik, klima aldaketa arintzeko mundu nahiz eskualde mailako estrategietan basoen karbono hustuleku gaitasuna sustatzeko neurriak hartzea proposatzen da.

Azterketa honetan egin diren estimazioen arabera Gipuzkoako basoek beren karbono metaketa handiagotzeko aukera nabarmenak dituztela ondorioztatu da, izan ere, bertako zuhaitz estalduraren gaur egungo karbono izakinak beren potentzialetik urrun daudela konprobatu da. Baso-biomasari dagokionean, karbono hustulekuak areagotzeko jardunbideak aplikatzeak karbono izakinetan %54 eta %207 bitarteko gorakada izatea eragingo luke. Lurreko karbono erreserbei dagokienez berriz, kudeaketa egoki batek gaur egungo erreserbak %249 handiagotzeko aukera emango luke. Beraz, Gipuzkoak eremu handiak basoberritzeko aukerarik ez badu ere (dagoeneko lurraldearen %61 zuhaitzez estalia dagoelako), baso kudeaketan aldaketa klimatikoan oinarritutako irizpideak txertatzeak bere basoen karbono hustuleku gaitasuna areagotzeko aukera asko dituela ebatzi da.

Karbono erreserbak areagotzeko neurri eraginkorrenen artean bertako zuhaitz espezie autoktonoak berreskuratu eta baso ekosistemen naturalizazioa sustatzea leudeke. Honez gain, egur ustiapenak egin nahi diren kasuetarako, bertako eskuhartzeak karbono erreserbak ahalik eta gutxien kaltetzera bideratzeko neurriak identifikatu dira, esate baterako, zuhaitz estaldura erabat ez kentzea, ustiaketen intentsitatea gutxiagotzea eta lurraldearen konpaktazioa eta higadura ekiditeko neurriak hartzea.

Neurri hauek, karbono hustuleku gaitasuna handiagotzeaz gain, baso-ekosistemek eta Gipuzkoar lurralde osoak klima aldaketaren eraginetara egokitzearen duten gaitasuna areagotzea ahalbidetuko lukete. Baso kudeaketan jardunbide egokiak aplikatzeak ekosistema hauen funtzio aniztasuna sustatuko luke, klima aldaketaren inpaktuen aurrean erresilientzia hobea izango dutelarik. Era berean, Gipuzkoar lurraldeak etorkizuneko

agertokietan ur-baliabideen kaltetzea, higadura arazoak, lur-mugimenduak, uholdeek eragindako kalteak, zuhaitzen izurrite eta gaixotasunen zabaltzea eta bioaniztasunaren gutxitzea bezalako eragin negatiboak jasateko dituen aukerak murriztuko lirateke.

Klima krisiari aurre egiteko hartzen diren neurriak bezain garrantzitsua da hauek martxan jartzen diren unea. Izan ere, ekintzak zenbat eta lehenago abiarazi, etorkizunean jasango diren inpaktuen eragina txikiagoa izatea aurreikusten da. Baso kudeaketan aldaketa klimatikoan oinarrituriko irizpideak txertatzeak Gipuzkoar lurralde osoari eskainiko lizkioken onurak kontuan hartuz, ezinbesteko eta urgentziazkotzat jotzen da hontara zuzendutako politikak sustatzea.

AURKIBIDEA

1.	SARRERA.....	1
2.	PROIEKTUAREN HELBURUAK.....	3
3.	LAN METODOLOGIA.....	4
4.	BASOEN EKARPENA KLIMA ALDAKETAREN AURREAN	5
5.	GIPUZKOAKO BASOEK METATUTAKO KARBONOA	13
5.1.	BASO-BIOMASAK METATZEN DUEN KARBONOA.....	13
5.1.1.	NEIKER-TECNALIA (2014)	13
5.1.2.	COPERNICUS (2019) DATU BASEA	20
5.1.3.	LAUGARREN BASO INBENTARIO NAZIONALA (BIN4).....	22
5.1.4.	BASO-BIOMASAREN KARBONO ESTIMAZIOEN EMAITZEN ANALISIA...26	
5.2.	BASO-LURRETAN METATZEN DEN KARBONOA.....	27
5.2.1.	EUROPAKO LUCAS DATU BASEA	27
5.2.2.	EAE-N EGINDAKO LAGINKETEN DATUAK (NEIKER-TECNALIA, 2014)...33	
5.2.3.	BASO-LURRETAKO KARBONO ESTIMAZIOEN EMAITZEN ANALISIA35	
6.	GIPUZKOAKO BASOEK KARBONOA METATZEKO DUTEN POTENTZIALA	37
6.1.	BASO-BIOMASAK KARBONOA METATZEKO DUEN POTENTZIALA	37
6.2.	BASO-LURREK KARBONOA METATZEKO DUTEN POTENTZIALA	42
6.3.	BASO HUSTULEKUEN GAITASUN ETA POTENTZIALAREN ANALISIA ETA ONDORIOAK	49
7.	KARBONO HUSTULEKUAK SUSTATZEKO JARDUNBIDEAK BASO KUDEAKETAN .51	
7.1.	ZUHAITZ ESPEZIEEN BANAKETA	51
7.2.	BASOEN ADINA, EGITURA ETA EGUR-HILA.....	54
7.3.	GIZA USTIAKETA PROZESUAK	62
7.3.1.	Lurraren prestaketa prozesuak	62
7.3.2.	Egur erauzketen eragina LKOan.....	63
7.3.3.	Egur erauzketen eragina baso-biomasan	70
7.4.	BASO SUTEAK	73
8.	BASOEN EGOKITZE GAITASUNA ETA ERRESILIENTZIA HOBETZEA.....	77

8.1.	EGOKITZE GAITASUNA ETA ERRESILIENTZIA HOBETZEKO BEHARRA.....	77
8.1.1.	TENPERATURAN AURREIKUSTEN DIREN ALDAKETAK	77
8.1.2.	PREZIPITAZIOAN AURREIKUSTEN DIREN ALDAKETAK	77
8.1.3.	EBAPOTRANSPIRAZIOAN AURREIKUSITAKO ALDAKETAK	78
8.1.4.	ALDAKETA KLIMATIKOAREN INPAKTUAK GIPUZKOAN	78
8.1.5.	EGOERA BERRIETARA EGOKITZEKO GAITASUNA ETA ERRESILIENTZIA HOBETZEA.....	80
8.2.	BASOEN EGOKITZEA ETA ERRESILIENTZIA HOBETZEKO AUKERAK	81
9.	ALDAKETA KLIMATIKOAN OINARRITUTAKO JARDUNBIDEEN BESTELAKO ONURAK.....	87
10.	ONDORIOAK ETA PROSPEKTIBA	93
11.	BIBLIOGRAFIA.....	97
	ERANSKINAK	105
I.	LEHEN ERANSKINA.....	106
	LABURDURAK, UNITATEAK ETA GLOSATEGIA.....	106
	Laburdurak.....	106
	Unitateak.....	107
	Glosategia.....	108
II.	BIGARREN ERANSKINA	112
	ARROKA ZATIEN DENTSITATEA	112
III.	HIRUGARREN ERANSKINA.....	113
	LITOLOGIA ANALISIKO IRIZPIDEAK	113

1. SARRERA

Gaur egun, aldaketa klimatiko antropogenikoa mundu mailan errekonozituriko egitatea da eta asko dira nazio zein nazioarte mailan bere eraginak aztertu eta berau gutxiagotzeko asmoz sorturiko erakunde eta programak (IPCC, UNFCCC, EEA, CCPCC, etab.).

Munduko Meteorologia Erakundeak (*World Meteorological Organization*, WMO) eta Nazio Batuen Ingurumen Programak (*United Nations Environment Programme*, UNEP) Klima Aldaketari buruzko Gobernu Arteko Adituen Taldea (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) sortu zuten 1988an. Talde horrek klima aldaketaren inguruko informazio garrantzitsua biltzen, aztertzen eta zabaltzen du eta erreferentziazko organoa da mundu mailan.

1992an klima aldaketa errealitate bat zela ohartuta kezka sortu zen. Izan ere, 189 herrialde, Europar Batasunekoak eta Amerikako Estatu Batuak barne, Klima Aldaketari Buruzko Nazio Batuen Esparru Konbentzioari (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC) atxikitu zitzaizkion. Honen helburua, atmosferaren beroketa murrizteko zer egin behar zen aztertu eta tenperaturen igoerei aurre egiteko neurriak hartzea zen.

2005ean indarrean jarri zen Kyotoko Protokoloaren bidez, gobernuek mundu osoko 128 estaturentzako juridikoki lotesleak ziren neurri indartsuak hartu zituzten klima aldaketaren kontra.

Erresuma Batuko Tony Blair lehen ministroak enkargatuta, N. Stern ekonomistak 2006an argitaratu zuen txostenak (Stern Txostena izenez ezagutzen denak), munduko hedabideetan eragin handia izan zuen. Txosten honek lehen aldiz klima aldaketaren ekonomia analizatu zuen. Stern-ek klima aldaketaren kontra ezer ez egiteak ur edangarria izatea zailtzeaz gain, elikagaien ekoizpenari, goseteei, osasunari eta ingurumenari kalteak ekarriko dizkiola adierazten du (Stern, 2007). Honez gain, 2050erako munduko Barne Produktu Gordina (BPG) %5-20ko jaitsiera jasango duela eta 200 miloi errefuxiatu baino gehiago izango direla ere aurreikusten du. Ekonomista honek, gaurko BPGren %1 inbertitzea arazoari erantzuteko nahikoa litzatekela ere defendatzen du (Stern, 2007).

UNFCCC-k (d.g.) 2015eko Parisko Hitzarmenean zehazturiko helburuak lortzeko bidean, gobernuek ekintza sendo eta sakonagoak martxan jartzeko beharra azpimarratu zuen. Modu berean, ekintzaile desberdinek (gobernu, enpresa, inbertsore, hiritar, eskualde, etab.) helburu beraren alde joka dezaketen papera azpimarratzen du, norberak bere esparruan modu eraginkorrean lan egin dezan bultzatuz.

Modu berean, negutegi efektuko gasen kontzentrazioak gutxitzeko Europar Komisiotik bultzaturiko estrategiak abian dira, 2020, 2030 eta 2050 urteetarako lortu nahi diren helburu batzuk zehaztu direlarik (European Commission, d.g.). Zentzu honetan, europar estatu kideek esparru ezberdinetan martxan jarri beharreko estrategia eta ekintzak proposatu dira. Hau horrela izanda, estatu nahiz erkidego mailako legediak zentzu berean garatzen ari dira.

Honen haritik, Eusko Jaurlaritzak Autonomia Erkidegorako Klima 2050 estrategia zehaztu du (Eusko Jaurlaritza, 2015), herrialde osoan aldaketa klimatikoari aurre egiteko plan bateratu bat izateko. Dinamika honi jarraituz, Gipuzkoa mailan, Gipuzkoa Klima 2050 izeneko Klima-Aldaketaren Kontrako Gipuzkoako Borroka-Estrategia martxan jarri berria da (Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018). Bertan, sektore eta alor ezberdinetatik aldaketa klimatikoari aurre egiteko irizpide, helburu, jardunbide eta ekintzak zehazten direlarik. Hauen artean, karbono hustulekuen gaitasuna aztertu (Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018) eta hauen erreserbak areagotzeko helburuak finkatzen dira (Eusko Jaurlaritza, 2015).

Klima aldaketari aurre egiteko kontuan hartzen diren sektore edo eremu ezberdinen artean, landa kudeaketak paper garrantzitsua jokatzen du, europar nahiz estatu mailako legedietan honen potentziala eta inplikazio beharra aipatzen direlarik. Europar Parlamentu eta Kontseiluaren COM(2016) 479 arau proposamenak aldaketa klimatikoaren epe luzerako arintze helburuak lortzeko ezinbestekotzat jotzen du luraren eta basoen erabilera. Modu berean, Europar Komisiok (European Commission, d.g.) eta IPCC (IPCC, 2000) bezalako erakundeek ere sektore honen erabileraren potentzialtasuna aitortzen dute.

Gaur egun, baso eta nekazaritza lurrek europar lurraldearen hiru laurdenak estaltzen dituzte, karbono atxikimendu handia suposatzen duelarik eta ondorioz, hau atmosferara isurtzea eragozten dute. Europar basoek esaterako, Europa mailan urtean isurtzen diren negutegi efektuko gasen %10 xurgatzen dute. Beraz, luraren erabilera eta basogintza (lurra, arbolak, landareak, biomasa eta egurra kontuan izanda) politika klimatiko sendo batentzat oso lagungarri izan daitezke. Horrela, luraren erabilera, luraren erabilera aldaketa eta basogintza (*Land Use, Land-Use Change and Forestry*, LULUCF) sektorearen parte-hartzea eta inplikazioa ezinbestekotzat jotzen dira aldaketa klimatikoari aurre egiteko neurri gisara.

Modu berean, landa eremuaren kudeaketa jasangarri bat egiteak, aldaketa klimatikoari aurre egiten laguntzeaz gain, bioaniztasuna eta ur baliabideak kontserbatzen lagunduko luke. Gainera, ingurugiro onurez gain, onura sozial eta ekonomikoak ere ekarriko lituzke (IPCC, 2000; Bonan, 2008).

2. PROIEKTUAREN HELBURUAK

Aldaketa klimatikoaren arintze eta egokitzeko erronka global honetan Gipuzkoar lurraldeak duen erantzukizunaren haritik, bere baso ekosistemek lan honetan izan dezaketen ekarpena aztertu nahi da.

Proiektuaren helburuak zehazterako garaian, “2050erako Klima-aldaketa Euskadiko estrategia” eta “Gipuzkoako Klima-aldaketa aurkako borroka-estrategia 2050” dokumentuetan zehazturiko jomuga eta irizpideekin bateragarri izateari garrantzia eman zaio. Modu honetan, eskualdeko politikekin bat datorren proiektu eraikitzaile bat proposatu nahi da, Gipuzkoar lurraldeari aldaketa klimatikoaren aurrean dituen alternatibak eta aukerak hobeto ezagutzeko bide emango duena.

Horrela, proiektu honetarako honako helburuak zehazten dira:

- H.1. Gipuzkoako basoek gaur egun metatzen duten karbono kopurua kalkulatzeko.
- H.2. Gipuzkoako basoek karbonoa xurgatzeko daukaten gehienezko ahalmena kalkulatzeko.
- H.3. Gipuzkoako basoetan karbonoa metatzeko dauden aukerak aztertzea.
- H.4. Gipuzkoako basoek karbonoa zurgatzeko duten gaitasuna areagotzeko neurriak identifikatzeko.
- H.5. Gipuzkoako basoen kudeaketarako aldaketa klimatikoan oinarritutako aldagaiak planteatzeko.
- H.6. Egungo hustulekuetan atxikitako karbonoa kontserbatzeko (edo atxikimendua handitzeko) aplikatu beharreko jardunbide egokiak aztertzea.
- H.7. Aldaketa klimatikoaren aurrean Gipuzkoako basoen erresilientzia handiagotzeko neurriak aztertzea.

3. LAN METODOLOGIA

Proiektu honen garapenerako iturri bibliografikoetan oinarrituriko lan prozedurak jarraitu dira. Lanaren edukiari dagokionez bi zati ezberdindu daitezke:

- I. **Analisi kuantitatiboa:** Gipuzkoako basoen karbono hustuleku gaitasunaren eta potentzialaren estimazioak.

Analisi kuantitatiboari dagokionez, lan honetarako azterketa enpirikorik garatu ez denez, bestelako zenbait informazio iturritatik hartutako datuak erabili dira estimazioak egiteko. Kalkuluei dagokienez, bi erreminta nagusi erabili dira hauen garapenerako:

- I.a. Kalkulu orriak: Microsoft Excel *software*-a erabili da informazio iturrietatik eskuratutako datuak tratatu eta beharrezko kalkulu eragiketak egiteko.
- I.b. Informazio Sistema Geografiko software-a: QGIS 3.4.3 programa erabili da raster geruza eta geruza bektorialetako informazioa tratatu eta beharrezko datuak eskuratzeko. Kasu batzuetan QGIS programatik informazio bisuala osatzeko mapak lortu dira. Beste batzuetan ordea, gerora kalkulu orrietan tratatzeko informazio kuantitatiboa eskuratu da.

- II. **Analisi kualitatiboa:** Gipuzkoako basoen karbono hustuleku gaitasuna hobetzeko aldagaien eta jardunbideen identifikazioa; Gipuzkoako basoen erresilientzia eta egokitzea hobetzeko aldagaiak aztertzea.

Analisi kualitatiboa egiterako orduan iturri bibliografiko ezberdinen kontsulta hartu da ardatz gisa, Gipuzkoako lurralderako interesgarriak izan daitezken jardunbide eta kontuan izateko irizpideak identifikatu nahi izan direlarik.

4. BASOEN EKARPENA KLIMA ALDAKETAREN AURREAN

CO₂ hustulekuei dagokienean giltzarria den basoen karbono metaketak, aldaketa klimatikoa arintzen lagundu dezake (Ruiz-Peinado, Bravo-Oviedo, López-Senespleda, Bravo eta del Río, 2017). 1. Taulan azaltzen diren balioei erreparatuz gero, basoen karbono hustuleku gaitasunak mundu mailako karbono erreserbetan duen garrantzia begi bistakoa dela ikusten da: karbono izakinen %79 basoetan aurkitzen baita. Gainontzekoa, tundra (%7) eta hezeguneetan (%14) banatzen da.

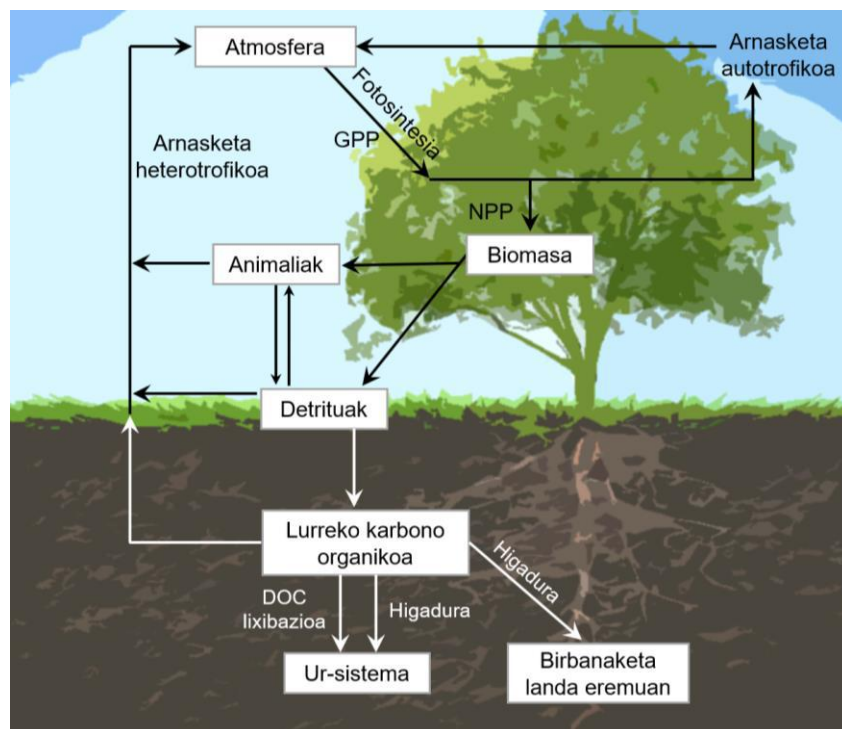
1. Taula: Munduko bioma ezberdinen karbono hustuleku gaitasuna. Iturria: Lal, 2005.

Bioma	Azalera (Mha)	C dentsitatea (t/ha)			C metaketa (Pg)		
		Landaretza	Lurra	Guztira	Landaretza	Lurra	Guztira
Tundra	927	9	105	114	8	97	105
Boreala/Taiga	1.372	64	343	407	88	471	559
Epela	1.038	57	96	153	59	100	159
Tropikala	1.755	121	123	244	212	216	428
Hezeguneak	280	20	723	743	6	202	208
Batezbeste:		54	189				
Guztira:	5.672				373	1.086	1.459

Landareek fotosintesi prozesuen bidez atmosferako CO₂-a xurgatzen dute (1. Irudia) eta karbonoa hauen biomasa-egituran finkatuta geratzen da (Ruiz-Peinado et al., 2017). Prenticen (2001) arabera, gutxi gora behera produkzio primario gordinaren (GPP, *Gross Primary Production*) erdia landarediaren arnasketa bidez atmosferara itzultzen da; gainontzekoa (produkzio primario netoa (NPP, *Net Primary Production*)) berriz, arnasketa heterotrofoaren bidez orekatzen da. Landare-ehunen zahartzearen ondorioz NPP-aren zati handiena detritu izatera pasatzen da; hauetariko batzuk azkar deskonposatzen dira (atmosferara CO₂ moduan itzultzen direlarik), baina detritu hauetariko beste batzuk ordea, izaki bizidunek sorturiko bestelako materialekin batera, deskonposaketa partzial baten ondorio den karbono organikoan bilakatzen dira (FAO, 2018; Prentice, 2001). Lurreko karbono organikoa (LKO) lurreko materia organikoaren (LMO) osagai nagusia da eta lurraren egitura orekatzeko, landare-elikagaien atxikipen eta askapenerako, nahiz uraren filtrazio eta atxikitzeari begira ezinbestekoa da (FAO, 2018). Hori gutxi balitz, LKOa atmosferak, landaretzak, lurra, ibaiek eta ozeanoek osatzen duten karbonoaren ziklo globalean giltzarria da (FAO, 2018).

Karbono organiko honen zati bat karbono organiko disolbatuaren (DOC) lixibazio bidez edo higaduraren ondorioz ur-sistemara pasa daiteke, edo landa-eremuko beste gunek batzuetara

garraiatu daiteke (Lal, 2004), honek aztertutako ekosisteman karbono organiko galera bat, eta ondorioz, neurri batean lurraren degradazioa, suposatuko luke (FAO, 2018).

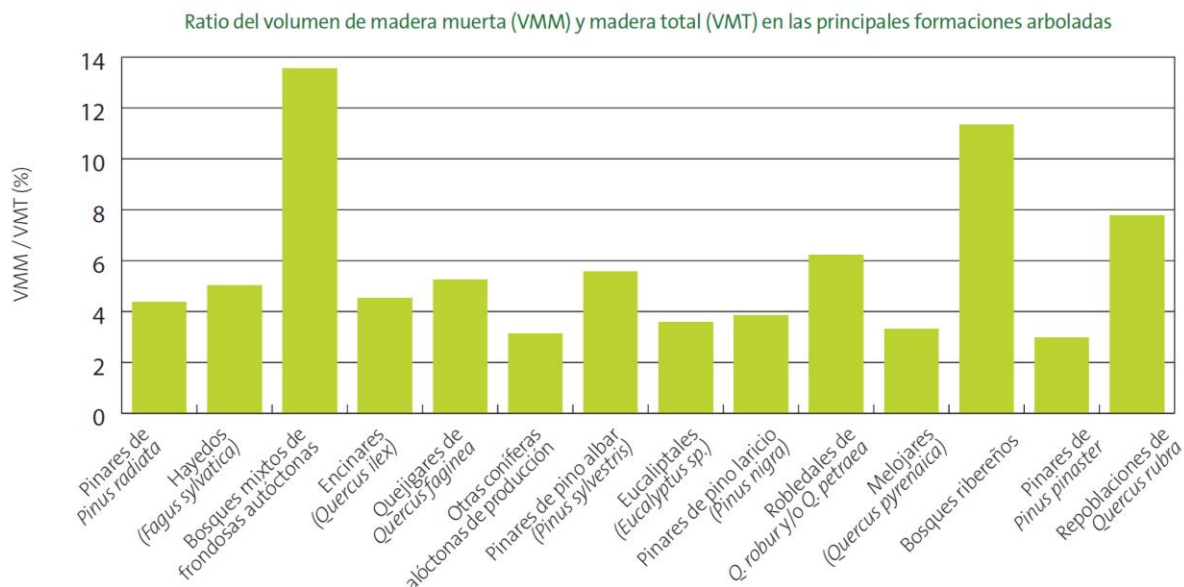


1. Irudia: Karbonoaren zikloa. GPP: Produkzio primario gordina (*Gross Primary Production*); NPP: Produkzio primario netoa (*Net Primary Production*); DOC: Karbono organiko disolbatua (*Dissolved Organic Carbon*). Iturria: FAO (2018), Lal (2004) eta Prenticetik (2001) abiatuz landua.

Horrela, fotosintesi, arnasketa, deskonposaketa edo konbustio prozesuen bidez karbonoa sistema ezberdin eta atmosferaren artean modu naturalean elkartrukutzen da. Modu honetan, gizakiak LULUCF (lurraren erabilera, lurraren erabilera aldaketa eta basogintza) jardueren bidez karbonoaren metaketa horretan eta bere elkartruke prozesuetan eragiten du (IPCC, 2000).

Baso ekosistemei erreparatuz, baso biomasa eta lurra (batez ere orbel eta errizomen deskonposaketatik sortua) definitzen dira karbono erreserba nagusi moduan (Ruiz-Peinado et al., 2017). Egur-hilak ere zenbait basotan karbono kopuru handiak metatu ditzake eta kasu horietan hau ere kontuan hartu beharko litzateke, bereziki, karbono erreserba esanguratsu bat izateaz gain, gaur egungo bioaniztasun politikek egur-hil kopurua handiagotzea sustatzen dutelako (Ruiz-Peinado et al., 2017). Dena den, adin aurreratuko eta kudeatu gabeko basoekin alderatuz, kudeatutako basoetan egur-hil kopurua askoz eskasagoa izaten da, tamaina handiko egur izakinak ustiapen ekintzen ondorioz erauziak izaten direlako. Horregatik, egoera hauetan egur-hil kopurua adaxka, adar edo enbor motzondoetara mugatzen da, enbor luze kopurua oso murrizta izaten delarik (Christensen et al., 2005). Baso heldu batean, egur bolumen osoaren %22a egur-hilak osatu dezaken bitartean (Commarmot, Brändli, Hamor eta Lavnyy, 2013), 2. Irudiko datuetatik Euskal

Autonomi Erkidegorako (EAE) %6,3ko batezbesteko ponderatu bat kalkulatu da. Informazio honetatik, Gipuzkoako basoetan aurki daitekeen egur-hil kopurua nahiko urria dela ebatzita, azterketa honen garapenerako baso biomasa eta lurreko erreserbak soilik kontsideratuko dira.



2. Irudia: Egur-hil bolumenaren eta egur-izakin totalaren arteko erlazioa EAEko zuhaitz formazio nagusietan. Iturria: Laugarren Baso Inventario Nazionala (2013).

Asko dira basoek maila globalean karbonoa xurgatzeko duten gaitasunaren inguruko estimazioak egin dituzten ikerlariak (Ruiz-Peinado et al., 2017). 2. Taulan Prenticen (2001) azterketan bildutako estimazio batzuk ikus daitezke:

2. Taula: Lurreko karbono izakinen eta produkzio primario netoaren estimazioak. Iturria: Prentice (2001).

Bioma	Azalera (Mha)	Karbono hustulekua (Pg)			C dentsitatea (t/ha)		NPP* (Pg/urte)
		Landaretza	Lurra	Guztira	Landaretza	Lurra	
Baso tropikala	1,75	340	213	553	194	122	21,9
Baso epela	1,04	139	153	292	134	147	8,1
Baso boreala	1,37	57	338	395	42	247	2,6
Guztira:	4,16	536	704	1.240	-	-	32,6

* Produkzio primario netoa (Net Primary Production, NPP)

Pan et al.-en (2011) arabera munduko basoen karbono erreserbak 861 Pg C-koak ziren 2011 urtean, hauen %44 lurreko lehen metroko sakoneran pilatzen zelarik, %42 biomasan, %8 egur-hilean eta %5 orbelean. Azterketa horretan basoen karbono metaketa netoa $1,1 \pm 0,8$ Pg C/urte-koa dela estimatzen da. 2015ean erregai fosilen konbustioak eta prozesu industrialek 9.7 Pg C/urte isuri zutela kontsideratzen da, beraz basoen xurgapen netoak urteko CO₂ isurketen %11 konpentsatu zuela ondorioztatzen da (Ruiz-Peinado et al., 2017).

Landare eta zuhaitzen biomasak airean (enbor, adar eta hostoetan) eta lurpean (zainetan) karbonoa metatzea ahalbidetzen du, erreserba hauen bahiketa ahalmena faktore biotiko nahiz abiotiko anitzek baldintzatuko dutelarik. Faktore biotikoei dagokienez, gizakiak eremu horretan garatzen duen kudeaketa mota (bakanketak, egur-ustiapen jarduerak, makinariak eragindako asaldatzeak, etab.) eta landaredia beraren ezaugarriak (zuhaitz espeziea, jatorria, etab.) aipatu daitezke. Abiotikoen kasuan, klima, lurzorua eta orografia bezalako aldagaiek eragingo dute (Neiker-Tecnalia, 2014). Honi lotuta, espezie bakoitzaren ezaugarrien arabera biomasaren banaketa ezberdina izango da eta baita honen karbono dentsitatea ere (3. Taula).

3. Taula: Espezie ezberdinen biomasa ezaugarriak. Iturria: Neiker-Tecnalia (2014).

Espezie taldea	Hedapen-faktorea ¹	Biomasa banaketa ²	Dentsitatea	C kontzentrazioa
	Aireko t/enborraren t	Sustraien t/aireko t	t ML ³ /m ³	(t C/t ML ³)
<i>Pinus nigra</i>	1,50	0,25	0,40	0,51
<i>Pinus radiata</i>	1,20	0,25	0,38	0,51
<i>Pinus sylvestris</i>	1,40	0,27	0,42	0,51
<i>Pinus halepensis</i>	1,40	0,30	0,40	0,51
<i>Quercus ilex</i>	1,60	0,37	0,58	0,48
<i>Fagus sylvatica</i>	1,40	0,18	0,58	0,48
<i>Quercus robur</i>	1,50	0,28	0,58	0,48
<i>Eucalyptus spp.</i>	1,40	0,28	0,58	0,48
<i>Quercus faginea</i>	1,50	0,28	0,58	0,48

¹ Hedapen-faktorea: Espezie jakin batek airean duen biomasaren eta enborraren masaren arteko erlazioa.

² Biomasa banaketa: Espezie jakin baten sustrai- eta aire-biomasaren arteko erlazioa.

* ML: materia lehorra.

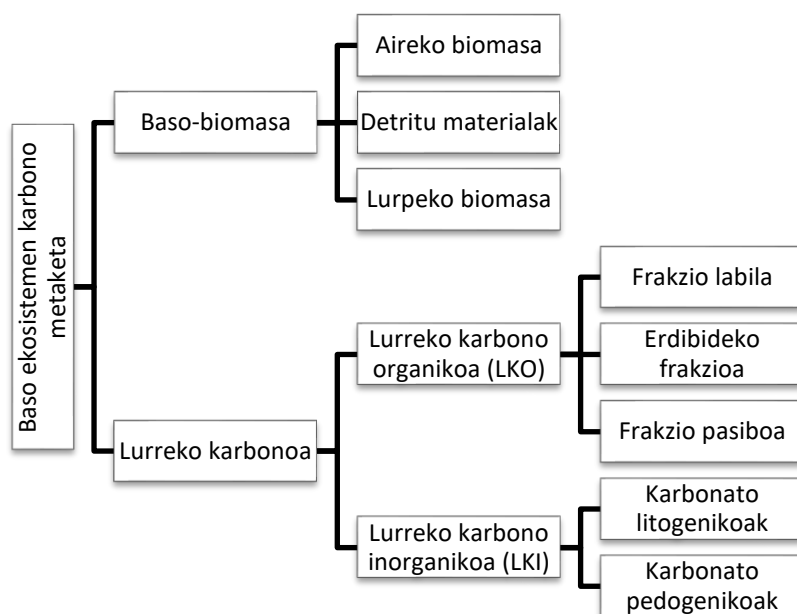
Biomasa honek, giza-eskuhartze edo faktore naturalengatik, asaldatzeak jasaten dituenean, bere karbono erreserbetan eragina izan dezake (Harmon, 2001; Lal, 2005; Luyssaert et al., 2008; Nunery eta Keeton, 2010; Schulze et al., 2000). Horregatik, karbono hustulekuen gaitasuna areagotzeko garrantzitsua da erreserba hauetan eragin negatiboa duten gertaerak edo hauen intentsitatea gutxiagotzen saiatzea (Nunery eta Keeton, 2010).

Lurreko materia organiko erreserbek atmosferara CO₂-a igorri nahiz finkatu dezaketenez, azken urteetan hauek karbono organikoa metatu eta egonkortzeko duten gaitasunak arreta handia erakarri du (Llorente, Glaser eta Turrión, 2010). Gainera, kontuan izan behar da lurra dela biosferako karbono organiko erreserbarik handiena, landarediak eta atmosferak konbinaturik metatzen duen karbonoa baino gehiago gordetzen duelarik (Lal, 2004; Schlesinger, 1977). Horregatik, lurreko karbono organikoak duen banaketa eta landaredia aldaketak honen gainean izan ditzaken eraginak ezagutzeak, neurri batean, aldaketa

klimatikoaren ondorioak aurreikusi eta moteltzeko dugun gaitasuna baldintzatuko du (Doblas-Miranda et al., 2013; Jobbágy eta Jackson, 2000).

Lurreko karbono organikoari (LKO) hainbat faktorek eragiten diote, hala nola: lurzoru mota, luraren egitura, substratu geologikoa, euri-tasa, tenperatura, hezetasuna, luraren egungo estaldura nahiz erabilera historikoa, altitudea, malda eta kudeaketa jardunbideak (Doblas-Miranda et al., 2013). LKO-ak lekuko prezipitazio tasa eta tenperaturarekin duen lotura gainazaleko 0-20 cm-ko tartean da estuena, sakonera handitu ahala gutxiagotzen delarik. Ostera, lurreko karbono organikoaren eta buztinen arteko korrelazioa handiagotu egiten da sakoneran barrura egin ahala (Jobbágy eta Jackson, 2000).

Basoen lur gaineko biomasak karbono sarrera esanguratsua suposatzen du lurarentzat eta honek lurrazalean karbono organikoa pilatzea dakar (Jobbágy eta Jackson, 2000), 3. Irudian ikus daitekeen moduan baso ekosistemetako karbono metaketa osagai ezberdinetan banatzen delarik (Lal, 2005).

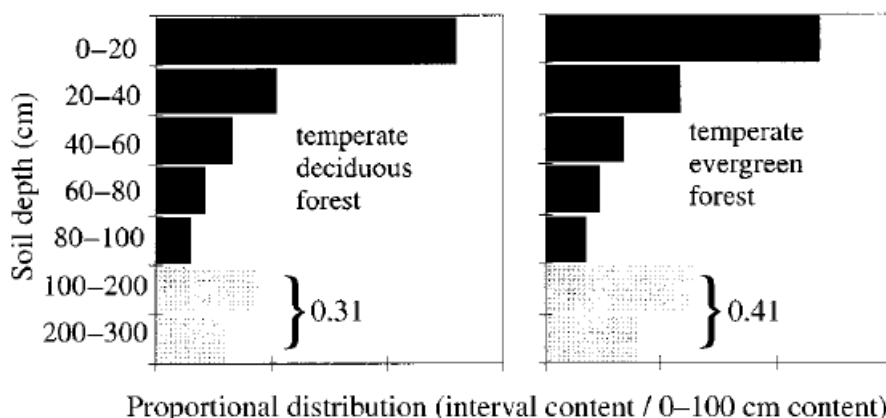


3. Irudia: Baso-hustulekuen osagaiak. Iturria: Lal (2005).

Horregatik, basoetako lurak paper garrantzitsua jokatzen du karbonoaren ziklo globalean (Lal, 2005), baina aldaketa klimatikoak izakin hauetan karbono galera handiak eragin ditzake (Doblas-Miranda et al., 2013). Lalen (2005) arabera karbono izakinen gutxitzea faktore askori egotzi dakieke: lurrera itzultzen den azaleko nahiz lurpeko biomasaren gutxitzea, materia organikoaren deskonposaketa areagotzen duten tenperatura eta hezetasun erregimenen aldaketa, laborantza edo ustiapen lanek eragindako hausturak, lurreko agregatuen gutxitzea, luraren babes fisikoak erasotzea eta lur higadura, esaterako.

LKOaren dinamiken mekanismo eta faktoreak ulertzea garrantzitsua da karbono hustuleku naturalak identifikatu eta handiagotuz aldaketa klimatikoa arintzea lortzeko (Lal, 2005). Horregatik, luraren erabilera edo lur motaren arabera batezbesteko balioak ezagutzea ez da nahikoa LKOa ebaluatzeko; klima, topografia eta kudeaketa ereduak duten eragina ere estimazioetan kontsideratu beharko litzateke (Doblas-Miranda et al., 2013). Honi lotuta, hainbat ikerlarik LKOaren aldaketak zehaztasun handiagoz aurreikusteko, honi eragiten dioten prozesu biologiko eta fisikoak hobeto ulertzen lagunduko duten azterketa enpiriko gehiagoren beharra aldarrikatzen dute (Doblas-Miranda et al., 2013; Post eta Kwon, 2000).

LKOaren kontzentrazioa aldakorra da luraren sakoneraren arabera; 4. Irudian ikus daitekeen moduan, basoetako luraren metro bateko sakoneran metatzen den LKOaren %50 lehen 20 cm-tan pilatzen dela estimatzen da (Jobbágy eta Jackson, 2000). Chiti, Díaz-Pinés eta Rubioren (2012) arabera koniferen kasuan LKOaren %55 eta hostozabaletan %58 lurreko 0-30 cm tartean kokatzen da.



4. Irudia: LKOaren banaketa bertikala baso epel mota ezberdinetan: hosto erorkorreko (ezk.) eta hosto iraunkorreko (esk.) basoak. Iturria: Jobbágy eta Jackson (2000).

Mundu osoko baso biomen karbono hustuleku gaitasuna kontsideratuta, %37 latitude baxuko basoetan metatuko litzateke, %14 latitude ertainetan eta %49 latitude altuetan (Lal, 2005). Baso epelen kasuan, landarediaren ohiko karbono dentsitatea 60 eta 130 t C/ha bitartean egoten da. Hala ere, mundu osoko basoek metatzen duten karbonoaren bi herenak baso-lurretan gordetzen direla kontuan izan behar da (Lal, 2005). Baso epeletan lurreko erreserbetan gordetako karbonoa kopuru osoaren %60 ingurukoa dela estimatzen da (Dixon et al., 1994).

1990 eta 2015 urteak bitartean mundu mailan 129×10^6 ha gutxiagotu da baso estaldura, batez ere oihan tropikalen basogabetzeen ondorioz (FAO, 2015). Basogabetze hauen erritmoa geldotu egin den arren, oraindik ere baso estalduraren azalera gutxiagotzen jarraitzen du (FAO, 2015). Baso tropikalen gutxitzeak urteko 1,6-1,7 Pg C atmosferara

isurtzea eragiten duen bitartean (emisio antropogenikoen %20 inguru), baso boreal eta epelak karbonoa finkatzen jarraitzen dutela kontsideratzen da: baso epelen kasuan urteko $0,7 \pm 0,2$ Pg C metatuz (Lal, 2005).

IPCC-ren (2014c) arabera, nekazaritza, basogintza eta beste lurraren erabileran (AFOLU sektorea: *Agriculture, Forestry and Other Land Use*) izan ezik, arintze politika berririk gabe negutegi efektuko gasen isurketak sektore guztietan gora egingo du. AFOLU sektorearen isurketen beherakada hori neurri batean basogabetzeen gutxitzeari esker emango da eta mende amaierarako sektore honek CO₂ isurpenak baino atxikipen tasa handiagoak izatea espero da (IPCC, 2014c). Hau guztiagatik, AFOLU giltzarria izango da aldaketa klimatikoari aurre egiteko estrategian. Basogintzan klima aldaketari aurre egiteko kostu-efektibitate hoberena duten aukerak basoberritzea sustatu eta baso kudeaketa iraunkorrak bultzatzea dira (IPCC, 2014c).

Jakina da tradizionalki Euskal Autonomia Erkidegoko (EAE) baso kudeaketaren oinarritzko helburua errentagarritasun ekonomikoa areagotzea izan dela, baina gaur egungo testuinguruan basoak karbono metaketara bideratzeko kudeaketa helburuak finkatzea ere beharrezko planteamendutzat jotzen da (Neiker-Tecnalia, 2014). Ikerketa beraren arabera, Bizkaian aztertutako baso gainazal ia osoa karbono metatzeko duen gaitasunaren %60tik behera dagoela ondorioztatzen da, eta gainera, isurialde atlantikoan aztertutako baso sistemen %5a bakarrik legoke bere saturazio mugatik gertu. Hau guztiagatik, eta EAEko gainazal osoaren erdia baino gehiago (%54) basoz estalia dagoela kontsideratuz (BI-2018), EAEn baso kudeaketak potentzialtasun handia duela ondorioztatzen da, kudeaketa egoki batek baso eta lurretan karbono metatzea areagotu eta sustatu dezaketelako (Neiker-Tecnalia, 2014). Ildo honetatik, erkidego nahiz probintzia mailako basoek karbono-hustuleku gisa duten indarra areagotzea Eusko Jaurlaritzak (2015) eta Gipuzkoako Foru Aldundiak (2018) plazaratutako aldaketa klimatikoaren aurkako estrategietako helburuetan biltzen da, “2050erako Klima-Aldaketaren Euskadiko Estrategia” eta “Gipuzkoako Klima-Aldaketaren Aurkako Borroka-Estrategia 2050” dokumentuetan, hain zuzen ere.

Bide horretan ezinbestekotzat jotzen da basoen zerbitzu klimatikoak eta aldaketa globalak modu integralean ezagutuko dituen diziplinarteko zientzia bat izatea, era honetan Lurrean eragiten duten eta oraindik ezezagunak diren atzeraeraginak identifikatu eta ulertzeko, eta horrela, basoek aldaketa klimatikoa arintzeko duten potentziala ezagutzeko (Bonan, 2008).

Honez gain, ezin da ahaztu baso eta lurretan karbonoaren metaketa areagotzeko estrategiek beste aspektu batzuetan ere onura nabarmenak ekarriko dituztela (Rodríguez-Loinaz, Amezaga eta Onaindia, 2013). Hala nola, nekazal eta baso kudeaketa jasangarriek uraren eta lurzoruen kalitatea hobetzea eragingo dute, eta orokorrean landa eremu osoarena.

Honek, zeharkako onurak izango ditu aldaketa klimatikoaren aurkako egokitze neurrietarako ere (Neiker-Tecnalia, 2014).

Gainera, kontuan izan behar da baita ere, aldaketa klimatikoak berak basoei zuzenean eragingo diela, tenperatura eta prezipitazio erregimenetan aldaketak izango direla aurreikusten delako (Eusko Jaurlaritza, 2016). Azterketa honetan egiten diren adierazpenen artean, klima aldaketak gure basoetan izan ditzaken ondorio batzuk aipatzen dira, hala nola: baso eta bertako arbola espezieen biziraupen aukerak murriztea, arbolen hosto-etapak aldatzea, baso-ekosisteman eragin negatiboak ekartzea, zenbait intsekturen bizi-ohiturak aldatu eta basoen ongizaterako mehatxu bihurtzea (izurriteak, etab.), basoen estres klimatikoa areagotzea, arbola gazteen biziraupena murriztea, etab. (Herrero, 2017). Horregatik, basoen zaurgarritasuna, sentsibilitatea eta egokitzapen gaitasunak aztertzearen garrantzia azpimarratzen da.

Dena den, baso eta lurrak karbonoa metatzeko duten gaitasunagatik eta ondorioz, aldaketa klimatikoari aurre egiteko tresna potentzial izanagatik, ezin da ahaztu ekosistema hauen kudeaketa ezin dela karbono metaketa areagotze hutsera bideratu (Díaz, Hector eta Wardle, 2009; IPCC, 2014c; Rodríguez-Loinaz et al., 2013). Hau da, ekosistema baten kudeaketa estrategiak planteatzerako orduan beharrezkoa da zerbitzu ekosistemikoen eta bioaniztasunaren aspektu guztiak kontuan izatea, kudeaketa integral bat eginez (Burrascano et al., 2016).

Ilido beretik, basoen karbono metaketa areagotzeko neurriek ingurugiro eta gizartearentzako bestelako eragin onuragarri batzuk ere izango lituzketela ere aipatu behar da, hala nola, ur edangarriaren eta arnasten dugun airearen kalitatea babestea, uholdeak arindu eta lurzoru higadura murriztea (Aizpuru, 2017).

5. GIPUZKOAKO BASOEK METATUTAKO KARBONOA

Aurrez aipatu bezala, Gipuzkoako basoen karbono hustuleku gaitasuna aztertzerako orduan bi karbono erreserba nagusi kontsideratuko dira: baso biomasa eta lurra. Erreserba bakoitzari dagozkion estimazioak prozedura ezberdinak jarraituz egiten direnez, hauek atal ezberdinetan garatuko dira.

5.1. BASO-BIOMASAK METATZEN DUEN KARBONOA

Atal honetan Gipuzkoako baso biomasak (aireko biomasa nahiz lurpeko sustraiak kontuan hartuz) gaur egun karbono hustuleku gisa duen gaitasuna ezagutzeko estimazioak egingo dira. Baso biomasaren izakinak ezagutzeko hiru informazio iturri ezberdin erabili dira:

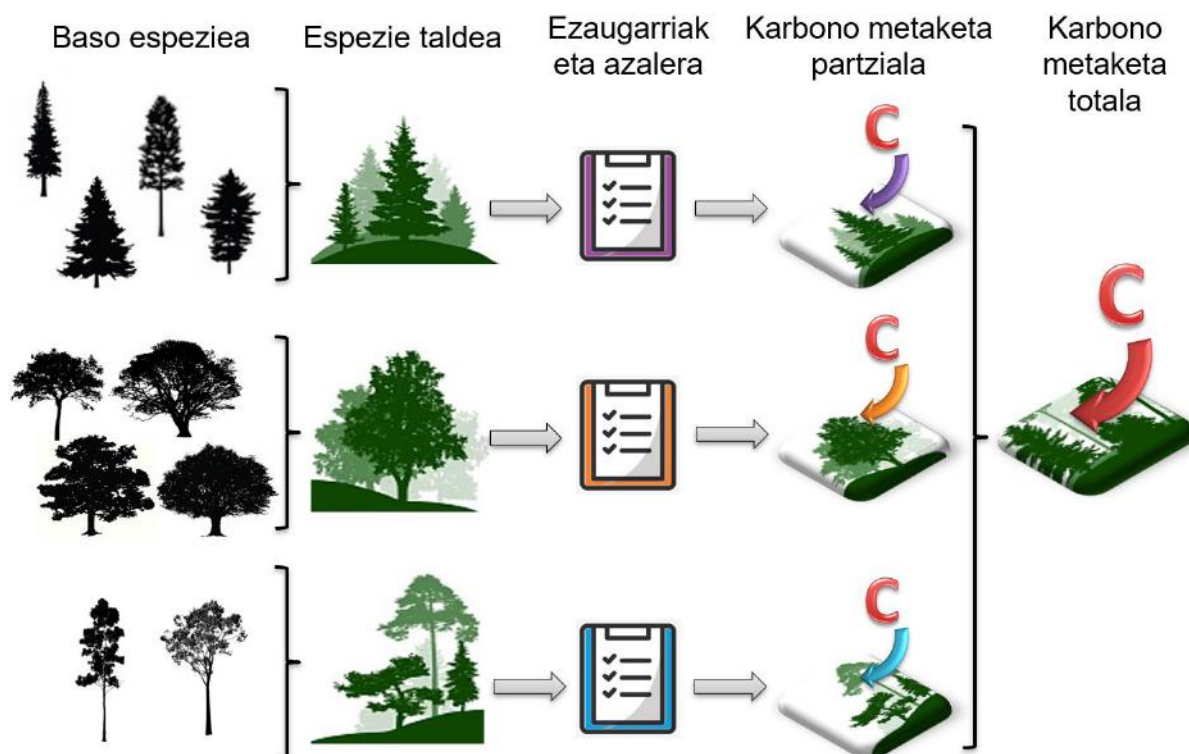
5.1.1. NEIKER-TECNALIA (2014)

Estimazio hauek planteatzerako garaian honako bi iturriak erabili dira ardatz gisa:

- Neiker-Tecnaliak 2014an argitaratutako “*Euskal Autonomia Erkidegoko karbono-hustutegiak. Bahitzeko ahalmena eta horiek sustatzeko neurriak*” lana.
- Eusko Jaurlaritzak egindako EAEko baso inbentarioa 2018 (BI-2018).

Baso biomasak metatzen duen karbono kopurua kalkulatzeko metodologia eta zuhaitz espezie ezberdinei dagozkien ezaugarriak Neiker-Tecnalia (2014) azterketatik berreskuratu dira. Zuhaitz espezie ezberdinek estaltzen duten azaleraren datuak berriz, 2018ko EAEko baso inbentariotik hartu dira.

Kalkuluen planteamendua 5. Irudian agertzen den prozesua jarraituz garatu da, Neiker-Tecnalia (2014) azterketako metodologia oinarritzat hartuta. Lehenik eta behin, Gipuzkoako basoetan aurkitzen diren zuhaitz espezie ezberdinak erreferentziazko espezie taldeetan sailkatu dira. Jarraian, espezie talde bakoitzak karbonoa atxikitze duen gaitasunaren eta Gipuzkoan estaltzen duen azalera ezagututa, talde bakoitzari dagozkien baso estaldurek gaur egun metatzen duten karbono kopurua estimatu da. Amaitzeko, karbono hustuleku gaitasun totala ezagutzeko balio guztien batura kalkulatu da.



5. Irudia: Baso biomasaren karbono metaketa estimatzeko kalkuluen planteamendua.

Prozesu honen garapenerako zenbait sinplifikazio egin behar izan direnez, honako hiru onarpenak aintzat hartu behar izan dira (Neiker-Tecnalia, 2014):

1) Esperotako hazkunde tasak eta mozketa txandak:

Gauza jakina da inguruko baldintzek modu esanguratsuan eragiten diotela zuhaitzen hazkuntza prozesuari. Azterketa honetan erabiliko diren hazkunde tasa eta mozketa txandak EAerako aurreikusten diren balio orokorrekin dagozkienak dira (6. eta 7. Taulak). Balio hauek lortzeko Euskadiko Basogintza Elkarteen Konfederakundearen (www.basoa.org) eta geografikoki gertu kokaturiko beste iturri bibliografiko batzuetako datuak erabili dira (Neiker-Tecnalia, 2014).

2) Basoko espezieen banaketa:

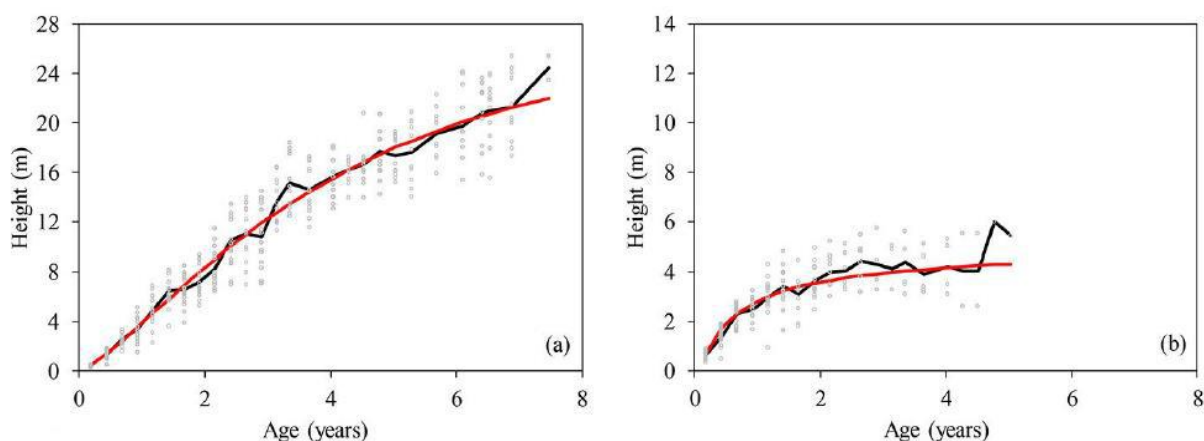
Zuhaitz espezie bakoitzaren ezaugarriekin lan egin ordez, hauek espezie talde ezberdinetan multzokatu dira (5. Taula). Beraz, erabiliko diren hazkunde tasa eta mozketa txandak ez dagozkie espezie bakoitzari, espezie talde ezberdinei baizik. Zuhaitz espezie ezberdinak espezie taldeetan sailkatzerako orduan, Neiker-Tecnaliak (2014) zehazturiko irizpide berdinak jarraitu dira, salbuespenik egin gabe.

Espezie talde bakoitzak Gipuzkoako lurraldean duen estaldura definitzeko, 2018. urteko baso inbentarioko datuak erabili dira. Espezie talde bakoitza osatzen duten espezie

ezberdinek 2018an zuten azalera batuz, talde bakoitzari dagokion azalera osoa kalkulatu da (4. eta 5. Taulak).

3) Hazkunde kurba eta haren jasangarritasuna denboran:

Zuhaitzen hazkunde denboran zehar ez da lineala, hau hazkunde beherakorrekoko kurben bidez adierazten direlarik (6. Irudia).



6. Irudia: Zuhaitzen hazkunde kurben adibideak. Espezie ezberdinen altuera adinaren arabera; puntu grisek behaturiko balioak, marra beltzak behaketen batezbesteko balioak eta marra gorriak aurreikusitako hazkunde balioak adierazten dituzte, (a) *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*; (b) *Mimosa scabrella*. Iturria: Elli et al. (2017).

Hazkunde kurbei erreparatuz gero, adin aurreratuko masa oihantsuek beren gehienezko baso-biomasara gerturazten doazen heinean karbonoa atxikitzen duten gaitasuna gutxiagotu egiten dela ondorioztatzen da (Neiker-Tecnalia, 2014). Hazkunde hau denboran zehar proportzionala ez den arren, kalkuluak sinplifikatzeko baso-biomasaren hazkunde tasa denboran zehar lineala dela kontsideratu da.

Neiker-Tecnaliak (2014) baso-biomasan metatzen den karbono kopurua estimatzeko “kudeaketa jasangarri” batean oinarrituriko egoera bat planteatzen du eta azterketa honetan irizpide berdinak jarraitzea erabaki da. Kudeaketa hori espezie bakoitzari dagokion mozketak txandaren arabera izango da eta urteko mozketek eragindako biomasa galera baso-biomasaren urteko hazkundearekin konpentsatuko da. Hau horrela izanda, ez da urteko biomasa hazkunde netorik egongo eta basoetan une oro gehienezko baso-biomasa izakinen erdia egongo litzateke, gutxi gora behera. Egoera honi erreferentzia egiteko “oreka egoera” kontzeptua erabiliko da aurrerantzean.

Era berean, biomasa galerez hitz egiten denean baso mozketak soilik kontsideratuko dira eta ez izurrite, gaixotasun, sute eta abarrek eragindako galerak, azken hauek hazkunde tasetan kontuan hartu direla kontenplatu da.

4. Taula: Gipuzkoan espezie ezberdinek duten banaketa eta espezie taldearen izendapena.
Iturria: BI-2018 eta Neiker-Tecnalia (2014).

Gipuzkoako baso inbentarioa 2018		
Baso espeziea	Azalera guztira (ha)	Espezie taldea
<i>Pinus sylvestris</i>	117	<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Pinus nigra</i>	7.028	<i>Pinus nigra</i>
<i>Pinus pinaster</i>	1.561	<i>Pinus radiata</i>
<i>Pinus radiata</i>	39.704	<i>Pinus radiata</i>
<i>Picea abies</i>	223	<i>Pinus nigra</i>
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	5.132	<i>Pinus nigra</i>
<i>Larix spp.</i>	6.342	<i>Pinus nigra</i>
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	834	<i>Pinus nigra</i>
Beste koniferoak	1.454	<i>Pinus nigra</i>
Koniferoak guztira	62.395	
<i>Quercus robur</i>	8.907	<i>Quercus robur</i>
<i>Quercus petraea</i>	292	<i>Quercus robur</i>
<i>Quercus pyrenaica</i>	299	<i>Quercus ilex</i>
<i>Quercus faginea</i>	68	<i>Quercus faginea</i>
<i>Quercus ilex</i>	2.175	<i>Quercus ilex</i>
<i>Quercus pubescens</i>	1	<i>Quercus robur</i>
<i>Galeria basoa</i>	826	<i>Quercus robur</i>
<i>Alnus glutinosa</i>	394	<i>Quercus robur</i>
<i>Salix spp.</i>	13	<i>Quercus robur</i>
Hostozabal landaketak	1.794	<i>Quercus robur</i>
<i>Eucalyptus globulus</i>	417	<i>Eucalyptus spp.</i>
<i>Eucalyptus nitens</i>	185	<i>Eucalyptus spp.</i>
Beste <i>Eucalyptus</i> ak	4	<i>Eucalyptus spp.</i>
<i>Robinia pseudacacia</i>	589	<i>Quercus robur</i>
<i>Quercus rubra</i>	2.384	<i>Quercus robur</i>
<i>Platanus spp.</i>	209	<i>Quercus robur</i>
<i>Populus alba</i>	20	<i>Quercus robur</i>
<i>Fagus sylvatica</i>	18.099	<i>Fagus sylvatica</i>
<i>Castanea sativa</i>	579	<i>Quercus robur</i>
<i>Betula spp.</i>	381	<i>Quercus robur</i>
<i>Fraxinus spp.</i>	197	<i>Quercus robur</i>
Amilburuko baso mistoa	247	<i>Quercus robur</i>
Baso misto atlantiarra	19.010	<i>Quercus robur</i>
Beste hostozabalak	1.388	<i>Quercus robur</i>
Hostozabalak guztira	58.478	
Espezieak guztira	120.873	

5. Taula: Espezie talde bakoitzari dagokion azalera Gipuzkoan. Iturria: BI-2018 eta Neiker-Tecnalia (2014).

Espezie taldea	Sartzen diren espezieak	Azalera (ha)
<i>Pinus nigra</i> (Koniferoa, Atlantikoa, altitude altua)	Pinus nigra Picea sp., Pseudotsuga menziesii, Larix sp., Chamaecyparis lawsoniana, beste taldeetan sartu gabeko koniferoak	21.013
<i>Pinus radiata</i> (Koniferoa, Atlantikoa, altitude baxua)	Pinus radiata Pinus pinaster	41.265
<i>Pinus sylvestris</i> (Koniferoa, submediterranea)	Pinus sylvestris	117
<i>Quercus ilex</i> (Hostozabala, kosta)	Quercus ilex Quercus pyrenaica	2.474
<i>Fagus sylvatica</i> (Hostozabala, Atlantikoa, altitude altua)	Fagus sylvatica	18.099
<i>Quercus robur</i> (Hostozabala, atlantikoa, altitude baxua)	Quercus robur, Quercus pubescens, Quercus rubra, Salix sp., Alnus sp. Robinia pseudoacacia, Urbazterreko zuhaitzak, Platanus sp., Populus sp., Castanea sp., Betula sp., Fraxinus sp., Baso mistoa, hostozabal landaketak, beste taldeetan sartu gabeko hostozabalak	37.231
<i>Eucalyptus spp.</i> (Hostozabala, kosta)	Eucalyptus globulus Eucalyptus nitens Beste eucalyptusak	606
<i>Quercus faginea</i> (Hostozabala, submediterranea)	Quercus faginea	68

6. Taula: Espezie talde bakoitzaren hazkunde ezaugarriak. Iturria: Neiker-Tecnalia (2014).

Espezie taldea	Biomasaren urteko hazkundera (t ML ¹ /ha·urte)			Karbono kontzentrazioa (t C/t ML ¹)	Biomasaren urteko hazkundera (t C/ha·urte)		
	Airekoa	Lurpekoa	Guztira		Airekoa	Lurpekoa	Guztira
<i>Pinus nigra</i> eta antzekoak	5,24	1,31	6,55	0,51	2,67	0,67	3,34
<i>Pinus radiata</i> eta antzekoak	5,39	1,35	6,74	0,51	2,75	0,69	3,44
<i>Pinus sylvestris</i> eta antzekoak	3,86	1,04	4,9	0,51	1,97	0,53	2,5
<i>Pinus halepensis</i> eta antzekoak	4,02	1,21	5,23	0,51	2,05	0,62	2,66
<i>Quercus ilex</i> eta antzekoak	3,01	1,12	4,13	0,48	1,44	0,54	1,98
<i>Fagus sylvatica</i> eta antzekoak	3,12	0,56	3,68	0,48	1,5	0,27	1,77
<i>Quercus robur</i> eta antzekoak	4,73	1,32	6,05	0,48	2,27	0,63	2,91
<i>Eucalyptus spp.</i>	13,77	3,83	17,6	0,48	6,61	1,84	8,45
<i>Quercus faginea</i> eta antzekoak	2,57	0,72	3,29	0,48	1,23	0,35	1,58

¹ ML: materia lehorra.

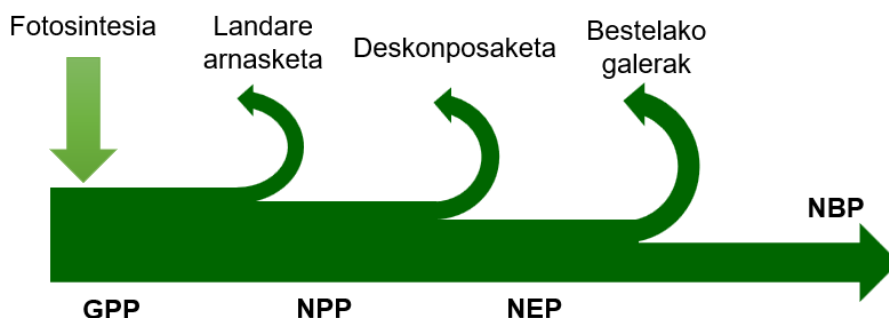
7. Taula: Gipuzkoako basoetako biomasan (airean eta lur azpian) oreka egoeran metaturiko karbonoaren estimazioa.
Iturria: BI-2018 eta Neiker-Tecnalia (2014).

Espezie taldea	Biomasaren hazkundea	Mozte aldia	Biomasan dagoen karbonoa (t C/ha)		Azalera	Mozketak oreka egoeran		Izakinak oreka egoeran (T/2)
	(t C/ha·urte)	(T, urte)	T	T/2	(ha)	(ha/urte)	(Gg C/urte)	(Gg C)
<i>Pinus nigra</i> eta antzekoak	3,34	55	183,7	91,85	21.013	382	70,2	1.930
<i>Pinus radiata</i> eta antzekoak	3,44	30	103,2	51,6	41.265	1.376	142,0	2.129
<i>Pinus sylvestris</i> eta antzekoak	2,5	60	150	75	117	2	0,3	9
<i>Quercus ilex</i> eta antzekoak	1,98	120	237,6	118,8	2.474	21	4,9	294
<i>Fagus sylvatica</i> eta antzekoak	1,77	120	212,4	106,2	18.099	151	32,0	1.922
<i>Quercus robur</i> eta antzekoak	2,91	120	349,2	174,6	37.231	310	108,3	6.501
<i>Eucalyptus spp.</i>	8,45	20	169	84,5	606	30	5,1	51
<i>Quercus faginea</i> eta antzekoak	1,58	120	189,6	94,8	68	1	0,1	6
GUZTIRA								12.842

Neiker-Tecnaliaren (2014) estimazio prozedura jarraituz, “T/2” kudeaketa jasangarriko agertoki bat kontsideratuz, Gipuzkoako baso-biomasak 12.842 Gg C metatzen dituela ondorioztatzen da.

5.1.2. COPERNICUS (2019) DATU BASEA

Ekosistemen produktibitatea sistemaren ezaugarri konplexu eta dinamiko da eta hainbat faktorek baldintzatzen dute (Copernicus, 2019). Teorikoki, karbono fluxuen arabera espresatu daiteke, 7. Irudiko eskeman adierazten den moduan. Produkzio primario gordina (GPP, *Gross Primary Production*) fotosintesi bidez atmosferako karbonoa atxikituz produzitzen den konposatu organiko kopurua da. Produkzio primario netoa (NPP, *Net Primary Production*) GPPari arnasketa autotrofikoari dagokion karbono izakinak kentzearen emaitza da. Ekosistema produkzio netoa (NEP, *Net Ecosystem Production*) landaretzaren arnasketa eta lurreko materia organikoaren deskonposaketa heterotrofikoen erauzketen ondorioz lortzen dena da. Azkenik, biomaren produkzio netoak (NBP, *Net Biome Production*), erauzketa antropogeniko eta bestelako asaldamenduek eragindako galerak kontsideratuz, landaredian geratzen den karbono kopuruari egiten dio erreferentzia.



7. Irudia: Ekosistemen produktibitatearen fluxu eta prozesuak. GPP: *Gross Primary Production*, NPP: *Net Primary Production*, NEP: *Net Ecosystem Production*, NBP: *Net Biome Production*. Iturria: Copernicus (2019).

Europar Komisioaren datu base honek materia lehorraren produktibitatearen (MLP) berri ematen du (DMP, *Dry Matter Productivity*). Zehazki, aireko biomasaren hazkunde osoaren estimazio bat da, egun eta hektareako sortzen den materia lehor kopurua azaltzen duelarik (kg ML/ha·egun). MLP-a aurrez aipaturiko NPParekin zuzenki erlazionatuta dago, materia lehorra eta honen karbono edukiaren arabera delarik, Copernicusen (2019) arabera 0,45 g C/ g ML-eko kontzentrazioa kontsideratzen da.

Copernicus (2019) datu basetik Gipuzkoako lurralderako 2018an egindako estimazioak berreskuratu dira GeoTIFF euskarrian. Materia lehorraren produktibitate (MLP) mapa hauetan Gipuzkoako baso estaldurari dagokion azalera kontsideratuz urte guztiko batezbesteko balio bat kalkulatu da (8. Taula).

8. Taula: 2018ko materia lehor produktibitatearen (MLP) batezbestekoa Gipuzkoako basoetan.
Iturria: Copernicus (2019).

Hilabetea	MLP (kg/ha·egun)	MLP (t/ha·urte)
Urtarrila	8,00	2,92
Otsaila	8,23	3,00
Martxoa	19,58	7,15
Apirila	46,53	16,98
Maiatza	64,23	23,45
Ekaina	94,24	34,40
Uztaila	116,50	42,52
Abuztua	103,38	37,73
Iraila	84,45	30,82
Urria	34,45	12,57
Azaroa	14,28	5,21
Abendua	9,41	3,43
Batezbeste:	50,27	18,35

Copernicus (2019) datu baseak aireko biomasa soilik estimatzen du eta ez du honek lur azpiko biomasaren gehitzearekin duen erlaziorik zehazten. Horregatik, aireko eta lurpeko biomasaren erlazioa Neiker-Tecnaliaren (2014) lanetik berreskuratu da. Azken honetan, datu hori espezie talde bakoitzaren arabera zehazten denez, atal honetarako batezbesteko ponderatu bat kalkulatu da (espezie talde bakoitzak Gipuzkoan duen estalduraren arabera). Hau eginda, lurpeko eta aireko biomasaren arteko erlazioa 0,2512 dela ondorioztatu da. Materia lehor kopuru jakin batean atxikituriko karbonoari dagokionez, Copernicusen (2019) definitzen den erreferentzia erabili da, 0,45 g C/g ML, hain zuzen ere. Datu hauek kontsideratuz, 9. Taulako datuak estimatu dira:

9. Taula: Biomasaren urteko hazkundearen estimazioa. Iturria: Copernicus (2019) eta Neiker-Tecnalia (2014).

Airekoa	Lurpekoa	Guztira	Karbono kontzentrazioa	Biomasaren urteko hazkundera
(t ML/ha·urte)	(t ML/ha·urte)	(t ML/ha·urte)	(t C/t ML)	(t C/ha·urte)
18,35	4,61	22,96	0,45	10,33

Beraz, Copernicus (2019) datu baseko informaziotik Gipuzkoako baso hektarea bakoitzak urtean batezbeste 10,33 tona karbono atxikitzen dituela ondorioztatzen da. 2018ko baso inbentarioaren arabera Gipuzkoako baso azalera 120.873 hektareakoa denez, aurreko atalean jarraituriko prozedura aplikatu da, oraingoan batezbesteko balioak erabiliz (10. Taula):

10. Taula: Baso-biomasaren karbono izakinen estimazioa.
Iturria: BI-2018, Copernicus (2019) eta Neiker-Tecnalia (2014).

Biomasaren urteko hazkundera	Mozte aldia¹	Azalera	Izakinak oreka egoeran (T/2)
(t C/ha·urte)	(T, urte)	(ha)	Gg C
10,33	77,42	120.873	48.341

¹ Neiker-Tecnalia (2014) lanean definituriko mozte aldien arteko batezbesteko ponderatu bat kalkulatu da baso espezie bakoitzaren estalduraren arabera.

Copernicus (2019) datu basetik berreskuraturako materia lehor produktibitate tasak kontsideratuta, Gipuzkoako baso-biomasak 48.341 Gg karbono metatzen dituela estimatu da. Eraitza hau eta Neiker-Tecnaliaren (2014) datuetatik ondorioztatu denaren (12.842 Gg C) artean alde nabarmena dago. Neiker-Tecnaliak (2014) emandako datuak Gipuzkoako kasurako zehatzagotzat jotzen dira, bi arrazoiengatik:

- Copernicus (2019) datu basea estatistika orokorrageotan oinarritzen den bitartean, Neiker-Tecnaliak (2014) Euskal Autonomia Erkidegoaren kasurako datuak biltzen ditu. Azken hau, lan honetan aztertzen den lurraldean zentratzen denez, datuek ziurgabetasun maila txikiagoa izango dutela uste da.
- Bestalde, Copernicusen (2019) datuetatik ondorioztaturiko balioa aurrerago lantzen diren lurreko karbono organiko (LKO) estimazioekin konparatzen bada, LKOaren potentziala baino hurrengo balio altuagoa ematen duela ikusiko da eta hau ez da zentzuzkoa. Izan ere, Dixon et al. (1994), Lal (2005), Prentice (2001) eta Schlesinger (1977) bezalako autoreen esanetan, baso tropikalak dira baso-biomasen lurrian adina karbono metatzeko gaitasuna duten baso mota bakarrak, bestelakoetan (baso boreal edo baso epelen kasuan adibidez) lurreko karbono izakinak biomasen metaturikoak baino handiagoak izaten direlarik: baso borealen kasuan karbonoaren %85 lurrian metatzen dela estimatzen da, eta baso epelen kasuan %60 (Dixon et al., 1994). Copernicus (2019) datu basetik ondorioztaturiko baso-biomasaren izakinak aurrerago estimatuko den LKO potentziala baino altuagoa denez, desbiazioa handiegia dela kontsideratzen da.

5.1.3. LAUGARREN BASO INBENTARIO NAZIONALE (BIN4)

Copernicus (2019) datu basetik eta Neiker-Tecnaliaren (2014) liburutik ondorioztatutako karbono izakinen artean desbiazio esanguratsua dagoela ikusita, hirugarren informazio iturri bat kontsultatu da, Laugarren Baso Inventario Nazionale (2013), hain zuzen ere. Kasu

honetan, espezie ezberdinen enbor bolumenaren izakinetatik abiatu da, Neiker-Tecnaliak (2014) definitutako ezaugarrien arabera baso-biomasan metaturiko karbonoa ezagutzeko.

BIN4 txostenean enbor bolumenaren izakinak zuhaitz formazio nagusientzat definitzen dira, hala nola:

- | | |
|---------------------------|--|
| ▪ <i>Pinus radiata</i> | ▪ Bertako hostozabalen baso mistoa |
| ▪ <i>Pinus nigra</i> | ▪ Galeria basoa |
| ▪ <i>Pinus sylvestris</i> | ▪ <i>Quercus ilex</i> |
| ▪ <i>Pinus pinaster</i> | ▪ <i>Quercus faginea</i> |
| ▪ Beste konifero batzuk | ▪ <i>Quercus robur</i> eta <i>Q. petraea</i> |
| ▪ <i>Eucalyptus sp.</i> | ▪ <i>Quercus pyrenaica</i> |
| ▪ <i>Fagus sylvatica</i> | ▪ <i>Quercus rubra</i> |

Zuhaitz formazio nagusi hauek Gipuzkoako lurraldean duten estaldura ezagutzeko, 2018ko Gipuzkoako baso inbentarioan espezie bakoitzak duen azalera zuhaitz formazio bati egokitu zaio (11. Taula). Behin zuhaitz formazioen izakinak (enborrharen bolumena azalarekin, m³/ha-tan) eta hauek Gipuzkoan hartzen duten azalera ezagututa, Neiker-Tecnaliak (2014) definitzen dituen parametroekin 12. Taulan karbono izakin totalak estimatu dira. Zuhaitz formazioen izakinak eta bestelako parametroak espezie edo espezie talde batzuentzat definitzen direnez, asignazioak antzekotasun handieneko espezieen artean egin dira.

11. Taula: Gipuzkoan espezie ezberdinek duten banaketa eta zuhaitz formazioaren izendapena.
Iturria: BIN4 eta BI-2018.

Gipuzkoako baso inbentarioa 2018		
Baso espeziea	Azalera guztira (ha)	Zuhaitz formazioa
<i>Pinus sylvestris</i>	117	<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Pinus nigra</i>	7.028	<i>Pinus nigra</i>
<i>Pinus pinaster</i>	1.561	<i>Pinus pinaster</i>
<i>Pinus radiata</i>	39.704	<i>Pinus radiata</i>
<i>Picea abies</i>	223	Beste konifero batzuk
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	5.132	Beste konifero batzuk
<i>Larix spp.</i>	6.342	Beste konifero batzuk
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	834	Beste konifero batzuk
Beste konifero batzuk	1.454	Beste konifero batzuk
Koniferoak guztira	62.395	
<i>Quercus robur</i>	8.907	<i>Q. robur</i> eta <i>Q. petraea</i>
<i>Quercus petraea</i>	292	<i>Q. robur</i> eta <i>Q. petraea</i>
<i>Quercus pyrenaica</i>	299	<i>Quercus pyrenaica</i>
<i>Quercus faginea</i>	68	<i>Quercus faginea</i>
<i>Quercus ilex</i>	2.175	<i>Quercus ilex</i>
<i>Quercus pubescens</i>	1	<i>Q. robur</i> eta <i>Q. petraea</i>
Galeria basoa	826	Galeria basoa
<i>Alnus glutinosa</i>	394	Galeria basoa
<i>Salix spp.</i>	13	Bertako baso mistoa
Hostozabal landaketak	1.794	Bertako baso mistoa
<i>Eucalyptus globulus</i>	417	<i>Eucalyptus sp.</i>
<i>Eucalyptus nitens</i>	185	<i>Eucalyptus sp.</i>
Beste <i>Eucalyptus</i> ak	4	<i>Eucalyptus sp.</i>
<i>Robinia pseudacacia</i>	589	Bertako baso mistoa
<i>Quercus rubra</i>	2.384	<i>Quercus rubra</i>
<i>Platanus spp.</i>	209	Bertako baso mistoa
<i>Populus alba</i>	20	Bertako baso mistoa
<i>Fagus sylvatica</i>	18.099	<i>Fagus sylvatica</i>
<i>Castanea sativa</i>	579	Bertako baso mistoa
<i>Betula spp.</i>	381	Bertako baso mistoa
<i>Fraxinus spp.</i>	197	Bertako baso mistoa
Amilburuko baso mistoa	247	Bertako baso mistoa
Baso misto atlantiarra	19.010	Bertako baso mistoa
Beste hostozabalak	1.388	Bertako baso mistoa
Hostozabalak guztira	58.478	
Espezieak guztira	120.873	

12. Taula: Gipuzkoako basoetako biomasan (airean eta lur azpian) metaturiko karbonoaren estimazioa. Iturria: BIN4, BI-2018 eta Neiker-Tecnalia (2014).

Zuhaitz formazioa	Azalera (ha)	Bol. Azalarekin (m ³ /ha) ¹	(m ³)	Aireko b./ enbor b. ²	Dents. ³ (t ML/m ³)	ML guztira/ ML airean ⁴	ML guztira (t)	Dents. ⁵ t C/t ML	C izakinak Gg C
<i>Pinus radiata</i>	39.704	221,13	8.779.746	1,20	0,38	1,25	5.006.312	0,51	2.553
<i>Pinus nigra</i>	7.028	194,99	1.370.390	1,50	0,40	1,25	1.027.792	0,51	524
<i>Pinus sylvestris</i>	117	153,80	17.995	1,40	0,42	1,27	13.432	0,51	7
<i>Pinus pinaster</i>	1.561	181,54	283.384	1,20	0,38	1,25	161.589	0,51	82
Beste konifero batzuk	13.985	160,31	2.241.935	1,40	0,40	1,25	1.569.355	0,51	800
<i>Eucalyptus sp.</i>	606	150,81	91.391	1,40	0,58	1,28	94.850	0,48	46
<i>Fagus sylvatica</i>	18.099	185,60	3.359.174	1,50	0,58	1,18	3.447.030	0,48	1.655
Bertako baso mistoa	24.427	108,72	2.655.703	1,50	0,58	1,28	2.960.127	0,48	1.421
Galeria basoa	1.220	115,17	140.507	1,50	0,58	1,28	156.614	0,48	75
<i>Quercus ilex</i>	2.175	43,58	94.787	1,50	0,58	1,37	113.149	0,48	54
<i>Quercus faginea</i>	68	58,70	3.992	1,50	0,58	1,28	4.446	0,48	2
<i>Q. robur</i> – <i>Q. petraea</i>	9.200	138,11	1.270.612	1,50	0,58	1,28	1.416.262	0,48	680
<i>Quercus pyrenaica</i>	299	137,23	41.032	1,50	0,58	1,28	45.735	0,48	22
<i>Quercus rubra</i>	2.384	170,02	405.328	1,50	0,58	1,28	451.790	0,48	217
Karbono izakinak guztira:									8.138

¹ Zuhaitz enborrek azal eta guzti osatzen duten biomasa kopurua (m³/ha). Iturria: BIN4.² Aireko biomasa osoaren eta enbor biomasaren arteko erlazioa. Iturria: Neiker-Tecnalia (2014), 142. Orrialdeko 7. Taula.³ Dentsitatea: biomasak bolumen unitateko duen materia lehor (ML) kopurua. Iturria: Neiker-Tecnalia (2014), 142. Orrialdeko 7. Taula.⁴ Aireko materia lehorren (ML) eta totalaren (airekoa + lurpekoa) arteko erlazioa. Iturria: Neiker-Tecnalia (2014), 177. Orrialdeko 18. Taula.⁵ Dentsitatea: materia lehor (ML) masa unitateko duen karbono kopurua. Iturria: Neiker-Tecnalia (2014), 177. Orrialdeko 18. Taula.

Laugarren Baso Inbentario Nazionaleko (2013) biomasa izakinetatik Gipuzkoako baso biomasan 8.138 Gg C metatzen direla estimatzen da. Eraitza honek ere, aurrez Neiker-Tecnaliak (2014) erabilitako datuekin ondorioztatu diren izakinekin konparatuz desbiazio bat duen arren, desbiazioaren magnitudea onargarria dela kontsideratzen da (ez da Copernicus (2019) datu basetik lortutakoa bezainbeste hurruntzen). Gainera, BIN4-eko datuak ere EAEan zentraturiko azterketa batetik eratorriak direnez, Gipuzkoar lurralderako zehaztasun maila onargarria izango dutela ondorioztatzen da.

5.1.4. BASO-BIOMASAREN KARBONO ESTIMAZIOEN EMAITZEN ANALISIA

Gipuzkoako baso-biomasan metatzen diren karbono izakinek balio ezberdinak eman dituzte erabilitako informazio iturrien arabera (13. Taula):

13. Taula: Baso-biomasaren karbono izakinen estimazioen emaitzak.

Atala	Informazio iturria	Karbono izakinak (Gg C)
5.1.1	Neiker-Tecnalia (2014)	12.842
5.1.2	Copernicus (2019)	48.341
5.1.3	BIN4 (2013)	8.138

5.1.1 eta 5.1.3 ataletan lorturiko emaitzen artean desbiazio bat dagoen arren, desbiazio honen magnitude ordena kontuan izanda onargarritzat har daitekela ondorioztatzen da. 5.1.2 atalean lorturiko karbono izakinen kopuruak ordea, desbiazio handiegia duela kontsideratzen da. Desbiazio hau, neurri batean, Copernicus (2019) datu basearen materia lehor produktibitatean karbono metaketa netoari eragiten dioten hainbat faktore (gaixotasunak, izurriteak, estres hidrikoa, elikagai gabezia, etab.) kontuan ez hartzeari egozten zaio. Gainera, Europa mailako modelizazioen eraitza izanik, baliteke Gipuzkoar lurraldearen kasurako egindako estimazioak baliagarriak ez izatea. Beraz, Gipuzkoako biomasak metatzen duen karbonoa 8.138 Gg eta 12.842 Gg bitartekoa izan daitekela ondorioztatzen da.

Horrez gain, zuhaitz espezie ezberdinek azalera unitateko metatu dezaketen karbono kopurua ezagutu ahal izan da. 14. Taulan ikus daiteken moduan, bertako hostozabal espezieek ohiko landaketa espezieen aurrean karbonoa atxikitze gaitasun handiagoa dute.

14. Taula: Espezie talde bakoitzaren karbono hustuleku gaitasuna. Iturria: 7. Taulatik ondorioztatua.

Espezie taldea	t C/ha
<i>Pinus nigra</i> eta antzekoak	92,7
<i>Pinus radiata</i> eta antzekoak	56,7
<i>Pinus sylvestris</i> eta antzekoak	81
<i>Eucalyptus spp.</i>	84,7
<i>Quercus ilex</i> eta antzekoak	121,2
<i>Fagus sylvatica</i> eta antzekoak	110,4
<i>Quercus robur</i> eta antzekoak	144,6
<i>Quercus faginea</i> eta antzekoak	96

Azterketa honetan lorturiko emaitzez gain, Pérez, Jandl eta Rubio (2007) eta Rodríguez-Loinaz et al. (2013) bezalako azterketek ere baieztapen hori indartzen dute (lan hauek “7.1 ZUHAITZ ESPEZIEEN BANAKETA” atalean modu sakonagoan aztertuko dira).

5.2. BASO-LURRETAN METATZEN DEN KARBONOA

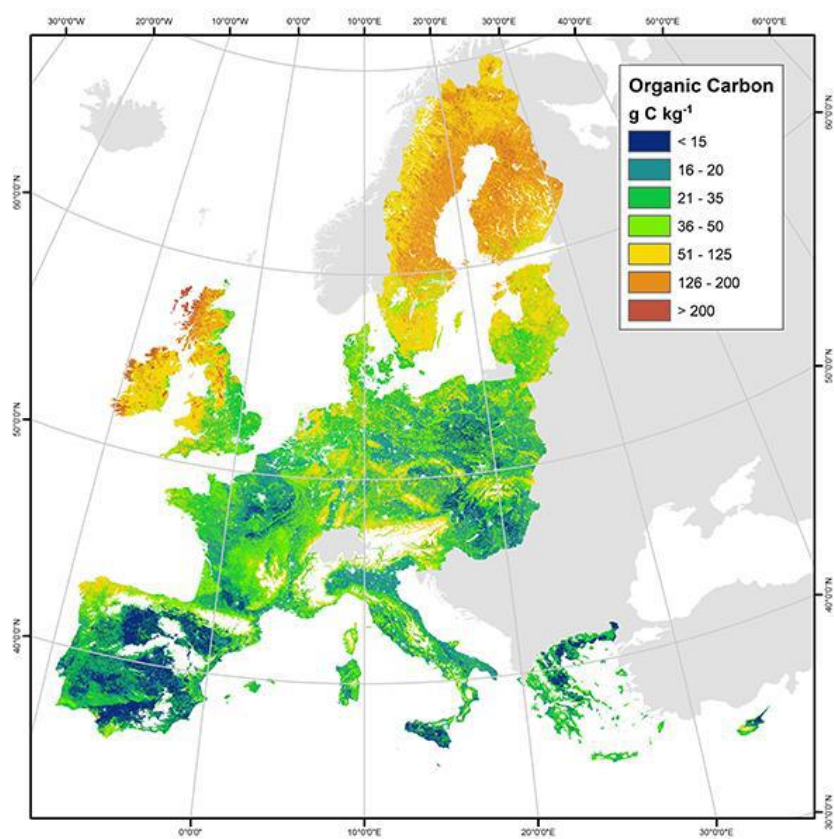
Lurrean metatzen den karbono kopurua estimatu ahal izateko informazio iturri ezberdinak kontsultatu dira:

5.2.1. EUROPAKO LUCAS DATU BASEA

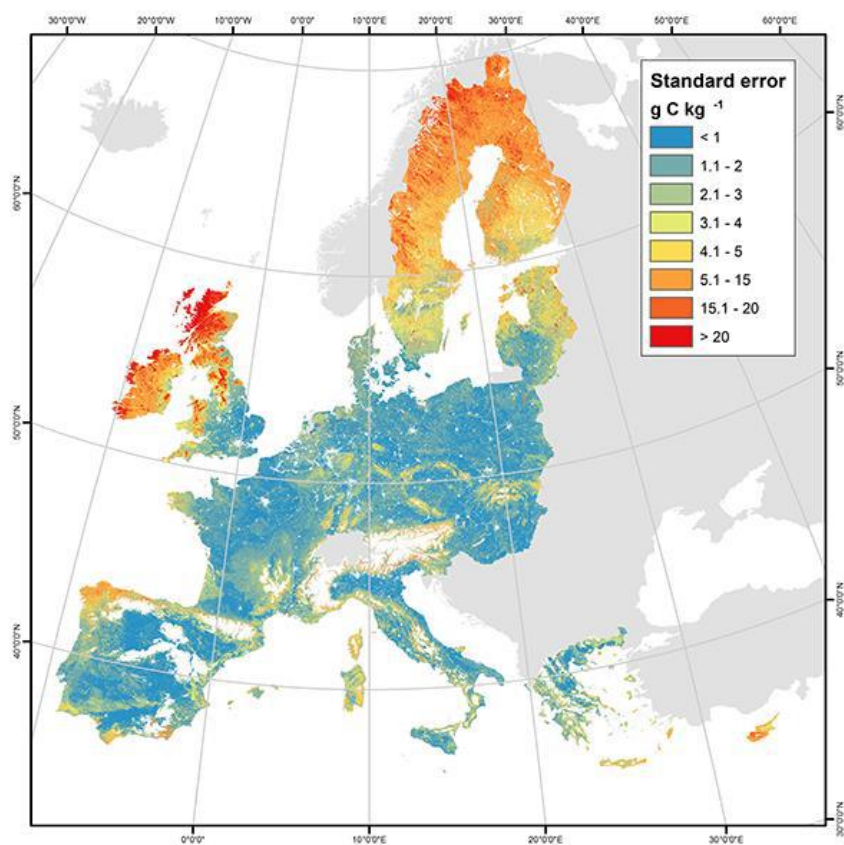
Alde batetik, LUCAS (*Land Use/Cover Area frame statistical Survey*) delakotik eratorritako Europa mailako datu base bat erabili da (ESDAC, 2019). Bertan, lurreko 0-20 cm bitarteko geo-erreferentziatutako informazioa biltzen da.

Lurreko karbono organikoari dagokionez, honako bi datu-mapak zehazten dira:

- **Lurreko goiko geruzan egongo den karbono organiko kopuruaren aurreikuspena (g C/kg).** Mapa hau (8. Irudia) sortzeko LUCAS azterketako karbono organiko neurketen eta zenbait ingurugiro aldagaien doikuntzatik lorturiko modelo gehigarri orokor bat erabili da. GeoTIFF euskarri mota erabiltzen da.
- **Karbono organikoaren aurreikuspenen errore estandarraren mapa (g C/kg).** Mapa honek (9. Irudia) karbono organiko kopuruaren aurreikuspenei loturiko ziurgabetasun maila erakusten du. Errore estandarrak aurreikuspenen desbideratze maila teorikoa azaltzen du aurrez aipaturiko maparen pixel bakoitzerako. Hemen ere GeoTIFF euskarri mota erabiltzen da.

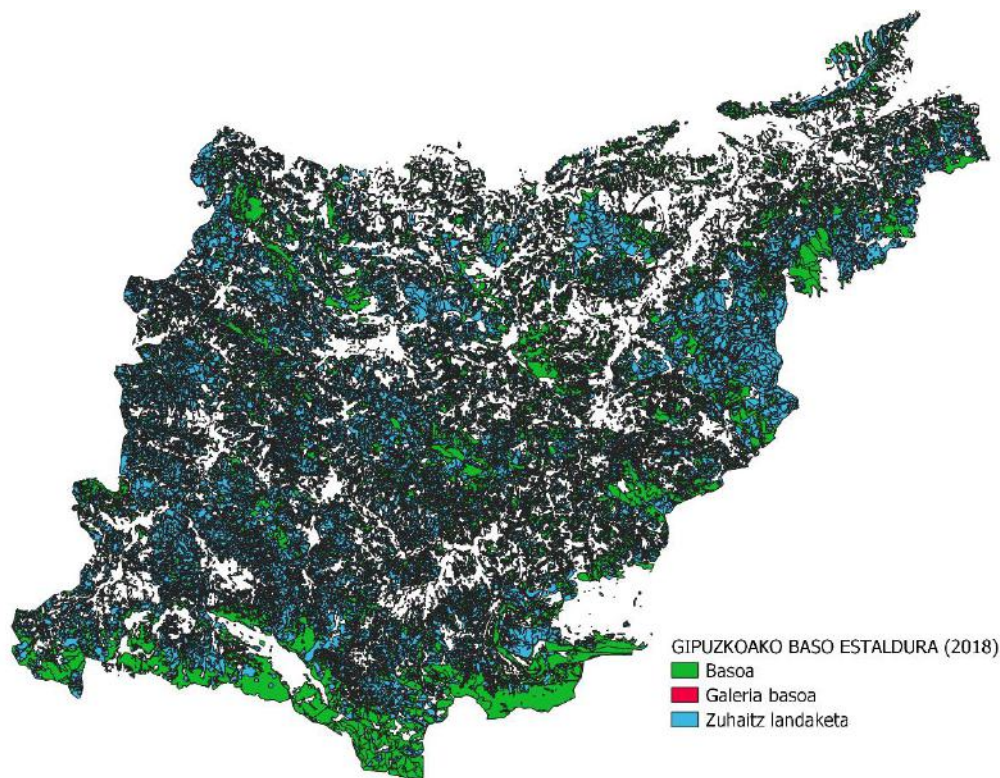


8. Irudia: Karbono organikoa lurereko 0-20 cm tartean (g C/kg). Iturria: ESDAC (2019).



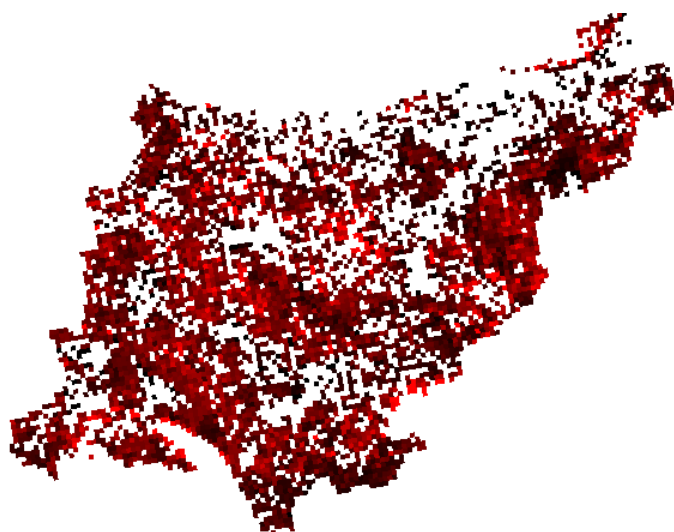
9. Irudia: Karbono organikoa maparen errore estandarra (g C/kg). Iturria: ESDAC (2019).

LUCAS mapek Europa osoko informazioa ematen dute, beraz Gipuzkoako basoetako lurak metatzen duen karbono kopurua estimatu ahal izateko, Gipuzkoako baso estaldurari soilik dagokion informazioa atera behar izan da. Horretarako, GeoEuskadi (2019) atariko FTP deskarga zerbitzuko baso estaldura mapa eguneratuena erabili da, hau EAEko 2018ko baso inbentarioari (BI-2018) dagokiolarik (10. Irudia).



10. Irudia: Gipuzkoako baso estalduraren mapa.
Iturria: GeoEuskadiko (2019) informazio geografikoa erabiliz landua.

Honela, Europar lurreko goiko geruzaren karbono organiko kopurua aurreikusten duen mapa (8. Irudia) Gipuzkoako baso estalduraren azalerarekin (10. Irudia) ebakita, azterketa honetarako interesekoa den mapa lortu da (11. Irudia).



11. Irudia: Gipuzkoako baso estaldurari dagokion karbono aurreikuspen mapa.

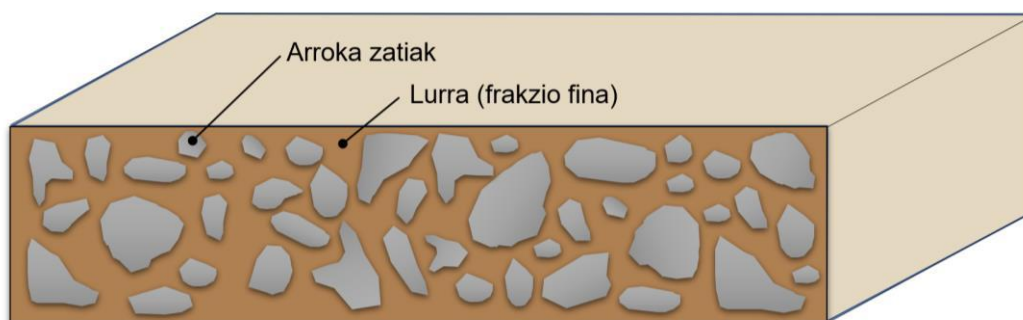
11. Irudia GeoTIFF euskarridun mapa bat denez, pixel bakoitzeko (500 x 500 m) balioak lortzeko puntuz osaturiko geruza bektorial bat sortu da, pixel bakoitzaren balioa ezagutzeko g C/kg unitatetan. Honela, Gipuzkoako baso estaldura osoaren azalera kontsideratuta lortzen den batezbesteko karbono organikoaren balioa **45,38 g C/kg** da (%4,538 karbono organiko kontzentrazioa).

Gipuzkoako basoen luraren dentsitatea ezagutzeko, LUCAS zerbitzuko dentsitate (*"Bulk density"*) mapa erabili da (ESDAC, 2019). Aurrez lurreko karbono organikoaren batezbestekoa kalkulatzeko erabili den prozedura bera jarraituz, Gipuzkoako basoko luraren (2 mm baino partikula txikiagoz osaturiko frakzio finaren) batezbesteko dentsitatea 0,99 t/m³ dela kalkulatu da.

Honez gain, lurrean dauden arroka zatiek hartzen duten bolumenaren zenbatekoa ere ezagutu behar da (Chiti et al., 2012; Rodríguez-Murillo, 2001). Honetarako LUCAS datu basearen *"Coarse fragments"* mapa erabili da (ESDAC, 2019). Aurreko kalkuluetan erabili den prozedura bera jarraituz, Gipuzkoako basoetako luraren kasuan masaren %20a arroka zatiei dagokiela ondorioztatu da.

Lortzen den emaitza Neiker-Tecnalia (2014) laneko laginketen datuekin konparagarria izan dadin, aztertuko den lur bolumena zehazterako orduan 0-25 cm sakonera kontsideratuko da. LUCAS datu basearen informazioa 0-20 cm sakonerari dagokionez eta karbono organikoaren kontzentrazioa sakonera handiagotu ahala gutxiagotzen denez (Jobbágy eta Jackson, 2000), egindako estimazioan errore bat aurreikusten da (kalkulaturiko karbono organiko kopuruak balio altuagoa emango du).

Aurrez aipaturiko faktoreak kontuan izanda, lurreko karbono organikoaren kopurua estimatu ahal izateko luraren frakzio finaren bolumena ezagutu behar da (12. Irudia).



12. Irudia: Lurreko egituraren eskema (frakzio fina eta arroka zatiak).

Horretarako hiru ekuazio eta hiru ezezaguneko sistema bat planteatzen da:

$$\begin{aligned} D_{CF} \cdot V_{CF} + D_{FF} \cdot V_{FF} &= D_T \cdot V_T \\ D_{CF} \cdot V_{CF} &= 0,2 \cdot D_T \cdot V_T \\ V_{CF} + V_{FF} &= V_T \end{aligned}$$

CF: *coarse fragments* (arroka zatiak).

FF: *fine fragments* (lurra, < 2 mm partikulez osatua).

T: totala, guztira.

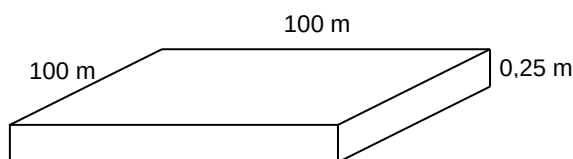
Ordezkapen metodoa erabiltzeko, aldagaiak isolatu:

$$\begin{aligned} D_{CF} \cdot V_{CF} + D_{FF} \cdot V_{FF} &= D_T \cdot V_T \\ D_{CF} \cdot V_{CF} &= 0,2 \cdot D_T \cdot V_T \rightarrow D_T = \frac{D_{CF} \cdot V_{CF}}{0,2 \cdot V_T} \\ V_{CF} + V_{FF} &= V_T \rightarrow V_{FF} = V_T - V_{CF} \end{aligned}$$

Isolaturiko aldagaiak ordezkatu:

$$D_{CF} \cdot V_{CF} + D_{FF} \cdot (V_T - V_{CF}) = \frac{D_{CF} \cdot V_{CF}}{0,2 \cdot V_T} \cdot V_T$$

Bolumen totala (V_T) kalkulatzeko hektarea batean 25 cm-ko sakonera kontsideratzen bada (ikusi 13. Irudia erreferentzia moduan):



13. Irudia: Azalera unitateko (hektareako) bolumen totala, V_T .

Eta gainontzeko aldagaientzat honako balioak kontsideratuz:

$D_{CF} = 2.650 \text{ kg/m}^3$ (Carmichael, 1984. Argibide gehiago “II BIGARREN ERANSKINA” atalean)

$D_{FF} = 990 \text{ kg/m}^3$ (“*Bulk density*” mapatik ondorioztatua)

$V_T = 100 \cdot 100 \cdot 0,25 = 2.500 \text{ m}^3$

Balio hauek ordezkatzuz arroka zatien bolumena (V_{CF}) ezagutuko da:

$$2650 \text{ kg/m}^3 \cdot V_{CF} + 990 \text{ kg/m}^3 \cdot (2500 \text{ m}^3 - V_{CF}) = \frac{2650 \text{ kg/m}^3 \cdot V_{CF}}{0,2}$$

$$495000 \text{ kg} = 2650 \text{ kg/m}^3 \cdot V_{CF} - 530 \text{ kg/m}^3 \cdot V_{CF} + 198 \text{ kg/m}^3 \cdot V_{CF}$$

$$495000 \text{ kg} = 2318 \text{ kg/m}^3 \cdot V_{CF}$$

$$V_{CF} = \frac{495000 \text{ kg}}{2318 \text{ kg/m}^3} = 213,5 \text{ m}^3$$

Hortaz, hektarea batean lehen 25 cm-tan egongo den frakzio fineko luraren bolumena:

$$V_{FF} = V_T - V_{CF} = 2500 \text{ m}^3 - 213,5 \text{ m}^3 = 2286,5 \text{ m}^3$$

Azalera unitateko karbono organiko kopurua kalkulatzeko, karbono kontzentrazioa, luraren frakzio finaren dentsitatea eta bolumena biderkatu behar dira:

$$C(\text{t/ha}) = C(\%) \times D_{FF} (\text{t/m}^3) \times V_{FF} (\text{m}^3/\text{ha})$$

$$C = \frac{4,538}{100} \cdot 0,99 \text{ t/m}^3 \cdot 2286,5 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$C = 102,7 \text{ t/ha}$$

Beraz, LUCAS datu basearen arabera, Gipuzkoako basoen lurreko karbono organiko kopurua 102,7 t C/ha da. Balio hau Gipuzkoako zuhaitz estalduraren azalerarekin (120.873 ha) biderkatuz gero 12.413.657 tona ematen ditu, hau da, **12.414 Gg** karbono metatzen dira Gipuzkoako baso-lurretan.

LUCAS datu basearen karbono organikoaren aurreikuspen mapak izan dezakeen ziurgabetasun maila ezagutzeko errore estandarren mapa erabili da (9. Irudia). Hemendik, Gipuzkoako basoek estaltzen duten azalerarako batezbesteko errore estandarra kalkulatu da: 3,66 g C/kg da errore estandarra Gipuzkoako basoen azalerarako (%8eko errore estandarra).

Lehen erabilitako formula bera erabiliz azalera unitateko errore estandarra kalkulatu da:

$$C(\text{t/ha}) = C(\%) \times D_{FF} (\text{t/m}^3) \times V_{FF} (\text{m}^3/\text{ha})$$

$$C = \frac{0,366}{100} \cdot 0,99 \text{ t/m}^3 \cdot 2286,5 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$C = 8,28 \text{ t/ha}$$

Balio hau Gipuzkoako basoek estaltzen duten azalerarekin (120.873 ha) biderkatuz gero, 1.001 Gg-ko errore estandarra ematen du.

5.2.2. EAE-N EGINDAKO LAGINKETEN DATUAK (NEIKER-TECNALIA, 2014)

EAE-n egindako laginketa batzuetatik ondorioztatutako lurreko karbono organiko kopuruak aurkezten dira 15. Taulan:

15. Taula: EAEko laginketen datuak. Iturria: Neiker-Tecnalia (2014).

Espezia	Masaren egoera	n ¹	Lurreko karbonoa ² (t C/ha)	Errore estandarra (t C/ha)
<i>Eucalyptus globulus</i>	Haga-basoa	16	68,36	18,84
	Basotua	8	72,93	18,42
<i>Pinus radiata</i>	Tantaidia	377	72,17	21,82
	Haga-basoa	139	69,61	24,92
	Mendi basatia	216	69,44	19,31
	Basotua	373	64,06	21,19
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Tantaidia	4	59,55	31,98
	Haga-basoa	2	84,63	38,03
	Mendi basatia	84,17	84,17	22,86
	Basotua	94,93	94,93	41
<i>Fagus sylvatica</i>	-	48	75,17	30,03

¹ Aztertutako lagin kopurua.

² Karbono organiko kopurua lurreko 0-25 cm sakoneran.

Datu hauek Gipuzkoako lurraldera estrapolatzeko, 15. Taulako espezie bakoitzaren batezbesteko ponderatuak kalkulatu dira kasu bakoitzean aztertutako lagin kopurua kontuan hartuz (17. Taula) eta Neiker-Tecnalia (2014) liburuan definituriko espezie taldeen arabera, Gipuzkoar lurraldean aurkitzen diren beste espezie ezberdinei gertueneko espezieen balioak egokitu zaizkie (16. Taula). Honela, 17. Taulan Gipuzkoako basoen lurreko lehen 25 cm-etan metatzen den karbono organiko kopuruaren estimazio bat egin da.

16. Taula: Erreferentzia espezieen asignazioa 4. Taulako datuei.

Espezie taldea	Sartzen diren espezieak	Azalera (ha)	Erreferentzia espeziea
<i>Pinus nigra</i> (Koniferoa, Atlantikoa, altitude altua)	Pinus nigra Picea sp., Pseudotsuga menziesii, Larix sp., Chamaecyparis lawsoniana, beste taldeetan sartu gabeko koniferoak	21.013	<i>Pseudotsuga menziesii</i>
<i>Pinus radiata</i> (Koniferoa, Atlantikoa, altitude baxua)	Pinus radiata Pinus pinaster	41.265	<i>Pinus radiata</i>
<i>Pinus sylvestris</i> (Koniferoa, submediterranea)	Pinus sylvestris	117	<i>Pinus radiata</i>
<i>Quercus ilex</i> (Hostozabala, Errioxa)	Quercus ilex Quercus pyrenaica	2.474	<i>Fagus sylvatica</i>
<i>Fagus sylvatica</i> (Hostozabala, Atlantikoa, altitude altua)	Fagus sylvatica	18.099	<i>Fagus sylvatica</i>
<i>Quercus robur</i> (Hostozabala, atlantikoa, altitude baxua)	Quercus robur, Quercus pubescens, Quercus rubra, Salix sp., Alnus sp. Robinia pseudoacacia, Urbazterreko zuhaitzak, Platanus sp., Populus sp., Castanea sp., Betula sp., Fraxinus sp., Baso mistoa, hostozabal landaketak, beste taldeetan sartu gabeko hostozabalak	37.231	<i>Fagus sylvatica</i>
<i>Eucalyptus spp.</i> (Hostozabala, kosta)	Eucalyptus globulus Eucalyptus nitens Beste eucalyptusak	606	<i>Eucalyptus globulus</i>
<i>Quercus faginea</i> (Hostozabala, submediterranea)	Quercus faginea	68	<i>Fagus sylvatica</i>

17. Taula: Estrapolazio bidez Gipuzkoako basoetako lurreko (0-25 cm) karbono kopuruaren estimazioa. Iturria: Neiker-Tecnalia (2014)tik egokitua.

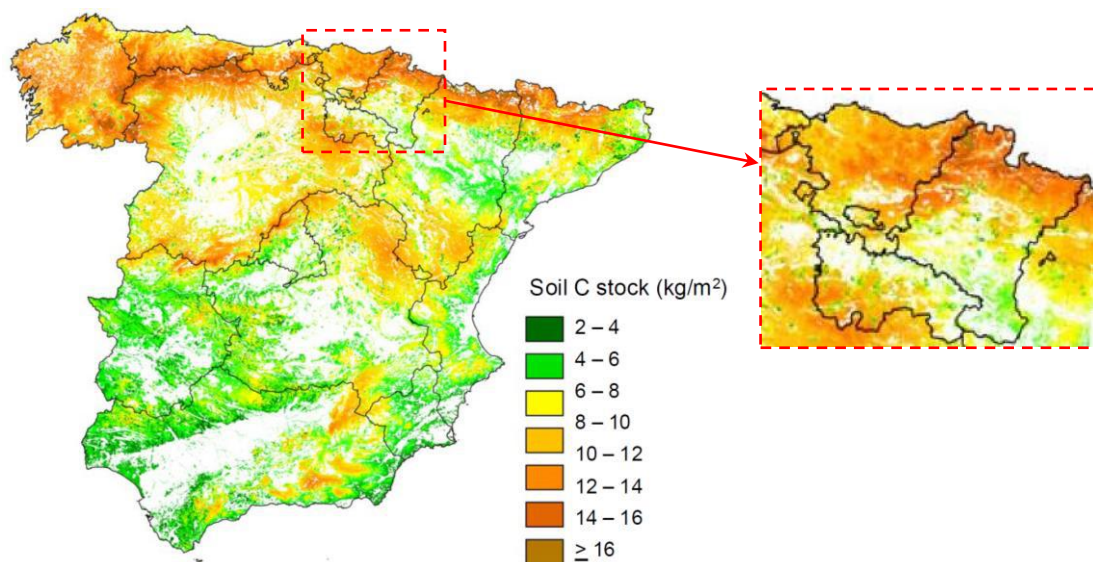
Erreferentzia espezia	Asignatutako espezieen azalera (ha)	Lurreko karbono neurketen batezbesteko ponderatua (t C/ha)	Lurreko karbonoa guztira (Gg C)
<i>Pinus radiata</i>	41.382	68,82	2.847,91
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	21.013	89,16	1.873,55
<i>Fagus sylvatica</i>	57.872	75,17	4.350,24
<i>Eucalyptus globulus</i>	606	69,88	42,35
			9.114

Beraz, Neiker-Tecnalia (2014) azterketan aurkeztu diren laginketen emaitzen arabera, Gipuzkoako baso-lurretako karbono organiko izakinak **9.114 Gg**-koak dira.

5.2.3. BASO-LURRETAKO KARBONO ESTIMAZIOEN EMAITZEN ANALISIA

LUCAS datu basean oinarrituta egindako estimazioen arabera Gipuzkoako baso-lurretan 12.414 Gg karbono metatzen dira, 102,7 t/ha batezbeste. Neiker-Tecnalia (2014) laneko datuetatik berriz 9.114 Gg-ko karbono izakinak kalkulatu dira, 75,4 t/ha-ko batezbestekoa ondorioztatzen delarik. Bi emaitza hauen artean %26ko desbiazioa dagoen arren, honen magnitude ordena kontuan hartuta onargarritzat hartzen da. Gainera, aurrez aipatu den moduan, LUCAS datu baseko informazioa 0-20 cm tarterako zehazten den arren, datu hauek 0-30cm tartera estrapolatu izanak, lorturiko emaitza zertxobait puztea eragingo du.

Bestelako iturri bibliografikoetatik eskuratutako datuek ere antzerako balioak erakusten dituzte, hala nola, Rodríguez-Murillok (2001) Espainiar lurralderako egindako azterketa batean, 0-70 cm sakonerarako hostozabal eta konifero basoetarako 93,6 t C/ha eta 75,8 t C/ha-ko balioak estimatzen ditu, hurrenez hurren. Doblas-Miranda et al.-ek (2013) egindako Espainiako LKO mapan (14. Irudia) Gipuzkoaren kasurako lehen metroko karbono organiko kopurua 8 eta 14 kg/m² (80 eta 140 t/ha) bitartekoa da. Eusko Jaurlaritzaren (2005) arabera berriz, Gipuzkoako basoek 0-30 cm tartean 80 tona karbono metatzen dituzte hektareako.



14. Irudia: Espainian laborantza lurak ez diren eremuen (baso, sastrakadi eta larreen) LKO mapa (0-1 m).
Iturria: Doblas-Miranda et al.-etik (2013) egokitua.

6. GIPUZKOAKO BASOEK KARBONOA METATZEKO DUTEN POTENTZIALA

Gipuzkoako basoek gaur egun metatzen dituzten karbono izakinak ezagutu ondoren, hauen potentzialarekin alderatu nahi da. Horretarako, aldaketa klimatikoan oinarrituriko kudeaketa ereduak erabiliko dira egoera hipotetiko ezberdinak planteatzeko orduan.

6.1. BASO-BIOMASAK KARBONOA METATZEKO DUEN POTENTZIALA

Gaur egun Gipuzkoako basoek estaltzen duten azalera mantentzen dela kontsideratuz, baso-biomasaren karbono metaketa potentziala estimatzeko, hau areagotzen lagunduko luketen faktore nagusietako bi identifikatu dira: baso espeziea eta kudeaketa mota.

Karbono hustuleku potentzialari begira baso espezie eraginkorrenak identifikatzeko 7. eta 14. Tauletako informazio esanguratsuena bildu da (18. Taula):

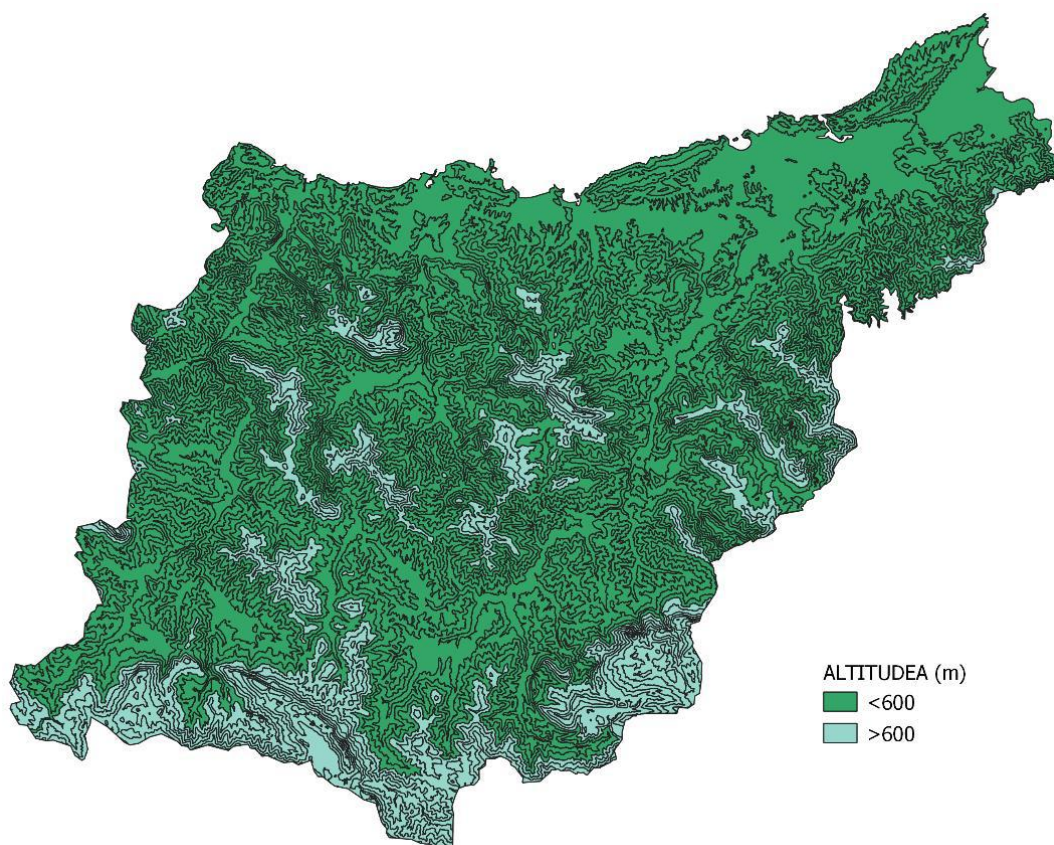
18. Taula: Espezie talde bakoitzaren karbono metaketa gaitasuna.

Espezie taldea	Azalera (ha)	Izakinak oreka egoeran (T/2) (Gg C)	Karbono metaketa (t C/ha)
<i>Pinus nigra</i> eta antzekoak	21.013	1.930	91,85
<i>Pinus radiata</i> eta antzekoak	41.265	2.129	51,6
<i>Pinus sylvestris</i> eta antzekoak	117	9	75
<i>Quercus ilex</i> eta antzekoak	2.474	294	118,8
<i>Fagus sylvatica</i> eta antzekoak	18.099	1.922	106,2
<i>Quercus robur</i> eta antzekoak	37.231	6.501	174,6
<i>Eucalyptus spp.</i>	606	51	84,5
<i>Quercus faginea</i> eta antzekoak	68	6	94,8

Datuei erreparatuz gero, begi bistakoa da landaredi potentzialeko espezieak direla azalera unitateko karbono gehiago metatzeko gaitasuna dutenak, hala nola, *Quercus ilex*, *Fagus sylvatica* eta *Quercus robur* espezie taldeak. Rodríguez-Loinaz et al.-ek (2013) Bizkaiko lurralderako egindako azterketa batek ere baieztapen hau indartzen du, karbonoa metatzeko gaitasunik handiena bertako espezieek dutela ondorioztatuz.

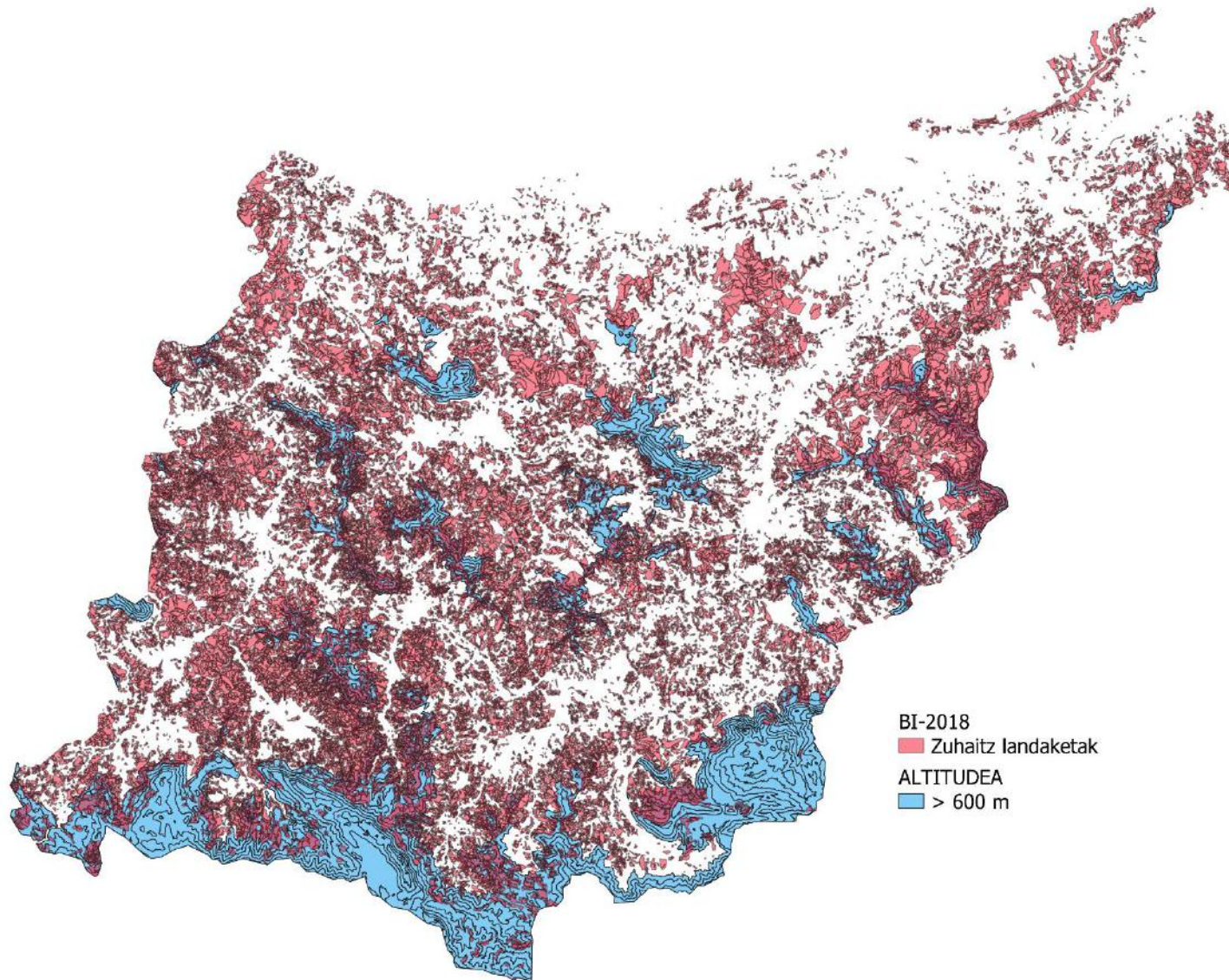
Irizpide hauek kontuan izanda, gaur egun Gipuzkoako basoetan zuhaitz landaketek estaltzen duten azalera bertako espezie potentzialek ordezkatzeko duten egoera bat planteatu da. Ondorioz, azterketa honetarako Gipuzkoako baso-biomasa autoktonoa bi talde nagusitan

banatuko da altitudearen arabera: 600 metroko altitudera arte hariztiak nagusituko dira: *Quercus robur* espezie taldea; 600 metroko mugatik gora berriz, pagadiak: *Fagus sylvatica* espezie taldea (Aizpuru, Catalán eta Garín, 2010; Loidi, Biurrun, Campos, García-Mijangos eta Herrera, 2009). 15. Irudian Gipuzkoako altitude mapan 600 metroko muga nabarmendu da. Aurrez aipaturiko irizpideen arabera, berdez margoturiko eremuetan baso-biomasa potentziala hariztiei egokituko zaie eta azalera urdinetan pagadiei.



15. Irudia: 600 metroko muga Gipuzkoako altitude mapan. Iturria: GeoEuskadiKO (2019) informazio geografikoa erabiliz landua.

Zuhaitz landaketek estaltzen dituzten lurak ze altitudetan dauden ezagutzeko asmoz, zuhaitz landaketek estalitako azalerak eta 600 metrotik gora kokaturiko kotak irudi bakarrean islatu dira (16. Irudia). Bertan ikus daitekeen moduan, proportzioan oso gutxi dira 600 metroko kotatik gora kokatzen diren zuhaitz landaketak. Hori hala izanda, eta kalkuluak sinplifikatze aldera, atal honetan planteatuko den egoera hipotetikoan zuhaitz landaketez estaliriko azalaretan *Quercus robur* espezie taldea gailentzen dela suposatuko da.



16. Irudia: Zuhaitz landaketen altitude maila. Gorriz baso landaketek estalitako azalera; urdinez 600 m-tik gora kokaturiko eremuak. Iturria: GeoEuskadiko (2019) informazio geografikoa erabiliz landua.

18. Taulan agertzen den espezie banaketan zuhaitz landaketek hartzen duten azalera osoa kalkulatz gero, denera 63.001 ha estaltzen dituztela ondorioztatzen da (19. Taula).

19. Taula: Gipuzkoako espezie taldeen banaketa; zuhaitz landaketa espezie taldeak berdez.

Espezie taldea	Azalera (ha)
<i>Pinus nigra</i> eta antzekoak	21.013
<i>Pinus radiata</i> eta antzekoak	41.265
<i>Pinus sylvestris</i> eta antzekoak	117
<i>Quercus ilex</i> eta antzekoak	2.474
<i>Fagus sylvatica</i> eta antzekoak	18.099
<i>Quercus robur</i> eta antzekoak	37.231
<i>Eucalyptus spp.</i>	606
<i>Quercus faginea</i> eta antzekoak	68
Zuhaitz landaketak:	63.001

Beraz, landaketa espezieek estaltzen duten azalera bertako baso potentzialaren arabera estaldura batez ordezkaturiko balitz (aurrez aipaturiko irizpideak jarraituz), 20. Taulako egoera hipotetikoa planteatuko litzateke. Egoera honetan, landaketa espezieen 63.001 hektarea horiek *Quercus robur* eta antzeko espezieek estaliko luketela suposatuko da (*Quercus ilex*, *Fagus sylvatica* eta *Quercus faginea* taldeen azalerak mantendu egingo dira).

20. Taula: Karbono hustuleku potentzialeko balizko espezieen banaketa.

Espezie taldea	Azalera (ha)
<i>Quercus ilex</i> eta antzekoak	2.474
<i>Fagus sylvatica</i> eta antzekoak	18.099
<i>Quercus robur</i> eta antzekoak	100.232
<i>Quercus faginea</i> eta antzekoak	68

20. Taulan planteatzen den egoera horretan, aldi berean, baso kudeaketa ezberdinetan oinarrituriko bi egoera aztertuko dira:

- Aurrez egin bezala, Neiker-Tecnalia (2014) lanean proposatzen den T/2 egoera (21. Taula).
- Egur ustiaketarik gabeko egoera (22. Taula).

21. Taula: Gipuzkoako basoen biomasaren karbono hustuleku potentziala T/2 oreka egoeran.

Espezie taldea	Bimasaren hazkundera	Mozte aldia	Bimasan dagoen karbonoa (t C/ha)		Azalera	Mozketak oreka egoeran		Izakinak oreka egoeran (T/2)
	(t C/ha·urte)	(T, urte)	T	T/2	(ha)	ha/urte	Gg C/urte	Gg C
<i>Quercus ilex</i> eta antzekoak	1,98	120	237,6	118,8	2.474	21	4,9	294
<i>Fagus sylvatica</i> eta antzekoak	1,77	120	212,4	106,2	18.099	151	32,0	1.922
<i>Quercus robur</i> eta antzekoak	2,91	120	349,2	174,6	100.232	835	291,7	17.501
<i>Quercus faginea</i> eta antzekoak	1,58	120	189,6	94,8	68	1	0,1	6
GUZTIRA								19.723

22. Taula: Gipuzkoako basoen biomasaren karbono hustuleku potentziala egur ustiaketarik gabeko egoeran.

Espezie taldea	Bimasaren hazkundera	Mozte aldia	Bimasan dagoen karbonoa (t C/ha)	Azalera	Izakinak guztira
	(t C/ha·urte)	(T, urte)	T	(ha)	Gg C
<i>Quercus ilex</i> eta antzekoak	1,98	120	237,6	2.474	588
<i>Fagus sylvatica</i> eta antzekoak	1,77	120	212,4	18.099	3.844
<i>Quercus robur</i> eta antzekoak	2,91	120	349,2	100.232	35.001
<i>Quercus faginea</i> eta antzekoak	1,58	120	189,6	68	13
GUZTIRA					39.446

5.1 atalean definitutako irizpideak jarraitzen dituen kudeaketa eredu batek Gipuzkoako baso biomasan 19.723 Gg karbono izakinak metatzea ahalbidetuko luke (21. Taula). Honen aurrean, zuhaitz mozketarik gabeko egoeran, basoak bere biomasa gorenera heltzen diren unetik aurrera hauek 39.446 Gg karbono metatuko lituzkete (aurreko egoeraren bikoitza). Beraz, basoen karbono izakinak handiagotzeko helburu soila kontuan hartuko balitz, giza eskuhartzerik gabeko egoera litzateke onuragarriena.

6.2. BASO-LURREK KARBONOA METATZEKO DUTEN POTENTZIALA

Lehenago aipatu den moduan, lurreko karbono organikoak lekuko prezipitazio tasa eta temperaturarekin duen lotura gainazaleko 0-20 cm-ko tartean da estuena, sakonera handitu ahala gutxiagotzen delarik. Ostera, lurreko karbono organikoaren eta buztinen arteko korrelazioa handiagotu egiten da sakoneran barrura egin ahala (Jobbágy eta Jackson, 2000). Errealitate honen aurrean, LKOak duen banaketa bertikalari begira honako sailkapena planteatzen du Neiker-Tecnaliak (2014):

a) Babestu gabeko lurreko materia organikoa edo materia organiko askea.

Lurreko materia organikoaren zati hau da mikroorganismoek eskuragarrien dutena eta denbora tarte laburrean metabolizatu dezakete (hilabete eta urte gutxi batzuen artean).

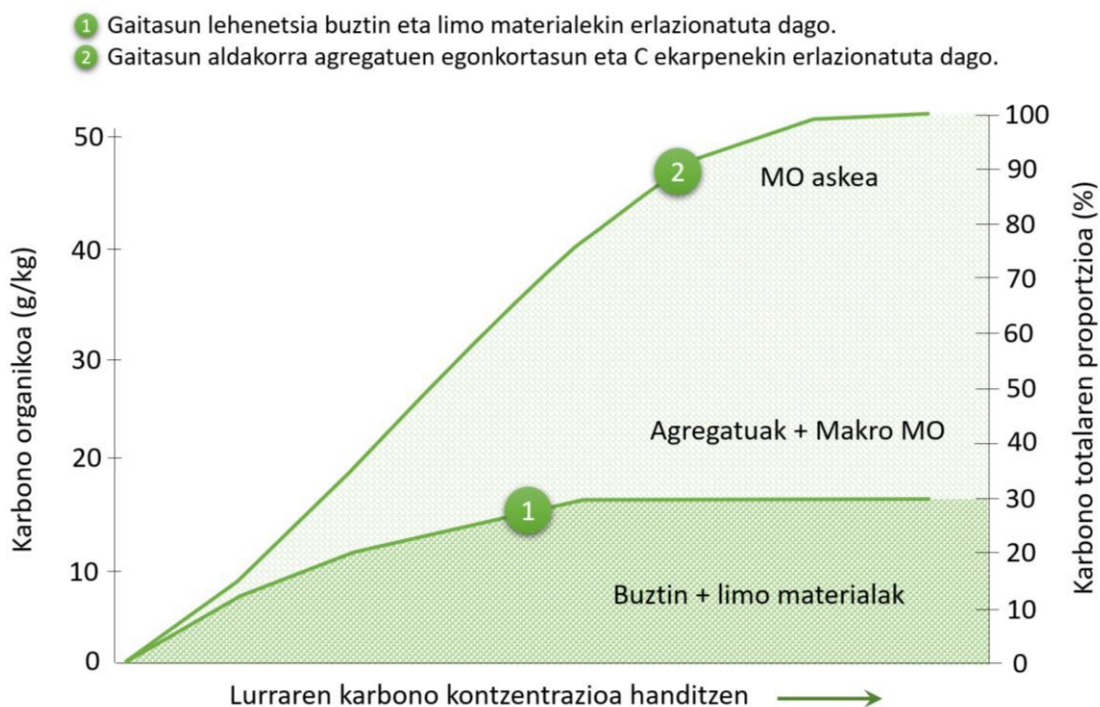
b) Fisikoki babestua dagoen lurreko materia organikoa.

Materia organiko askea deskonposatuz eta lurreko osagai mineralekin nahastuz eta konbinatuz doan heinean, frakzio hau oklusio bidez babestuta geratzen da sortu berri diren agregatuen barnean.

c) Buztin- eta limo-mineralekin loturik dagoen lurreko materia organikoa (edo gaitasun lehenetsia).

Materia organiko eta jatorrizko arrokatik eratorritako konposatu mineralen arteko loturei esker, lurrean 100 urte baino gehiago iraun dezaketen konplexu organo-mineral oso egonkorak sortzen dira. Honen haritik, lurzoru batek karbonoa egonkortzeko duen ahalmena bere buztin eta limo mineralen kopuruaren arabera izango da, hau aldi berean lekuan lekuko litologiak baldintzatuko duelarik.

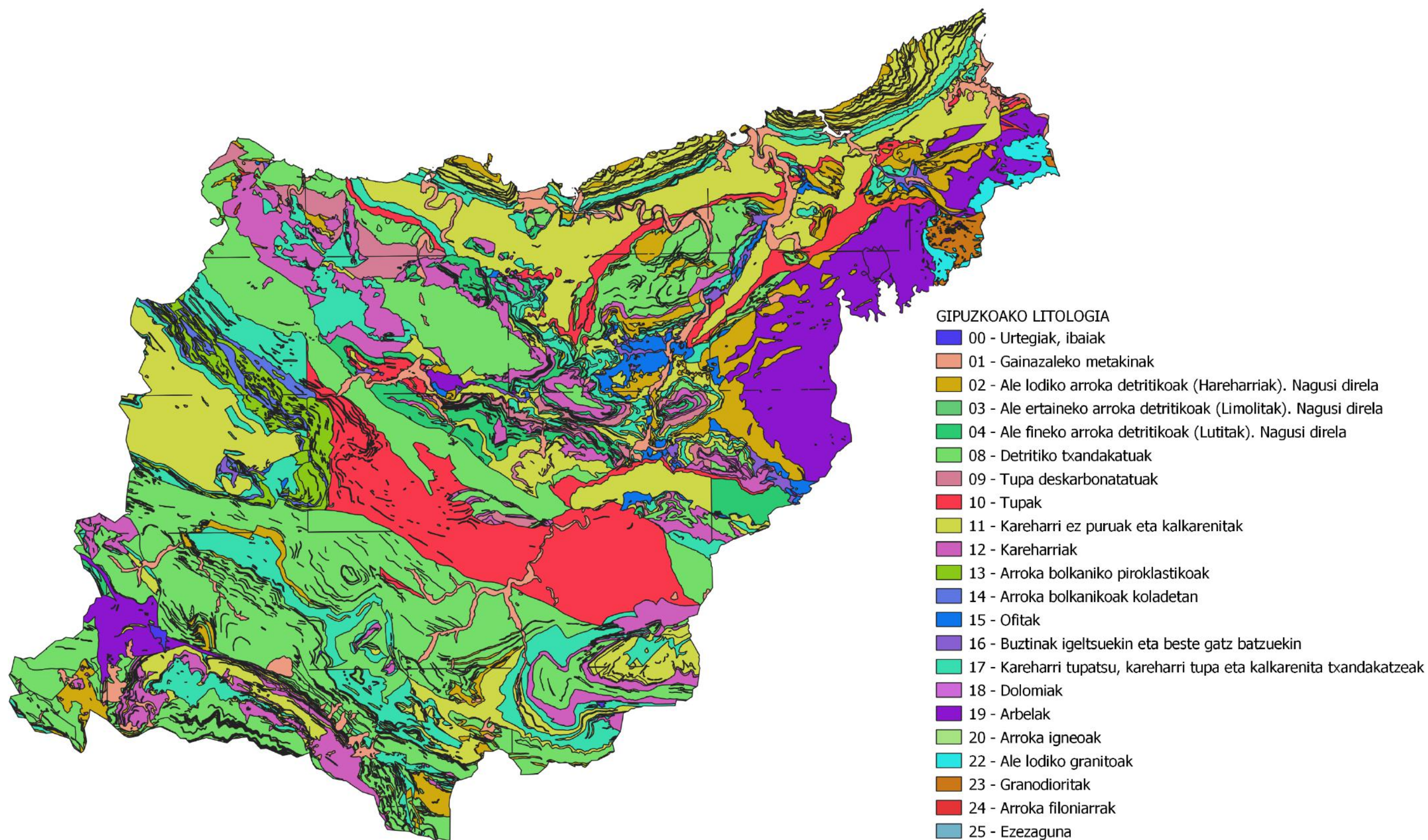
Lurraren karbono organikoaren banaketa 17. Irudiko modelo kontzeptualaren bidez azaltzen da:



17. Irudia: Lurreko karbono organikoaren eduki eta proportzio banaketaren modelo kontzeptuala, neurgarri diren gaitasun maila ezberdinak azaltzen direlarik. Iturria: Carter (2002) lanetik egokitua.

Buztin eta limo mineralekin lotuta dagoen lurzoruko materia organikoak (gaitasun lehenetsia bezala izendatzen denak), lurzoru gehienetan materia organikoaren %30 osatzen duela onartzen da (Neiker-Tecnalia, 2014). Hau horrela izanda, gaitasun lehenetsia lurraren karbono organiko potentziala estimatzeko erabili daiteke: lurreko buztin eta limoei loturiko karbono organikoa %30ekoa izanda, izakinen %100a ondorioztatuz.

Gaitasun lehenetsia lurraren buztin eta limo edukiaren arabera denez, eta EAEkoak bezalako lurzoru gazteen kasuan hau hein handi batean bertako litologiarekin loturik dagoenez (Neiker-Tecnalia, 2014), Gipuzkoako mapa litologikoa aztertzeetik abiatu da (18. Irudia).

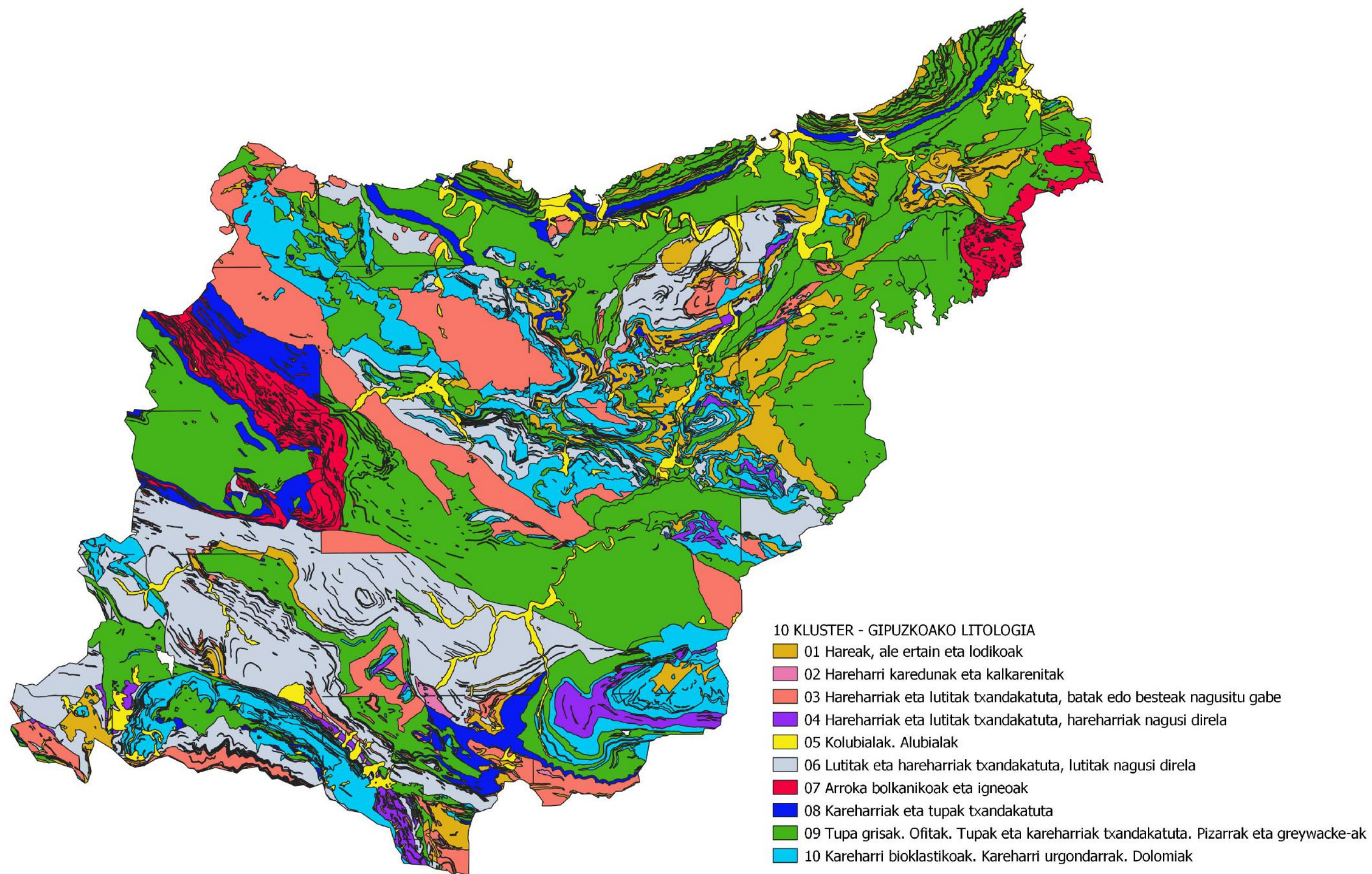


18. Irudia: Gipuzkoako litologia mapa. Iturria: GeoEuskadiko (2019) informazio geografikoa erabiliz landua.

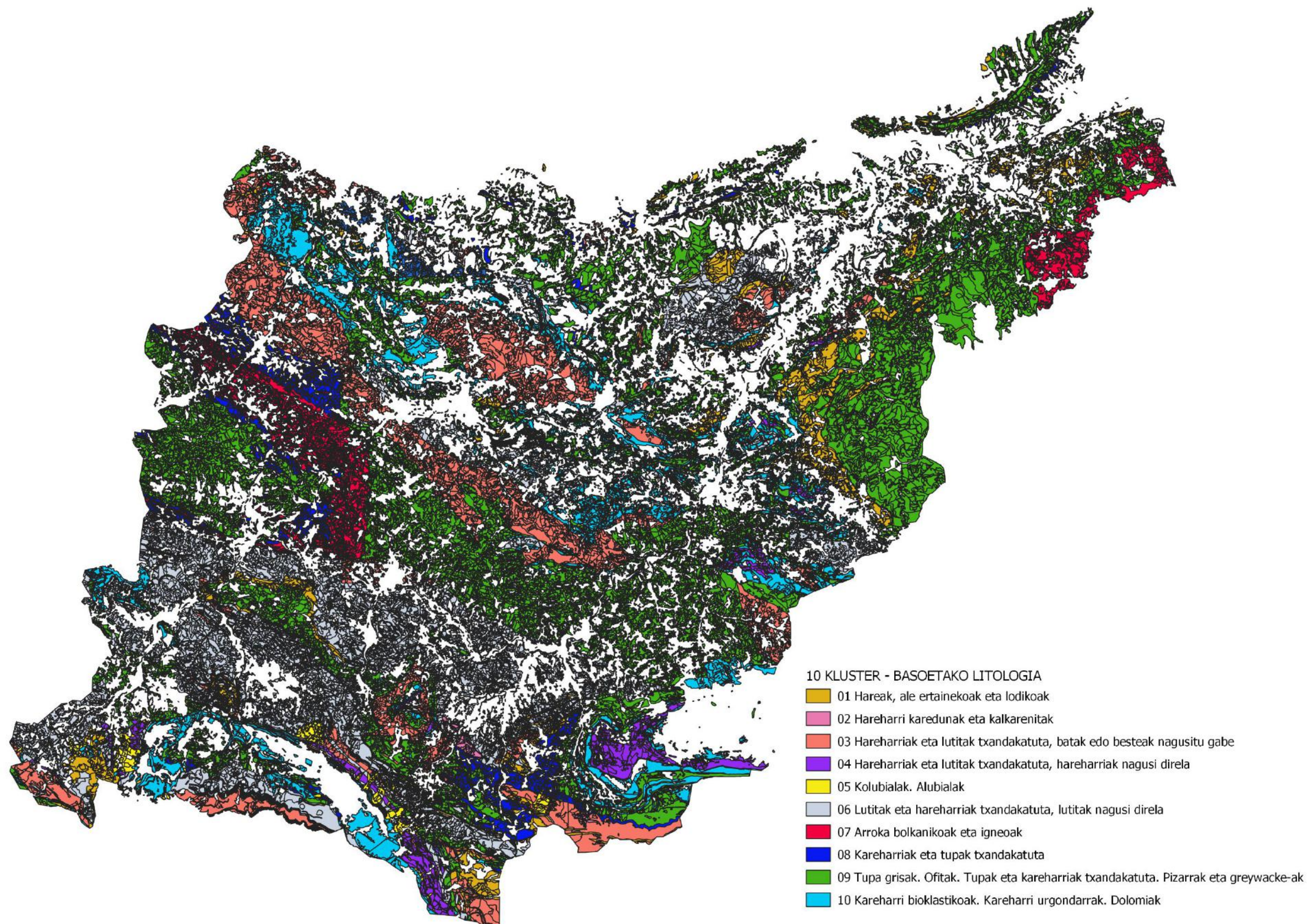
Litologia motaren arabera lurrak izan dezaken gaitasun lehenetsi maila ezagutzeko, Neiker-Tecalia (2014) azterketan erabiltzen den prozedura berreskuratu da. Bertan, litologia mapa 10 kluster edo azpitaldetan banatzen da eta atal honetan ere 18. Irudian agertzen den litologia banaketa 10 klusterretan sailkatu da (19. Irudia). Sailkapen hau egiteko erabili diren irizpideak “III HIRUGARREN ERANSKINA” atalean deskribatzen dira.

Lan honetan Gipuzkoako basoak soilik aztertzen direnez, 10 klusterretan banaturiko litologia mapan Gipuzkoako basoei dagokien azalera bakarrik kontsideratu da, 2018ko baso inbentarioari dagokiona (GeoEuskadi, 2019), hain zuzen ere. Hau horrela izanda, kalkuluak egiteko 20. Irudiko mapa erabili da.

2018ko EAEko baso inbentarioan Gipuzkoarako kontsideratzen den baso estaldura (120.873 ha) eta 20. Irudiko maparen azaleraren (120.591 ha) artean 282 hektareako desbideraketa bat dago. Azalera desberdintasun hau GISeko programan egindako mozketak kalkuluek eragindako zehaztasun faltaren ondorio dela ebazten da. Gipuzkoako basoen lurreko karbono metaketa potentziala kalkulatzeko orduan, desbideraketa horri dagokion azalera, 10 klusterrei dagozkien gaitasun lehenetsien batezbesteko ponderatu batekin biderkatu da (23. Taula). Era horretan, Gipuzkoako baso estaldura osoari dagokion azalera (2018ko baso inbentarioaren 120.873 ha) kontsideratu da.



19. Irudia: Gipuzkoako litologia maparen sailkapena 10 klusterretan.



20. Irudia: Gipuzkoako basoetako litologia mapa 10 klusterretan banatuta.

23. Taula: Gipuzkoako basoetako lurak karbonoa atxikitze duen gehienezko gaitasuna. Iturria: Neiker-Tecnalia (2014), GeoEuskadi (2019) eta BI-2018.

Klase litologikoa		Azalera		Gaitasun lehenetsia	Bahitzeko potentziala	
		(ha)	(%)	(t C/ha)	(t C/ha)	(Gg C)
01	Hareak, ale ertainekoak eta lodikoak	8.007	6,6	62	208	1.661
02	Hareharri karedunak eta kalkarenitak	197	0,2	69	229	45
03	Hareharriak eta lutitak txandakatuta, bata edo besteak nagusitu gabe	15.575	12,9	77	255	3.977
04	Hareharriak eta lutitak txandakatuta, hareharriak nagusi direla	2.580	2,1	74	248	640
05	Kolubialak. Alubialak	1.354	1,1	75	249	338
06	Lutitak eta hareharriak txandakatuta, lutitak nagusi direla	22.760	18,9	79	263	5.980
07	Arroka bolkanikoak eta igneoak	5.911	4,9	79	263	1.555
08	Kareharriak eta tupak txandakatuta	4.643	3,9	80	267	1.238
09	Tupa grisak. Ofitak. Tupak eta kareharriak txandakatuta. Pizarrak eta greywacke-ak	46.130	38,3	81	271	12.503
10	Kareharri bioklastikoak. Kareharri urgondarrak. Dolomiak	13.434	11,1	85	282	3.790
		120.591				31.727
2018ko EAEko baso inbentarioaren arabera Gipuzkoako baso estaldura totala (ha):		120.873				
				Gaitasun lehenetsiaren batezbesteko ponderatua¹ (t C/ha)	Bahitzeko potentziala (t C/ha)	(Gg C)
2018ko baso inbentarioa (120.873 ha) eta aztertutako azaleren (120.591 ha) diferentzia:		282 ha		79	263	74
Lurreko karbono organiko potentziala Gipuzkoako baso estaldura osoarentzat:						31.801

¹ Gaitasun lehenetsiaren batezbesteko ponderatua kluster bakoitzaren azaleraren arabera kalkulatu da.

6.3. BASO HUSTULEKUEN GAITASUN ETA POTENTZIALAREN ANALISIA ETA ONDORIOAK

Gipuzkoako basoek gaur egun metatzen dituzten karbono izakinen eta hauen gehienezko potentzialaren inguruko estimazioen emaitzak 24. Taulan bildu dira.

24. Taula: Basoen gaur egungo karbono izakinen eta potentzialaren estimazioak.

			Karbono metaketa (Gg)
Baso-biomasa	Gaur egun	Neiker-Tecnalia (NT)	12.842
		Copernicus	48.341
		BIN4	8.138
	Potentziala	NT - T/2 egoeran	19.723
		NT - Ustiaketarik gabe	39.446
Baso-lurra	Gaur egun	Lucas	12.414
		Neiker-Tecnalia	9.114
	Potentziala	Neiker-Tecnalia	31.801

Informazio iturri ezberdinetan oinarrituriko estimazioen emaitzen artean desbiazio nabarmenak daudela ondorioztatzen da, baso-biomasari nahiz LKOari dagokionean. Honek karbono izakinak estimatzeak duen ziurgabetasun maila agerian uzten du. 5.1.4 atalean azaldu den moduan, Copernicus (2019) datu basetik kalkulatu den emaitza besteetatik gehiegi urruntzen denez, aintzat ez hartzea erabaki da.

Estimazio hauek balio errealekiko errore bat izango duten arren, gaur egungo agertokia eta egoera optimo baten arteko hobekuntza tarte handia dagoela erakusten dute. Esaterako, datu base berdinean (Neiker-Tecnalia, 2014) oinarrituriko emaitzak konparatuz gero:

- Hazkunde azkarreko zuhaitz landaketak espezie potentzialez ordezkatzek (T/2 oreka egoera mantenduz) baso-biomasari dagokion karbono metaketa %54 hobetuko luke (12.842 Gg-tik 19.723 Gg-ra).
- Hazkunde azkarreko zuhaitz landaketak espezie potentzialez ordezkatzek gain, gaur egungo baso estaldura giza eskuhartzerik gabe garatzen utziz gero, baso-biomasa hirukoiztera iritsiko litzateke (12.842 Gg-tik 39.446 Gg-ra).
- Lurreko karbono organikoaren erreserbek hauen potentzialaren herena baino karbono gutxiago metatzen dute: gehienezko ahalmena 31.801 Gg den arren, estimazioen arabera 9.114 Gg karbono metatzen da Gipuzkoar basoetako LKOan.

Baso epelen kasuan karbono erreserben %60 inguru lurrian metatzen dela estimatzen den arren (Dixon et al., 1994), lorturiko emaitzen arabera %40 izango litzateke: baso-biomasan 12.842 Gg eta LKOan 9.114 Gg. Eusko Jaurlaritzaren (2011) arabera, kasu gehienetan baso-lurrien LKO galera hamarkadetan zehar garatutako kudeaketa intentsiboko sistemen ondorioa da, horregatik, baso kudeaketan aldaketa klimatikoan oinarrituriko aldagaiak txertatu behar liratekela uste da, era horretan baso edo zuhaitz landaketen karbono hustuleku gaitasuna hobetzeko.

7. KARBONO HUSTULEKUAK SUSTATZEKO JARDUNBIDEAK BASO KUDEAKETAN

Atal honetan basoek bere baitan metatzen dituzten karbono izakinak areagotzeko hainbat jardunbide identifikatu dira. Basoak oso ekosistema konplexuak izanik, hauen karbono hustuleku gaitasuna hainbat aldagaiek baldintzatuko dute eta basogintzari loturiko proiektu guztiek ez dute karbonoa neurri berean xurgatzen, hauetariko askok atmosferara karbonoa isurtzen dutelarik (Harmon, 2001). Gainera, baso kudeaketak hustulekuen sendotasuna baldintzatzeaz haratago, basoek atmosferarekin duten ur lurrun eta energia elkartrukeari eragiten dio, honek aldi berean klima aldaketan ondorioak izan ditzakelarik (Naudts et al., 2016). Horregatik, ikerlari hauen ustez klima aldaketa arintzera bideratutako baso kudeaketa batek aldaketa biogeokimikoak (negutegi efektuko gasen isurketak) eta aldaketa biofisikoak (ur eta energia fluxuei dagozkienak) izan behar ditu kontuan.

7.1. ZUHAITZ ESPEZIEEN BANAKETA

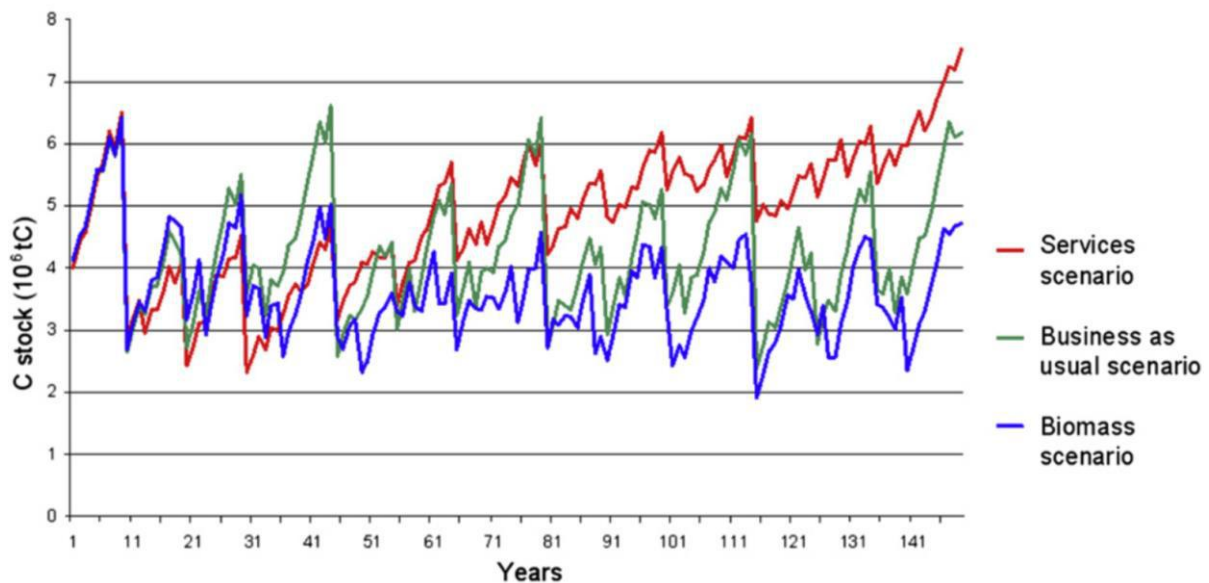
Aurrez 5. eta 6. ataletan egin diren estimazioen arabera garbi ikusten da Gipuzkoaren kasuan espezie autoktonoz osaturiko basoak direla karbono hustuleku gaitasunik handiena dutenak. Testuinguru berean, asko dira baso autoktonoek zuhaitz exotiko landaketen aurrean eskaintzen dituzten abantailak eta onurak defendatzen dituzten mundu eta eskualde mailako ikerlariak (Díaz et al., 2009; Lewis, Wheeler, Mitchard eta Koch, 2019; Pérez et al., 2007; Rodríguez-Loinaz et al., 2013; Ruiz-Peinado et al., 2017).

Rodríguez-Loinaz et al.-en (2013) ikerketa Bizkaiko lurraldean kokatzen denez, eta hemengo egoera eta emaitzak neurri handi batean Gipuzkoara estrapolagarriak direla ulertzen denez, aipamen berezia egingo zaio datozen lerroetan.

Rodríguez-Loinaz et al.-ek (2013) zuhaitz espezie ezberdinak sustatzen dituzten hiru agerleku ezberdin proposatzen dituzte Bizkaiko lurralderako:

- **Zerbitzuen agertokia:** %30eko malda edo handiagoan kokaturiko eukalipto eta pinu landaketak gradualki (landaketen mozte-aldiak osatu ahala) bertako hostozabal espezieez ordezkatzeko dira (*Quercus robur* eta *Fagus sylvatica*).
- **Biomasa agertokia:** Pinu landaketak gradualki eukalipto landaketa izatera bideratuko dira.
- **Egungo kudeaketa mantentzen deneko agertokia:** Momentuko zuhaitz espezieen banaketa mantenduko da, baso mozketak bat egindakoan berriz ere espezie bera landatzen dela suposatuz.

Aipatu behar da, Rodríguez-Loinaz et al.-ek (2013) agerleku bakoitzaren karbono izakinak estimatzerako orduan zuhaitzen biomasa soilik kontsideratu dutela (lurra eta bestelako erresebak kontuan izan gabe). 21. Irudian ikus daitekeen moduan, epe labur edo ertainean kontrakoa gertatzen den arren, epe luzean (50 urte baino gehiago) zerbitzuen agertokiak beste biek baino karbono gehiago metatzen duela ondorioztatzen da. Horrela, aztertutako periodo amaieran (110-150 urte) zerbitzuen agertokiak egungo kudeaketa eta biomasa agertokiek baino %38 eta %70 karbono gehiago metatzen du, hurrenez hurren (Rodríguez-Loinaz et al., 2013). Gainera, Rodríguez-Loinaz et al.-ek (2013) lurrean metaturiko karbono kopurua kontsideratuz gero, alde hau are handiagoa izango dela aurreikusten dute.

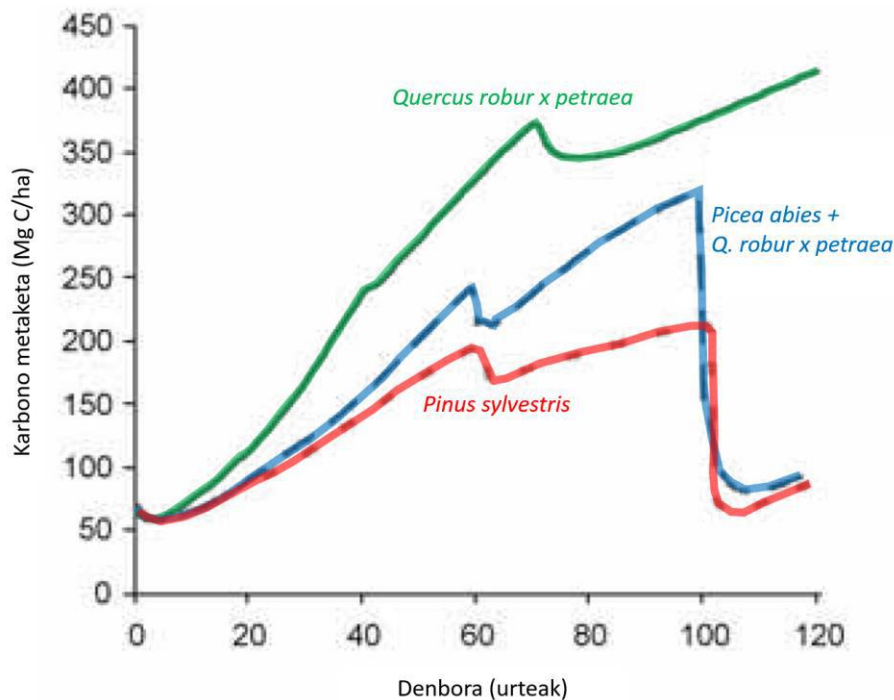


21. Irudia: Baso biomasaren karbono izakinaren eboluzioa hiru agertokietan. Iturria: Rodríguez-Loinaz et al. (2013).

Pérez et al.-ek (2007) Austrian kokaturiko azterketa batean hiru espezie banaketa ezberdinek denboran zehar karbonoa atxikitze duten gaitasuna estimatu dute, lurreko eta aireko biomasa, lurreko karbono organikoa eta egur erauzketei dagokiena kontuan hartuz. Horrela, hiru agertoki planteatu dituzte:

- **Izei gorri masa:** izei gorria (*Picea abies*) eta haritzaren (*Quercus robur x petraea*) konbinazioa.
- **Pinu masa:** pinu gorri (*Pinus sylvestris*) osaturiko zuhaitz estaldura.
- **Haritz masa:** bertan berezkoa den haritzia (*Quercus robur x petraea*).

Beste behin ere, 22. Irudiko datuetatik karbono gehien atxikitze gaitasuna duten espezieak bertako hariztiak (*Quercus robur x petraea*) direla ondorioztatzen da (Pérez et al., 2007).



22. Irudia: Espezie ezberdinen C metaketa totala denboran zehar; karbono gutxitze azkarrek bakanketa edo uzta bilketei dagozkie. Iturria: Pérez et al.-etik (2007) egokitua.

Ilido beretik, Ruiz-Peinado et al.-en (2017) arabera, hostozabal espezieek LKOa %25 gehitzea eragin dezaketen bezala, *Pinus spp.* eta *Eucalyptus spp.* bezalako espezieen landaketek LKOa %12 gutxitzea ekarri dezake. Hala ere, autore hauek karbonoa lurrian egonkortzeko prozesuak geldoak direla onartzen dute, agian mende bat baino gehiago behar izaten duelarik. Horregatik, gerta liteke LKOaren hazkunde hauek epe labur-ertainean detektatzeko modukoak ez izatea (Ruiz-Peinado et al., 2017).

Gainera, espezie bakarrez osaturiko zuhaitz estalduren aurrean, espezie ezberdinez osaturiko basoek LKOan karbonoa metatzeko gaitasun handiagoa dutela ebatzen da; hau orbelaren kalitatea, nitrogeno finkapena, sustraien estratifikazioa sakoneran zehar, ur baliabide oreka, lurreko mikroklima eta elikagai eskuragarritasuna hobetzearekin lortzen da (Ruiz-Peinado et al., 2017).

Karbono hustuleku zerbitzua hainbat aldagaiek baldintzatzen dute, hala nola, landareek karbonoa atxikitu eta biomasa bihurtzeko duten abiadura, sistemak bere baitan gorde dezaken karbono izakinen kopurua eta izakin hauek denboran zehar duten iraunkortasuna (Rodríguez-Loinaz et al., 2013). Horrela, zenbait kasutan hazkunde azkarreko espezieek karbonoa azkarrago atxikitzen badute ere, karbono izakinen kopuruak eta hauen iraunkortasunak askoz gehiago baldintzatzen du aldaketa klimatikoaren moteltzea, karbonoa atxikitze abiadurak berak baino (Thomas, Malczewski eta Saprundoff, 2007). Gainera, Ruiz-Peinado et al.-ek (2017) ustiaketa intentsibodun hazkunde azkarreko espezieei arreta

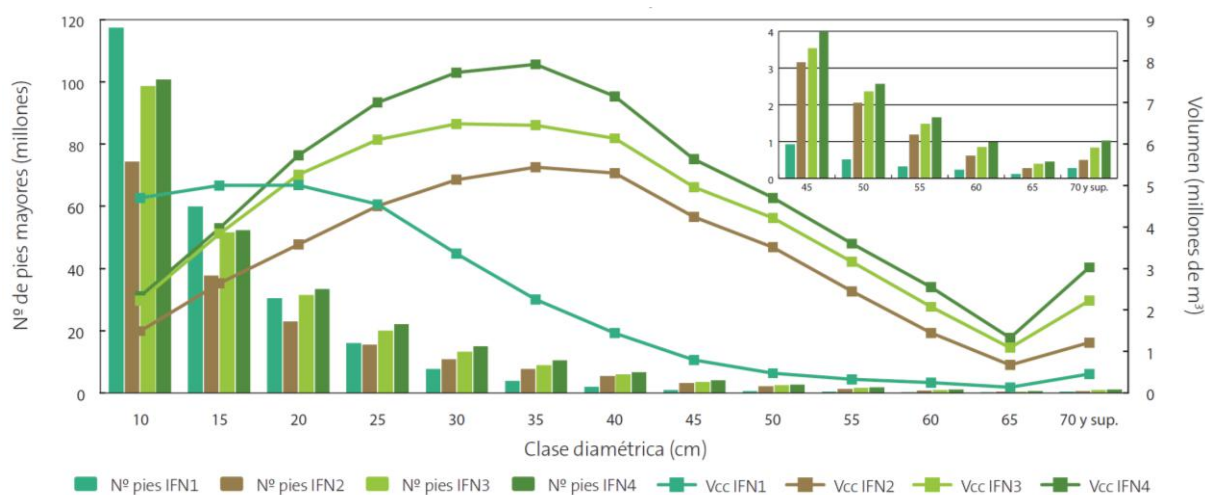
berezia eskaini behar zaiela esaten dute, epe luzera hauen produktibitateak eragin negatiboak izan ditzakela ohartarazita.

5. eta 6. ataletako emaitza eta azterketa bibliografikoan oinarrituta, Gipuzkoar lurraldearen karbono hustuleku gaitasuna areagotzeko espezie aproposenak bertako zuhaitz autoktonoak direla ebazten da.

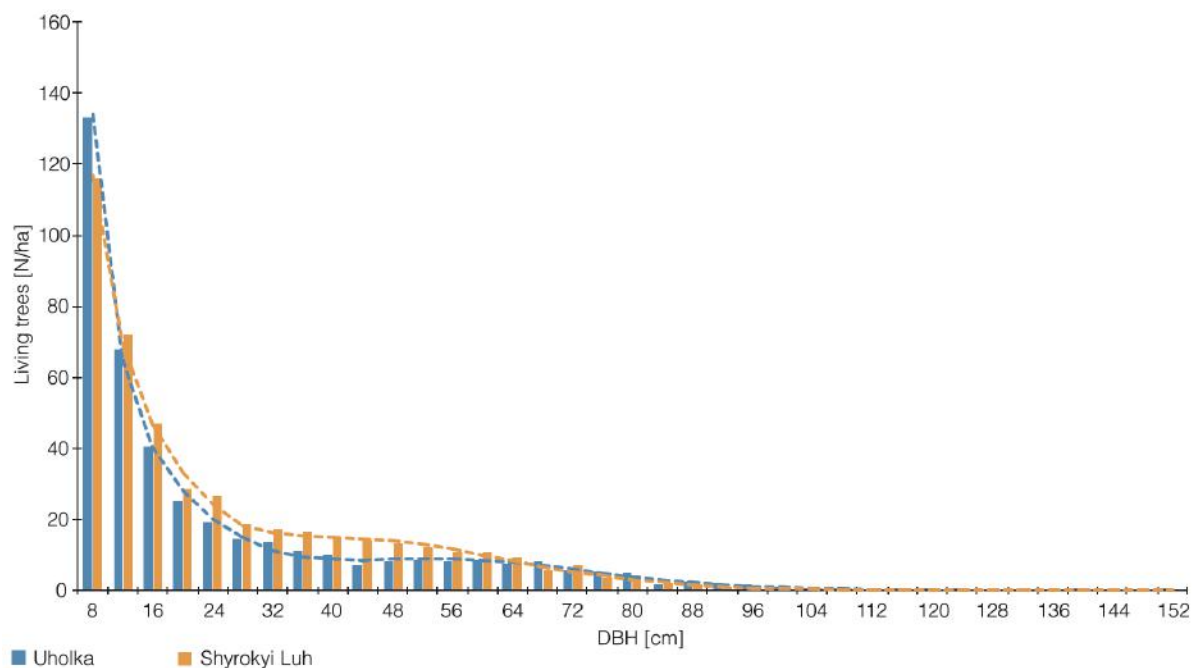
7.2. BASOEN ADINA, EGITURA ETA EGUR-HILA

Zuhaitz landaketen aurrean “baso naturalek” karbonoa atxikitzeko gaitasun askoz handiagoa dute: hauek espezie autoktonoz osaturiko basoak izateaz haratago, giza-asaldatzerik jasan ez duten (edo eragin oso txikia izan duten) ekosistemak dira (Lewis et al., 2019). Horregatik, zuhaitz espezieez gain, kontuan hartu beharreko beste hainbat ezaugarri daude.

Modu intentsiboan kudeatutako edo giza ekintzarik jasan gabeko estalduren artean aurki daitekeen ezberdintasun nabarmenetako bat zuhaitzen klase diametrikoa da. Horrela, giza ustiapenak jasandako zuhaitz estalduretan ia ez da diametro handiko zuhaitz banakorik topatzen (23. Irudia); baso helduetan kontrara, klase diametriko askoz handiagoko zuhaitzak aurkitzen dira (24. Irudia). Azken hauen kasuan, ohikoa da batezbeste hektarea bakoitzeko 80 cm edo neurri handiagoko diametroa duten 10 ± 1 zuhaitz aurkitzea (Commarmot et al., 2013).



23. Irudia: Klase diametriko ezberdinetako zuhaitz kopuruaren (zutabe bertikalek adierazita, milioietan) eta hauen bolumenaren (lerroek adierazita, miloi m³-tan) eboluzioa EAEn. Zutabe urdina: zuhaitz kopurua Lehen Baso Inbentario Nazionalaren (BIN1) arabera; zutabe marroia: zuhaitz kopurua Bigarren Baso Inbentario Nazionalaren (BIN2) arabera; zutabe berde argia: zuhaitz kopurua Hirugarren Baso Inbentario Nazionalaren (BIN3) arabera; zutabe berde iluna: zuhaitz kopurua Laugarren Baso Inbentario Nazionalaren (BIN4) arabera. Lerro urdina: bolumena BIN1-en arabera; lerro marroia: bolumena BIN2-en arabera; lerro berde argia: bolumena BIN3-en arabera; lerro berde iluna: bolumena BIN4-en arabera. Iturria: Laugarren Baso Inbentario Nazionala (2013).



24. Irudia: Klase diametrikoko ezberdinetako izakinak (n/ha) Ukraniako pagadi primitibo baten bi eremutan (Uholka eta Shyrokyi Luh). DBH: diametroa bularren altuen (*diameter at breast height*): lurretik 1.3 m-tara. Iturria: Commarmot et al. (2013).

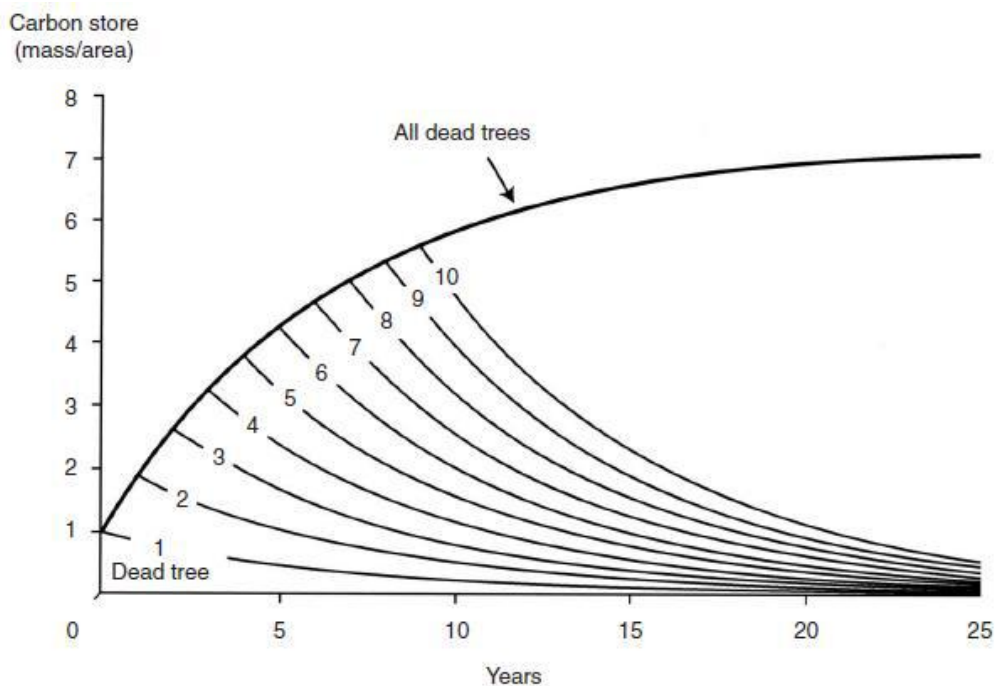
Basogintza sektorean lan egiten duten hainbaten ustetan baso gazteak dira karbonoa atxikitzeko egitura aproposenak, baso helduak baino azkarrago hazten direlako (Harmon, 2001). Gainera, ikuspuntu horren arabera, baso helduek hildako zuhaitz gehiago dituzte eta hauen deskonposaketak baso gazteek baino karbono gehiago isurtzea eragiten dute.

Harmonen (2001) ustez, aztertzen den eskalaren arabera baieztapen honek ez du zertan egia izan, batez ere ekosistemaren eskala aplikatzen baldin bada. Ikerlari honen iritziz, karbono metaketa estimatzerako orduan ez da zuhaitzen hazkundera soilik kontuan izan behar, hala nola, fotosintesia eta landareen arnasketa, zuhaitzen heriotza, orbel produkzioa, deskonposaketa eta basoko lurrian sortzen den materia organiko egonkorra, uzta jasotze nahiz suteek eragindako asaldatzeak eta egurretik eratorritako produktuen fabrikazioa eta erabilera bezalako faktoreak ere kontuan hartu beharko lirateke. Aurreko testinguruan ikuspegi hau txertatuta, baso gazte batek biomasa hazkunde tasa handiak izan ditzakeen arren, karbono balantze netoa kalkulatu gero, posible da atmosferara karbonoa isurtzen duela ondorioztatzea: ohikoa da baso gazteetan aurreko uzta bilketen ondorioz pilatutako adar eta egur zatiak aurkitzea, eta material guzti honen deskonposaketa kontsideratzen bada, gerta liteke, zuhaitzak azkar hazten ari badira ere, basoa atmosferara fotosintesi bidez atxikitzen duena baino karbono gehiago isurtzen egotea (Harmon, 2001; Luyssaert et al., 2008). Kontrara ordea, baso helduen kasuan ekosistema produkzio netoa (NEP) normalean positiboa izaten da, 60, 180 eta 300 urteko basoek atmosferara karbono isurpen neto bat suposatzen duen gehienezko probabilitatea 0,20, 0,25 eta 0,35ekoa delarik, hurrenez urren

(Luyssaert et al., 2008). Autore hauen arabera, 200 urte baino gehiago dituzten basoek batezbeste $2,4 \pm 0,8$ t C/ha xurgatzen dituzte urteko. Horregatik, baso ekosistemen karbono hustuleku gaitasunaren estimazio zehatzak egiterako orduan zuzenean zuhaitzekin loturik ez dauden bestelako osagaiak ere kontuan hartu behar dira (Harmon, 2001; Balboa-Murias, Rojo, Álvarez eta Merino, 2006).

Zenbait ikuspunturen arabera, fotosintesi prozesu bidez karbonoa atxikitzen ez duten sistemak (eta gainera deskonposaketa bidez karbonoa isurtzen dutenak) ez dira gai karbonoa metatzeko. Horregatik, logika horri jarraituz, landare bizidunak soilik kontsideratzen dira epe luzeko karbono hustuleku moduan. Hau hildako zuhaitz edo hosto bakan baten eskalan egia izan daiteken arren, detrituak, lurra edo zenbait egur-produktuk ere epe luze batean karbonoa metatzeko gaitasuna dute (Harmon, 2001; Ruiz-Peinado et al., 2017). Harmonen (2001) arabera azkena aipaturiko hiru erreserba horiek ezin dute karbonoa zuzenean fotosintesi bidez atmosferatik hartu, baina etengabe karbonoa metatu dezakete, hauei denboran zehar egiten zaizkien karbono ekarpenak mantentzen badira.

Harmonen (2001) iritzian egia da, esaterako, zuhaitz bat hiltzen denean, honen deskonposaketak atmosferara karbono isurketa bat suposatzen duela, baina prozesu honek hainbat hamarkada iraun ditzake (Luyssaert et al., 2008) eta aldi berean, zuhaitzak erritmo egonkor batean hiltzen badira, zuhaitzetan metaturiko karbono izakinak batuz joango dira, karbono erreserba handituz (25. Irudia).



25. Irudia: Hildako zuhaitz bakar baten eta hildako zuhaitz multzo baten karbono metaketaren konparaketa. Adibide honetan hildako zuhaitzak ekosistemara gehituz doaz. Hildako zuhaitz bakoitzaren deskonposaketak karbono isurketa bat suposatzen duen arren, goiko marrak adierazten duen baturak denboran zehar karbono metaketa handitzen dela erakusten du. Iturria: Hamon (2001).

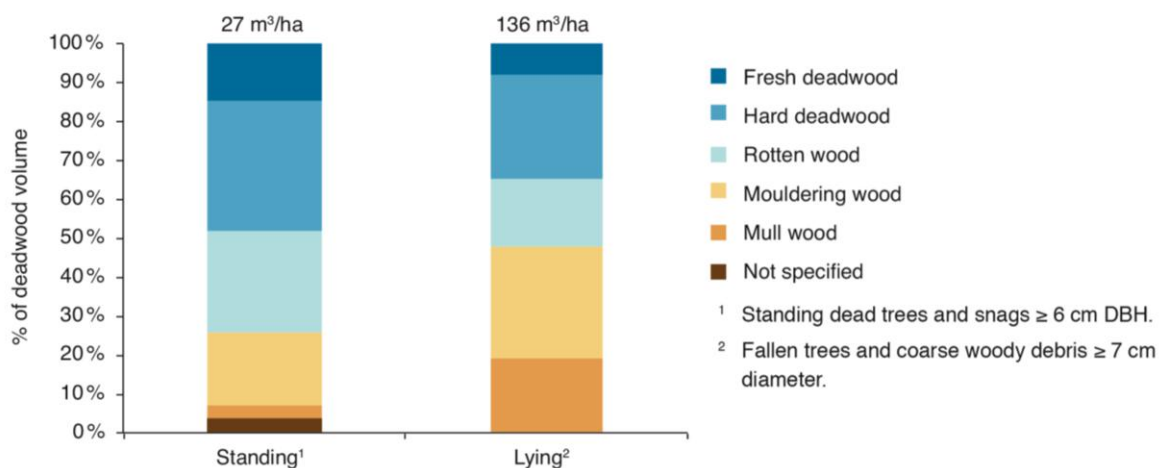
Gainera, azterketa batzuk kontrakoa dioten arren (Franklin et al., 1981; Odum, 1969), baso helduen produkzio primario netoa (NPP) ez da zero. Horregatik, baso gazteak baino produktiboagoak diren baso helduak badaudela baieztatzen du Harmon-ek (2001). Ikerlari honen arabera, ironikoki, baso helduen materia hil guztiaren produkzio bera da hauek atmosferara karbono isurpen netoak izatea galarazten duena.

Europako pagadi batzuetan kokaturiko baso-erreserbetan kontabilizatutako egur-hil bolumena $130 \text{ m}^3/\text{ha}$ da batezbeste, aztertutako eremu ezberdinetan ia zero eta $550 \text{ m}^3/\text{ha}$ bitarteko datuak neurtu delarik (Christensen et al., 2005). 25. Taulako datuetan garbi ikusten da, egur-hil bolumena eta “egur-hil:egur-bizi” erlazioa handiagoak direla erreserba zaharragoak diren heinean.

25. Taula: Ikertutako erreserba pagadietan neurtutako egur-hil bolumena, bizirik dauden zuhaitzen bolumena, egur-hilaren eta bizirik dauden zuhaitzen arteko bolumen erlazioa eta tantaiek egur-hil bolumen osoan duten ehunekoa. Iturria: Christensen et al. (2005).

	Aspaldi ezarria, eremu menditsua	Aspaldi ezarria, eremu ez hain menditsua	Berriki ezarria, eremu menditsua	Berriki ezarria, eremu ez hain menditsua	Guztira
Egur-hila (m^3/ha)	220 ± 115 (16)	132 ± 70 (20)	117 ± 74 (6)	99 ± 98 (43)	130 ± 103 (86)
Bizirik dagoen bolumena (m^3/ha)	625 ± 110 (16)	538 ± 148 (18)	529 ± 88 (6)	545 ± 143 (36)	559 ± 136 (77)
Egur-hil/bizi erlazioa (%)	36 ± 21 (16)	29 ± 18 (18)	21 ± 14 (6)	12 ± 7 (36)	22 ± 17 (77)
Tantaila/egur-hil bol. erlazioa (%)	41 ± 19 (14)	29 ± 13 (19)	47 ± 19 (5)	23 ± 15 (43)	29 ± 17 (82)
Batezbesteko balioak $\pm$ errore estandarra eta parentesi barruan eremu kopurua. Egur-hil kopurua kontabilizatzeko kontsideratutako diametroa $> 5 \text{ cm}$.					

Horretaz gain, kontuan izan behar da egur-hila bere horretan ere gainbera egoera ezberdinetan banatzen dela. Ukranian kokaturiko pagadi heldu baten kasuan esaterako, biomasa bolumen osoaren %22a egur-hilak osatzen du, $163 \text{ m}^3/\text{ha}$ -ko izakinak estimatzen direlarik (Commarmot et al., 2013) eta honen banaketa 26. Irudiko grafikoaren arabera da.



26. Irudia: Egur-hilaren gainbera egoera ezberdinen banaketa ehunekoetan, zutik eta erorita dauden egituretan. Iturria: Commarmot et al. (2013).

Gaur egun produkziara bideratutako baso kudeaketa bat garatzen den basoen batezbesteko egur-hil bolumena 10 m³/ha baino gutxiago izaten da (Christensen et al., 2005). Laugarren Baso Inbentario Nazionaleko (2013) datuetatik EAE-ren kasurako batezbesteko egur-hil bolumena 10,96 m³/ha-koa dela ondorioztatzen da (26. Taula). Kontuan izan behar da gainera 26. Taulako datuak orokorrak direla, beraz kudeatutako basoetan soilik zentratuz gero egur-hil kopurua are bajuagoa izango dela aurreikusten da.

26. Taula: Egur-hil dentsitatea zuhaitz formazio nagusietan. Iturria: Laugarren Baso Inbentario Nazionalea (2013).

Zuhaitz formazioa	Bolumena (m³/ha)
<i>Pinus radiata</i> pinudiak	11,10
Pagadiak (<i>Fagus sylvatica</i>)	9,80
Bertako hostozabalen baso mistoak	16,30
Artadiak (<i>Quercus ilex</i>)	2,40
<i>Quercus faginea</i>	4,40
Beste konifero batzuk	8,20
<i>Pinus sylvestris</i> pinudiak	10,30
Eukaliptoak (<i>Eucalyptus</i> sp.)	5,10
<i>Pinus nigra</i> pinudiak	9,10
<i>Q. robur</i> eta/edo <i>Q. petraea</i> hariztiak	7,70
Ameztiak (<i>Quercus pyrenaica</i>)	5,00
Galeria basoak	13,00
<i>Pinus pinaster</i> pinudiak	6,90
<i>Quercus rubra</i> repoblazioak	8,80
Batezbesteko ponderatua¹:	10,96

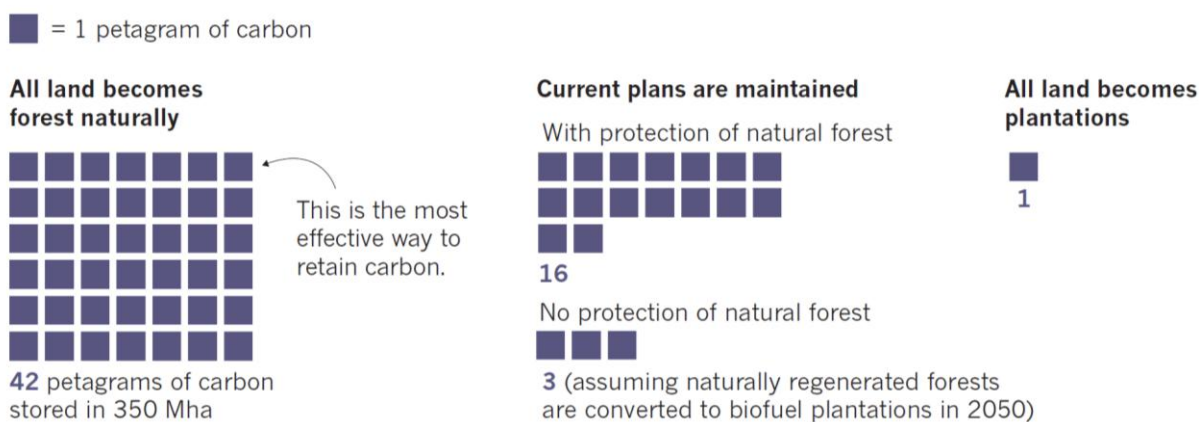
¹Batezbestekoa kalkulatzeko 2018ko Gipuzkoako baso estaldura erabili da.

Hemendik, kudeatu gabeko basoen egur-hil kopurua, intentsiboki kudeatutako basoen bano 10-20 aldiz handiagoa dela ondorioztatzen da (Christensen et al., 2005).

Europar azken bi mende eta erdian kudeatu gabeko 417.000 km² baso produkzioan jarri izanak atmosferara 3,5 Pg karbono isuri dituela estimatzen da. Aurrez kudeatu gabeko basoetan biomasa bizian, adar zatietan, horbelean eta lurrian, %24, %43, %8 eta %6 karbono gehiago metatzen zelako, hurrenez hurren (Naudts et al., 2016).

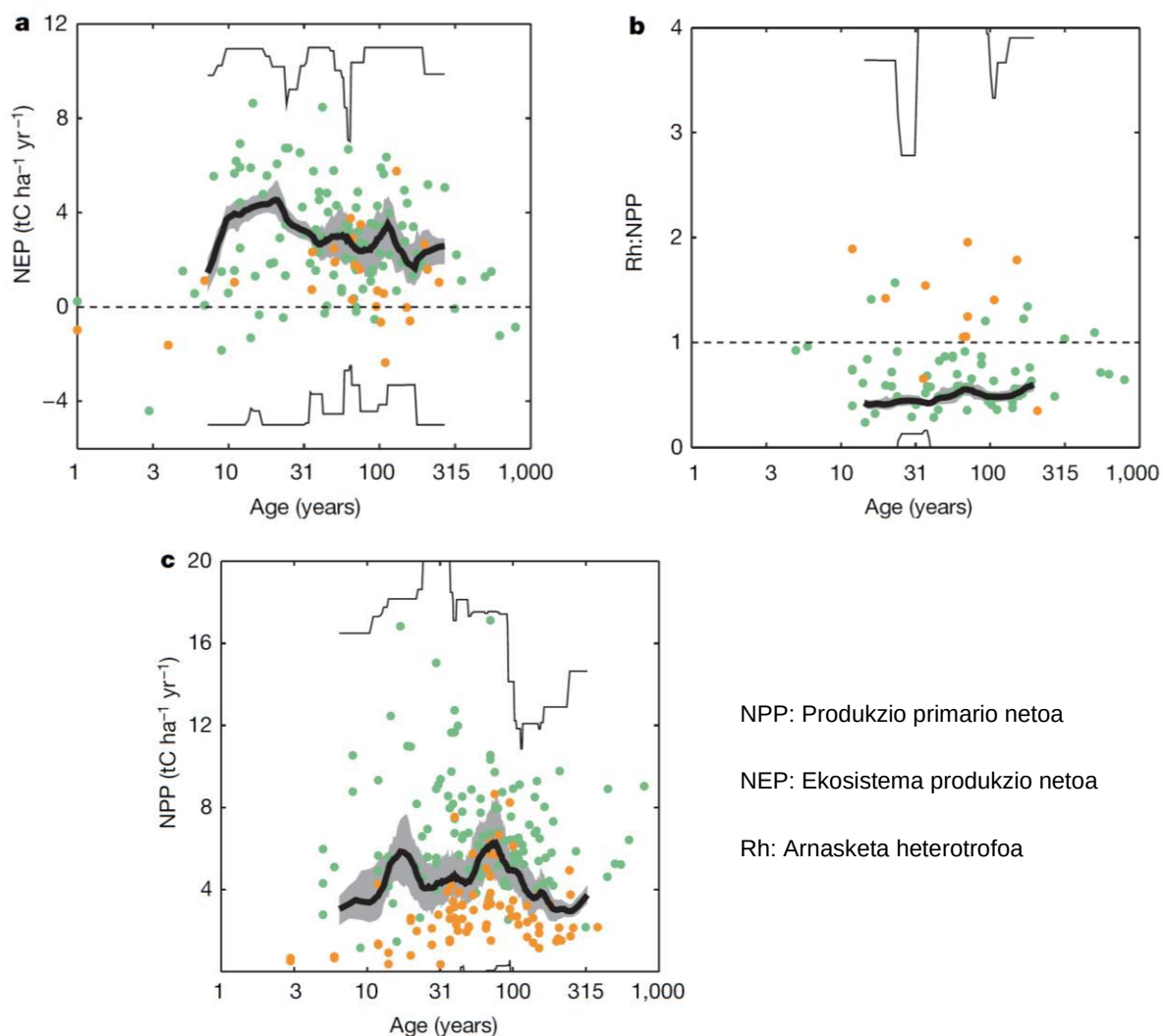
Kasuren batzuetan, sastrakek ere garrantzia izan dezakete karbono metaketari dagokionean, hauek aireko biomasa ugaritzeaz gain, lurreko materia organikoa ugaritzen lagunduko dutelako (Li et al., 2016). Espainia mendebaleko *Quercus ilex* baso irekietan esaterako, zuhaitz estalduraren dentsitatea txikiagoa denez, sastrakek biomasa totalari egiten dioten ekarpena %20-29 bitartekoa izan daiteke (Ruiz-Peinado et al., 2017). Gainera, azken hauen esanetan, sastraka geruzak zuhaitz berrien erregenerazio prozesuan laguntzen du.

27. Irudiak baso naturalek landaketen aurrean karbono hustuleku gisa duten nagusitasuna nabarmentzen du. Bonn Challenge ekimenaren eta bestelako estrategia nazionalen bidez 43 herrialdek baso naturalak berreskuratzeko konpromezua hartu dute, baina epe ertainera hauek landaketetara lehengoratzeko diren ustea dagoenez, lau agertoki posible planteatu dira, bakoitzaren karbono metaketa ekarpena ezagutzeko (Lewis et al. 2019).



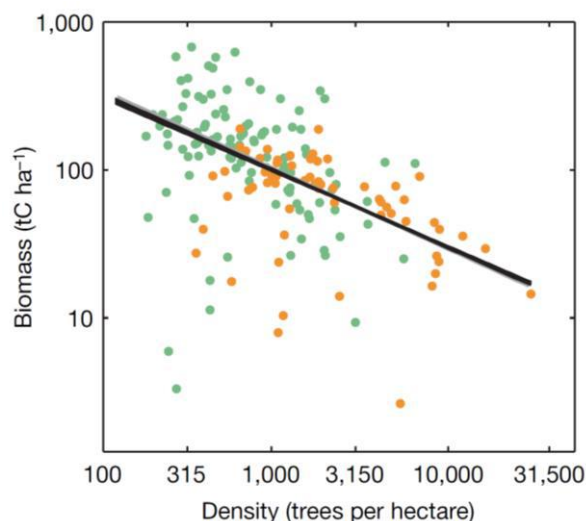
27. Irudia: Bonn Challenge ekimenaren eta estrategia nazionalen bidez basoen lehengoratzeko konpromezua duten 43 herrialderi dagokienez planteatutako 4 agertoki ezberdinen C metaketa. Iturria: Lewis et al. (2019).

Horregatik, baso naturalak berreskuratzea bezain garrantzitsua da, epe luzera begira, hauek giza asaldatzetatik babestea (Lewis et al., 2019). Izan ere, azken ikerketen arabera (28. Irudia), baso-helduek karbono izakin asko metatzeaz gain, mendeetan zehar biomasa handiagotzen jarraitzen dute (Luyssaert et al., 2008).



28. Irudia: Karbono fluxuetan aldaketak denboran zehar. a) Urteen bilakaeraz behatutako NEP-a; b) Urteetan zehar, arnasketa heterotrofiko eta NPParen arteko erlazioa: $Rh:NPP < 1$ izateak karbono metaketa adierazten du; c) Urteen bilakaeraz behatutako NPP-a. Puntu berdeek baso epeletako behaketak adierazten dituzte eta puntu laranjaek berriz, baso borealetakoak; marra beltz lodiak behaketa ezberdinen batezbestekoa adierazten du eta tarte grisak %95eko konfiantza tarteak erakusten du; marra beltz finak (ikusten den neurrian) bakarkako fluxu behaketen %95eko konfiantza tarteak erakusten du. Iturria: Luyssaert et al. (2008).

Ildo beretik, Luyssaert et al.-ek (2008) baso-biomasa nagusiki zuhaitz enborrei loturik dagoela baieztatzen dute (29. Irudia). Zuhaitz bat heldu izatera iristeko beharrezkoa da kaltetu dezaketen asaldamenduetatik (sute, izurrite, haizete, elur-jauzi, etab.) onik ateratzea, horregatik, masa gazteak helduak baino ohikoagoak dira, baita kudeatu gabeko basoetan ere. Paisaia mailan, azken ordezkapen-asaldamendua jasan duten garaiaren arabera baso-mosaiko bat izango da. Adin eta dentsitate ezberdinak izan arren, 29. Irudian azaltzen den bezala, baso hauek biomasa eta dentsitatearen artean erlazio bera mantentzea espero da (Luyssaert et al., 2008).



29. Irudia: Zuhaitz dentsitatearen araberako biomasa metaketa. Puntuak baso ezberdinak adierazten dituzte, espezie eta hazkunde baldintza ezberdinak dituztenak. Puntu berdeek baso epeletako behaketak adierazten dituzte eta puntu laranjek berriz, baso borealetakoak; marra beltzak behaketa ezberdinen batezbestekoa adierazten du eta tarte grisak (ia ikusten ez denak) %95eko konfiantza tarteak. Iturria: Luyssaert et al. (2008).

Balboa-Murias et al.-ek (2006) baso natural helduek beraien baitan (lurrean nahiz biomasan) karbonoa metatzeko duten funtzioaren garrantzia azpimarratzen dute. Ildo beretik, Schulze, Wirth eta Heimann-ek (2000), Kyotoko hitzarmenak sustatzen dituen baso gazteen aurrean, baso heldu naturalak babesteak munduko karbonoaren zikloan eragin handiagoa dutela defendatzen dute. Izan ere, estimazioak egiteko prozedura, aplikatzen den eskala eta aldagai (GPP, NPP, NEP, NBP...) ezberdinek ziurgabetasun eta gaizkiulertuak eragin baditzakete ere, ekosistemak bere osotasunean kontsideratzen badira karbono hustuleku potentzialik handiena baso helduei dagokie (Balboa-Murias et al., 2006; Harmon, 2001; Luyssaert et al., 2008; Ruiz-Peinado et al., 2017; Schulze et al., 2000).

Aplikaturiko basogintza sistemaren arabera, zuhaitz estalduraren adin-egitura ezberdina izango da. Hala nola, arrazoi ekonomikoak direla medio, kudeaketa eredu ohikoenean adin berdineko zuhaitzez osaturiko egiturak sustatzen dira, produktu garrantzitsuena egurra delarik (Ruiz-Peinado et al., 2017). Adin ezberdinetako egiturak aldiz, karbono metaketa gaitasun handiagoa izateaz gain, bestelako ekosistema zerbitzuak hobetzeko aukera onak dira, hala nola, lurzorua eta ur baliabideak babestea, bioaniztasunaren hobetzea eta bestelako produktuen (perretxiko, onddo, basoko fruituak, etab.) ugaritzea (Pukkala, 2016). Adin ezberdinetako egiturak karbonoa metatzeko aukera hobea izatearen arrazoia, hauek lurzoruari eskaintzen dioten etengabeko orbel sarrera eta babesa dira; adin bereko egituren kasuan, denbora epe batzuetan lurzorua estaldurarik gabe (edo oso gutxiarekin) egongo da, honek karbono galerak eragin ditzakelarik (Puhlick et al., 2016; Ruiz-Peinado et al., 2017).

7.3. GIZA USTIAKETA PROZESUAK

Baso batean garatzen den kudeaketa motak baso-biomasari zuzenean eragiten diola begi bistakoa den arren, honek lurreko karbono erreserbetan ere ondorioak izan ditzake. Landaredia talde funtzionalaren arabera lurreko karbono organikoaren banaketa bertikala nabarmen aldatzen da. Hala nola, lehen lur metroan LKOaren banaketa erlatiboari erreparatuz gero, sastrakadietan sakonena, belardietan erdi bidekoa eta basoetan azalekoena dela ikusten da: lurreko lehen metroa kontsideratuz, lehen 20 zentimetroetan metatzen da LKOaren %33a sastrakadien kasuan, %42 belardietan eta %50 basoen kasuan (Jobbágy eta Jackson, 2000). LKOari eragiten dioten ekintzen artean, zuhaitz mozketak, lurraren prestaketa, lur-drainatzea eta egokitutako espezieen landaketa, etab. leudeke esaterako, eta hauek garatzeko moduak zuzenean eragin diezaioke LKOari, ondorioak eskuhartzeen intentsitatearen eta baso motaren arabera izango direlarik (Lal, 2005). Baso kudeaketan aurrera eramandako ekintzek LKOan eragina izango duten heinean, hauek lurraren kalitateari eta honen produktibitateari ere eragingo diote (Lal, 2005).

Karbono metaketa gehikuntza handiena basotze edo basoberritze prozesuen bidez lortzen den arren, gaur egun EAEko lur erabilera egoera dela eta, azalera handien basoberritzeak egitea mugatua da, batez ere Kantauri isurialdean (Eusko Jaurlaritzak, 2005). Izan ere, 2018 urteko EAEko baso inbentarioaren arabera, Arabako lurraldearen %47, Bizkaiaren %59 eta Gipuzkoako lurren %61 zuhaitzez estalita daude dagoeneko. Horregatik, basogintza jarduera egokien bidez karbono metaketak areagotzeko garrantzia eman behar zaio (Eusko Jaurlaritzak, 2016; Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018).

7.3.1. Lurraren prestaketa prozesuak

Basoan egiten diren giza eskuhartzeetan kasu gehienetan makinaria pisua erabiltzen denez, lur prestaketa jarduerak eragindako konpaktazioaren eraginez epe labur-ertainean karbono metaketan gutxitzea ekarri dezakete (Ruiz-Peinado et al., 2017), horregatik, Lalen (2005) arabera lurraren konpaktazioa ekiditea interesgarria litzateke. Zuhaitz landaketak egiterako garaian, garrantzitsua da baso-lurren prestaketa lurraren kalitatea hobetzera bideratzea, horrela, karbono erreserbak handiagotzea lortzeko (Lal, 2005). Ildo beretik, Eusko Jaurlaritzak (2005) lur prestaketa lanetan oldarkorrak ez diren teknikak erabiltzea proposatzen du, lurraren higadura gutxiagotzeko.

Baso naturalen berreskuratzea azkartzeko zuhaitz espezie autoktonoen landaketak egin daitezke, baina birsortze edo erregenerazio naturala da aukera merke eta teknikoki errazena

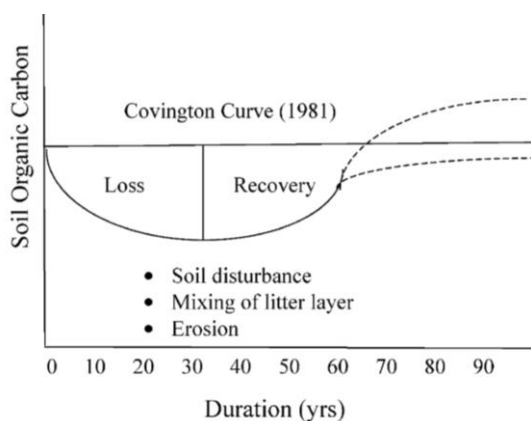
(Lewis et al., 2019). Azterketa beraren arabera, erregenerazio natural prozesuan dauden azalaren hedapena, hortara bideraturiko legedia eta sustapen neurriekin bultzatu daiteke.

7.3.2. Egur erauzketen eragina LKOan

Egur erauzketek biomasa gutxitzearen ondorioz eragiten duten karbono izakinen galerez gain, badira karbono erreseerbei eragiten dieten beste hainbat faktore ere. Izan ere, ustiapen lanek edota ondorengo basoberritze prozesuek (natural zein gizakiak garatutakoek) lurzoruan eta landaretzan asaldamenduak eragiten dituzte, hala nola, egur-hondakinak, orbela eta lurreko materia organikoaren deskonposaketa (arnasketa heterotrofikoa) areagotu dezakete, hau biomasaren hazkunde NPP-a baino handiagoa izan daitekelarik (Luyssaert et al., 2008). Kasu horretan, sistema horren karbono fluxu netoak kontsideratuz, atmosferara bertatik atxikitutakoa baino karbono gehiago isuriko litzateke.

Arnasketa heterotrofikoa areagotzearen arrazoiak anitzak dira: zuhaitz estaldura galdu edo gutxiagotzeak eguzkiaren erradiazio gehiago lurrera iristea eragingo du eta ondorioz, fotodegradazio bidez nahiz lurreko tenperatura igotzearen ondorioz, lurreko materia organikoaren deskonposaketa azkartu daiteke (Barkley et al., 2015; Ruiz-Peinado et al., 2017). Hori gutxi balitz, lurra ontzen duen orbel kopurua gutxiagotuko da eta giza eskuhartzeek eragindako higadurak LKOan eragin negatibo gehiago ekar ditzake (Lal, 2005).

“Covington Curve” delako grafikoak (30. Irudia), baso mozketen ondorengo LKOaren dinamikak deskribatzen ditu eta mozketen ondorengo 20 urteetan LKOaren %50a galtzen dela ondorioztatzen du. Galera hau orbel sarreren gutxitzeari, zur eta belar landaretzaren izakinen aldaketei, landareen zain sakoneraren banaketaren aldaketei, deskonposaketa areagotzen duten lurreko ur eta tenperatura erregimen aldaketei eta produkzio primario netoaren (NPP) gutxiagotzeari egozten zaizkie (Lal, 2005).



30. Irudia: Covington Kurba. Baso mozketen ondorioz gertatutako LKO galera eta honen eboluzioa denboran zehar. Iturria: Lal (2005).

Basoko ustiapen lanen ondorioz baso-lurra lur-mineralekin nahastea gerta liteke eta honek LKOan ondorioak izan ditzake (Ruiz-Peinado et al., 2017). Honetaz gain, lurraren esposizio maila handiagotzearekin higadura areagotzen da eta disolbatutako karbono organikoa lixibiatzea eragin dezake (Lal, 2005). Honen ondorioz, Puhlick et al.-ek (2016) ekosistema osoaren batezbesteko karbono metaketa kontuan izanda, mozketak selektiboko baso sistemak “matarrasa” bidez ustiatutakoak baino aberatsagoak direla ebazten dute. Azken praktika honen ondorioz eremu jakin bateko zuhaitz estaldura guztia erauzten da eta honek lurlean metaturiko karbonoaren zati esanguratsu bat atmosferara itzultzea eragiten du (Lacroix, Petrenko eta Friedland, 2016). Azken hauen arabera, baso helduetan mineralei loturiko karbono erreserba egonkorak nabarmen handiagoak dira mozketak jasan dituzten eremuetakoekin konparatuz.

Zuhaitzen biomasa bioenergiara bideratuz karbono fluxu neutral bat lortzen dela baieztatu aurretik, baso ustiapenek ekosistemen karbono orekan duten eragina ezagutzea ezinbestekoa dela defendatzen dute Petrenko eta Friedland-ek (2014). Izan ere, zuhaitz estaldura zabalak kolpetik basogabetzea asaldamentu bortitza da bertako ekosistemarentzat, bertako karbono erreserbetan galera esanguratsuak eragin ditzakelarik. Ondorioz, karbono isurpenak gutxiagotzeko helburuz, erregai fosilen ordeztasun baso-biomasa bultzatzeko, lehenik eta behin karbonoaren oreka baldintzei buruzko informazio zehatza behar da (Petrenko eta Friedland, 2014).

Aurrez aipatu bezala, ustiapen lanek lurzoruen higadura areagotzen dute eta honek LKOan galerak eragin ditzake (Lal, 2005). Lurzoruen higadura prozesuetan, lurra eragile ezberdinen eraginez desplazatu egiten da eta berarekin batera LKOaren gutxitze bat gertatzen da, lurreko karbono erreserbetan eragina duelarik (ESDAC, 2019; Olson, Al-Kaisi, Lal eta Cihacek, 2016). Horregatik, karbono hustuleku gaitasuna mantendu edo areagotzeko ezinbestekoa da lurraren higadura gutxiagotzeko estrategiak martxan jartzea.

Ustiaketa lanen ondorioz sortutako lur mugimenduek ur higadura areagotzeko kanalak (31. Irudia) eragin ditzakete; lurra, eremuaren malda, honen hezetasun maila eta bere egitura eta ezaugarrien arabera zaugarriagoa izango delarik (Barkley et al., 2015; Florida Forest Service, 2018).



31. Irudia: Egur mozketa lanen ondorioz sorturiko kanalak. Iturria: Barkley et al. (2015).

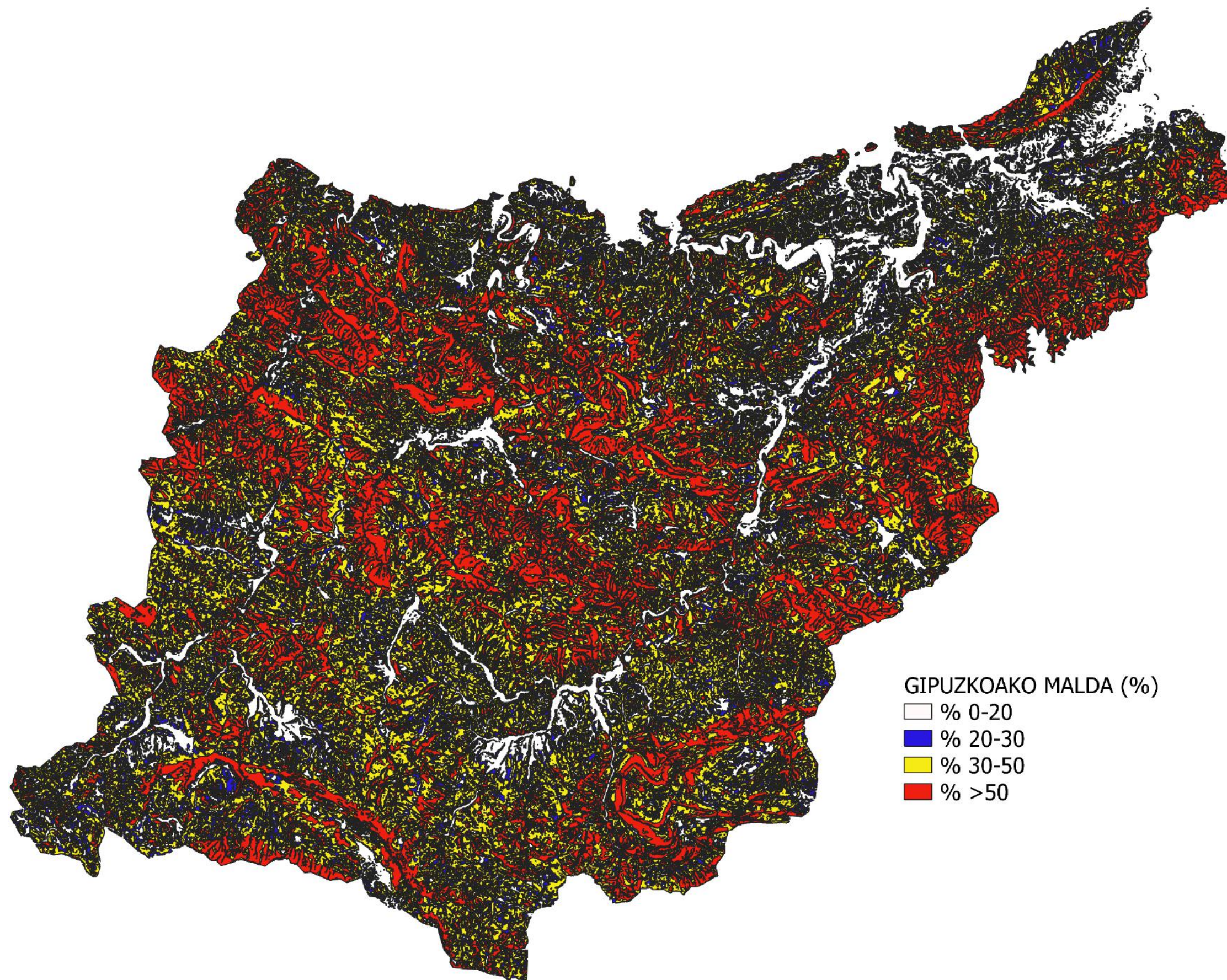
Horregatik, garrantzitsua da tokian tokiko lurraren ezaugarriak ezagutzea bertan burutuko diren giza eskuhartzeak planifikatu eta hauek eragingo duten higadura ahalik eta txikiena izan dadin (Barkley et al., 2015). Beharrezkoa da baso ustiaketara bideratuko diren pisten planteamentua ondo aztertzea, sarritan hauek izaten baitira higadura arazo larrienak eragiten dituztenak; horregatik, hauen ibilbidea, dimensioak eta diseinua higadura minimizatzerazuzendu behar dira (Barkley et al., 2015; Florida Forest Service, 2018). Hauen eraikuntzaz gain, Barkley et al.-ek (2015) hauen mantenuaren garrantzia azpimarratzen dute, batez ere lurraren higadura murriztu eta ur baliabideak babestera bideratuta, izan ere, karbono hustulekuek jasan ditzaken eraginetatik haratago, ur baliabideen hornidura eta kalitatea babesteko berebizikoa da baso kudeaketa egoki bat garatzea. Horregatik guztiagatik, sakan, erreasto eta erreka inguruetako ustiaketetan arreta berezia jarri behar da baso ustiapenak ur baliabideetan izan dezaketen eragina eta lur higadura gutxiagotzeko (Florida Forest Service, 2018).

Giza eskuhartzeek eragindako lur galera handienak era intentsiboenean ustiatutako eremu administratiboetan gertatzen dira (Borrelli, Panagos, Märker, Modugno eta Schütt, 2017). Azken hauek Italian egindako ikerketa batean, lur galera txikienak (0,33 t/ha urteko) asaldatu gabeko basoetan neurtzen diren bitartean, “matarrasa” bidez ustiatutako eremuetan nabarmen hazitzen da, lehen urtean 25,66 t/ha urteko balioak estimatu direlarik; higaduraren gorakada nabarmen hau landaretza faltari egozten zaio. Borrelli et al.-en (2017) arabera, lur galera handiek lurzorua higadura jasateko duen joera nabarmena erakusten dute, batez ere

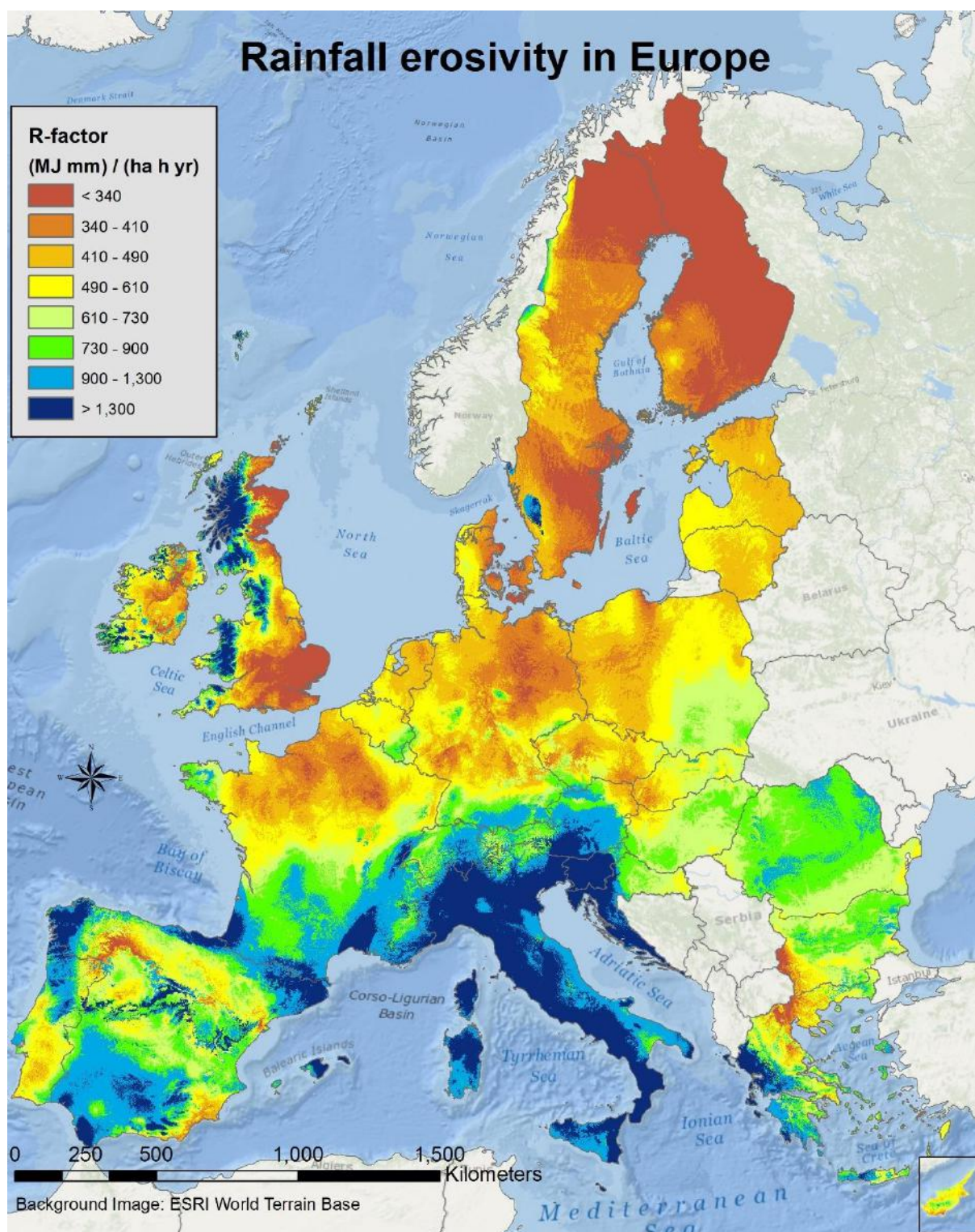
euriaren erosibitatea altua eta eremuaren malda handiak (>%25) direnean. Zuhaitz estaldura erabat erauztea (“matarrasa” praktikak) %20 baino malda handiagoko eremuetan egiten denean, prezipitazio tasa altuek lurraren higadura bidez honen degradazio nabarmena eragiten dute (Borrelli et al., 2017).

32. Irudian ikus daitekeen moduan, Gipuzkoako azaleraren gehiengoak %30eko malda baino handiagoa du (GeoEuskadi, 2019). Hori gutxi balitz, ESDAC-en (2019) arabera, Gipuzkoar lurraldeak euriaren ondorioz duen higadura joera Europako altuenen artean kokatzen da (33. Irudia) eta etorkizuneko agertokietan gora egingo duela aurreikusten da, batez ere lurraldearen barne aldean (34. Irudia). Estimazio hauek egiterako orduan, prezipitazioen kopurua eta intentsitatea izaten dira kontuan (Panagos et al., 2015).

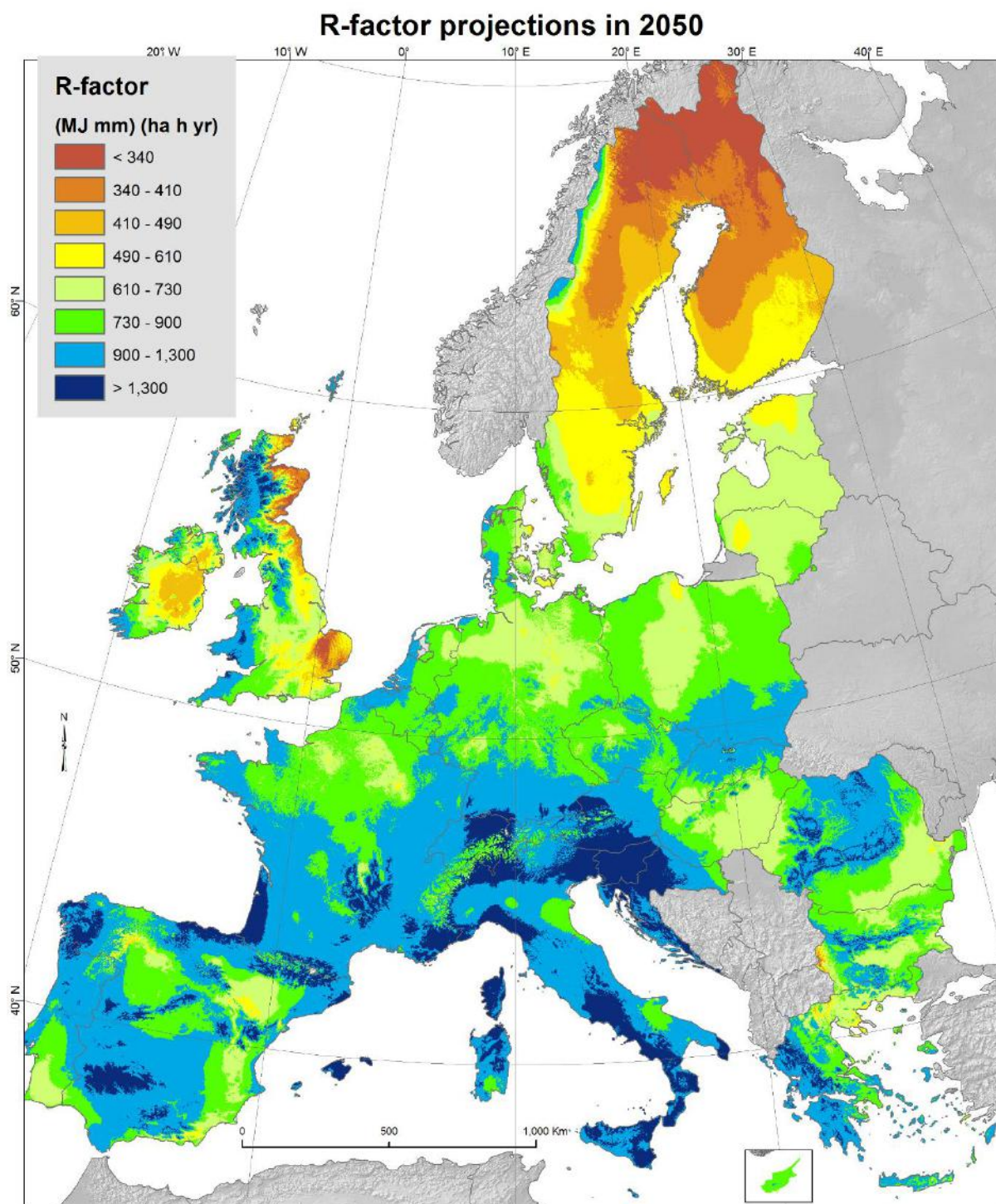
Beraz, basogintza sektoreak ustiaketa lanek eragiten dituzten inpaktuez kezkatu beharra dauka eta, batez ere, higadura jasateko joera duten eremuen kudeaketa faktoreak oso kontuz ebaluatu behar ditu (Elliot, Page-Dumroese eta Robichaud, 1999).



32. Irudia: Gipuzkoako malda mapa. Iturria: GeoEuskadiko (2019) informazio geografikoa erabiliz landua.



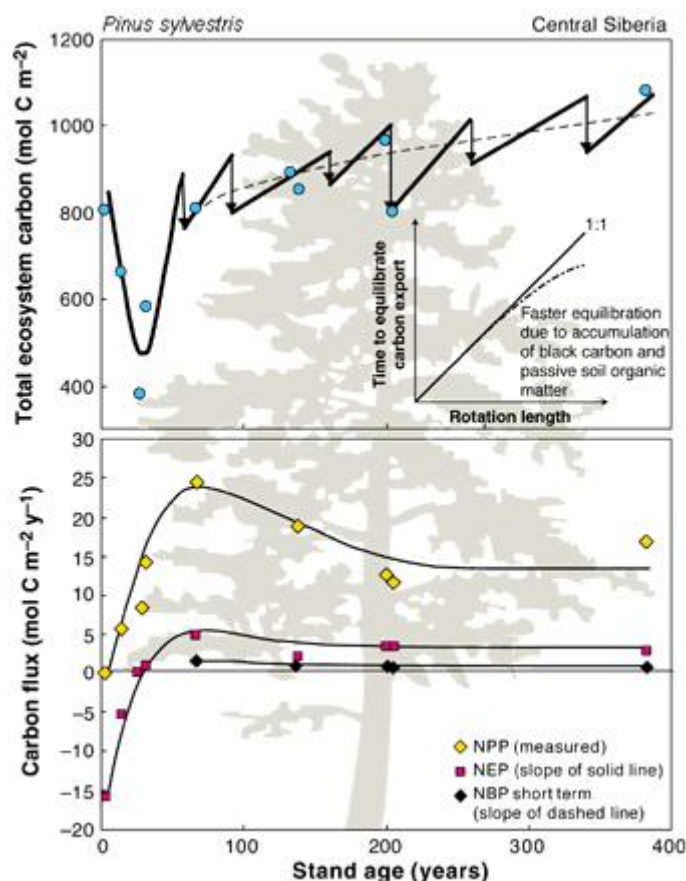
33. Irudia: Euriaren ondoriozko higadura joera Europan. Iturria: ESDAC (2019).



34. Irudia: Euriaren ondoriozko higadura joeraren aurreikuspenak Europan 2050 urterako. Iturria: ESDAC (2019).

7.3.3. Egur erauzketen eragina baso-biomasan

Baso edo zuhaitz landaketa batean egur ustiaketak egiteak bere karbono izakinetan eragina izango du (Harmon, 2001; Lal, 2005; Luyssaert et al., 2008; Nunery eta Keeton, 2010; Schulze et al., 2000). Honela, egur erauzketek biomasa galera bat ekarriko dute, jarraian NPParen handitzeak biomasa areagotuko duelarik (Schulze et al., 2000). Honek “zerra-itxurako” erantzuna izatea eragingo du (35. Irudia).



35. Irudia: Karbono izakin eta fluxuen aldaketak denboran zehar. Goiko irudiko geziek egur erauzketek (edo sute txikiek) eragindako galerak adierazten dituzte, jarraian pixkanaka berreskuratzeko joera bat dutelarik (malda NEP-arekin loturik egongo da). Iturria: Schulze et al. (2000).

35. Irudian ikus daitekeen moduan, baldintza konstanteetan egur erauzketek eragindako karbono galera konpentsatzeko mozte aldi bat beharko litzateke (1:1 marra), baina mozte-aldia luzatuz gero, karbono gehiago metatu daiteke erreserba iraunkorretan. Ondorioz, mozte aldiak luzatuta oreka egoera lortzeko denbora gutxiagotu egiten da, erauzten ez den karbono gehiago metatzen baita (Ruiz-Peinado et al, 2017; Schulze et al., 2000). Canadell eta Raupach-ek (2008) ere, karbono metaketa areagotzeko ustiapen zikloak luzatu edo asaldamenduak gutxiagotzea proposatzen dute. Balboa-Murias et al.-ek (2006) ustiaketen intentsitatea gutxiagotzea eta kontserbazio neurriak ezartzea proposatzen dute, era honetan basoen egitura berreskuratu eta aldi berean karbono erreserben eta bestelako elikagaien

zikloak lehengoratzeko. Testuinguru honetan, IPCC-k (2014c) basoetako karbono izakinak mantendu eta hauek handiagotzeko helburua duen kudeaketa iraunkor bat garatzea proposatzen du.

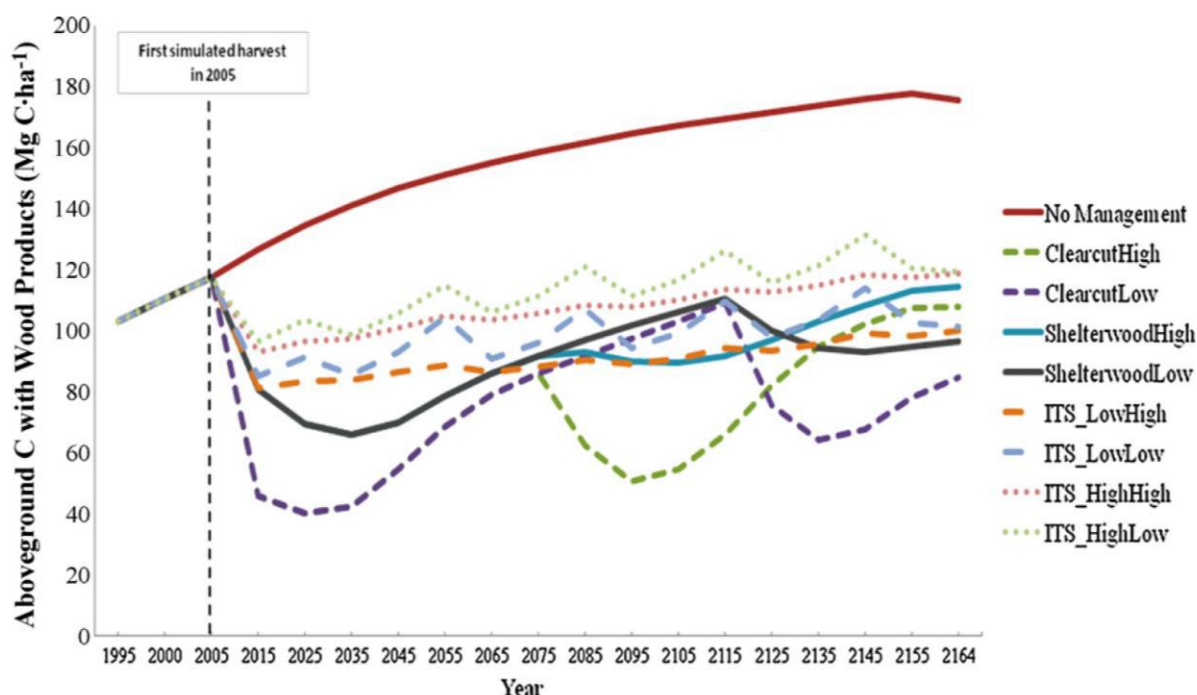
Ruiz-Peinado et al.-en (2017) arabera, tradizionalki moztealdi optimoak helburu ekonomikoekin finkatu dira, zuhaitzek oraindik ere hazten (eta ondorioz, karbonoa metatzen) jarraitzeko duten potentzialari jaramonik egin gabe. Honez gain, moztealdia luzatzeak, orbelproduktzioa handiagotzeko luke, lurrian karbono gehiago metatzea ahalbidetuz. Gainera, moztealdi luzeagoak aplikatuz lorturiko egur-produktuak neurri handiagokoak lirateke, bizi-ziklo luzeko produktuetan karbonoa metatzeko aukera hobea eskainiz (Lewis et al., 2019; Ruiz-Peinado et al., 2017). Izan ere, bizi-ziklo luzeko baso-produktuen ekoizpena sustatuz, aldi luzearako karbono metaketa lortzea da Eusko Jaurlaritzaren (2005) proposamenetako bat. Dena den, bizi-ziklo luzeko produktuak eta hauek lortzeko erabiltzen diren kudeaketa motak eragina izango du karbono erreserbetan metatuko den izakin kopuruan.

Ikerlari batzuek modu iraunkorrean kudeaturiko basoek kudeatu gabekoek baino karbono gehiago metatzen dutela baieztatzen dute, beti ere bizi-ziklo luzeko produktuen erreserbak kontuan hartzen badira. Beste batzuek aldiz, karbonoa metatzeko potentzialik handiena kudeatu gabeko baso helduek dutela erakutsi dute (Luyssaert et al., 2008). Zalantza hauek argitzeko asmoz, Nunery eta Keeton-ek (2010) aireko biomasa, egur-hil kopurua eta egur-ustiaketaren ondorioz ekoiztutako bizi-ziklo luzeko produktuen karbono erreserbak kontuan hartuz, intentsitate ezberdinetako kudeaketa motek karbonoa metatzeko duten gaitasuna aztertu dute (36. Irudia). Ikerketa honetan, honako kudeaketa motak eta irizpideak kontenplatu dira:

- Zuhaitz estaldura osoa erauztea (*Clearcut*). Kasu honetan ez da zuhaitz estalduraren egitura mantentzen, bular-altueran 5 cm baino diametro handiagoko egitura guztiak erauzten direlako (egitura mantentze baxua).
 - *Clearcut_High*: uzta maiztasun altua (80 urte).
 - *Clearcut_Low*: uzta maiztasun baxua (120 urte).
- Aldizkako mozketak, zuhaitz berrien erregenerazio naturalari bide ematen zaio arbola heldu guztiak bota gabe (*Shelterwood cutting*). Egitura mantentzea altua kontsideratuko da zuhaitz estaldura partzialki kentzen delako (hektareako 6 zuhaitz heldu mantentzen direla kontuan hartuta).
 - *Shelterwood_High*: uzta maiztasun altua (80 urte).
 - *Shelterwood_Low*: uzta maiztasun baxua (120 urte).

- Zuhaitz hautaketa selektiboa (*Individual Tree Selection, ITS*).
 - *ITS_LowHigh*: egitura mantentze baxua; uzta maiztasun altua (15 urte).
 - *ITS_LowLow*: egitura mantentze baxua; uzta maiztasun baxua (30 urte).
 - *ITS_HighHigh*: egitura mantentze altua; uzta maiztasun altua (15 urte).
 - *ITS_HighLow*: egitura mantentze altua; uzta maiztasun baxua (30 urte).

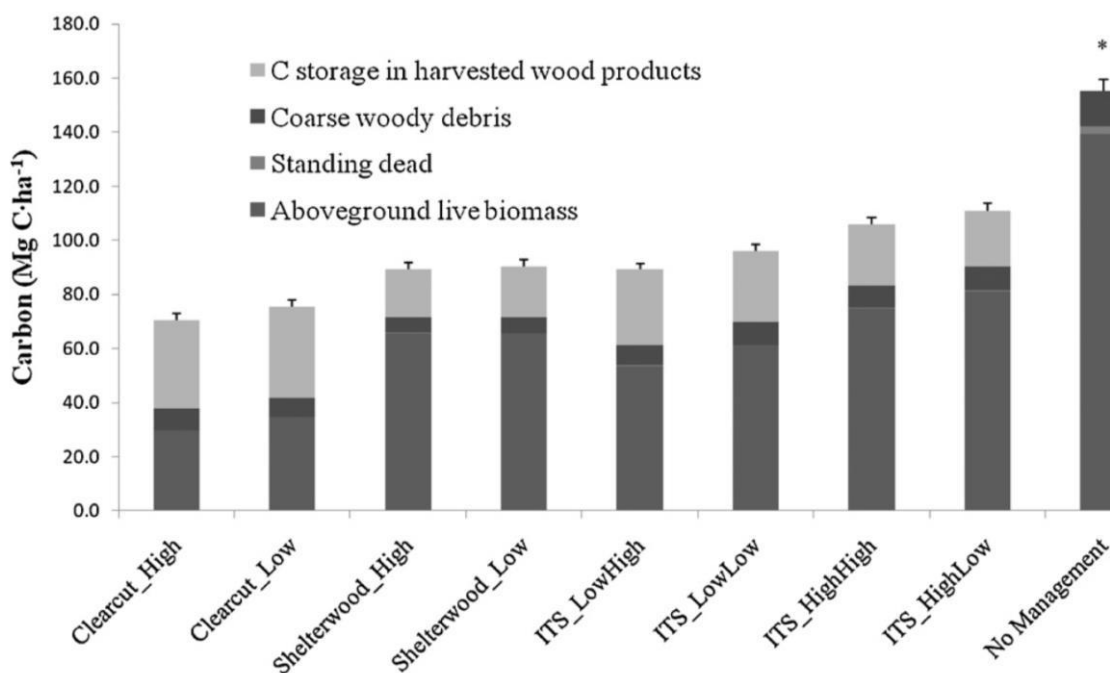
Kudeaketa mota ezberdin hauen biomasa karbono izakin totalak (aireko biomasa, egur-hil kopurua eta bizi-ziklo luzeko produktuak) kudeatu gabeko baso baten izakinekin konparatzen dira 36. Irudian:



36. Irudia: Bederatzi kudeaketa mota ezberdinen biomasaren (aireko biomasa, egur-hil eta bizi-ziklo luzeko produktuak) karbono erreserben bilakaera denboran zehar. Iturria: Nunery eta Keeton (2010).

Nunery eta Keetonen (2010) simulazioen emaitzen arabera (36. Irudia), kudeaketa mota intentsiboenak dira karbono izakin txikiak dituztenak, zuhaitz estaldura osoaren erauzketa delarik karbono hustuleku eskasena erakusten duena. Kudeaketaren intentsitatea txikiagotu ahala karbono izakinen gradienteak gora egiten du, balio maximoak kudeatu gabeko basoetan lortzen direlarik. Beraz, kudeaturiko basoetan karbono izakinak areagotze aldera, zuhaitz estaldura osoak moztea ekidin behar litzateke eta horren ordez intentsitate baxuagoko beste kudeaketa mota batzuk sustatu behar lirateke.

Horrez gain, kudeaketa eredu ezberdin horietan karbono izakinak zein erreserbetan aurkitzen diren zehaten da 37. Irudian (Nunery eta Keeton, 2010).



37. Irudia: Kudeaketa mota ezberdinen batezbesteko erresebak eta hauen banaketa. Iturria: Nunery eta Keeton (2010).

37. Irudiko datuak aurrez 7.2 atalean aztertutako adituen baieztapenekin bat datoz. Izan ere, kudeatutako baso edo zuhaitz landaketetan ez dago zutik geratutako hildako tantaiairik eta egur-hil kopurua ere kudeatu gabeko basoetan baino bajuagoa da. Intentsitate mota ezberdinetako kudeaketak eta hauen bizi-ziklo luzeko produktuen karbono erresebak ere kontsideratu diren arren, Nunery eta Keetonen (2010) azterketa honetatik ere karbonoa metatzeko aukerarik onena kudeatu gabeko basoak direla ondorioztatzen da.

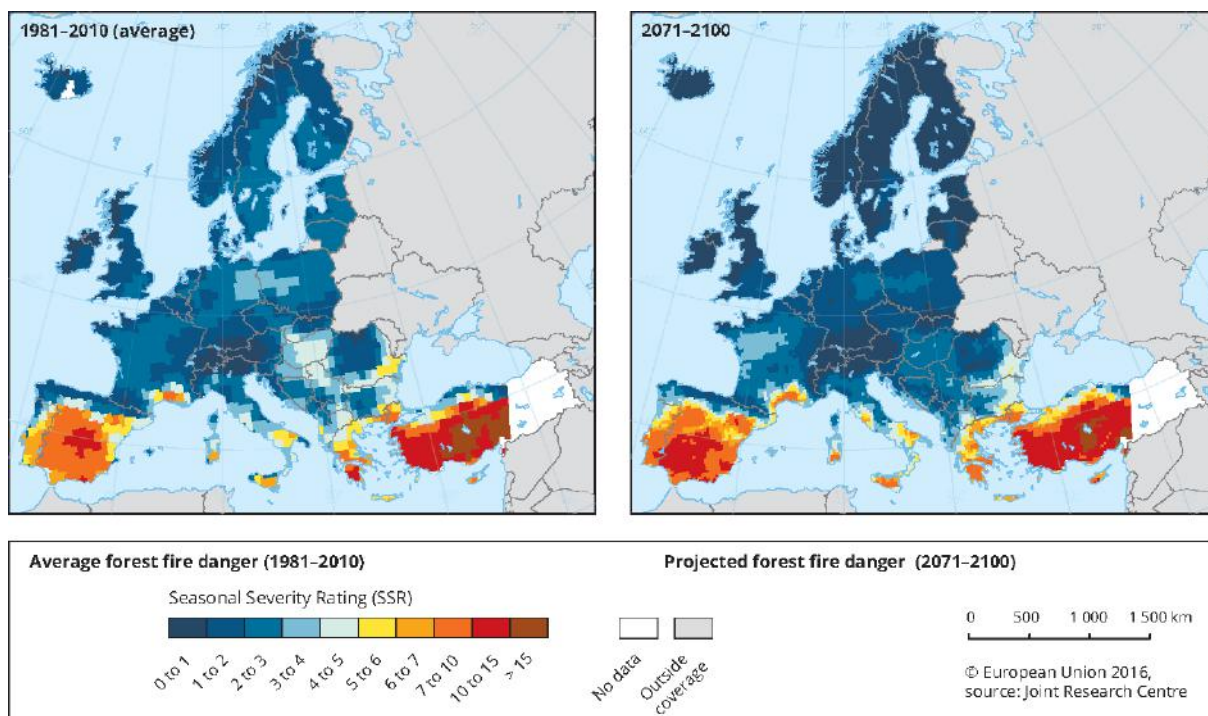
Eusko Jaurlaritzaren (2005) aburuz, denboraldi batean karbono hustuleku gaitasuna areagotzeko neurriak bertan behera uzteak, sarritan karbono galera azkarrak eragiten ditu. Beraz, hartzen diren neurriak eraginkorrak izan daitezen, praktika jakin batzuk martxan jartzeak epe luzerako konpromezu baten eskutik joan behar du (Eusko Jaurlaritza, 2005).

7.4. BASO SUTEAK

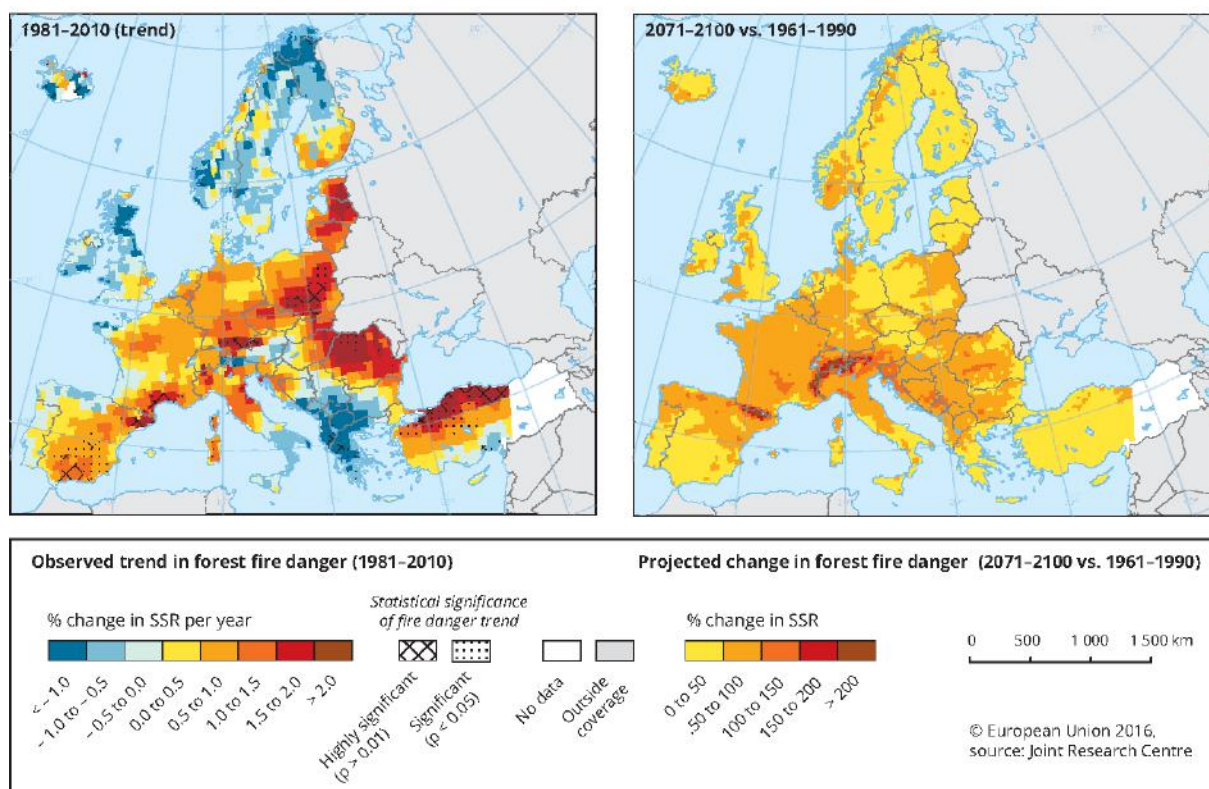
Gipuzkoako lurraldeak azken urteetan sute gertakari larriak izan ez duen arren (38. Irudia), klima jasaten ari den bilakaeraren ondorioz, etorkizunean baso-sute arriskuak gora egingo duela aurreikusten da (Eusko Jaurlaritza, 2015; Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018). 39. eta 40. Irudietan ikus daitekeen moduan, Gipuzkoako lurraldean muturreko su-arrisku egoerarik aurreikusten ez den arren, hauek gorakada bat izatea espero da.



38. Irudia: 2001-2010 artean suteek afektaturiko baso azalera udalerriko. Iturria: Cubo et al. (2012).



39. Irudia: Sute arrisku aurreikuspenak Europan. Iturria: European Environment Agency (2016).



40. Irudia: Baso-sute arriskuen joera eta aldaketen aurreikuspenak.
Iturria: European Environment Agency (2016).

Baso suteek eragin zuzena izango dute hauen karbono izakinetan, bai biomasaren konbustioagatik eta LKOan izango dituen eraginengatik ere (Lal, 2005). Horregatik, karbono-hustulekuak sustatzeko estrategiek suteen prebentzioa ere kontuan izan behar dute (Eusko Jaurlaritza, 2015) eta horretarako garrantzitsua da hauei eragiten dieten faktore ezberdinak ezagutzea.

Alde batetik, landarediaren sukoitasuna dago. Horrela, landare batek su hartu eta hau zabaltzeko gaitasun handiagoa badu, sukoia dago dela esango da. Esaterako, hosto eta adar finak izateak, egur arinez osatua egoteak edota osagai lurrunkorrak izateak sukoitasuna areagotuko du (Pausas, 2017). Zuhaitzaren egitura berak ere zeresan handia du: oinarrian adar kopuru ugaria dutenak, adar eta buru altua dutenak baino sukoiagoak direlarik, azken hauek lurretik sua zuhaitzera zabaltzea zailtzen baitute (Pausas, 2017). Gainera, zuhaitz gaztez osaturiko masak suteen aurrean zaurgarriagoak direla baieztatzen dute Zald eta Dunn-ek (2018). Azken hauen ustez, kudeaketa intentsiboak loturiko zuhaitz estalduren homogeneotasunak ere suteen zabaltzea erraztu dezake.

Eukalipto eta pinuek esaterako, izaera pirofiloa dute eta material oso sukoiak izateaz gain, suaren zabaltzea azkartzen duten osagai lurrunkorrak askatzen dituzte (Cordero, 2017; Robertson, 2018). Kontrara, haritz arbolak esaterako, geldiago erretzen dira eta suteen

zabaltzea zailtzen dute (California Native Plant Society, d. g.; Cordero, 2017). Gainera, zuhaitz landaketen aurrean, hariztiek itzal gehiago egiten dute eta hezetasun erlatibo handiagoa mantentzen dute, sute-arriskua gutxiagotuz (Cordero, 2017). Ildo beretik, Europako pagadietan sua ez da asaldatze eragile garrantzitsua kontsideratzen (Christensen et al., 2005).

Hala ere, zuhaitz espezieaz gain, landaketa eta basoetan aurkitzen den “erregai” kopuruak ere zeresan handia du, horrela, orbel, adar edo bestelako landare masek suaren zabaltzea erraztu baitezakete (Robertson, 2018). Era berean, zuhaitz estalduraren dentsitatea handia izateak suaren zabaltzea erraztuko duela pentsa daiteke, baina aldi berean, haizearen eragina gutxiagotuz suaren hedapena moteldu dezake (Robertson, 2018). Topografiak berak ere eragina izan dezake sute baten hedapenean, izan ere, malda handiko lekuetan inklinazioak berak sua behetik gora zabaltzea erraztu dezake (Robertson, 2018).

Horregatik, eta batez ere oso sukoiak diren espezieak nagusitzen diren estalduretan sute-arriskuak gutxiagotu eta hauen zabaltzea ekiditeko kudeaketa aproposak diseinatzea beharrezkoa da (Pausas, 2017).

8. BASOEN EGOKITZE GAITASUNA ETA ERRESILIENTZIA HOBETZEA

8.1. EGOKITZE GAITASUNA ETA ERRESILIENTZIA HOBETZEKO BEHARRA

Aldaketa klimatikoaren aurkako borrokan hau moteltzen saiatzeko neurriak hartzeak berebiziko garrantzia duen arren, dagoeneko aurreikusten diren etorkizuneko baldintzetara egokitzeko neurriak ere planteatu behar dira. Izan ere, datozen hamarkadetan Gipuzkoar lurraldeko kliman aldaketen eraginak nabarmenagoak izatea espero da (Eusko Jaurlaritza, 2011, 2015; Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018). Testuinguru honetan, basoen kontserbazio eta kudeaketan aldaketa klimatikoaren arintze politikak aplikatzeaz gain, klima aldaketaren eraginetara egokitzeko neurriak hartzea eraginkorragoa dela argudiatzen du IPCC-k (2014c). Modu berean, aldaketa klimatikoaren eraginetara egokitzeko gaitasun faltak etorkizuneko agertokiaren aurrean sistemen zaurgarritasuna handiagotzen du (IPCC, 2014a).

8.1.1. TENPERATURAN AURREIKUSTEN DIREN ALDAKETAK

Gipuzkoa Klima 2050 txostenean (Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018) egiten diren aurreikuspenen arabera, Gipuzkoako lurraldean batezbesteko temperaturek 1,5 °C eta 5 °C arteko gorakada jasango dute, hauek mende amaieran nabarmenagoak izango direlarik. Temperatura igoera hau EAEko lurralde osoan nahiko modu homogeneoan emango da, nahiz eta kostaldean zerbait arinagoa izango den (Eusko Jaurlaritza, 2016).

Muturreko temperaturei dagokienez, egun-hotz kopuruak behera egitea espero da (izotza botatzen duen egunak ($T_{\min} < 0$ °C) gutxiagotuko dira) eta bestalde, bero-egunak ugariagoak izango direla aurreikusten da. Gainera, bero boladak luzeagoak izan eta maizago gertatuko direla kalkulatu da. Zentzu berean, gau tropikalen kopuruak ($T_{\min} > 20$ °C) ere gora egingo duela uste da (Eusko Jaurlaritza, 2016). Horrekin batera, eguneko temperatura minimo eta maximoen arteko aldea handiagotu egingo dela uste da (Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018).

8.1.2. PREZIPITAZIOAN AURREIKUSTEN DIREN ALDAKETAK

Modelo global nahiz eskualdeko azterketek EAerako prezipitazio tasen gutxiagotze bat aurreikusten dute. Eskualdeko modeloen arabera, urtaroen araberrako joera garbirik antzematen ez den arren, XXI. mende amaierarako urteko prezipitazioak %10 eta %20 bitartean gutxiagotuko dira (Eusko Jaurlaritza, 2016; Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018). Aldi berean, euri arina (eguneko < 1 mm) egiten duen egun kopuruak behera egitea espero da eta eurite indartsuek (eguneko 30 mm baino gehiagokoak) gora egingo dutela uste da (Eusko

Jaurlaritza, 2011 eta 2016). Beraz, euri egunak eskasagoak izango dira, baina hauek eurite bortitzagoak suposatuko dituzte. Gainera, euri-egunen ondoren, lehorte aldi luzeagoak espero dira (Eusko Jaurlaritza, 2016).

8.1.3. EBAPOTRANSPIRAZIOAN AURREIKUSITAKO ALDAKETAK

Eusko Jaurlaritzak (2016) aztertutako agertokietatik Gipuzkoako ebapotranspirazio mailak gora egingo duela eta honek hego-mendebaletik ipar-ekialderako gradiente beherakorra izango duela ondorioztatzen da.

8.1.4. ALDAKETA KLIMATIKOAREN INPAKTUAK GIPUZKOAN

Klima aldaketak ekosistemen produktibitateari, lur gaineko eta lur azpiko biomasa banaketari eta mikrobio populazioari eragin diezaieke; honek guztiak baso-ekosistemei nola eragingo dien jakitea oso konplexua da (Lal, 2005), baina azterketa ezberdinen emaitzek antzerako aurreikuspenak egiten dituzte. Horrela, aldagai klimatikoetan aurreikusten diren aldaketak kontsideratuz, Gipuzkoar lurraldeak honako inpaktu eta eraginak pairatuko dituela uste da (Eusko Jaurlaritza, 2011, 2016; eta Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018):

Orokorrean:

- Ezohiko gertaera klimatikoek gora egingo due: lehorte fenomenoak, eurite indartsuak, bero bolada luzeak, haizeteak, etab.
- Prezipitazio indartsuek uholde arriskua, lur mugimenduak nahiz bestelako kalteak eragin ditzakete.
- Ur baliabideen gutxitzeak gizartearen ur-hornidurari eragin diezaioke.
- ...

Baso ekosistemetan:

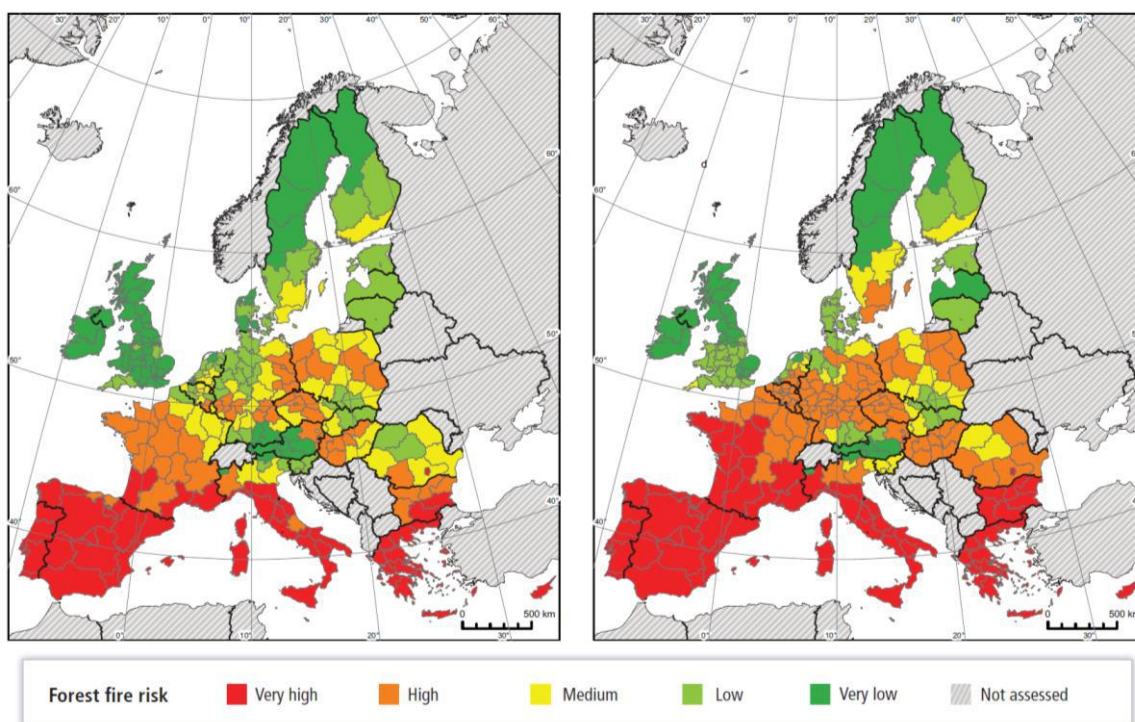
- Zuhaitz espezieek lurraldean duten banaketak aldaketak jasan ditzake.
- Lurreko ezaugarri eta prozesuetan aldaketak: materia organikoaren deskonposaketa eta higadura areagotzea, lurraren gazitzea eta bioaniztasunaren galera.
- Lurrean metaturiko karbono organikoaren deskonposaketa azkartzeak epe luzera lurreko karbono erreserben galera ekarri dezake, hauek karbonoa finkatu ordez atmosferara karbonoa isuriko luketelarik.
- Baso ustiapenen produkzio periodoa aldatu daiteke, zenbait espezieren errentagarritasun ekonomikoari eraginez. Klima aldaketaren ondorioek baso espezieen fisiologiari nabarmen eragin diezaioke. Era horretan, hosto erorkorreko

espezieen urteko zikloan hostoak denbora gehiago iraungo dute eta ondorioz produkzioa handiagotuko da. Hosto iraunkorreko espezieen kasuan ordea, hostoen biziraupen denborak behera egingo du eta ondorioz, espezie hauen hosto eta zain finen berritzea azkartu egingo da, zuhaitzaren erreserbak gutxiagotuz eta mehatxuzko gertaeren aurrean beren zaurgarritasuna handiagotuz.

- Batezbesteko tenperatura igoerak landarediaren hazkunde-iraupenak luzatzea ekarri dezake.
- Prezipitazioen erregimen aldaketak lurzoruen higadura azeleratu dezake. Udako lehorteen larritasuna eta maiztasunak handiagoak izango direnez, honek zuhaitzen osasuna eta bizirautea arriskuan jar ditzake. Honi lotuta, basoek karbonoa atxikitzeko duten gaitasunari ere eragin diezaioke.
- Muturreko gertaerak (ekaitzak, haizeteak, ziklogenesi leherkorrak, etab.) maizago gertatuko direla aurreikusten denez, asaldatze naturalen ondorioz kalteturiko zuhaitz kopuruak gora egingo du.
- Orokorrean, aldaketa klimatikoaren ondoriozko tenperatura igoerek izurriteen arazoa areagotuko dutela uste da, hauen garapena erraztu eta neguan beren biziraupenari lagunduko dietelako.
- Baso suteen maiztasuna eta intentsitateak gora egingo duela aurreikusten da (41. Irudia).

(a) Baseline climate (1961–1990)

(b) climate scenario 2041–2070 (A1B emission scenario)



41. Irudia: Baso suteen arriskua iraganeko (1961-1990) eta etorkizuneko (2041-2070) agertokietan. Iturria: IPCC (2014b).

Herrerok (2007) aldaketa klimatikoak tenperatura eta prezipitazio tasetan izango duen eragina dela eta, zuhaitzen fisiologia aldaketek hauen osasunean kalte larriak eragin ditzakela ohartarazten du. Hala nola, arbolek zainetatik hostoetara ura garraiatzeko duten gaitasuna (konduktantzia hidraulikoa) gutxiagotu daitekela eta baita, muturreko kasuetan, hostoetara ura garraiatzeko gaitasuna galdu ere (kabitazio bidezko enbolia). Ondorio hauek karbonoaren balantzean desorekak eragin ditzakete, eta kasu batzuetan zuhaitzen heriotza ekar dezakete (Herrero, 2007). Aldaketa klimatikoak zuhaitzen fisiologian eta fenologian izango dituen ondorioek banakako isolatuetan eragindako inpaktuez haratago, hauek ekosistemaren funtzionamenduan aldaketak ekarri ditzake. Hori gutxi balitz, lehorte eta bero aldien eragin zuzenez gain, izurrite, patogeno eta parasitoen mehatxua ere kontuan izan behar da, hauek normalean aurrez ahulduta dauden zuhaitzei erasotzen dietelarik (Herrero, 2007).

8.1.5. EGOERA BERRIETARA EGOKITZEKO GAITASUNA ETA ERRESILIENTZIA HOBETZEA

Aldaketa klimatikoaren inpaktuei aurre egiteko testuinguruan basoen “egokitze gaitasuna” eta “erresilientzia” kontzeptuak aipatzen dira:

- **Egokitze gaitasuna:** espezie batek edo hau osatzen duten populazioek aldaketa klimatikoari aurre egiteko duen gaitasuna da, hau lekuan bertan jarraituz, eskualdeko mikrohabitat egokiagoak hartuz edo mesedegarriagoak diren eskualde klimatiko batzuetara migratuz lor daitekelarik (Herrero, 2017). Sistema natural batzuetan, giza eskuhartzeek klimaren inpaktuetara egokitzea erraztu dezake (IPCC, 2014a).
- **Erresilientzia:** organismo edo sistema batek asaldatze edo aldaketa exogeno baten ondoren bere funtzio eta egitura berreskuratzeko duen gaitasuna da (Herrero, 2017).

Aldaketa klimatikoak basoen funtzionamenduari eragiten dionez, baso kudeaketan klima aldaketa arintzeko irizpideak kontuan hartzeaz gain, basoak honen eraginetara egokitzeko helburua ere izan beharko luke. Izan ere, basoak zenbat eta egokitze gaitasun hobea izan, aldaketa klimatikoaren inpaktuak orduan eta txikiagoak izango dira (Ruiz-Peinado et al., 2017).

Aldaketa klimatikoaren ondorioz Gipuzkoako lurraldeak jasango dituen eragin negatiboen aurreko ahulezia murrizteko, Eusko Jaurlaritzak (2015) eta Gipuzkoako Foru Aldundiak (2018) egokitzeko gaitasuna eta erresilientzia handitzeko beharra azpimarratzen dute. Hau horrela izanik, bi erakunde hauek aldaketa klimatikoari aurre egiteko garatu dituzten azken estrategia txostenetan (Klima 2050 eta Gipuzkoa Klima 2050) lau eta bostgarren helburuak natura ingurunearen eta lehen sektorearen erresilientzia handitzera zuzendu dituzte. Izan

ere, Eusko Jaurlaritzaren (2015) ustez aldaketa klimatikoak eragin nabarmena izango du baso-masetan eta Gipuzkoako lurraldearen %60 baino gehiago zuhaitzez estalia dagoenez (BI-2018), hauen erresilientzia handiagotzeko esparruan jardun behar dela ondorioztatzen da.

8.2. BASOEN EGOKITZEA ETA ERRESILIENTZIA HOBETZEKO AUKERAK

Aurrez aipatu bezala, Eusko Jaurlaritza (2015) eta Gipuzkoako Foru Aldundiaren (2018) aldaketa klimatikoaren aurkako estrategietan, basoen karbono hustuleku gaitasuna handiagotzeko jardutea sustatzen dute. Baina horrez gain, lurraldearen egokitzapen maila handiagotzeko helburuarekin, baso ekosistemen erresilientzia areagotzea proposatzen dute. Esaterako, Gipuzkoa Klima 2050 dokumentuko laugarren xedea “Natura ingurunearen erresilientzia handitzea” da eta honen baitan lau jarduera lerro zehazten dira:

1. Basoen egitura- eta funtzio-aniztasuna hobetzea.
2. Klima aldaketaren aurrean ahulak diren habitat eta espezieak babestu eta jarraitzea.
3. Ibaiertzeko ekosistemak lehengoratu eta uztartzea.
4. Akuiferoak babestu eta zaintzea: iturburuak eta errearga-eremuak.

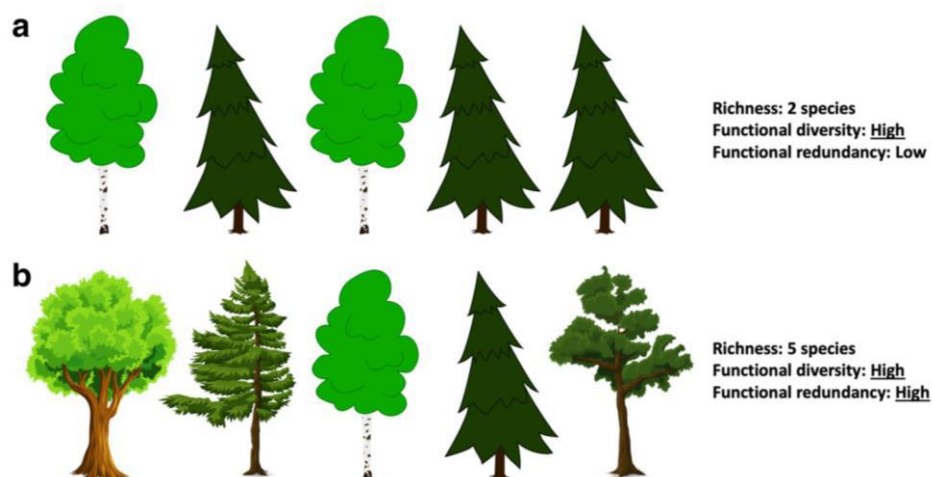
(Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018, 151. or.).

Begi bistara basoekin erlazionaturiko jarduera lerro bakarra lehenengoa dela pentsa daitekeen arren, helburu hauek guztiak era batean edo bestean baso ekosistemekin loturik daude. Hala nola, bigarren puntuan aipatzen diren habitat eta espezie batzuk baso ekosistemei lotuta egon daitezke; ibaiertzeko ekosistemak lehengoratzearaz hitz egiten denean, neurri batean galeria basoen hedadura handiagotu eta hauen egoera hobetzean oinarrituko da; azkenik, akuiferoak babesteko estrategian basoen kudeaketak paper garrantzitsua jokatzen du (Calder, Hofer, Vermont eta Warren, 2007; Ernst, Gullick eta Nixon, 2004). Hau guztia kontsideratuz, basoen erresilientzia handiagotzeak baso ekosistemekin zuzenean loturiko sistemez haratagoko onurak ekarriko ditu beste hainbat alorretan (hau era sakonagoan jorratuko da “9 ALDAKETA KLIMATIKOAN OINARRITUTAKO JARDUNBIDEEN BESTELAKO ONURAK” atalean).

Hildo beretik, Eusko Jaurlaritzak (2015) ere bederatzigarren jarduera lerroan prozesu biologikoen eta geologikoen erregulatzailerik gisa jokatzen duten ekosistema naturalen multifuntzionaltasuna sustatzeko, espezie eta habitat zaurgarriak lehengoratzeko helburua finkatzen du. Honen baitan, ekosistemen lehengoratzeara eta horien naturalizazioa beharrezkotzat jotzen du lurraldearen erresilientziari eusteko.

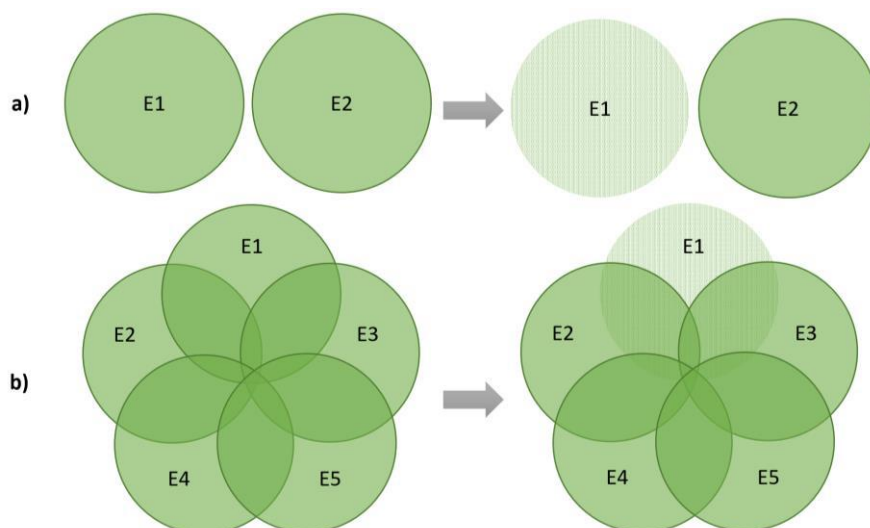
Baso egiturei dagokionean, espezie bakarreko eta adin bereko zuhaitzez osaturiko azaleren orde, heterogeneotasuna bilatu eta adin ezberdinetako zuhaitzez osaturiko baso mistoetara jotzeak aldaketa klimatikoaren ondoriozko hondamen-gertaeren aurrean basoen erresistentzia eta erresilientzia handitzea ekarriko du (Eusko Jaurlaritza, 2011; Messier et al., 2019). Izan ere, eragin klimatiko zuzenez aparte, espezie bakarreko eta adin berdineko zuhaitz estaldurak zaurgarriagoak dira izurrite eta patogenoen erasoan aurrean, azken hauen mugikortasuna errazten baitute eta ondorioz, berauen eragin kaltegarriak handiagotzea dakar (Herrero, 2007).

Testuinguru honetan, interesgarria da zuhaitz espezie ezberdinek betetzen dituzten funtzioak eta hauen eragina aztertzea. Honela, funtzio aniztasuna eta funtzio erredundantzia kontzeptuak jorratzen dira, sistema baten erresilientzia handia izan dadin, erredundantziak aniztasunak adinako garrantzia duelarik (42. Irudia).



42. Irudia: Espezie ezberdinez osaturiko bi zuhaitz estaldura irudikatzen dituen diagrama. Iturria: Messier et al. (2019).

“a” estaldurak funtzio aniztasun handia izan dezake, berau osatzen duten bi zuhaitz espezieek ezaugarri funtzional oso ezberdinak dituztelako. Hala ere, ezaugarri funtzionalak hain ezberdinak izanik, hauen erredundantzia oso txikia da, bi espezieetako bat galtzen bada, berari loturiko hainbat funtzio desagertuko direlarik. “b” estalduran ordea, aniztasun funtzionalak handia izateaz gain, espezie ezberdinek beraien artean ezaugarri funtzionalak partekatzen dituzte; horrela, “b” kasuan espezieen bat galtzen bada, ezaugarri funtzionalen gehiengoa mantendu egingo da (Messier et al. 2019). Azalpen hau 43. Irudiko eskemaren bidez sinplifikatu da.



43. Irudia: Funtzio aniztasuna eta funtzio erredundantzia azaltzeko eskema.

Horregatik, funtzio aniztasuna eta funtzio erredundantzia basoen erresilientzia kuantifikatzeko adierazle egokiak kontsideratzen dira; espezie, adin eta egituraren aniztasunak diren baso ekosistemak hobeto prestatuta daude egungo eta etorkizuneko hainbat asaldatzeko ezberdinei aurre egiteko (Messier et al., 2019).

27. Taulan klima aldaketaren aurrean basoen egokitzeko gaitasuna handiagotzeko estrategiak biltzen dira, hauek aurrera eramateko jardunbide zehatzen proposamenak egiten direlarik.

27. Taula: Egokitze estrategien adibideak, beren helburu eta jardunbide proposamenekin. Iturria: Herrero (2007).

Egokitze estrategia	Helburua	Jardunbidea
Zuhaitz dentsitatea gutxitzea	Baliabide-kompetentzia gutxiagotzea	Bakanketak
Egitura heterogeneotasuna sustatzea	Paisaje mailako inpaktuen aurrean erantzun aniztasuna sustatzea	Eskala txikiko bakanketak
Espezie aniztasuna sustatzea	Komunitate mailako inpaktuen aurrean erantzun aniztasuna sustatzea	Bakanketa selektiboak Landaketa edo ereiteak
Zuhaitz zahar eta handien kopurua handitzea	Lehorten eta beroaldi aurre egiteko erresistentzia handiagotzea	Bakanketa selektiboak Moztealdiak luzatzea
Sastrakadien hedadura sustatzea	Zuhaitz espezieak ugartzea errazten duten prozesuak bultzatzea	Bakanketa selektiboak Landaketa edo ereiteak
Aniztasun genetikoaren sustatzea	Espezie mailako inpaktuen aurrean erantzun aniztasuna sustatzea	Landaketa edo ereiteak Korredore ekologikoak Lagundutako migrazioa (!)

27. Taulan laburturiko proposamenei buruzko azalpen zehatzagoak ematen ditu Herrerok (2007) eta datozen lerroetan sakontzen dira:

- ✓ Temperatura altuek eta lehorteek dentsitate altuko basoen gainbera eragin dezakela egia den arren, zuhaitzen tamainak efektu hau modulatzeko lagundu dezake. Izan ere, tamaina txikiko zuhaitzak bereziki zaurgarriak dira lehortearen aurrean (seguruenik ondo garatu gabeko sustrai-sistema baten ondorioz).
- ✓ Zuhaitz dentsitate altuko eta egitura heterogeneotasun baxuko basoak bereziki zaurgarriak dira lehorte egoeran baso-gainbera prozesuak eta izurrite nahiz patogenoen eraginak jasateko. Testuinguru honetan, lehorte eta bero aldien eragin handiena jasaten duten eremuetan bakanketak egitea gomendagarria da (horrela ur-baliabideei dagokienez kompetentzia gutxiagotu egingo delarik). Gainera, bakanketa hauek egitura aniztasuna eta aniztasun biologikoa sustatuz egin daitezke, zuhaitz zaharrenak eta bestelako zuhaitz eta sastraka espezieak mantenduz.
- ✓ Espezie aniztasunak basoaren erresistentzia eta erresilientzia gaitasuna areagotzea dakar, izan ere, espezie askok estres klimatikoari era desberdinean erantzuteaz gain, baliabideen erabilera ere ezberdintasunak izan ditzaketelako. Modu berean, espezie berdin batean estres klimatikoari ezberdin erantzuten dioten genotipo ezberdinak izateak basoaren erresistentzia eta erresilientzia handiagotuko ditu.
- ✓ Bakanketaren intentsitatea kasu bakoitzaren arabera izango da, beti ere kontuan hartuz bakanketa bortitzek masaren egonkortasunari eragin diezaioketela (ekaitz edo haizeteen aurrean, edo basoko mikroklima aldatuz: uda garaiko estres hidrikoa areagotzeko arriskuarekin). Beste aukera bat eskala txikiko bakanketak egitea da, basoko egitura heterogeneotasuna bultzatuz, dentsitate, tamaina eta adin desberdinetako eremuez osatuak. Giza eskuhartzerik gabeko kasuak ere kontsideratu daitezke, basoaren dinamika naturala behatzeko aukera emango lukelarik.
- ✓ Aldaketa klimatikoaren eraginaren aurrean zaurgarritasun handiena zuhaitz gazteenek dutenez, mozte aldien luzatzeekin eta mozte diametro minimo batzuk ezartzeekin baso helduagoak sustatuko dira, hauek aldaketa klimatikoaren aurrean erresistentegoak direlarik. Bestalde, gerta liteke baso gainbera zantzuak egon edo espezie xerofiloagoen kolonizazioa sustatu nahi bada moztealdiak moztea praktika egokia izatea.

- ✓ Espezieen arteko interakzioa ere egokitzen bideraturiko baso kudeaketa batean kontuan hartu beharreko beste aldagai bat da. Horrela, espezie berdin nahiz ezberdineko banakoen arteko zenbait interakzio motek basoaren erregenerazioa erraztu dezakete, baita lehortasun edo belarjaleen presentzia dagoen lekuetan ere, esaterako, zenbait sastraka motek nolabaiteko basoberritze prozesua bultzatzen dute.
- ✓ Lagundutako migrazioak ugalketa materiala (banako gazteak zein helduak) hauen berezko banaketa geografikoan edo hontatik kanpo zabaltzeari egiten dio erreferentzia eta aldaketa klimatikoari aurre hartzeko helburua dauka. Hala ere, komunitate zientifikoan eztabaida sortzen duen kontzeptua da eta gaur gaurkoz oraindik ez dago bere erabilerari buruzko adostasunik. Izan ere, eskualdeko populazioak izaten dira lekuan lekuko baldintzetara hobekien egokitzen direnak eta gerta liteke beste eremu geografiko batzuetako baldintzak ondo ez jasatea. Gainera, lagunduriko migrazio praktikek inbasio biologikoak, jatorrizko populazioan kutsadura genetikoa, garraiatutako poblazioan kalteak eta zerbitzu ekosistemikoetan aldaketak eragin ditzakete. Arazo hauek direla medio, lagundutako migrazioa kontsideratu aurretik beharrezkoa da espezieen zaugarritasuna nahiz esposizioa eta egokitze neurrien eraginkortasuna kontuan izatea.

Gaur egungo zuhaitz estalduren fragmentazioak, txikiak eta elkarren arteko konexio eskasak dituzten baso edo landaketei bide ematen die, hauek gizakiak nahiz naturak eragindako asaldatzeen aurrean erresilientzia bazuagoa dutelarik (Messier et al., 2019). Testuinguru honetan, Herrerok (2007) korredore ekologikoak sustatzea proposatzen du.

Eusko Jaurlaritzaren (2011) arabera, klima aldaketaren agerleku berrietara egokitzeko jardunbide egokiak aplikatzeak, lurreko karbono izakinen metatzea sustatzeaz gain, lurraren higadura gutxiagotzen lagundu dezake, honek ere baso sistemen ongizatea berrelikatuko duelarik. Hasiera batean, zuhaitzen hazkunde aldiak luzeagotzeak eta atmosferako CO₂ kontzentrazioa handitzeak izan dezaken emankortze efektuak zuhaitzen hazkundera areagotuko dutela badirudi ere, gerta liteke espezie batzuetan lehortearen ondorioz heriotza tasak gora egitea (Herrero, 2007). Horregatik, estres hidrikoaren aurrean espezie ezberdinek duten erantzuna behatzeko beharra azpimarratzen du Eusko Jaurlaritzak (2011). Herrerok (2007) klima aldaketaren egokitze prozesua ikertu eta jarraipena egiteko kudeatzaile, tekniko eta zientzilarien arteko elkarlanaren beharra aldarrikatzen du.

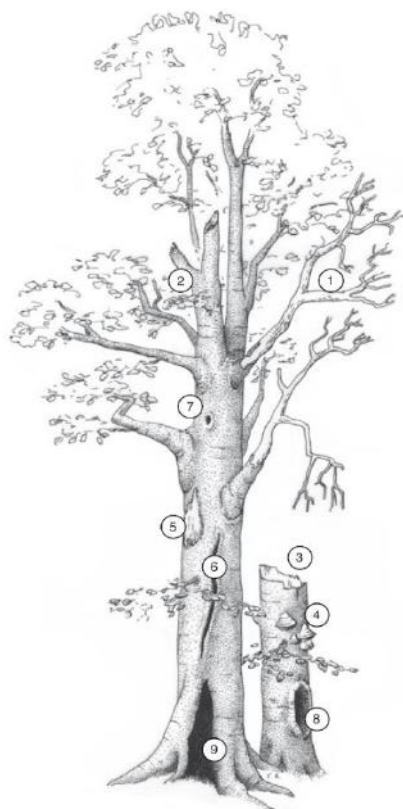
Eusko Jaurlaritzak (2015) ezinbestekotzat jotzen du natur ingurunearen eta lehen sektorearen (tartean basogintza) erresilientzia handiagotzea, etorkizuneko hondamen arriskua murriztu eta baliabide hidrikoen kudeaketa jasangarria ahalbidetzeko. Horretarako,

ekosistemen lehengoratzeara eta naturalizazioa sustatu nahi dira, sute arriskua txikiagotzeko estrategiak martxan jarri eta espezieen migrazioa ahabidetuko duen ekosistemen arteko konexioak berreskuratu. Honi loturik, degradatutako eremuak basotzea eta baso naturalaren azalera areagotzeko baso-kudeaketa hobetzeko helburua finkatzen du Eusko Jaurlaritzak (2015). Testuinguru berean, 2050erako Klima-Aldaketaren Euskadiko Estrategian lehentasuna aitortzen zaio ur-baliabideen horniduraren gaiari eta honi dagokionez, basoek eskaintzen dituzten zerbitzuen garrantzia kontuan hartuz, hauen kudeaketan aldaketa klimatikoan oinarritutako aldagaiak txertatzearen beharra azpimarratu nahi da.

9. ALDAKETA KLIMATIKOAN OINARRITUTAKO JARDUNBIDEEN BESTELAKO ONURAK

Zonalde epelak dira gizakien eraginez era intentsibo eta zabalenean aldatu direnak: ekosistema eta organismo asko erabat desagertu dira eta ekosistema naturalen azken aztarnak oso sakabanatuta eta eraldatuta daude, eta noski, basoak ez dira salbuespen bat (Franklin, 1988). Gobernuarteko Bioaniztasun ta Ekosistema Zerbitzuen Plataformak (*The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, IPBES) 2019an plazaratu duen zazpigarren txostenak giza ekintza intentsiboak bioaniztasunarentzako mehatxu larria direla azpimarratzen du. Azterketa honen arabera, gaur egun planetako biota osatzen duten 8 miloi espezieetako bat galtzeko arriskuan dago. EAE urbanizazio maila eta biztanle dentsitate oso altuko eskualde bat da eta ondorioz aniztasun biologikoak presio latza jasaten du (Eusko Jaurlaritza, 2011).

Karbono hustuleku gaitasuna areagotzeko zuhaitz espezie potentzialei bide eman eta basoak heldutasunera eramatea komeni dela ondorioztatu da. Aurrez aztertu den moduan, gizakien eragina txikiagotu ahala basoen egitura gero eta konplexuagoa bilakatzen da eta honek berebiziko eragina du habitat eta espezie aniztasunean (Rozas, Zas eta Solla, 2012). Izan ere, zuhaitz zaharrak basoko bioaniztasunarentzako egitura oso garrantzitsuak dira (Herrero, 2007), beren baitan mikrohabitat ugari izan ohi dituztelarik (44. Irudia).



- 1 Egur-hila daukan burua: buruaren bolumenaren $\geq 10\%$
- 2 Hautsitako burua (enbor edo adarrak): buruaren bolumenaren $\geq 10\%$
- 3 Hautsitako enborra
- 4 Ardagai, onddoak
- 5 Azaleko kaltea (egur nukleoa bistan): $\geq 300 \text{ cm}^2$
- 6 Egur nukleoan pitzadura: $\geq 1 \text{ m}$ luze
- 7 Egur nukleoan zuloa: diametroa $\geq 3 \text{ cm}$ eta sakonera $\geq 5 \text{ cm}$
- 8 Zuloak enborraren behe aldean, 1,5 m-tik behera
- 9 Enbor barne-hutsa: hutsunearen diametroa $\geq 50\%$ enbor diametroa

44. Irudia: Bizirik dauden zuhaitzetako mikrohabitatak.
Iturria: Commarmot et al. (2013).

Ilido honetatik, Commarmot et al.-ek (2013) pagadi heldu batean bizirik dauden zuhaitzetako mikrohabitataz aztertu dituzte (28. Taula) eta bertan, hauen herenak motaren bateko mikrohabitaten bat duela ondorioztatzen da.

28. Taula: Mikrohabitataz dituzten zuhaitz bizien kopurua, ehunekoa eta batezbesteko diametroa. Iturria: Commarmot et al. (2013).

Mikrohabitat mota	Behatutako kopurua		Batezbesteko diametroa ¹ (cm)
	n/ha	%	
Egur-hila buruan	81,9	18,8	23,4
Hautsitako burua	39,8	9,1	20,7
Hautsitako enborra	8,4	1,9	20,7
Ardagai, onddoak	2,2	0,5	63,8
Azaleko kaltea	26,7	6,1	40,8
Egur nukleoan pitzadura	9,8	2,2	41,8
Egur nukleoan zuloa	13,6	3,1	35,3
Zuloak enborraren oinarrian	9,9	2,3	43,8
Enbor barne-hutsa	3,8	0,9	56,7
Edozein mikrohabitat mota:	150,1	34,5	26,5
Behatutako zuhaitz kopurua:	435,0		24,8

¹ Batezbesteko diametroa lurretik 1,3 metroko altuerara neurtzen da.

Bizirik dauden zuhaitzen ekarpenetik haratago, egur-hilak berak ere zeresan handia du testuinguru honetan. Izan ere, basoen karbono hustuleku gaitasuna handitzeaz gain (7.2 atala), egur-hila basoko espezie askorentzat (ornodun, ornogabe, alga, briofito, landare baskular, onddo, lizun eta liken) oinarritzko sustratua da (MCPFE, 2015). Egur-hila, deskonposaketa prozesuaren bidez etengabe eboluzionatzen duen mikrohabitat multzo bat kontsideratu daiteke, honen gainbehera fasea berari loturiko espezieen presentziagatik desberdindu daitekelarik. Kudeaturiko basoetako egur-hil eskasia dela eta, habitat hauei loturiko espezie asko arriskuan daude (MCPFE, 2015), horregatik, basogintza iraunkorrari eta bioaniztasunaren kontserbazioari begira, kudeatutako basoetan egur-hil kopurua handiagotzeko esfortzua egiten ari da (Christensen et al., 2005; Ruiz-Peinado et al., 2017). Horrela, zutik geratutako tantaia nahiz eroritako egur-hil bolumena Europako baso kudeaketa iraunkorraren bederatzi adierazleetako bat da (MCPFE, 2015).

Gainera, giza ustiapenen ondorioz zuhaitz estaldura osoak erauztea asaldatze errepikakor eta larria da bertako bizidunentzat, espezie batzuen bizirautea arriskuan jar dezakelarik (Rodríguez-Loinaz et al., 2013). Hori gutxi balitz, ikerlari hauen arabera, hosto iraunkorreko zuhaitz espezieek bertako zenbait landareen presentzia galerazten dute, hauetako batzuk udaberriko argia behar izaten baitute loratu ahal izateko.

Beraz, basoen naturalizazio prozesuak karbono hustuleku gaitasuna areagotzeaz gain, bioaniztasunaren ikuspegitik ere onurak ekarriko lituzkela ondorioztatzen da. Ildo beretik, Diaz et al.-ek (2009) bioaniztasun horrek berak, basoak karbonoa metatzeko duen gaitasuna handiagotzen lagunduko duela defendatzen dute.

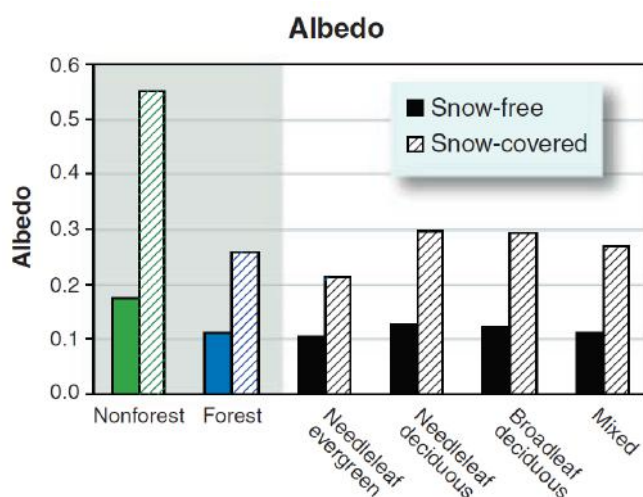
7.3 atalean aztertu bezala, hazkunde azkarreko eta espezie bakarreko landaketek eta hauei loturiko kudeaketa intentsiboak lurraren konpaktazioa, galera eta uraren uhertasuna eragin ohi ditu (Rodríguez-Loinaz et al., 2013). Baso-lurretako karbono organikoa handiagotu eta babesteak lurreko egitura egonkortzen, landare-elikagaien gordetze eta askatzea ahalbidetzen, eta ura xurgatu eta gordetzeko gaitasuna areagotzen lagunduko du (FAO, 2018). Azken honek garrantzia berezia hartzen du gizartearentzat hain beharrezkoak diren ur-baliabideei eragiten dielako. Eusko Jaurlaritzaren (2011, 2015) eta Gipuzkoako Foru Aldundiaren (2018) arabera, ur-geza baliabideak aldaketa klimatikoaren aurrean duten zaurgarritasuna begi bistakoa da eta hauek inpaktu larriak jasango dituzten ziurtasun ugari daude; honek ekosistema eta gizartean ondorio ugari eragingo dituela aurreikusten da, ur hornidura arazoak, besteak beste. Honen aurrean, basoen naturalizazioak ur-baliabideak babestu eta hauen kalitatea hobetzea dakar, akuiferoen eta erreikarga puntuei babesa eskainiz (Greiber, Van Ham, Jansse eta Gaworska, 2009; IPCC, 2014c). Lurraren prestaketa lanek eragindako lurzorua konpaktazioa eta pinu nahiz eukalipto bezalako espezieen izaera hidrofobikoa saihestuz, ur-fluxuen kontrola hobetuko litzateke; kudeaketaren intentsitatea gutxiagotuz berriz, lurraren higadura murriztuko litzateke (Rodríguez-Loinaz et al., 2013). Honi lotuta, baso-biomasan karbonoa metatzeak haizeak eragindako higadura ere gutxiagotzen laguntzen du, zuhaitz estaldurak lurzorua honen eraginetik babesten duelako (IPCC, 2014c).

Orain arte ikusitakoaren arabera, aldaketa klimatikoaren ondorioz prezipitazio erregimenean aldaketak espero dira eta ekaitz, haizete eta eurite bortitzen fenomenoek gora egingo dutela uste da. Ondorioz, erregimen hidrológicoak eragin negatiboa jasan dezake eta uholde, lur-mugimendu eta lurzorua higadura arazoak areagotuko direla aurreikusten da (Eusko Jaurlaritza, 2011, 2015; Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018). 7. atalean proposaturiko jardunbide egokiak garatzeak ur fluxuen kontrola eta erregulazioa hobetzen lagunduko luke, lur mugimendu eta higadura arazoak arinduz (Barkley et al., 2015; Calder et al., 2007;

Greiber et al., 2009; IPCC, 2014c; Rodríguez-Loinaz et al., 2013). Gipuzkoako lurraldean hain eskasak diren galeria basoak (2018ko baso inbentarioaren arabera 921 hektarea soilik) berreskuratzeko uholdeen kontrola areagotzen eta hauen inpaktuak arintzen lagunduko luke (Eusko Jaurlaritza, 2011). Beraz galeria basoen hedapena handiagotu eta ekosistema hauen lehengoratzeko neurriak hartzea beharrezkotzat jotzen da.

Basoek karbono hustuleku gisa aldaketa klimatikoan izan dezaketen ekarpenaz haratago, badira hain nabarmenak ez diren bestelako aldagai batzuk ere: eragin biogeofisikoak. Albedo eta ebapotranspirazio faktoreak esaterako, lur erabilera eta landaretza espezieen arabera aldatzen dira (45. eta 46. Irudiak) eta hauen arabera klima aldaketaren ondorioak arindu edo areagotu egingo dituzte (Bonan, 2008).

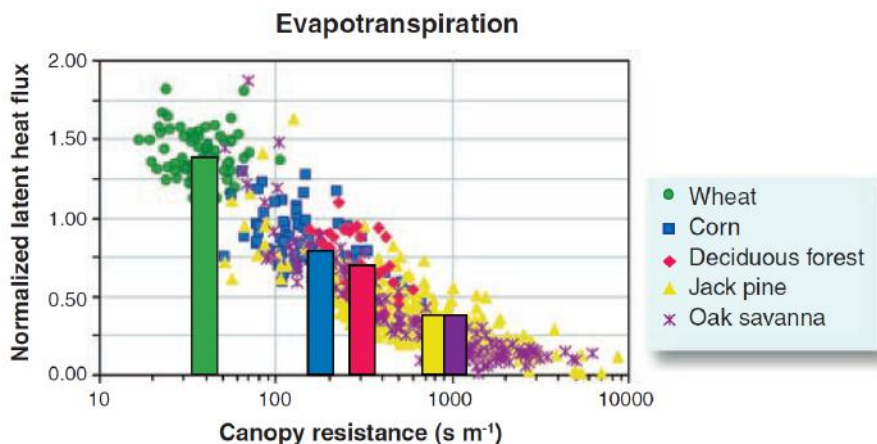
Albedoak (45. Irudia) eguzki-erradiazioa islatzeko gaitasuna adierazten du, hau zenbat eta altuagoa izan, orduan eta eguzki-izpi gehiago islatuko direlarik. Horrela, lur edo landaretzak erradiazio hau xurgatzea ekiditearekin, lurraren beroketa arintzen da (Bonan, 2008). Gipuzkoako lurraldean elurra nahiko ezohiko gertakari meteorologikoa denez, 45. Irudian elur-estaldurarik gabeko balioak kontsideratu beharko lirateke. Gipuzkoako landaketen %86 koniferek osatzen dutenez eta hauetariko %90 hosto orrazkara iraunkorreko espezieak direnez (BI-2018), hauek bertako hostozabal basoez ordezkatzeko estaldura hauen albedoa zertxobait handiagotzea ekarriko lukela ondorioztatzen da.



45. Irudia: Estaldura eta espezie mota ezberdinen albedoa elurrik gabe (zutabe beteak) edo elurrarekin (zutabe marradunak). Kasuak ezkerretik eskuinera: basorik gabea (berdez), basoa (urdinez), hosto orrazkara iraunkorra, hosto orrazkara erorkorra, hostozabal erorkorra, nahasia. Iturria: Bonan (2008).

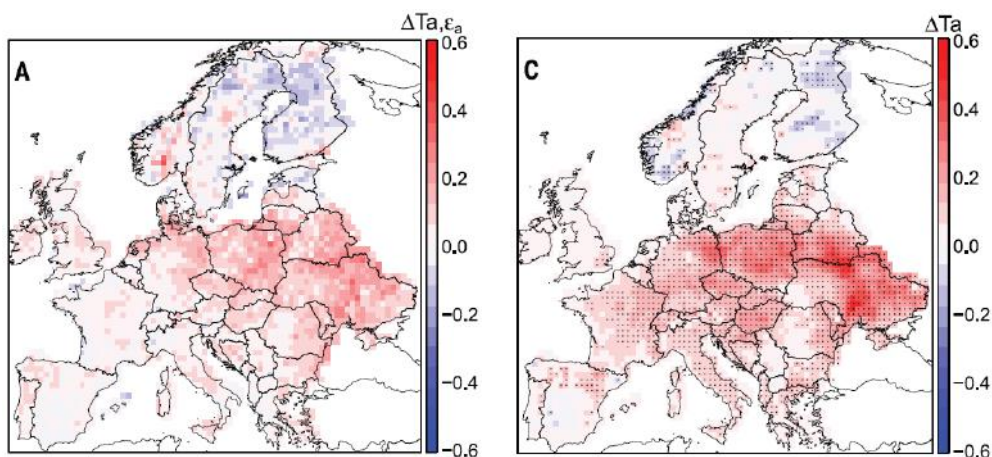
Ebapotranspirazioaren bidez (46. Irudia), zuhaitzek ziklo hidrolotikokoan parte hartzen dute, airearekin duten energia eta hezetasun elkartrukearen bitartez. Zuhaitzek ebapotranspirazioaren eraginez atmosferara ura askatzen dute eta fenomeno horren energia fluxuek klima hoztea ahalbidetzen dute (Bonan, 2008). 46. Irudian ikus daitezkeen moduan,

hostozabal basoek pinudiek baino ebapotranspirazio maila altuagoa dute, temperatura igoerak arintzeko gaitasun handiagoa dutelarik.



46. Irudia: Ebapotranspirazio maila lur-estaldura ezberdinen arabera: garia (berdez), artoa (urdinez), hostozabal basoa (gorriz), Banks pinua "*Pinus banksiana*" (horiz), haritz sabana (morez). Iturria: Bonan (2008).

Ildo beretik, Naudts et al.-ek (2016) Europa mailan egindako azterketa batean (47. Irudia), bertako hostozabal espezieak konifero landaketez ordezkatu izanaren ondorioz, ebapotranspirazio maila gutxiagotu eta ur-lurrin presioak behera egin duela ikusi da. Honek atmosferak bero termala askatzeko duen gaitasuna gutxiagotu du eta temperatura $0,08\text{ K}$ epeltzea eragin du (Naudts et al., 2016). Honen aurrean, bertako hostozabal espezieak berreskuratzeak efektu negatibo hauek ekiditen lagunduko luke.



47. Irudia: 1750etik espezie aldaketak eragindako udako temperatura aldaketa (gradu Kelvin). A: Espezie aldaketak eragindako emisibitate aldaketaren ondoriozko temperatura aldaketa. C: Espezie aldaketaren ondoriozko temperatura aldaketa totala. Iturria: Naudts et al. (2016).

45. eta 46. Irudietan zuhaitz estaldurarik gabeko eremuek albedo eta ebapotranspirazio maila altuagoak izanik, klimaren berotzea arintzeko basoen aldean ezaugarri hobeak dituztela dirudien arren, hau ez da kasu guztietan horrela. Bonanen (2008) arabera, Europa mendebaldeko nekazaritza-lur eta basoek gainazaleko temperatura erradiatibo antzekoa dute lurra hezea dagoenean, baina lehortearen aurrean erantzuna oso ezberdina da. Basoetako

temperatura erradiatibo eta bero-fluxuek gora egiten badute ere, landaretza berdea mantentzen da. Nekazaritza-lurretan ordea, landaretzaren berdetasunak ~%50 egiten du behera eta lurrazala basoetan baino 13°C gehiago berotzen da. Lehorteen aurrean erantzunen arteko ezberdintasun hau zuhaitzek dituzten sustrai sakonen ondorio da, hauek ur-erreserba sakonagoetara iristeko gaitasuna dutelako (Bonan, 2008).

Hori guztia gutxi balitz, Rodríguez-Loinaz et al.-en (2013) ustez, zuhaitz landaketen ordeztasun autoktonoak berreskuratzeak ingurune anitzago bat sortuko luke eta ondorioz, paisaiaren edertasuna ere handiagotzea lortuko litzateke.

Beraz, basoek gizarteari eskaintzen dizkieten onura eta zerbitzu guztiak kontuan hartzen dituen kudeaketa baterantz jo behar litzateke, eta ez tradizionalki egin den moduan onura ekonomikoak lortzera soilik bideratu (Eusko Jaurlaritza, 2011). IPCC-ren (2014c) arabera, kasu askotan, klima aldaketa arintzeko gaitasuna duten nekazaritza eta basogintza sistemen ezartzea kapitalak mugatuta egoten da. Horrelakoetan, karbono-ordainketa edo konpentsazio mekanismoak finantziazio iturri berri bat eskaini dezakete; esaterako, arintze-ordainketek egurrezkoak ez diren baso produktuen produkzioa errentagarria izaten lagundu dezakete. Gainera, karbono-ordainketak bioaniztasunaren eta ekosistema zerbitzuen ordainketekin osatu daitezke (IPCC, 2014c). Aizpuru-ren (2017) ustez, balio komertzial eta ez-komertzialak kontuan hartuz, eta espezie exotikoen zuhaitz landaketen gutxitzea aldi bereko bertako basoaren berreskurapenarekin konbinatuko balitz, ondorio gisa ez luke EAE-arentzako galera ekonomikorik suposatuko, landaketen balio komertzialaren galera basoek ematen dituzten zerbitzu ekologikoen balio ekonomikoarekin nasaiki konpentsatuko litzatekeelako. Adibide moduan, landaketa exotikoen %20a (40.000 ha inguru) murrizteak, EAE-rentzako 50 milloiko onura ekonomiko netoa izango lukeela kalkulatu da (Aizpuru, 2017). Honi loturik, Rodríguez-Loinaz et al.-ek (2013) pagoaren eta haritzaren prezioak pinu eta eukaliptoarenak baino altuagoak direla argudiatzen dute, eta espezie hostozabalek hazkunde azkarreko espezie hauek sorturiko ingurumen kalteak konpontzen dituztela ebatzita, pinu eta eukaliptoari loturiko diru-laguntzak bertako hostozabalek eskaintzen dituzten ekosistema zerbitzuak ordaintzera bideratzea proposatzen dute.

10. ONDORIOAK ETA PROSPEKTIBA

Egindako kalkuluen bitartez gaur egun Gipuzkoako baso eta zuhaitz landaketetan metatzen diren karbono izakinak eta estaldura hauen gehienezko karbono hustuleku gaitasuna estimatu dira. Informazio iturri ezberdinak erabili direnez eta hauen emaitzen artean desbideraketak daudela ikusi daitekeen arren, karbono hustuleku hauek areagotzeko aukera handia dagoela ondorioztatzen da.

5.1 atalean lorturiko emaitzak eta azterketa bibliografikotik jasotako irizpideak aintzat hartuta, Gipuzkoar lurraldeko basoen karbono hustuleku gaitasuna areagotzeko, bertako zuhaitz espezieei bide eman eta basoak heldutasunera eraman behar liratekela ondorioztatu da. Horrela, zuhaitz landaketak (batez ere koniferoez osatuak) bertako espezie autoktonoez (baso mistoak, hariztiak, pagadiak, etab.) ordezkatzeari litzateke aproposena. Honez gain, basoen ustiaketa lanak eta hauen intentsitatea gutxiagotzeak ere onura nabarmenak izango lituzkela ikusi da.

Neiker-Tecnaliaren (2014) datuetatik ondorioztaturiko balioak kontsideratzen badira esaterako, baso-lurretan metatzen den karbono kopurua honen potentzialaren %29koa soilik dela estimatu da. Eusko Jaurlaritzak (2011) egoera hau kasu gehienetan azken hamarkadetan garatu den baso kudeaketa intentsiboaren ondorio dela adierazten du. Lurreko karbono organikoaren kontzentrazioa baxua izateak luraren degradazioa erakusten du eta honek zuzenean eragiten dio honen produktibitateari eta ura atxikitzeko gaitasunari (FAO, 2018). Horregatik guztiagatik, luraren egoera eta honek eskaintzen dituen zerbitzuak hobetzeko behar nabarmena dagoela ondorioztatzen da.

Baso-biomasari dagokionean, eta beste behin ere Neiker-Tecnaliaren (2014) datuak oinarritzat hartzen badira, honen karbono hustuleku gaitasuna %54 eta %207 bitartean hobetu daitekela ikusten da, portzentaje hori batez ere egur ustiaketen intentsitateak baldintzatuko duelarik. Horrela, hazkunde azkarreko zuhaitz landaketak espezie potentzialez ordezkatzeari eta une oro gehienezko biomasa izakinen erdia mantentzen duen kudeaketa bat garatuz, baso-biomasari dagokion karbono metaketa 12.842 Gg-tik 19.723 Gg-ra igoko litzateke (%54ko gehikuntza). Hazkunde azkarreko zuhaitz landaketak espezie potentzialez ordezkatzeari gain, gaur egungo baso estaldura giza eskuhartzerik gabe garatzen utziz gero, baso-biomasaren karbono izakinak hirukoiztera iritsiko lirateke (12.842 Gg-tik 39.446 Gg-ra).

Gipuzkoan baso ekosistemak lehengoratzeari karbono hustuleku gaitasuna areagotzeaz gain, basoen eta lurralde osoaren erresilientzia hobetzea lortuko litzateke. Izan ere, basoen bioaniztasuna handiagotzeak (zuhaitz eta bestelako bizidunena) hauek asaldatzeko gertaera

ezberdinen aurrean duten erresistentzia handiagotuko dute. Honek, aldi berean, lurraren higadura gutxiagotzen eta ur-baliabideak babesten lagunduko luke. Gainera, azken hauek aldaketa klimatikoaren ondorioz inpaktu esanguratsuak jasan ditzaketela aurreikusten denez, lurraldearen egokitzea hobetzeko berebiziko garrantzia du ur-baliabideen hornidura eta kalitatea bermatzeko politikak bultzatzeak.

Aurrez aipaturiko irizpideak bat datoz Eusko Jaurlaritzak (2015) eta Gipuzkoako Foru Aldundiak (2018) beren klima aldaketaren aurkako estrategietan azpimarratzen dituzten beharrekin. Izan ere, erakunde hauek baso ekosistema anitzen lehengoratzeari lurraldeak klima aldaketaren aurkako borrokan duen giltzarrietako bat dela aitortzen dute.

Egindako lanetaren bidez hasiera batean proiekturako finkatu ziren helburuak bete direla ondorioztatu da. Gipuzkoako baso estaldurak karbono hustuleku moduan betetzen duen papera eta hauek duten potentziala estimatzeaz gain, hauen gaitasuna areagotzeko jardunbide egokiak identifikatu dira. Gainera, hauek aldaketa klimatikoaren eraginetara egokitzeko eta erresilientzia handitzeko bide ematen dute, eskualdeko estrategiekin bateragarriak direlarik.

Neurri berean ez bada ere, aldaketa klimatikoak planetako eskualde guztiei eragingo die eta inpaktu negatiboak ez ditu ingurune naturalak soilik pairatuko, honek pertsonen eta ekonomiaren kalteak eragingo baitizkio (Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018).

Basoberritzea eta baso kudeaketa karbonoa metatzeko estrategia giltzarri direla aitortzen du Parisko UNFCCC-ren akordioak, hauek atmosferatik CO₂-a atxikitzearekin batera mundu mailako berotzea motelduko dutela espero baita. Europan, azken bi mende eta erdian lur-erabilera aldaketek baso estaldura %10 handiagotzea eta baso azalaren %85 kudeatutako basoak izatea lortu da, baina CO₂-aren metaketa neto bat izateko helburuan porrot egin da: egur ustiapenek baso-biomasan, horbelean, egur-hilean eta lurreko erreserbetan metaturik egongo zen karbonoa erauztea eragin baitute (Naudts et al., 2016). Hau gutxi balitz, zuhaitz hostozabalez osaturiko basoak konifero landaketez ordezkatu izanak aldaketak eragin ditu albedoan, doselaren estalduran eta lurraren ebapotranspirazioan, honek beroketa arindu baino gehiago areagotu egin duelarik (Naudts et al., 2016). Azken hauen iritzian, baso kudeaketa aldaketa klimatikoari aurre egiteko planteamendu gisa hartu nahi bada, ezinbestekoa da baso-kudeaketaren gaia lantzea; baso-kudeaketa guztiek ez baitute aldaketa klimatikoari aurre egiteko balio.

EAEn azken hamarkadetan garatu diren basogintza praktikek onura ekonomikoak lortzeko helburu soilak izan dute (Eusko Jaurlaritza, 2011; Neiker-Tecnalia, 2014) eta honek basoek eskaintzen dituzten bestelako zerbitzuekiko arduragabekeriak jokatzea eragin du

(Rodríguez-Loinaz et al., 2013). Egoera honetan, basogintza sektorean paradigma aldaketa baten beharra aldarrikatzen da (Eusko Jaurlaritzak, 2011). Gaur egungo egoeran, bertako hostozabal espezieak berreskuratu eta kudeaketa arduratsu bat garatzea karbono hustuleku gaitasuna handiagotzeaz gain, ekosistemen egitura eta funtzioak lehengoratu eta eskaintzen dituzten zerbitzu ekologikoak hobetzeko aukera bat izan daiteke (Rodríguez-Loinaz et al., 2013). Izan ere, basoen karbono hustuleku gaitasuna handiagotzeak ez lituzke beste ekosistema zerbitzuak konprometitu edo baldintzatu behar, basoen funtzio aniztasuna bilatu behar baita, hain zuzen ere (Díaz et al., 2009; Rodríguez-Loinaz et al., 2013).

Eusko Jaurlaritzak (2015) sektore ezberdinetan berrikuntza, hobekuntza eta ezagutzaren transferentzia bultzatzeko helburua finkatzen du, aldaketa klimatikoaren eraginak jasango dituzten sektoreei lehentasuna emango zaielarik. Datozen hamarkadetan lurreko ekosistemek aldaketa klimatikoaren eraginak jasango dituzte eta beraz, nahitaezkoa da hauen kudeaketan etorkizun hurbilerako aurreikusten diren baldintzak kontuan hartzea (Eusko Jaurlaritzak, 2011). Ildo beretik, Gipuzkoako Foru Aldundiak (2018) lantzen diren estrategiek epe luzearako aukerak eman behar dituztela azpimarratzen du.

2050erako klima aldaketaren Euskadiko (Eusko Jaurlaritzak, 2015) eta Gipuzkoako estrategiek (Gipuzkoako Foru Aldundia, 2018) basoen kudeaketarako interesgarriak diren irizpideak kontsideratzen dituzten arren, hauek garatu eta praktikan jartzeko bultzada erreal baten beharra ikusten da. Izan ere, gaur egun sustatzen diren baso-politikek klima aldaketaren aurkako estrategiekin kontraesanak sortzen dituzte: Eusko Jaurlaritzak (2015) bere 12. jarduera-lerroan, Euskadik karbono-hustuleku gisa duen indarra areagotzeko, “baso naturalaren azalera areagotzea” helburu gisa ezartzen duen bitartean, ohiko baso politikek hazkunde azkarreko zuhaitz landaketak eta hauen ustiapen intentsiboa sustatzen jarraitzen dute (Gipuzkoako zuhaitz estalduren %60 landaketak dira, hauen %86a koniferoak direlarik). Espezie bakarreko zuhaitz landaketek duten erresilientzia eskasa begi bistan geratu da azken urtean Insignis pinuak “*Lecanosticta acicola*” onddoaren eraginez jasan duen gainberarekin. Horregatik, finkatutako klima aldaketaren aurkako estrategiak baso-kudeaketan aplikatzen hasteko politika zehatz eta aurrerakoien beharra aldarrikatzen da.

IPCC-k (2014c) esaterako araudi espezifikoak eta sustapen-ekonomiko neurriak proposatzen ditu, era horretan, basoen egur-ustiapenak gutxitu baina beste ekosistema zerbitzu batzuk babestera bideratutako kudeatzaileek konpentsazio bat jaso dezaten. Era berean, arintze eta egokitze prozesuen inguruko ikerketa, garapena eta hauen zabalkundea sustatu behar direla uste du IPCC-k (2014c), beti ere sektorearen funtzio aniztasuna bilatuz.

Gaur egungo ezagutza zientifikoarekin bat datozen kudeaketa ereduak martxan jartzearekin batera, nahitaezkoa da krisi klimatikoa eta basoen arteko interakzioa aztertzen jarraitzea.

Izan ere, baso epelek kliman izango duten eragina eta hauek jasango dituzten inpaktuen inguruan ziurgabetasun handia dago (Bonan, 2008). Horregatik, baso ekosistemen jarraipena, ikerketa eta ezagutzaren transferentzia lehenetsi behar lirateke. Era horretan, basoen kudeaketa irizpideak ezagutza zientifikoan oinarritu behar lirateke, hauek naturaren kontserbaziora eta gizarte osoaren ongizatera bideratzeko.

Gipuzkoar lurraldeak eta bertako biztanleek aldaketa klimatikoaren eraginak jasango dituzte. Ekosistema zerbitzuak (aire garbia, kalitatezko ur-hornidura, etab.) ezinbestekoak dira gizartearen ongizaterako eta egiten diren proiektzioen arabera etorkizuneko agertokietan hauek inpaktu negatiboak jasango dituztela aurreikusten da. Gizartearentzat eragin larrienetako bat ur-baliabideen hornidura eta kalitateari lotuta egongo da. Asko dira basoek eskaintzen dituzten ekosistema zerbitzuak eta hauek modu egokian kudeatzeak aldaketa klimatikoa arindu eta honen eraginetara hobeto egokitzen eta inpaktuak gutxiagotzen lagunduko dutela jakina da. Gaur egun krisi klimatikoa jada errealitate bat da, honi aurre egingo dion baso-kudeaketa bat ez ordea, oraindik behintzat.

11. BIBLIOGRAFIA

- Aizpuru, I. (2017). Bosques y cambio climático. *Naturaldia, 25 temas de rabiosa actualidad*. Donostia: Departamento de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas de la Diputación Foral de Gipuzkoa.
- Aizpuru, I., Catalán, P. eta Garín, F. (2010). *Euskal Herriko Zuhaitz eta Zuhaixken Gida*. Gasteiz: Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia.
- Balboa-Murias, M. A., Rojo, A., Álvarez, J. G. eta Merino, A. (2006). Carbon and nutrient stocks in mature *Quercus robur* L. stands in NW Spain. *Annals of Science*, 63, 557–565.
- Barkley, Y., Brooks, R., Keefe, R., Kimsey, M., McFarland, A. eta Schnepf, C. (2015). Idaho Forestry, Best Management Practices Field Guide. Moscow: University of Idaho.
- BI-2018. EAEko Baso Inbentarioa 2018. <http://www.euskadi.eus/eaeko-baso-inbentarioa-2018/web01-a3estbin/eu/>, Eusko Jaurlaritza.
- Bonan, G.B. (2008). Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science*, 320, 1444-1449.
- Borrelli, P., Panagos, P., Märker, M., Modugno, S. eta Schütt, B. (2017). Assessment of the impacts of clear-cutting on soil loss bywater erosion in Italian forests: First comprehensive monitoring and modelling approach. *Catena* 149, 770–781.
- Burrascano, S., Chytrý, M., Kuemmerle, T., Giarrizzo, E., Luyssaert, S. Sabatin, F.M. eta Blasi, C. (2016). Current European policies are unlikely to jointly foster carbon sequestration and protect biodiversity. *Biological Conservation*, 201, 370-376.
- Calder, I., Hofer, T., Vermont, S. eta Warren, P. (2007). Towards a new understanding of forests and water. *Unasylva*, 58(229), 3-10.
- California Native Plant Society (d. g.). *Native plant landscaping to reduce wildfire risk*. <https://www.cnpssd.org/wildfire>
- Canadell, J. G. eta Raupach, M. R. (2008). Managing Forests for Climate Change Mitigation. *Science*, 320, 1456-1457.
- Carmichael, R. (Ed.) (1984). Handbook of Physical Properties of Rocks, vol III. Boca Raton: CRC Press.

- Carter, M. R. (2002). Soil Quality for sustainable land management: Organic matter and aggregation interactions that maintain soil function. *Agronomy Journal* 94, 38-47.
- Chiti, T., Díaz-Pinés, E. eta Rubio, A. (2012). Soil organic carbon stocks of conifers, broadleaf and evergreen broadleaf forests of Spain. *Biology and Fertility of Soils*, 48, 817–826.
- Christensen, M., Hahn, K., Mountford, E. P., Ódor, P., Standovár, T., Rozenbergar, D., Diaci, J., Wijdeven, S., Meyer, P., Winter, S. eta Vrska, T. (2005). Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management*, 210, 267-282.
- Commarmot, B., Brändli, U.-B., Hamor, F. eta Lavnyy, V. (2013). *Inventory of the Largest Primeval Beech Forest in Europe. A Swiss-Ukrainian Scientific Adventure*. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL; L'viv, Ukrainian National Forestry University; Rakhiv, Carpathian Biosphere Reserve.
- Copernicus (2019). Dry Matter Productivity, Copernicus Global Land Service: Providing biogeophysical products of global land surface. <https://land.copernicus.eu/global/products/DMP>, European Commission, Joint Research Centre.
- Cordero, A. (2017). Large scale eucalypt plantations associated to increased fire risk. PeerJ Preprints. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.3348v1>
- Cubo, J. E., Enríquez, E., Gallar, J. J., Jemes, V., López, M., Mateo, M. L., Muñoz, A. eta Parra, P. J. (2012). *Los Incendios Forestales en España: decenio 2001-2010*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Díaz, S., Hector, A. eta Wardle, D. A. (2009). Biodiversity in forest carbon sequestration initiatives: not just a side benefit. *Environmental Sustainability*, 1, 55-60.
- Dixon, R. K., Brown, S., Houghton, R. A., Solomon, A. M., Trexler, M. C. eta Wisniewski, J. (1994). *Carbon pools and fluxes of global forest ecosystems*. *Science* 263, 185–190.
- Doblas-Miranda, E., Rovira, R., Brotons, L., Martínez-Vilalta, J., Retana, J., Pla, M., eta Vayreda, J. (2013). Soil carbon stocks and their variability across the forests, shrublands and grasslands of peninsular Spain. *Biogeosciences*, 10, 8353–8361.

- Elli, E. F., Caron, B. O., Behling, A., Eloy, E., Queiroz De Souza, V., Schwerz, F. eta Stolzle, J. R. (2017). Climatic factors defining the height growth curve of forest species. *iForest Biogeosciences and Forestry*, 10, 547-553.
- Elliot, W. J., Page-Dumroese, D. eta Robichaud, P. R. (1999). The effects of forest management on erosion and soil productivity. *USDA Forest Service, Idaho*.
- Ernst, C., Gullick, R. eta Nixon, K. (2004). Protecting the Source: Conserving Forests to Protect Water. *American Water Works Association: Opflow*, 30(5), 3-7.
- ESDAC, European Soil Data Centre (2019). esdac.jrc.ec.europa.eu, European Commission, Joint Research Centre.
- European Commission (data gabe). *Energy, Climate change, Environment*. 2018ko apirilaren 30ean berreskuratua: <https://ec.europa.eu/>
- European Environment Agency (2016). How is climate change affecting forest fire risk in Europe? Joint Research Centre. <https://www.eea.europa.eu/>
- Eusko Jaurlaritza (2005). Inventario de carbono orgánico en suelos y biomasa de la Comunidad Autónoma del País Vasco. *Serie Programa Marco Ambiental*, nº 48.
- Eusko Jaurlaritza (2011). *Cambio Climático: impacto y adaptación en la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Gasteiz: Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia.
- Eusko Jaurlaritza (2015). *2050erako Klima-Aldaketaren Euskadiko estrategia*. Donostia: Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia.
- Eusko Jaurlaritza (2016). *Proyecto Klimatek 2016: Elaboración de escenarios regionales de cambio climático de alta resolución sobre el País Vasco*. Bilbo: Ihobe.
- FAO (2015). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015*. Erroma: FAO.
- FAO (2018). *Mapa de carbono orgánico del suelo*. Erroma: Alianza Mundial por el Suelo.
- Florida Forest Service (2018). *Silviculture Best Management Practices, 2017 Implementation Survey Report*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services.
- Franklin, J. F. (1988). Chapter 18 Structural and Functional Diversity in Temperate Forests. Wilson, E. O. eta Peter, F. M., (Ed.), *Biodiversity*, Washington (DC): National Academies Press (US).

- Franklin, J. F., Cromack, K., Denison, W., McKee, A., Maser, C., Sedell, J., Swanson, F. eta Juday, G. (1981). *Ecological characteristics of old-growth douglas-fir forests*. USDA Forest Service General Technical Report PNW-118.
- GeoEuskadi (2019). FTP deskarga zerbitzua. <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia>, Eusko Jaurlaritzia.
- Gipuzkoako Foru Aldundia (2018). *Gipuzkoa Klima 2050, Gipuzkoako Klima-aldaketaren aurkako borroka-estrategia 2050*.
- Greiber, T., Van Ham, C., Jansse, G. eta Gaworska, M. (2009). Final report study on the Economic value of groundwater and biodiversity in European forests. Brusela: IUCN eta CEPF.
- Harmon, M. E. (2001). Carbon Sequestration in Forests: Addressing the Scale Question. *Journal of Forestry*, 24-29.
- Herrero, A. (2017). Impactos, vulnerabilidad y adaptación al Cambio Climático en los bosques ibéricos. *Munibe Ciencias Naturales*, 65, 7-28.
- Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (d.g.). *Generalitat de Catalunya*. 2019ko ekainaren 16an berreskuratua: <http://www.icgc.cat/es/Ciudadano/Informate/Recursos-geologicos/Suelos/Concepto-de-suelo>
- IPBES (2019). IPBES-7 Plenary: Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 2019ko ekainaren 6an berreskuratua: <https://www.ipbes.net/>
- IPCC (2000). *Informe especial del IPCC: Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Resumen para responsables de políticas*. 2018ko apirilaren 30ean berreskuratua: <https://www.ipcc.ch/>
- IPCC (2014a). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

- IPCC (2014b). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Erresuma Batua eta New York, NY, EEBB, pp. 688.
- IPCC (2014c). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Erresuma Batua eta New York, NY, EEBB.
- Jobbágy, E. G. eta Jackson, R. B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, 10(2), 423-436.
- Lacroix, E. M., Petrenko, C. L. eta Friedland, A. J. (2016). Evidence for losses from strongly bound SOM pools after clear cutting in a Northern hardwood forest. *Soil Science*, 181, 202–207.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304, 1623-1627.
- Lal, R. (2005). Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 220, 242-258.
- Laugarren Baso Inbentario Nazionala (2013). *Cuarto Inventario Forestal Nacional de la Comunidad Autónoma del País Vasco/Euskadi*. Madril: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Lewis, S. L., Wheeler, C. E., Mitchard, E. eta Koch, A. (2019). Regenerate natural forests to store carbon. *Nature*, 568, 25-28.
- Li, H., Shen, H., Chen, L., Liu, T., Hu, H., Zhao, X., Zhou, L., Zhang, P. eta Fang, J. (2016). Effects of shrub encroachment on soil organic carbon in global grasslands. *Scientific Reports*, 6:28974.
- Loidi, J., Biurrun, I., Campos, J.A., García-Mijangos, I. eta Herrera, M. (2009). *La vegetación de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Eusko Jaurlaritza, Leioa (Bizkaia).

- Llorente, M., Glaser, B. eta Turrión, M. B. (2010). Storage of organic carbon and Black carbon in density fractions of calcareous soils under different land uses. *Geoderma*, 159, 31–38.
- Luyssaert, S., Schulze, E. D., Börner, A., Knohl, A., Hessenmöller, D., Law, B. E., Ciais, P. eta Grace, J. (2008). Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature*, 455, 213-215.
- MCPFE (2015). Criterion 4: Maintenance, Conservation and Appropriate Enhancement of Biological Diversity in Forest Ecosystems. *FOREST EUROPE, 2015: State of Europe's Forests 2015 (133-164 or.)*. Madrid: Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe.
- Melillo, J. M., Frey, S. D., DeAngelis, K. M., Werner, W. J., Bernard, M. J., Bowles, F. P., Pold, G., Knorr, M. A. eta Grandy, A. S. (2017). Long-term pattern and magnitude of soil carbon feedback to the climate system in a warming world. *Science*, 358, 101–105.
- Messier, C., Bauhus, J., Doyon, F., Maure, F., Sousa-Silva, R., Nolet, P., Mina, M., Aquilué, N., Fortin, M. J. eta Puettmann, K. (2019). The functional complex network approach to foster forest resilience to global changes. *Forest Ecosystems*, 6:21.
- Naudts, K., Chen, Y., McGrath, M. J., Ryder, J., Valade, A., Otto, J. eta Luyssaert, S. (2016). Europe's forest management did not mitigate climate warming. *Science*, 351, 597-599.
- Neiker-Tecnalia (2014). *Euskal Autonomia Erkidegoko Karbono-Hustutegiak. Bahitzeko ahalmena eta horiek sustatzeko neurriak*. Gasteiz: Eusko Jaurlaritza.
- Nunery, J. S. eta Keeton, W. S. (2010). Forest carbon storage in the northeastern United States: Net effects of harvesting frequency, post-harvest retention, and wood products. *Forest Ecology and Management*, 259, 1363-1375.
- Odum, E.P. (1969). The Strategy of Ecosystem Development. *Science*, 164, 262-270.
- Olson, K. R., Al-Kaisi, M., Lal, R. eta Cihacek, L. (2016). Impact of soil erosion on soil organic carbon stocks. *Journal of Soil and Water Conservation*, 71(3), 61A-67A.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., Phillips, O. L., Shvidenko, A., Lewis, S. L., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Pacala, S. W., McGuire, A. D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S. eta Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333, 988-993.
- Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Klikc, A., Rousseva, S., Perčec Tadić, M., Michaelides, S., Hrabalíková, M., Olsen, P., Aalto, J., Lakatos, M., Rymaszewicz, A.,

- Dumitrescu, A., Beguería, S., eta Alewell, C. (2015). *Rainfall erosivity in Europe. Science of the Total Environment*, 511, 801–814.
- Pausas, J. G. (2017). *j.g. pausas' blog: Notes on fire ecology, mediterranean ecology, and other things...* 2019ko maiatzak 19an berreskuratua: <https://jgpausas.blogs.uv.es/2017/11/02/inflamabilidad-e-incendios-forestales/>
- Pérez, S., Jandl, R. eta Rubio, A. (2007). Modelización del secuestro de carbono en sistemas forestales: efecto de la elección de especie. *Ecología*, 21, 341-352.
- Petrenko, C. L., eta Friedland, A. J. (2014). Mineral soil carbon pool responses to forest clearing in Northeastern hardwood forests. *GCB Bioenergy*, 7, 1283–1293.
- Post, W. M. eta Kwon, K. C. (2000). Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology*, 6, 317-327.
- Prentice, I. C. (2001). The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide. *Climate Change 2001: The Scientific Basis IPCC* (183–237 or.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo, COM(2016) 479 final, del 20 de Julio del 2016, *sobre la inclusión de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes del uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura en el marco de actuación en materia de clima y energía hasta 2030, y por el que se modifica el Reglamento n.º 525/2013 del Parlamento Europeo y el Consejo, relativo a un mecanismo para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otra información relevante para el cambio climático*. 2018ko apirilaren 30ean berreskuratua: <http://ec.europa.eu/>
- Puhlick, J., Weiskittel, A., Fernandez, I., Fraver, S., Kenefic, L., Seymour, R., Kolka, R., Rustad, L. eta Brissette, J. (2016). Long-term influence of alternative forest management treatments on total ecosystem and wood product carbon storage. *Canadian Journal of Forest Research*, 46(11), 1404-1412.
- Pukkala, T. (2016). Which type of forest management provides most ecosystem services? *Forest Ecosystems*, 3:9.
- Robertson, S. (2018). Portugal wildfires: flammable trees of Portugal. 2019ko maiatzak 19an berreskuratua: <http://www.portugalwildfires.com/flammable-trees-of-portugal/>

- Rodríguez-Loinaz, G., Amezaga, I. eta Onaindia, M. (2013). Use of native species to improve carbon sequestration and contribute towards solving the environmental problems of the timberlands in Biscay, northern Spain. *Journal of Environmental Management*, 120, 18-26.
- Rodríguez-Murillo, J.C. (2001) Organic carbon content under different types of land use and soil in peninsular Spain. *Biology and Fertility of Soils*, 33, 53–61.
- Rozas, V., Zas, R. eta Solla, A. (2012). Spatial structure of deciduous forest stands with contrasting human influence in northwest Spain. *European Journal of Forest Research*, 128(3), 273-285.
- Ruiz-Peinado, R., Bravo-Oviedo, A., López-Senespleda, E., Bravo, F. eta del Río, M. (2017). Forest management and carbon sequestration in the Mediterranean region: A review. *Forest Systems*, 26(2).
- Schlesinger, W. H. (1977). Carbon balance in terrestrial detritus. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 8, 51–81.
- Schulze, E. D., Wirth, C. eta Heimann, M. (2000). Managing forests after Kyoto. *Science*, 289, 2058-2059.
- Stern, N. (2007): *El informe Stern. La verdad sobre el cambio Climático*. Paidós Ibérica. Barcelona.
- Thomas, S. C., Malczewski, G. eta Saprunoff, M. (2007). Assessing the potential of native tree species for carbon sequestration forestry in Northeast China. *Journal of Environmental Management*, 85, 663-671.
- United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC (data gabe). *Climate Action*. 2018ko apirilaren 30ean berreskuratua: <https://unfccc.int/>
- Universidad Politécnica de Valencia (d.g.). *Parte III. Tema 12: El Agua en las Plantas. Nutrición y Transporte de Elementos Minerales. Nutrición Mineral*. 2019ko ekainaren 14an berreskuratua: http://www.euita.upv.es/varios/biologia/temas/tema_12.htm#cavitaci%C3%B3n%20y%20embolia
- UZEI (1987). *Biología 3 Ekología hiztegia*. Donostia: Elkar, S. A.
- Zald, H. S. J. eta Dunn, C. J. (2018). *Severe fire weather and intensive forest management increase fire severity in a multi-ownership landscape*. *Ecological Applications*, 28 (3).

ERANSKINAK

I. LEHEN ERANSKINA

LABURDURAK, UNITATEAK ETA GLOSATEGIA

Laburdurak

AFOLU	Nekazaritza, Basogintza eta Beste Lur Erabilerak (<i>Agriculture, Forestry and Other Land Use</i>)
BI	Baso inbentarioa
BIN	Baso inbentario nazionala
BPG	Barne produktu gordina
C	Karbonoa
CCPCC	Klima Aldaketaren Politika Koordinazio Komisia (<i>Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático</i>)
CO ₂	Karbono dioxidoa
D	Dentsitatea
DOC	Karbono organiko disolbatua (<i>Dissolved Organic Carbon</i>)
EAE	Euskal Autonomia Erkidegoa
EEA	Europako Ingurumen Agentzia (<i>European Environment Agency</i>)
ESDAC	Europako Lur Datuen Zentroa (<i>European Soil Data Centre</i>)
FAO	Elikadura eta Nekazaritzarako Nazio Batuen Erakundea (<i>Food and Agriculture Organization</i>)
GPP	Produkzio primario gordina (<i>Gross Primary Production</i>)
IPBES	Gobernuarteko Bioaniztasun ta Ekosistema Zerbitzuen Plataformak (<i>Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services</i>)
IPCC	Klima Aldaketari buruzko Gobernu Arteko Adituen Taldea (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
LKO	Lurreko karbono organikoa
LKI	Lurreko karbono inorganikoa
LMO	Lurreko materia organikoa
LUCAS	Lur Erabilera/Estaldura Azalaren Azterketa Estatistikoa (<i>Land Use/Cover Area frame statistical Survey</i>)
LULUCF	Lurraren erabilera, lurraren erabilera aldaketa eta basogintza (<i>Land Use, Land-Use Change and Forestry</i>)
MCPFE	Europako Basoen Babeserako Ministerioaren Konferentzia (<i>Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe</i>)
ML	Materia lehor
MO	Materia organiko
MLP	Materia lehor produktibitatea
NBP	Biomaren produkzio netoa (<i>Net Biome Production</i>)
NEP	Ekosistema produkzio netoa (<i>Net Ecosystem Production</i>)

NPP	Produkzio primario netoa (<i>Net Primary Production</i>)
Ra	Arnasketa autotrofo
Rh	Arnasketa heterotrofo
SSR	Urtaroaren araberako larritasun maila (<i>Seasonal Severity Rating</i>)
T	Mozte aldia
UNEP	Nazio Batuen Ingurumen Programa (<i>United Nations Environment Programme</i>)
UNFCCC	Klima Aldaketari Buruzko Nazio Batuen Esparru Konbentzioa (<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>)
V	Bolumena
VMM	Egur-hil bolumena (<i>Volúmen de madera muerta</i>)
VMT	Egur bolumena guztira (<i>Volúmen de madera total</i>)
WMO	Munduko Meteorologia Erakundea (<i>World Meteorological Organization</i>)

Unitateak

Azalera:

Hektarea (ha) = 10.000 m² = 0,01 km²

Mega hektarea (Mha) = 10⁶ ha

Bolumena:

Metro kubiko (m³)

Masa:

Gramo (g)

Kilogramo (kg) = 10³ g

Tona (t) = Megagramo (Mg) = 10³ kg = 10⁶ g

Gigagramo (Gg) = 10⁹ g

Petagramo (Pg) = 10¹⁵ g

Dentsitatea:

Tona hektareako (t/ha) = 10³ kg/ha = 10⁶ g/ha

Kilogramo metro kubikoko (kg/m³)

Metro kubiko hektareako (m³/ha)

Glosategia

Arnasketa autotrofoa Landarediaren (kasu honetan zuhaitzen) arnasketari deritzo.

Arnasketa heterotrofoa Lurreko izaki heterotrofoen arnasketa.

Basoa Bertako zuhaitz espezie autoktonoen nagusitasunez, modu naturalean sortu edo garatu den ekosistema, espezie ezberdinetako zuhaitz, zuhaixka eta belarkaraz bezala, bertan bizi den fauna, onddo eta mikroorganismo anitzek integratua. Alde batetik, baso naturalak (autoktonoak, bertako hariztiak, pagadiak, haltzadiak, etc.) eta bestetik, zuhaitz exotikoz osatutako egur-ustiapen komertzialak (pinudiak, harizti amerikarrak, alertzediak, eukaliptadiak, etab.) desberdindu behar dira. Baso naturalen ezaugarriak honakoak dira: konplexutasun estrukturala, zuhaitz-adin ezberdinak, heterogeneotasuna, egur-hilaren presentzia eta prozesu ekologiko osoen bermea.

Dena den, azterketa honetan “Gipuzkoako baso” edo “baso-biomasa” bezalako adierazpenak lurraldeko zuhaitz estaldura osoari erreferentzia egiteko erabiliko dira.

Baso heldua Suzesioaren azken estadioetara iritsi den baso-ekosistemaren izaera (UZEI, 1987). Baso primitiboak ez bezala, hauek aurrez giza eskuhartzeak jasandakoak izan daitezke, baina gerora modu naturalean garatu direnak. Hauek, adin ezberdinetako zuhaitzez osaturik egoten dira, zahartzen ari diren eta hildako zuhaitzen presentziarekin. Gainera, gainbera fase ezberdin oro aurki daiteken egur-hila aurkituko da, zutik geratutako tantai edo eroritako enbor nahiz adarretan (Commarmot et al., 2013).

Baso primitiboa Gizakiak aldatu gabeko basoak dira; hau da, giza eskuhartzeen eraginez ondorio nabarmenik jasan ez dutenak edo eskuhartze hauek hain aspaldikoak izanik, espezie naturalen konposizioa eta prozesuak lehengoratu dituzten basoak (Commarmot et al., 2013).

Basotua Zuhaitz estaldura bat berreskuratzeko landaketak egin diren eremuari erreferentzia egiteko erabiliko da; zehazki, zuhaitzek 1,3 metroko altuera normala izan arte.

Bioma	Landaredia mota bat gailentzen den komunitate ekologiko handi bakoitzari deritzo.
Biomasa	Habitat bateko azalera nahiz bolumen jakin batean aurkitzen den gai bizidun guztiaren pisu lehorra (UZEI, 1987). Azterketa honetan, zuhaitzei dagokienez honako banaketa egiten da: aireko biomasa (enborra, adarrak, hostoak, etab.) eta lurpeko biomasa (sustraiak).
Biomaren produkzio netoa	Produkzio primario gordinari landareen arnasketa autotrofoa, lurreko materia organikoaren deskonposaketa heterotrofoa, erauzketa antropogenikoak edota bestelako asaldatzeei dagozkien karbono galerak kenduz gero geratzen den produkzio primarioa (Copernicus, 2019).
Biota	Eskualde bateko fauna eta floraren multzo osoa (UZEI, 1987).
Detritua	Deskonposatzen ari diren hildako landare zatiak (UZEI, 1987).
Egokitzea	Gaur egungo edo aurreikusitako klima eta honen eraginetara egokitu edo doitzeko prozesua. Prozesu honek gizarte sistemari edo sistema naturalei egin diezaieke erreferentzia, eta egokitzearen helburua kalteak sahiestu edo gutxiagotzea dela ulertu daiteke (IPCC, 2014a). Azterketa honetan batez ere basoen egokitzeari buruz jardungo den arren, kasuren batean bestelako sistemaren bati (lurraldea, gizartea, etab.) erreferentzia egingo zaio.
Ekosistema	Sistema ekologikoa: komunitate natural bateko organismoek eta beren inguruneak eratzen duten sistema funtzionala (UZEI, 1987).
Ekosistema produkzio netoa	Produkzio primario gordinari landareen arnasketa autotrofo eta lurreko materia organikoaren deskonposaketa heterotrofoa kenduz gero geratzen den produkzio primarioa (Copernicus, 2019).
Ekosistema zerbitzuak	Ekosistema naturalek beraien baliabide edo prozesuen bidez gizartearen onurarako eskaintzen dituzten zerbitzuak dira (kalitatezko ur hornidura, aire garbia, lurzorua babestea, ur emarien kontrola, aisirako aukerak, karbono hustulekuak, etab.).
Erresilientzia	Organismo edo sistema batek asaldatze edo aldaketa exogeno baten ondoren bere funtzio eta egitura berreskuratze duen gaitasuna da (Herrero, 2017). Azterketa honetan batez ere basoen erresilientzia

landuko den arren, kasuren batean bestelako sistemaren bati (lurraldea, gizartea, etab.) erreferentzia egingo zaio.

- Haga-basoa** Zuhaitzen altuera 3 metro baino handiagoa eta diametroa 20 zentimetro baino txikiagoa den faseari deritzo.
- Hazkunde tasa** Zuhaitz espezie bakoitzarentzat aurreikusten den hazkunde maila da; azterketa honetan zuhaitzek denboran zehar duten biomasa irabaziari erreferentzia egiteko erabiliko da.
- Kabitazio bidezko enbolia** Ur molekulen artean kohesio indarrak izan arren, muturreko tentsio egoeretan, uretan disolbaturiko gasek burbuilak osatzeko joera dute eta honek ur-zutabeak haustea (kabitazioa) eragin dezake. Ondorioz, burbuila hauek zutabe likidoa eten eta uraren garraioa oztopatzea (enbolia) gerta daiteke (Universidad Politécnica de Valencia, d.g.).
- Lurra** Lurrazalaren goiko geruza da, arroka zati, partikula mineral eta gainbeheran dagoen materia organikoaren nahasketa. Honek, litosfera-hidrosfera-atmosfera interfasean kokatuak, izaera natural bizia, dinamikoa eta epe labur eta ertainean berriztaezina du, eta funtzio ekologiko garrantzitsuak betetzen ditu (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, d.g.). Gazteleraz “*suelo*” edo ingeleraz “*soil*” hitzen baliokide modura erabiliko da azterketa honetan. “Lur” hitza bezala, “lurzoru” hitza ere zentzu berean erabiliko da.
- Lurreko karbono organikoa** Bizidunek sorturiko materialen deskonposaketa partzialaren ondorioz lurrean mantentzen den karbonoa da; lurreko materia organikoaren osagai nagusia da eta munduko karbono zikloan giltzarria da (FAO, 2018).
- Materia lehorra** Ura kontuan izan gabe zuhaitzak osatzen dituzten gainontzeko osagai edo elementuak dira; azterketa honetan materia lehorren masa kontsideratuko da.
- Materia lehor produktibitatea** Denbora eta azalera unitateko zuhaitz masa batek sortzen duen materia lehor kopurua (t ML/ha·urte).
- Mendi basatia** Zuhaitzek 1,3-3 metro bitarteko altuera duten adin-faseari deritzo.
- Mozketa txanda edo mozte aldia** Zuhaitz estaldura batean azken zuhaitz mozketa gauzatzeko estimatzen den denbora tarte; aldagai hau hazkunde tasak eta egur

ustiapenen errentagarritasun ekonomikoa kontuan izanda finkatzen du basogintza sektoreak; zuhaitz espeziearen arabera aldatu daiteke.

Produkzio primarioa Landareek egiten duten produkzioa (UZEI, 1987).

Produkzio primario gordina Landareek beren produkzio bidez asimilatzen duten gai organiko guztia (UZEI, 1987).

Produkzio primario netoa Landareek asimilatutako gai organikoari (produkzio gordinari) arnasketa autotrofoan gastatzen duena kendu ondoren geratzen dena (UZEI, 1987).

sp. Izen zientifikoetan genero baten espeziea definitzen ez denean erabiltzen da. Adibidez, *Quercus sp.*, *Quercus* generoko espeziea da.

spp. Izen zientifikoetan genero bateko espezie bat baino gehiagori erreferentzia egin nahi zaionean erabiltzen da. Adibidez, *Quercus spp.*, *Quercus* generoko espezieak dira.

Tantaidia Zuhaitzen altuera 3 metro eta diametroa 20 zentimetro baino handiagoa den faseari deritzo.

Xerofilia Ur-aukera gutxiko lekuetara moldaturikoa (UZEI, 1987).

Zuhaitz landaketa Gizakiak helburu ekonomikoekin egindako landaketa edo ereite lanen bidez sorturiko zuhaitz estaldura. Gipuzkoaren kasuan, orokorrean adin eta espezie berdineko zuhaitzez osatua, hauek gehien-gehienetan espezie exotikoak izango direlarik.

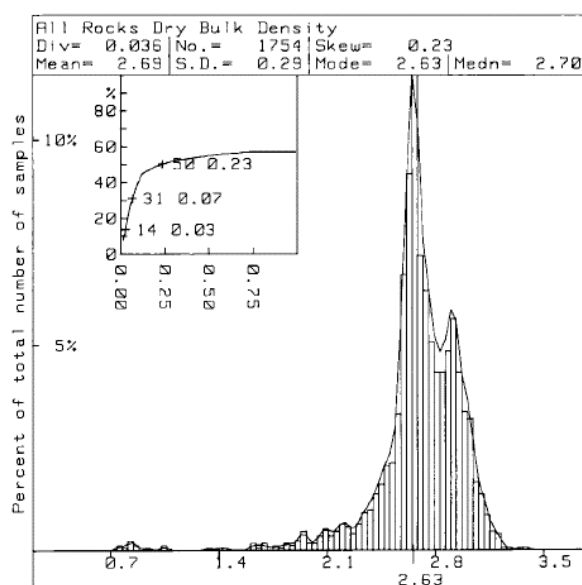
II. BIGARREN ERANSKINA

ARROKA ZATIEN DENTSITATEA

Arroka zatien dentsitatearen balioa (2.650 kg/m³) Carmichaelek (1984) editaturiko “*Handbook of Physical Properties of Rocks, vol III*” liburutik berreskuratutako 29. Taula eta 48. Iruditik ondorioztatu da.

29. Taula: Arroka mota ezberdinen dentsitateak. Iturria: Carmichael (1984).

Arroka mota	Lagin kopurua	Batezbeste (g/cm ³)	Desbiazio estandarra	Moda (g/cm ³)	Mediana (g/cm ³)
Andesita	197	2,65	0,13	2,58	2,66
Basaltoa	323	2,74	0,47	2,88	2,87
Diorita	68	2,86	0,12	2,89	2,87
Dolerita (diabasa)	224	2,89	0,13	2,96	2,9
Gabroa	98	2,95	0,14	2,99	2,97
Granitoa	334	2,66	0,06	2,66	2,66
Kuartzo porfidoa	76	2,62	0,06	2,6	2,62
Riolita	94	2,51	0,13	2,6	2,49
Sienita	93	2,7	0,1	2,67	2,68
Trakita	71	2,57	0,1	2,62	2,57
Hareharria	107	2,22	0,23	2,22	2,22
Arroka guztiak:	1.647	2,73	0,26	2,65	2,86



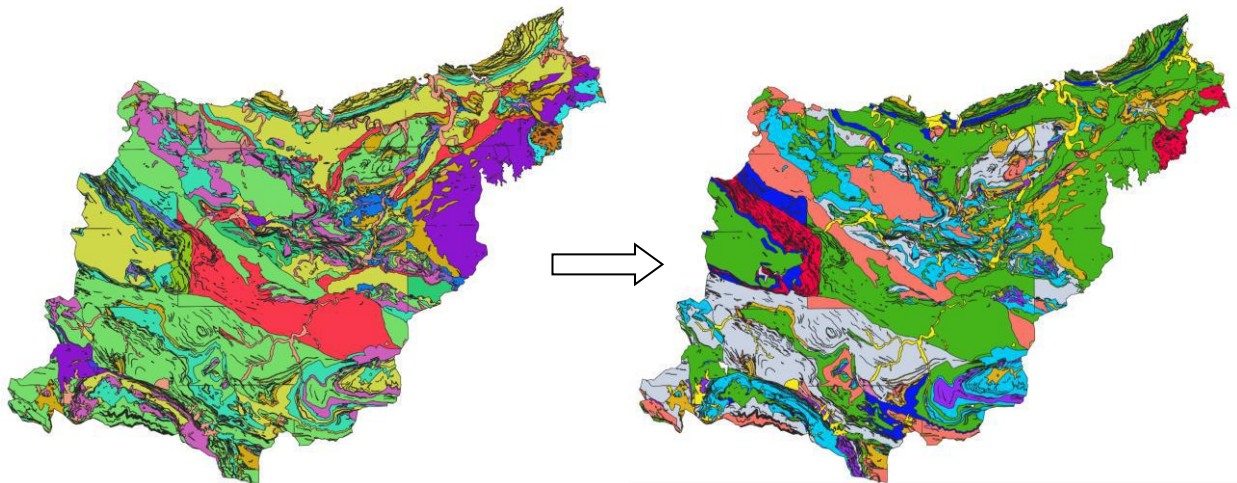
48. Irudia: 29. Taulan agertzen diren datuekin osaturiko histograma. Iturria: Carmichael (1984).

Lagin guztien azterketaren modak ematen duen balioa (2,65 g/cm³, edo bere baliokidea, 2.650 kg/m³) ibili da arroka zatien dentsitate moduan.

III. HIRUGARREN ERANSKINA

LITOLOGIA ANALISIKO IRIZPIDEAK

Gipuzkoako basoetako lurak karbonoa atxikitze duen potentziala kalkulatzeko orduan Gipuzkoako litologia mapa (M24) Neiker-Tecnalia (2014) lanean definituriko prozedura jarraituz 10 klusterretan sailkatu da, M10 mapa lortu arte.



M24 mapa

M10 mapa (10 kluster)

49. Irudia: Gipuzkoako litologia mapa (M24) 10 klusterretan (M10) sailkatuta.

Sailkapen lan hori egiteko GeoEuskadi (2019) datu baseko mapen “LITOLOGIA” eta “DESCRIP” ezaugarriak erabili dira. Hauek kontuan izanda, jarraian zerrendatzen diren irizpideak jarraituz sortu da Gipuzkoako 10 klusterretan banaturiko mapa:

- 1) M24ko “01 Ginzaleko metakinak” M10eko “05 Kolubialak. Alubialak” taldeari egokitu zaizkio.
- 2) M24ko “02 Ale lodiko arroka detritikoak (Hareharriak). Nagusi direla” taldea M10eko “01 Hareak, ale ertain eta lodikoak”en barnean kokatu dira. Neiker-Tecnalia (2014) azterketako Bizkaia eta Araba iparraldeko 10 klusterreko mapan Oiz Mendiko hareharriak aurrez aipaturiko “01 Hareak, ale ertain eta lodikoak” taldean kontsideratu izanean oinarritu da irizpide hau.
- 3) M24ko “03 Ale ertaineko arroka detritikoak (Limolitak). Nagusi direla” eta “04 Ale fineko arroka detritikoak (Lutitiak). Nagusi direla” berriz M10eko “06 Lutitak eta hareharriak txandakatuta, lutitak nagusi direla” taldean kokatu dira.
- 4) M24ko “08 Detritiko txandakatuak” taldearen kasuan azalera hauek M10eko kluster desberdinetan banatu dira, GeoEuskadi (2019) litología mapako deskribapen gehigarrien arabeko asignazioak egin direlarik:

- 4a. 034, 048, 089, 090, 127 eta 131 deskribapena duten tipologiak M10eko “04 Hareharriak eta lutitak txandakatuta, hareharriak nagusi direla” taldeari egokitu zaizkio.
- 4b. 056 eta 093 deskribapeneko tipologiak M10eko “06 Lutitak eta hareharriak txandakatuta, lutitak nagusi direla” taldearekin erlazionatu dira.
- 4c. 279 hektarea hartzen dituen “051 Bretxa, slump, lutita beltzak. Tarteka turbiditikoak” deskribapeneko tipologia M10eko “02 Hareharri karedunak eta kalkarenitak” taldearen barruan sartu da, Neiker-Tecnalia (2014) azterketako Bizkaia eta Araba iparraldeko 10 klusterreko maparen irizpideak jarraituta.
- 4d. Neiker-Tecnalia (2014) azterketako “03 Kareharri dolomitikoak. Marga eta lohi-harri horiztak” klusterra ez da adierazgarria, ez baita Gipuzkoako litologia deskribatzeko erabilgarria. Horregatik, kluster hau berrizendatu egin da.
- 4e. M24ko 046, 050, 106 eta 125 deskribapenak dituzten kasuak erabiliz Neiker-Tecnalia (2014) laneko hirugarren klusterra birpentsatu da, honera geratuz: “03 Hareharriak eta lutitak txandakatuta, bata edo besteak nagusitu gabe”. Aipaturiko tipologietan hareharri edo lutita nagusitasunik nabarmentzen ez zenez eta hauek Neiker-Tecnalia (2014) lanean definituriko klusterretan egokitzen ez zirelako hartu da erabaki hori. Horrela, kluster berri honek izango duen gaitasun lehenetsia 04 eta 06 klusterren gaitasunaren arteko batezbesteko aritmetiko bidez kalkulatu da.
- 5) M24ko “09 Tupa deskarbonatatuak” eta “10 Tupak” taldeak M10eko “09 Tupa grisak. Ofitak. Tupak eta kareharriak txandakatuta. Pizarrak eta Greywacke-ak” klusterrean multzokatu dira.
- 6) M24ko “11 Kareharri ez puruak eta kalkarenitak” M10eko “10 Kareharri bioklastikoak. Kareharri urgondarrak. Dolomiak” taldeari egokitu zaio, jarraian aipaturiko salbuespenentan izan ezik: 075 deskribapena dutenak “02 Hareharri karedunak eta kalkarenitak” klusterrean sailkatu dira; 062 eta 077 tipologiak “09 Tupa grisak. Ofitak. Tupak eta kareharriak txandakatuta. Pizarrak eta Greywacke-ak” taldean; 094 eta 103a berriz, “08 Kareharriak eta tupak txandakatuta” taldean sartu dira.
- 7) M24ko “12 Kareharriak” taldea M10eko “10 Kareharri bioklastikoak. Kareharri urgondarrak. Dolomiak” klusterrarekin erlazionatu da, 107 deskribapenekoak (“Tupak, limolita beltz kalkareoak. Kareharri tartekatzeak”) izan ezik, hau M10eko “09 Tupa grisak. Ofitak. Tupak eta kareharriak txandakatuta. Pizarrak eta Greywacke-ak” klusterrari egokitu zaiolarik.
- 8) M24ko “13 Arroka bolkaniko piroklastikoak” eta “14 Arroka bolkanikoak koladetan” taldeak M10eko “07 Arroka bolkanikoak eta igneoak” taldean multzokatu dira.

- 9) M24ko “15 Ofitak” taldea M10eko “09 Tupa grisak. Ofitak. Tupak eta kareharriak txandakatuta. Pizarrak eta Greywacke-ak” klusterraren barruan sartu da.
- 10) “16 Buztinak igeltsuekin eta beste gatz batzuekin” taldea M10eko “06 Lutitak eta hareharriak txandakatuta, lutitak nagusi direla” klusterrarekin lotu dira.
- 11) M24ko “17 Kareharri tupatsu, kareharri tupa eta kalkarenita txandakatzeak” taldeari dagokionez, deskribapen desberdinen arabera bi kluster desberdinetan banatu da talde hau: 031, 058, 059, 072 eta 076 deskribapena duten azalerak M10eko “08 Kareharriak eta tupak txandakatuta” klusterrean sartu dira; 067, 068, 070, 047, 055, 030 eta 091 deskribapena dutenak “09 Tupa grisak. Ofitak. Tupak eta kareharriak txandakatuta. Pizarrak eta Greywacke-ak” klusterrari egokitu zaizkio.
- 12) M24ko “18 Dolomiak” taldea M10eko “10 Kareharri bioklastikoak. Kareharri urgondarrak. Dolomiak” klusterrarekin erlazionatu dira.
- 13) M24ko “19 Arbelak” M10eko “09 Tupa grisak. Ofitak. Tupak eta kareharriak txandakatuta. Pizarrak eta Greywacke-ak” klusterrean sartu dira.
- 14) M24ko “20 Arroka igneoak”, “22 Ale lodiko granitoak”, “23 Granodioritak” eta “24 Arroka filoniarak” M10eko “07 Arroka bolkaniko eta igneoak” klusterrean sartu dira, 007 deskribapeneko “Jatorri hidrotermaleko kaltzita filoiak” izan ezik, hauek “10 Kareharri bioklastikoak. Kareharri urgondarrak. Dolomiak” klusterrari lotu zaizkiolarik.