

# **Eukalipto-landaketen ingurumen-eragina EAEn eta inguruetan**

## **Egileak:**

Arturo Elosegil<sup>1</sup>, Juan Arizaga<sup>2</sup>, Carlos Cabido<sup>3</sup>, Aitor Larrañaga<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Landare-Biologia eta Ekologia Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, UPV/EHU

<sup>2</sup>Ornitologia Saila, Aranzadi Zientzia Elkartea

<sup>3</sup>Herpetologia Saila, Aranzadi Zientzia Elkartea

## **Data:**

Urtarrila, 2020

Nola aipatu txosten hau:

Elosegil, A., Arizaga, J., Cabido, C., Larrañaga, A. 2020. Eukalipto-landaketen ingurumen-eragina EAEn eta inguruetan. UPV/EHU – Aranzadi Zientzia Elkartea. Argitaratu gabea.



## Laburpen exekutiboa

Txosten hau Eusko Jaurlaritzako Natur Ondarearen eta Klima Aldaketaren Zuzendaritzak eskatuta egin da, Eusko Legebiltzarraren ekimenez, eta Euskal Herrian eukalptoak duen egoera eta biodibertsitatean zein ingurumenean izan dezakeen eragina aztertzen du.

Horretarako, eukalpto-sailak bi baso-alternatiba ohikoenekin (pinu-landaketekin eta baso autoktonoekin) alderatzen dituzten argitalpenak bilatu ditugu. Batez ere, berdinen berrikuspena izan duten eta Web of Science edo SCOPUS delakoan bildutako ikerketa-artikuluetan oinarritu gara. Datu-base horiek ingurumenari buruzko literatura zientifiko garrantzitsuenak biltzen dute. Informazio hori beste txosten-mota batzuekin osatu dugu, eta euskal ikerketa-sistemako talde eta zentro askori eta foru-aldundiei kontsultak egin dizkiegu.

Euskal Autonomia Erkidegoan eukalptoz estalitako azalera 4 aldiz biderkatu da azken hiru hamarkadetan, eta dagoeneko lurraldearen %2,6 estaltzen du. Mendebaldetik eta Bizkaiko kostaldetik Araba eta Gipuzkoara zabaltzen ari da. Azalera horren %60 inguru *Eucalyptus globulus*-ek estaltzen du, %37 *E. nitens*-ek eta %3 beste eukalpto espezie batzuek.

Euskal Herrian edo inguruan eukalptoek duten ingurumen-efektuei buruzko 40 azterketatik gora aurkitu ditugu, 140-tik gora Iberiar Penintsulako beste eskualde batzuetakoak. Era guztietako aldagaiak biltzen dituzte, lurzorua kalitate edo hidrologiatik biodibertsitateara. Beste eskualde batzuei buruzko informazio osagarri asko dago, baina ez dugu kontuan hartu; izan ere, klimaren eta biogeografiaren arteko desberdintasunak direla eta, hauen ondorioak ezin dira zuzenean Euskal Herrira transferitu.

Emaitzen erakusten dute, modu argi eta sistematikoan, eukalptoek eragin negatiboa dutela ingurumenean, bai Euskal Herrian, bai penintsulan.

Eukalptopeko lurzoruak iragazgaitzagoak izan ohi dira, eta eukalptoaren orbelak beste landare-espezie batzuen hazkuntza geldiarazten duten substantziak askatzen ditu. Lurzoruko ornogabeen, lurreko onddoen, likenen eta landareen aniztasuna ere gutxitu egin da.

Eukalptadietan murriztu egiten dira anfibioen ugaritasuna eta dibertsitatea, baita osasun-egoera kaskartu eta portaera aldatu ere. Hegaztien ugaritasuna eta dibertsitatea txikiagoa da eukalpto-sailetan beste landaketa batzuetan edo baso autoktonoetan baino. Ondorioak ez dira hain argiak ugaztunetan.

Eukalpto-landaketek eragina dute ibaietan aztertutako aldagai gehienetan. Eukalpto-orbela kalitate baxuko eta mantenugai gutxiko bazka da. Horrek onddoen eta uretako ornogabeen ugaritasunean eta dibertsitatean eragiten du, eta ibaietako ekosistemaren funtzionamenduan eragiten du.

Azkenik, nahiz eta basoko suteak zein berotze globalaren aurkako borroka alderdi konplexuak izan, faktore biofisiko zein sozioekonomikoen eraginpean

baitaude, badirudi bi arlootan eukalipto-landaketek ez dituztela murrizten, areagotu baizik, beste baso-alternatiba batzuen arriskuak.

Eukalipto en ingurumen-eraginak ez dira lurzorua en beste erabilera batzuenak bezain gogorak, hala nola industriarenak edo hirienak, baina har dezaketen hedadura espaziala dela eta, eragin nabarmena izan dezakete. Gainera, eukalipto-landaketek, batez ere, landa-eremuei eta urruneko eremuei eragiten diete, horiek izanik biodibertsitate handiena dutenak eta ingurumenaren kontserbazioari dagokionez ahulenak. Horregatik guztiagatik, eukalipto en hedapenak eragin larriak izan ditzake Euskal Heriko ingurumenean, eta Espezie Mehatxatuen Euskal Katalogoan diren espezieak are gehiago mehatxatu ditzake.

**AURKIBIDEA**

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Aurretikoak.....</b>                                                     | <b>5</b>  |
| <b>2. Helburuak.....</b>                                                       | <b>6</b>  |
| <b>3. Eukaliptoaren eta haren baso-ustiaketaren ezaugarriak.....</b>           | <b>6</b>  |
| <b>4. Metodologia.....</b>                                                     | <b>9</b>  |
| 4.1. EAEko eukaliptadien bilakaera.....                                        | 9         |
| 4.2. Ingurumen-eraginaren ebaluazioa.....                                      | 9         |
| <b>5. Emaizak eta eztabaida.....</b>                                           | <b>13</b> |
| 5.1. Aurkitutako informazioa.....                                              | 13        |
| 5.2. Eukaliptadien bilakaera.....                                              | 13        |
| 5.3. Lurzoruaren gaineko eragina.....                                          | 16        |
| 5.4. Onddo eta landarearen gaineko eragina.....                                | 19        |
| 5.5. Efectos sobre los vertebrados terrestres.....                             | 20        |
| 5.6. Hidrologiaren gaineko eragina.....                                        | 25        |
| 5.7. Erreken gaineko eragina.....                                              | 26        |
| 5.8. Suteen erregimenaren gaineko eta suteen ondorioen gaineko<br>eragina..... | 29        |
| 5.9. Beroketa globalaren gaineko eragina.....                                  | 30        |
| <b>6. Balorazioa.....</b>                                                      | <b>32</b> |
| 6.1. Informazio eskuragarriaren kantitate eta kalitatea.....                   | 32        |
| 6.2. Eukaliptadien ingurumen-eragina.....                                      | 34        |
| <b>7. Bibliografia.....</b>                                                    | <b>38</b> |

## 1. Aurretikoak

Eukalipto-espezie batzuk munduko eskualde askotan sartu dira, azkar hazten direlako. Horrela, Iberiar Penintsulan, Hego Amerikan, Afrikan edo Asian hedadura handiak hartu dituzte. Askotan, orban monoespezifikokoak izaten dira, oso errotazio-denbora laburrean ustiatzen direnak. Horrek eragina izan dezake arroen balantze hidrikoan eta biodibertsitatean, bai lehorrekoan bai ibaiakoan. Portugal eta Galiziako eukaliptadietan berriki izandako suteek sortutako giza- eta ekonomia-kostu handiak areagotu egin du eremu horietako baso-politikarekiko kezka.

Bestalde, Babes Bereziko Araubideko Basa Espezieen Zerrendako eta Arriskuan dauden Espezieen Espainiako Katalogoko eta Espezie Exotiko Inbaditzaileen Espainiako Katalogoko Zientzia Batzordeak duela gutxi diktaminatu du Espainian landatzen diren eukalipto-espezie nagusiak Espezie Exotiko Inbaditzaileen Espainiako Katalogoan sartu beharko liratekeela, haien ezaugarri biologiko, fisiologiko eta ekologikoak kontutan harturik.

Zalantzarik gabe, bada ardura eukalipto-landaketek eragin ditzaketen ingurumen-ondorioen gainean (1. Leihoa).

### 1. Leihoa

#### FAOren txostenak eukaliptuen gainean

XX. mendearen bigarren erdian, eukalipto-en ingurumen-ondorioek eztabaida bizia eragin zuten, batez ere 1980ko hamarkadan Indiako Baso Programa Sozialetik abiatuta <sup>1</sup>. FAOren azterketa klasiko batek <sup>2</sup> gaiari buruzko azterketak berrikusi zituen, eta ondorio hidrologikoak, higadura, lurzoruen emankortasuna eta biodibertsitatea izan zituen ardatz. Haren ondorioek azpimarratzen zuten (1) eukalptoek eragin hidrologiko handia dutela arroen ur-ekarpena murriztean, (2) ez direla espezie egokiak higadura kontrolatzeko, (3) ziklo laburretan intentsiboki ustiatzeak lurzoruan elikagaiak azkar agortzea eragiten duela, eta (4) baso naturalek zein espezie autoktonoen landaketek baino baino biodibertsitate txikiagoa dutela. Hala ere, txosten horrek argi uzten zuen ingurumen-ondorioak klima, geografia eta gizartearen testuinguruaren mende daudela, eta horrek agerian uzten du tokiko azterketak egin behar direla eukalptoek eremu bakoitzean izan dezaketen eragina ebaluatzeko. Gerora, FAOk eginiko beste azterketa batek <sup>3</sup> lehenak identifikatutako eragin asko berresten zituen arren, horietako gehienak hazkunde azkarreko edozein baso-landaketetan gertatzen direla zioen, eta eukalpto-en onura ekonomikoak eta sozialak azpimarratzen zituen. Dokumentu horrek eukalptoek sortutako arazo gehienak basoberritze-programak ezartzeko moduari egozten zizkion, ez erabilitako espezieen berezko ezaugarriei. Orduraz geroztik, FAOk eukalpto-en ingurumen-, gizarte- eta ekonomia-eraginei buruzko material ugari argitaratu du, batez ere Asian eta Afrikan. Material horren baitan, 1985 eta 1994 bitartean argitaratutakoa biltzen duen bibliografia nabarmentzen da <sup>4</sup>. Hala ere, dokumentazio horrek informazio gutxi ematen du eukalpto-landaketek Euskal Herrian izan ditzaketen ondorio zehatzei buruz.

Duela gutxi arte, Euskal Herriko eukalpto-sailak, batez ere *Eucalyptus globuluse*koak, Kantabriaren mugante dien mendebaldeko eremuetara zein Bizkaiko kostaldera mugatzen ziren. Hala ere, azken urteetan, pinu-landaketak,

nagusiki intsinis pinukoak edo Monterreykoak (*Pinus radiata*), zenbait baso-izurriteren eraginpean egon dira, hala nola pinuaren txankroa, zerrenda gorria eta zerrenda marroia. Horrek, espezie horretako zuraren merkatuko prezio baxuekin batera, baso-jabe askok eukaliptoaren alternatiba gisa hartzea ekarri du. Ondorioz, eukalipto-sailak duela gutxi arte ia existitzen ez ziren lekuetara hedatzen ari dira. Hedapen geografiko hori baldintzatzaile sozio-ekonomikoei zor zaie, baina baita berotze globalaren ondorioz negu gogorrek gutxiagotan izaten direlako eta izotza ongi jasaten duen *Eucalyptus nitens* espeziea sartzen delako ere.

Eusko Legebiltzarra, 2018ko abenduaren 20an egin osoko bilkuran, 44/2018 mozioa onartu zuen, eukaliptoaren Euskadin espezie inbaditzaile deklaratzeari buruzkoa. Bertan, Euskadiko espezie exotiko inbaditzaileen katalogoa sortzeko administrazio-prozedura ahalik eta azkarren abian jartzeko eskatu zion Eusko Jaurlaritzari. Sail eskudunei ere eskatu zien "ikerketa zientifiko eta tekniko bat abian jartzeko, gure lurraldeko eukaliptoaren egoera, hazkunde azkarreko beste espezie batzuen eta lurzoruan, biodibertsitatean eta abarretan izan dezakeen eragina ebaluatzeko". Eusko Jaurlaritzak, Natur Ondare eta Klima Aldaketaren Zuzendaritzaren bidez, azterketa hori egiteko eskatu zigun, eta horixe da txosten honen zioa.

## 2. Helburuak

Azterlan honen helburuak dira eukaliptoak gure lurraldean duen egoera ebaluatzea eta lurzoruan, biodibertsitatean zein ingurumenaren beste osagai batzuetan izan dezakeen eragina zehaztea. Eukaliptoaren landaketek izan ditzaketen ondorio ekonomiko edo sozialak ez ditugu aztertuko.

## 3. Eukaliptoaren eta haren baso-ustiaketaren ezaugarriak

Mirtazeoen familiako zuhaitz eta zuhaixka multzo bati deitzen zaio eukalipto, eta zazpi genero botaniko biltzen ditu: *Allosyncarpia*, *Angophora*, *Arillastrum*, *Corymba*, *Eucalyptopsis*, *Eucalyptus* eta *Stockwellia*. Egungo banaketa naturala Tasmaniara, Australiara, Kaledonia Berrira, Ginea Berrira, Indonesiara eta Filipinetara mugatzen da <sup>5</sup>, nahiz eta eukalipto-fosil zaharrenak Hego Amerikan aurkitu diren, non taldea aspaldi desagertu baitzen <sup>6</sup>.

*Eucalyptus* generoak, txosten honetan aztertzen denak, 600 zuhaitz eta zuhaixka espezie baino gehiago biltzen ditu <sup>5</sup>. Ia guztiak hosto iraunkorreko espezieak dira, eskuarki igitai-formakoak, eta, askotan, herbiboroen aurkako babes gisa balio duten olio esentzialekin egindako guruinak izaten dituzte. Loreek ez dute petalorik, baina bai kopa-formako oinarri batetik ateratzen diren estamina handiak. Nektar asko sortzen dute eta intsektu polinizatzaileak erakartzen dituzte. Fruitua kapsula gogor bat da, tapa batek itxia, helduek ireki eta haziak ateratzen uzten dituenak. Haziak distantzia txikietara sakabanatu ohi dira, nahiz eta zenbait espeziek, hala nola haziak uraren bitartez zabaltzen dituen *E. camaldulensis*, edo haziak hegaztien bitartez zabaltzen dituzten beste hainbat, barreiatze-ahalmen handiagoa duten <sup>7</sup>. Espezie gehienek gaizki jasaten dituzte izozteak, baina batzuk gogorrak dira, hala nola *E. nitens* <sup>8,9</sup>. Eukalipto-espezie asko sutara moldatuta

daude: olio asko dutenez, oso erregai bihurtzen dira, baina motzondo eta hazietatik birsortzeko gaitasun handia dute, sutearen ondoren erraz ernetzen baitira <sup>10</sup>. Eukalipto gehienak lurzoru pobreetara eta ur-eskasiara moldatuta daude. Baldintza horietan, hazkunde-tasa ez da handia, baina asko handitu daiteke lurzoru emankor eta ondo ureztatueta aldatzen direnean <sup>11</sup>.

Ozeanian, beraien jatorrizko eskualdean, eukalipto-espezie askok gainbehera handia dute izurriteen, sute-maiztasunaren aldaketen edo klima-aldaketaren ondorioz <sup>12</sup>. Aitzitik, eukaliptoak mundu osoan zabaltzen dira, landaketetan gehien erabiltzen den espezie-multzoetako bat baita <sup>11</sup>, egun 20 milioi hektarea baino gehiago estaltzera iritsi direlarik <sup>13</sup>. Izan ere, eukalipto-espezie batzuk ondo egokitzen dira lurzoru-mota eta eskualde klimatiko desberdinetara, hazkunde-tasa handiak dituzte, ez dira oso erakargarriak herbiboroentzat eta ez dute patogenorik <sup>14</sup>. Hala ere, denborarekin eukalipto-sailak erasotzen dituzten izurriteen kopuruak gora egiten du, dela Australiako espezieen bat lurralde berrira iristen delako, dela tokiko espezieen bat eukaliptoari eraso egitera moldatu delako <sup>15</sup>. Fenomeno hori, globalizazioarekin azkartzen dena, Iberiar Penintsulan ere gertatzen da, non honezkero eukaliptoari eraso egiten baitiote jatorri australiarreko hainbat onddo eta intsektu espeziek <sup>16,17</sup>.

Jatorrizko lurraldetik kanpo, eukalipto-landaketek ustiapen-sistema desberdinak jasan ditzakete. Eskualde batzuetan, landaketa "industrialak" dira nagusi, produktu nagusi bat (batez ere, paperarentzako pulpa) ekoizteko modu intentsiboan ustiatutako lursail monoespezifiko handietan; beste eskualde batzuetan, berriz, eukaliptoak nekazaritza- eta basogintza-mosaiko batean landatzen dira, hainbat produktu bilatuz: egurra, egur-ikatz, eraikuntzarako zura, eztia, eta abar <sup>14</sup>. Iberiar Penintsulako landaketa gehienek industria-eskemari jarraitzen diote. Zura batez ere paper-pasta egiteko erabiltzen da, baina zerratutako oholak, zirbil-oholak, parketa edo olio esentzialak egiteko ere erabiltzen da <sup>18</sup>. Iberiar Penintsularen iparraldean hektareako 2.000-2.500 oineko dentsitatearekin landatu ohi da eta 10-12 urterekin bota, 3-4 mozketen ondoren motzondoak erauziz eta zuhaitzak birlandatuz <sup>18</sup>. Eskema beretsua aplikatzen da Euskal Herrian, aldaketa txiki batzuekin. Azken urteotan gertatu den aldaketa nabarmena ustiapen-teknikak dira. Gaur egun, eukaliptoa ia beti prozesatze-makinen bidez ustiatzen da. Makina horiek ustiapenerako langile-beharra murrizten dute, baina mendi-bideen beharra areagotzen dute, batez ere eremu malkarretan <sup>19</sup>. Halaber, eukalipto en estaldura handitu ahala, kudeaketa-unitateak handituz doaz azaleran, eta horrek esan nahi du baso-jarduerak (landaketak, mozketak, etab.) aldi berean, gero eta azalera handiagoan egiten direla. Azkenik, mozketa en hondakinak, lehenago erre edo lurreen uzten zirenak, orain biomasatzat baliatzen dira elektrizitatea ekoizteko.

## 2. Leihoa

### Zuhaitz-espezieak, baso-kudeaketa eta ingurumen-eragina

Tarteka esan ohi da ingurumen ondorioen ikuspegitik garrantzitsuena ez dela ustiatzen den zuhaitz-espeziea, mendietan egiten den kudeaketa-mota baizik. Egia da kudeaketa-motak eragin handia duela ingurumen-efektuetan, badirela

zuhaitz exotikoen landaketak biodibertsitate nabarmena dutenak, edo, alderantziz, badirela espezie autoktonoen basoak, kudeaketa txarraren ondorioz kontserbazio-balioa murriztu egin zaienak. Hala ere, badira gutxienez hiru arrazoi kudeaketaren xede den espezieak eragiteko basoaren ingurumen-ondorioetan.

Lehenik eta behin, zuhaitz espeziearen aukeraketak basoa kudeatzeko jarduera asko baldintzatzen ditu, hala nola mozketaren mota eta maiztasuna, aplikatu beharreko tratamendu fitosanitarioak edo ongarrien beharra. Iberiar Penintsulako eukalptoak ia beti mozketaren txanda oso laburretan ustiatzen dira (10-15 urte), eta matarrasen bidez, hau da, enbor guztiak aldi berean moztuz; hariztiak, berriz, 120 urtetik gorako txandetan ustiatzen dira, eta, askotan, bakanketa bidez. Bigarren ereduak, jakina, denbora gehiago ematen dio biodibertsitateari mozketetatik, baso-jardueraren oldarkorrenetako batetik, berreskuratzeko.

Bigarrenik, zuhaitz espezie bakoitza espezie multzo oso bati lotuta egon ohi da, onddoak, likenak, intsektuak eta ornodunak, edozein basotan bizi ezin direnak. Adibidez, Basa eta Itsas Fauna eta Florako Espezie Mehatxatuen Euskal Katalogoan <sup>20</sup> agertzen diren kakalardoaren artean, arkanbelea (*Lucanus cervus*) haritzekin eta arteekin lotuta dago, eta *Rosalia alpina* pagadiekin. Katalogo horretan agertzen diren espezieetako bat ere ez dago eukalptoekin lotuta.

Hirugarrenik, Habitategi buruzko Zuzentarauak <sup>21</sup>, biodibertsitatea babestea arautzen duen Europako arauak, interes komunitarioko habitategiaren zerrenda bat ezartzen du, kontserbatzeko lehentasuna dutenak. Horietako gehienak, hala nola 9120 (pagadi azidofilo atlantikoak, *Ilex* oihanpeekin, eta batzuetan *Taxus*-eko oihanpearekin (*Quercion robur-petraeae* edo *Ilici-Fagenion*) edo 91E0\* (*Alnus glutinosus*-eko eta *Fraxinus excelsior*-eko baso alubialak, (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*)) haiek osatzen dituzten landare-espezieek definitzen dituzte.

Beraz, baso bateko zuhaitz nagusiak ez du guztiz zehazten, baina bai eragiten du baso horrek izan dezakeen ingurumen-balioan. Balio hori aldatu egiten da, halaber, basoak izan duen kudeaketaren arabera, ez bakarrik, baita haren inguruneak izan duenaren arabera ere.



## 4. Metodologia

### 4.1. EAEko eukaliptadien bilakaera

Euskal Erkidego Autonomikoko eukaliptadien bilakaera deskribatzeko, Eusko Jaurlaritzak 1986, 1996, 2005, 2016 eta 2018an argitaratutako Baso Inbentarioetan oinarritu gara. Pinuaren zerrenda marroien ondorioz eukaliptoa berriki zabaltzen dela dirudenez (2018an, bereziki, bizkortu egin da), hiru Foru Aldundietako mendi zerbitzuei ere galdetu egin diegu azken landaketei buruz. Hiru erakunde horiek erantzun digute, eukalipto-landaketak diruz laguntzen ez direnez, aldundiek ez dituztela sistematikoki jasotzen haien hedadura eta ezaugarriak. AFAk bakarrik eman ditu 2019ko otsailean ziren eukaliptodun lursailen zenbait datu zatikatu.

### 4.2. Ingurumen-eraginaren ebaluazioa

Eukalipto-landaketen ingurumen-eraginak ebaluatzeko, Euskal Herrian dagoen informazioa bildu dugu, eta zuzenean galdetu diegu Euskal Herriko Unibertsitateko, Aranzadi Zientzi Elkarteak, BC3ko, Neikerreko eta izaera zientifiko-teknikoko beste erakunde batzuetako ingurumen-ikertzaileei. Web of Science-n (WOS) edo SCOPUS delakoan jasotako zientzia-argitalpenak lehenetsi ditugu informazio-iturri gisa; izan ere, argitalpen horiek berdin berrikuspen prozedura hertsia jarraitu diote (ikus 3. Leihoa), eta zehaztasun-berme handiak dituzte, bestelako dokumentuek ez bezala, hala nola txostenak, gradu-amaierako lanak eta, oro har, "literatura grisa" deritzona (berdin berrikuspen eskatzen ez duten lan teknikoak). Hala ere, horrelako lanak ere sartu ditugu, bereziki Euskal Herrian egin direnean, nahiz eta bibliografian WOSen agertzen direnak bereizi. Greenpeacek egindako txosten batean <sup>19</sup> Espainia eta Portugalera eukaliptoi buruzko lan zerrenda zabala jaso da. Lan horiek, neurri handi batean, txostenen, dibulgazio-aldizkarien edo biltzarretako akten bidez argitaratu dira. Hala ere, informazio hori guztia modu sistematikoan aurkitzea ezinezkoa denez, lehenetsia eman diegu nazioarteko aldizkarietan argitaratu eta WOS edo SCOPUS aldizkarietan bildutako artikuluei.

## 3. Leihoa

### Berdinen berrikuspena, informazio iturriak, azterketa mota eta ebidentzia zientifikoaren maila

Azterketa tekniko-zientifikoak oso desberdinak izan daitezke kalitateari eta zehaztasunari dagokienez, bai eta ematen duten ebidentzia zientifikoaren mailari dagokionez ere. Lan baten kalitatea, fidagarritasuna eta ebidentzia-maila zehazteko arauak dagokienez, gehien erabiltzen den irizpideetako bat da lana aldizkari zientifiko batean argitaratu dela **berdinen berrikuspena** jasan ondoren ("peer review" ingelesez). Hau da, aldizkariaren iristen diren artikuluek gaian adituak direnek ebaluatzera bidaltzen dituzte, horien edukia ikerketa zientifikoaren zehaztasun- eta kalitate-irizpideekin bat datorrela egiaztatu dezaten. Bidalitako artikuluek behar adinako maila badu, berrikusleek hobekuntza batzuk gomendatzen dituzte, hala nola idazketan aldaketak egitea, aldagai gehigarriak neurtzea edo tratamendu estatistiko desberdinak egitea, eta baldintza

horiek bete ondoren bakarrik argitaratzen da lana. Berrikusleen lana sekretua eta ordaindu gabea izaten da, eta berrikusleak egileekin interes-gatazkarik ez duela egiaztatu ondoren egiten da. Autoreek ere interes-gatazkarik duten adierazi behar dute; esate baterako, medikamentu baten eraginkortasuna ebaluatzen duen ikerketa bat medikamentu hori ekoizten duen enpresak finantzatua izatea litzateke interes-gatazka. Prozedura hau guztia kalitate zientifikoa eta inpartzialtasuna bermatzeko pentsatuta dago. Aldizkari zientifikoetan argitaratu gabeko lanak (administrazioarentzako edo enpresentzako txostenak, master-amaierako lanak, etab.) bikainak izan daitezke, baina ez dute zientzia-aldizkarietan argitaratutako artikuluek adina berme.

Aldizkari zientifiko guztiek, funtsean, artikuluen ebaluazio- eta hautaketa-prozesu berari jarraitzen dioten arren, desberdintasunak daude argitaratzen dituzten lanen kalitateari eta garrantziari dagokienez. Ingurumen-zientzien arloko aldizkari onenak biltzen dituzten datu-baseak **Web of Science** eta **SCOPUS** dira; beraz, datu-base horietan jasotako lanek besteek baino berme gehiago eskaintzen dituzte. Beste irizpide gehigarri bat aldizkariaren **inpaktu-faktorea** da, aldizkari horretako artikulua bat argitaratu eta lehenengo bi urteetan aipatzen den batez besteko kopurua. Zientzialari guztiak beren lanaren inpaktuaren arabera ebaluatzen dira, eta, beraz, gaitasun handia dago ikuspen handieneko aldizkarietan argitaratzeko; beraz, oso selektiboak dira eta iristen zaizkien lanen %90 baino gehiago baztertzen dituzte. Bahetze hori egiten duten ikerketak zientziaren ikuspegitik hoberenen eta garrantzitsuen artean egon ohi dira. Jarduera eta estandar zientifikoak aldatu egiten dira. Gaur egun, aldizkari askok eskatzen diete egileei, artikuluan irudiak, taulak eta analisi estatistikoak sartzeaz gain, beren lanaren emaitza gordinak **gordeleku publiko** batean jartzeko, nahi duenak lana egiaztatu ahal izan dezan.

Beste irizpide garrantzitsu bat **azterketa mota** da. **Behaketa bidezko azterketek** berez gertatzen diren aldagaiak (hau da, propietateak edo gertaerak) neurtzen dituzte, behatzaileak esperimentera manipulatu gabe. Adibidez, eukalpto-sailetan eta baso naturaletan lurzoruen pH-a neurtu eta alderatu dezakegu. Horrelako azterlanak nahiko errazak dira egiten, baina, alde nabarmenak aurkituz gero ere, estatistika-teknika klasikoek ez lukete ahalbidetuko erlazio kausalak zuzenean ezartzea. Hau da, eukalpto en landaketetan baso naturaletan baino pH txikiagoa balitz ere, horrek ez luke zuzenean frogatuko eukalpto en landaketak pH-a gutxitzen duenik: efektu hori aurretik gertatu diren edo landutako lursailetan batera gertatu diren beste ingurumen-faktore batzuen ondorio izan daiteke (adibidez, lursailak aurretik izan duen erabileraren ondorio). Behaketa bidezko azterketa baloratzeko bi irizpide garrantzitsu jaso den **laginaren tamaina** eta **lagina hautatzeko modua** dira. Eukalptiko gutxi batzuen eta harizti gutxi batzuen arteko konparazioaren emaitza, oro har, ez da eukalpto en eta harizti ugariren arteko konparazioarena bezain fidagarri. Bestalde, oro har, estatistikariek nahiago dute ausazko laginak erabili, datuen adierazgarritasuna bermatzeko.

Bestalde, **azterketa manipulatioek** aldagai bat edo gehiago manipulatu dituzte modu esperimentera, eta intereseko aldagaiaren erantzuna neurtzen dute. **Kausalitate**-erlazioak ezartzea ahalbidetzen dute, ongi diseinatuta baldin badaude <sup>22</sup>. Horren adibide da ingurumen-zientzietan **BACI** motako azterketa

deritzona (ingelesez, "Before/After-Control/Impact" <sup>23</sup>). Horrelako azterketetan, inpaktu batek (adibidez, lurzorua erabilera aldatzea, mozketak, ongarritzea edo beste edozein jardura) aldagai batean duen eragina aztertzen da, aldagai hori neurtuz kontrol-sailetan eta inpaktua jasan duten lursailetan, inpaktua gertatu aurretik eta ondoren. Baso-landaketen kasuan, ez da erraza BACI azterketak egitea, zuhaitzen hazkunde motelak eskatzen duen denbora luzea dela eta. Horretarako, lursail berdin-berdin batzuen jarraipena egin beharko litzateke aurretik, horietako batzuetan eukaliptoak eta beste batzuetan baso autoktonoa landatu, eta horien guztien jarraipena egin beharko litzateke haien ustiapen-zikloan zehar. Horrek urte askoko lana ekarriko luke. Baso-jardueren gaineko BACI azterlanak egin dira, hala nola mozketak, baina ez dira oso ohikoak.

Lan batzuk **modelizazio**-tekniketan oinarritzen dira. Hauen kalitatea eta ebidentzia-maila, funtsean, ereduaren oinarrien sendotasunaren eta hura elikatzen duten datuen kalitatearen mende daude. Azkenik, **metaanalisiak** gai bati buruz argitaratutako informazioa biltzen dute, hainbat azterketa analisi estatistiko bakar batean konbinatuz, eta, hartara, handik atera daitezkeen ondorioen sendotasuna handitzen dute. Meta-analisiak, a priori, ebidentzia zientifikoaren mailarik onena eskaintzen duten azterketak dira, nahiz eta, maiz, ekologiaren eta kontserbazioaren esparruan, dagoen informazioak ez duen analisi mota hori egiteko adinako homogeneotasunik.

WOS eta SCOPUS direlakoetan, eukaliptoek ingurumenean izan ditzaketen eraginak aztertu duten lan guztiak biltzen saiatu gara. Horretarako, termino hauek erabili ditugu: eucalypt\*, biodiversity, erosion, soil loss, wildfire, biological invasive, exotic, competition, disturbance, Iberian Peninsula. Bizidun-taldean arabarako bilaketak ere egin ditugu (adibidez, eucalypt\* AND fungi AND (Spain OR Portugal)), beste modu batean ihes egin diezaguketen lanetarako.

Ingurumen-ondorioak asko alda daitezke eskualde biogeografikoaren edo klimatikoaren arabera. Adibidez, eukaliptoak Australiako berezko espeziea da, eta hango fauna espezie horretara egokituta dago. Hori dela eta, batez ere Iberiar Penintsulan eta, bereziki, Euskal Herrian eta inguruko eremuetan egindako lanetan jarri dugu arreta, eukaliptoen ondorio batzuk aldatu egin baitaitezke eremu batzuetatik besteetara. Adibidez, eukaliptoen ondorio hidrologikoei buruzko azterlan asko daude, baina zuhaitz horiek landatzen diren klimen aniztasuna dela eta, haien ondorioak eskualdeen artean desberdinak izatea espero da. Izan ere, basoberritzearen ondorio hidrologikoak nabarmenagoak dira eskualde idorrenetan <sup>24</sup>, eta, beraz, kontuz ibili behar da edozein ikerketaren ondorioak estrapolatzeko orduan. Hala ere, gurearen antzeko klimatologia duten beste eskualde batzuetako lanak ere hartu ditugu kontuan, gurean landu gabeko talde taxonomikoak lantzen bazituzten, edo baita Australiako lanak ere, edozein organismo edo eremutara orokortu daitezkeen eukaliptoen ondorioak baloratzen badituzte.

Arreta jarri dugu eukalipto-sail komertzialen eraginak aztertzeko, ez beste mota bateko landaketenak, hala nola, meatze-hondakinak egonkortzeko edo lurzorua deskontaminatzeko egindakoak. Eukaliptoek meatze-hondakinetak lurzorua egonkortu eta haren kalitatea handitu ahal izateak, adibidez, ez du

zerikusi handirik espezie horretako zur-landaketek lurraren emankortasunean edo mikrobio-komunitateetan izan ditzaketen ondorioekin.

Era berean, eukalipto-landaketen ingurumen-ondorioak ebaluatzerakoan, beste baso-mota batzuekiko konparazioetan erreparatu dugu batez ere (4. Leihoa); izan ere, gure ustez, horiek dira, eta ez nekazaritzako laboreak edo beste landaredi-mota batzuk, Euskal Herrian eukalipto en alternatiba.

#### 4. Leihoa

##### Ingurumen-eragina eta konparaketak

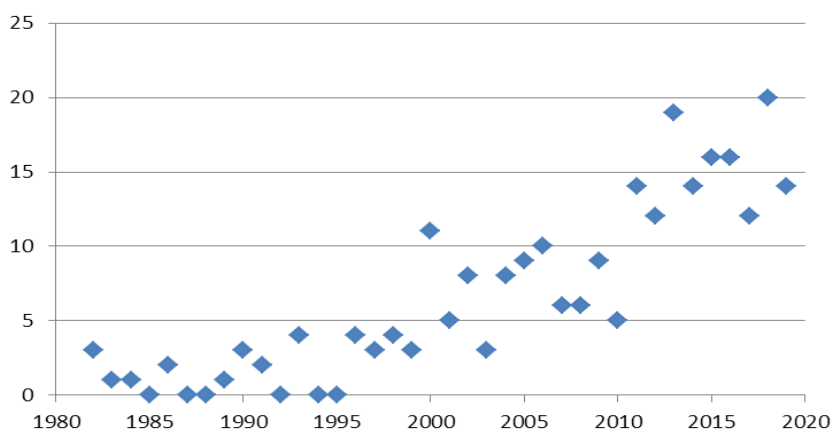
Eukalipto-landaketen ondorioak, beste edozein jarduerarenak bezala, alderatzeko erabiltzen dugunaren araberrakoak dira. Eukalipto-sailak eta nekazaritza-ustiapienak konparatzen dituzten lan ugari daude. Euskal Herriko egungo testuinguruan, ordea, ez dirudi konparazio horrek garrantzirik duenik, nekazal-eremuak ez baitira eukalipto en estaltzen ari, eta, oro har, jabeak ez baitira nekazaritzaren eta eukalipto en artean zalantzan. Beraz, zentzuzkoagoa da eukalipto-landaketen ondorioak beste **baso-alternatiba** batzuetakoekin alderatzea. Horien artean bi dira bereziki garrantzitsu. Alde batetik, **konifero exotikoen landaketak** euskal paisaia atlantikoan nagusi dira, eta askotan eukaliptoek ordezkutzen dituzte. Beste alde batetik, **baso autoktonoak**, gure lurraldeko berezko landaredia izateaz gain, zabaltzen ari dira, lurra bertan behera uzteagatik edo baso-landaketa exotikoen alternatiba gisa; gainera, baso autoktonoak dira Europako zatirik handienean baso-ekoizpenaren oinarria.

Zuhaiztian nagusi den espezieaz gain, zuhaitzen **adinak**, lursailaren aurretiko historiak edo lurzati jakin baten inguruko paisaiak, bertan neurtzen diren aldagai askotan eragina izan dezakete. Egokiena zuhaitz mota bakoitzaren ekoizpen zikloaren fase desberdinetan lurzati kopuru handia konparatzea litzateke, baina hori gutxitan egin da, zailtasun logistikoak direla eta. Inoiz iradoki izan da konparazioak adin bereko sailalara mugatu beharko liratekeela, adibidez, 10 eukaliptoak eta 10 urteko hariztiak. Dena den, hau ez litzateke irtenbiderik egokiena, ustiapien-mota bakoitzak mozketatxanda zehatza baitu berez. Hariztiena mendetik gorakoa da, eta horrek egonkortasun handiagoa ematen die, eta ahalbidetzen die materia organiko gehiago metatzea edo biodibertsitate handiagoa gordetzea. 10 urteko sailak soilik ikertuko bagenu, hariztietako gutxi batzuk soilik aztertuko genituzke, eta horiek ikuspuntu naturalistikotik beren garrantzirik txikieneko unean.

## 5. Emaitzak eta eztabaida

### 5.1. Aurkitutako informazioa

Bibliografia-bilaketak 1982tik 2019ra bitartean argitaratutako 248 artikulu zientifiko aurkitu ditu (1. Irudia). Artikuluen erdiak baino gehiago Iberiar Penintsulan egindako azterketei buruzkoak ziren, eta horietatik 43 Euskal Herrian edo oso hurbil, hala nola, Guriezo ibarrean (Kantabria). Galizian, eukalptoak ugari diren eta Euskal Herriaren antzeko klimatologia duen eskualdean, 40 artikulu topatu ditugu; beste 25 artikulu, berriz, Espainiako beste eskualde batzuei buruzkoak dira, eta beste 67 Portugalari buruzkoak. Beste 62 artikulu munduko beste eskualde batzuei buruzkoak ziren (batez ere Europan edo Euskal Herriko klimaren antzeko eremuetan), edo eukalpto-landaketen ondorioei buruzko azterketa orokorrak ziren. Azkenik, 11 artikulu hartu genituen kontuan, Australian eginak izan arren, edozein tokitara estrapola daitezkeen eukalpto en ondorioak aztertzen dituztelako. Euskal Herriko eukalptoei buruzko informazioa ere aurkitu dugu zenbait txosten eta doktorego-tesitan, WOS aldizkarietan argitaratu ez direnak. Berauek bibliografian markatu ditugu. Datari dagokionez, denboran zehar gero eta artikulu gehiago ari dira argitaratzen (1. Irudia), ikertzaileak eukalpto en ingurumen-eraginarekin gero eta interesatuago daudenaren seinale.



1. Irudia. Aurkitutako argitalpen zientifiko en kopurua, argitalpen-urtearen arabera.

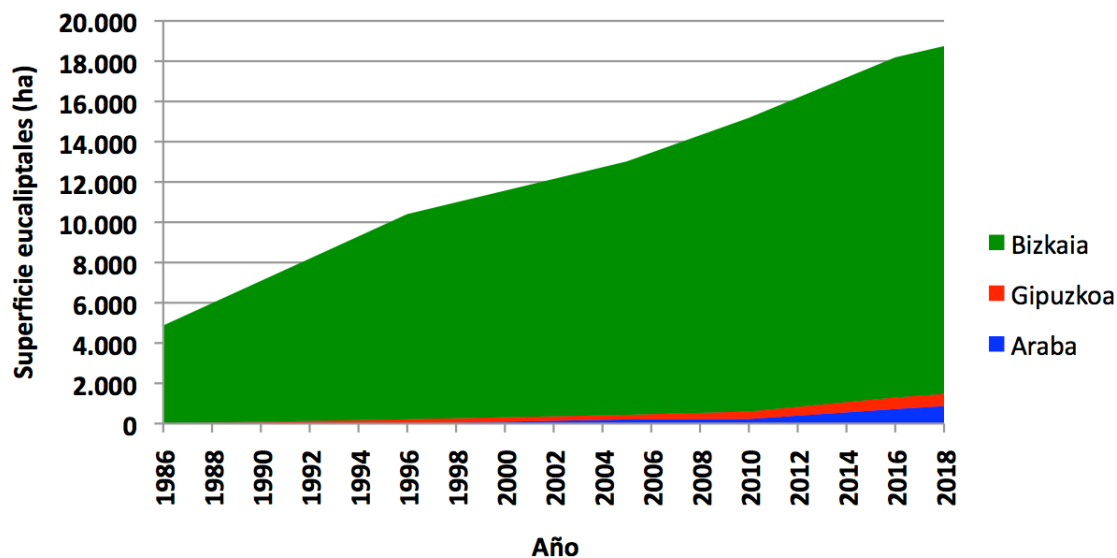
### 5.2. Eukalptadien bilakaera

Hirugarren Baso-Inbentario Nazionalaren arabera<sup>a</sup>, eukalptoek Espainian estalitako eremua "izugarri zabaldu da". Eusko Jaurlaritzak jasotako estatistikek<sup>b</sup>. 1986ko Baso Inbentarioak 3.769 hektarea zentsatu zituen *E. globulus* ena eta 1.105 hektarea konifero eta eukalpto ena. Gipuzkoako 7 hektarea izan ezik, gainerakoak Bizkaian zeuden. 1996ko Baso Mapak guztira 10.405 ha zenbatu zituen. 2005eko EAEko Baso Inbentarioa 13.023 ha eukalptora igo zen, eta Euskal Autonomia Erkidegoan 2.000 hektareatan *E. nitens*-ekin probak egin zirela aipatu zuen. 2018ko EAEko Baso Inbentarioak 18.750 ha eukalptu zenbatu zituen,

<sup>a</sup> <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/inventario-forestal-nacional/default.aspx>

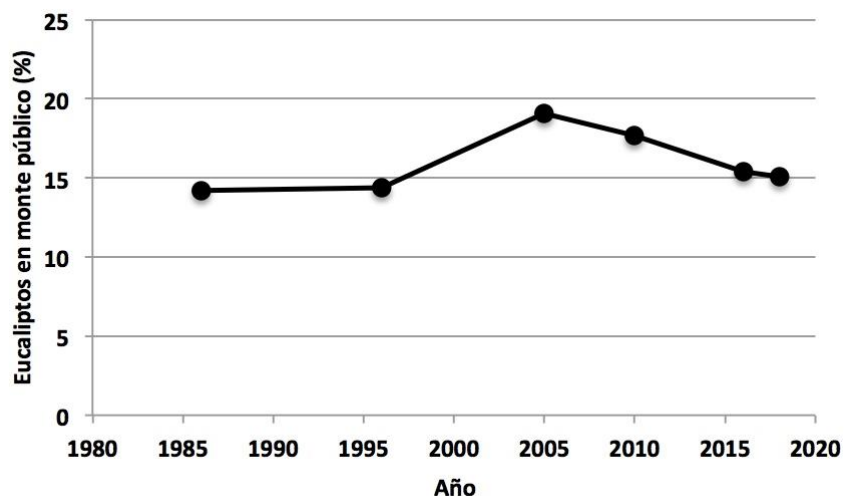
<sup>b</sup> <http://www.euskadi.eus/informacion/inventarios-forestales/web01-a3estbin/es/>

horietatik 17.277 Bizkaian, 606 Gipuzkoan eta 867 Araban. Hau da, 1986-2018 aldian, ia laukoiztu egin da EAEko eukalpto-azalera. Horien %60 inguru *E. globulus* espeziekoak dira, %37 *E. nitens* espeziekoak eta %3 beste espezie batzuetakoak. Denboran zeharreko dinamikak, beraz, estalitako azaleraren hazkunde handia erakusten du, gaur egun lurraldearen %2,6 hartzen baitu (2. Irudia).



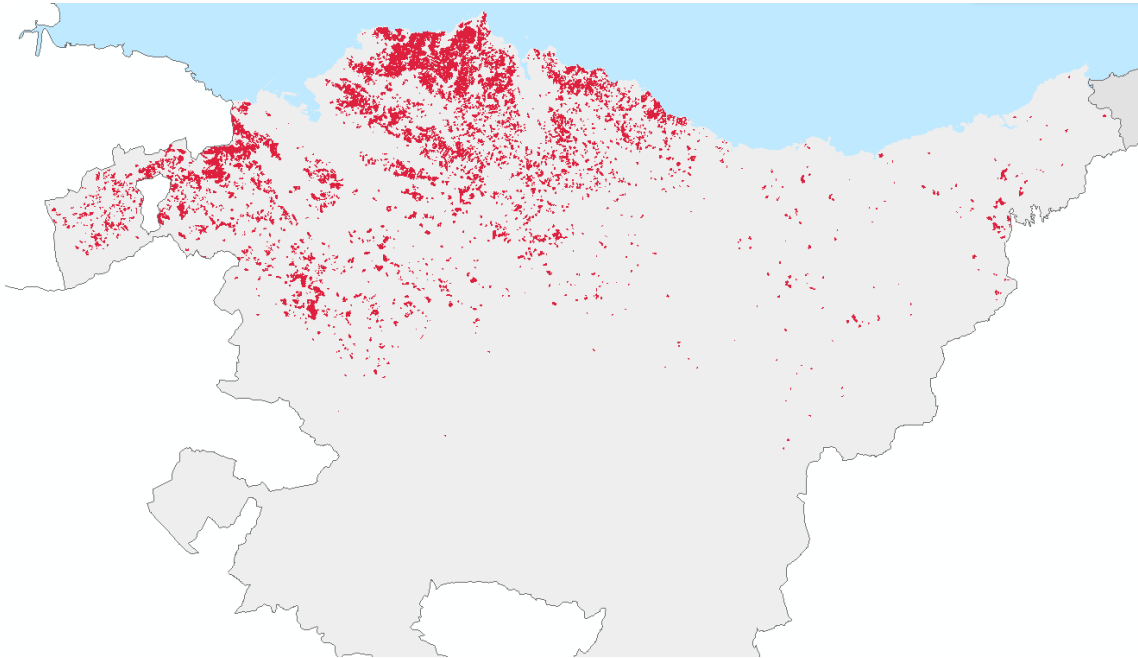
**2. Irudia.** Euskal Autonomia Erkidegoko eukalpto-azaleraren bilakaera, lurralde historikoka. Eusko Jaurlaritzaren baso-inbentarioetatik ateratako datuetan oinarrituta egindako irudia.

Eukalptoak batez ere lursail partikularretan landatzen diren arren, horien zati bat mendi publikoetan dago. 1996an, eukalpto en %14,4 titulartasun publikoko lurretan zeuden; 2005ean, ehuneko hori %19,06ra igo zen; 2018an, berriz, %15,09ra jaitsi zen (3. Irudia). Kopuru horrek esan nahi du Bizkaiko mendi publikoen %8,7 eukalpto landatuta dagoela; Araban eta Gipuzkoan, berriz, ez dago ia eukalptorik mendi publikoetan.



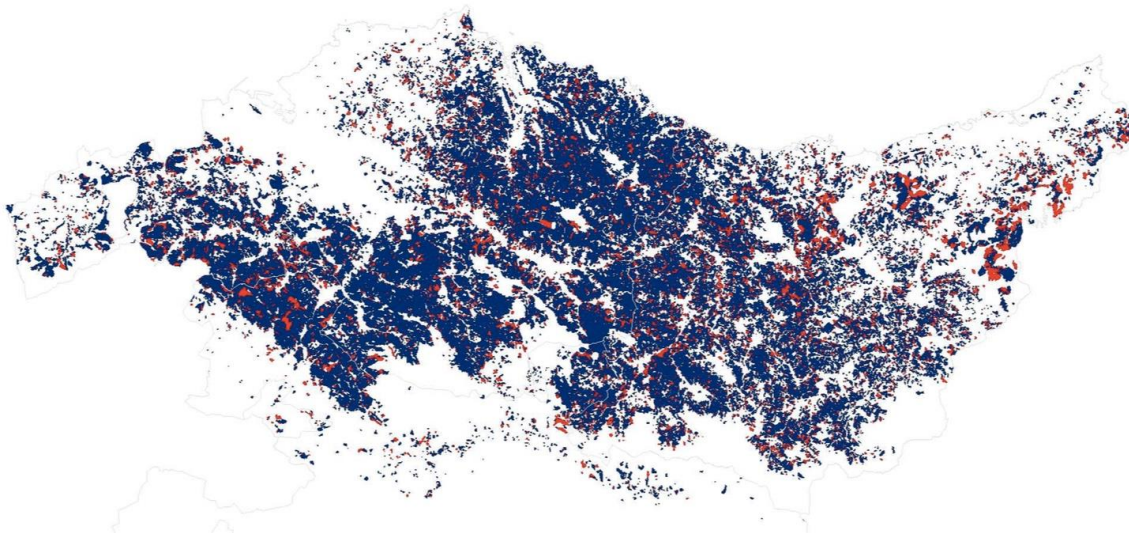
**3. Irudia.** Euskal Autonomia Erkidegoko eukalpto-ehunekoaren bilakaera mendi publikoan.

Banaketa geografikoari dagokionez, eukalptoak batez ere Bizkaiko kostaldean agertzen dira, baina beste lurralde batzuetan hedatzen hasten dira (4. Irudia). Eukalpto-estaldura handiena duten udalerrien artean daude Maruri-Jatabe (udalerriaren %50), Lemoiz (%44) eta Bakio (%38).



**4. Irudia.** Eukalpto en banaketa Euskal Autonomia Erkidegoan. Iturria: GeoEuskadi. 2019ko azaroa.

HAZI erakundearen arabera <sup>25</sup>, azken urteotan, EAEko basogintza-sektorean aldaketa handiena 20.000 ha intsinis pinu inguru galtzea izan da; neurri batean, eukalpto-sail bihurtu dira, eta, beste zati batean, baso misto atlantiko edo beste baso-landaketa batzuk (5. Irudia).



**5. Irudia.** Urdinez, erabilera horrekin mantentzen diren intsinis pinuaren orbanak. Gorriz, intsinis pinuaren orbanak eukaliptoek ordezkatuak. Iturria <sup>25</sup>.

### 5.3. Lurzoruen gaineko eragina

Neiker-ek Euskal Herria atlantikoan bildutako 1.000-tik gora lurzoru-laginek erakusten dutenez <sup>26</sup>, euskal basoek, oro har, beren gaitasun teorikoa baino askoz materia organiko gutxiago metatzen dute. Hori, agian, historian zehar jasandako ustiapen gogorrek lotuta dago, horrek higadura eta lurzoruen galera bultzatu baitzuen. Eukalptoek beste baso mota batzuetan baino materia organiko gutxiagoko metatzen dute. Lurzoruaren beste ezaugarri batzuei dagokienez (ehundura, mantenugai-edukia, etab.), Euskal Herriari buruzko informazio zehatzik ez dagoenez, inguruko eskualdeetan egindako lanak eztabaidatzera mugatuko gara.

Portugalgo erdialdeko eta iparraldeko lursailetan egindako azterketek erakusten dutenez <sup>27-31</sup>, eukalptoeko lurzoruak bereziki hidrofoboak dira, hau da, ura iragazteko ahalmen txikia dute. Hori dela eta, arroen hidrologia muturragoa izan daiteke, eurialdietan uholde handiagoak eta euri gutxiko aldietan agorraldi luzeagoak <sup>32</sup>. Galizian ere deskribatu denez <sup>33</sup>, eukalptoeko lurzoruak dira aztertutakoetatik hidrofoboena; ondoren, itsas pinuaren azpiko lurzoruak daude; Huelvan, berriz, eukalptoek artadiak baino hidrofobia handiagoa dute, eta pinudiek baino txikiagoa <sup>34</sup>. Kantauriko kostaldean egindako azterketek erakusten dute hidrofobia gutxiago garatzen dela lurzoru karetsuetan <sup>35</sup>, eta, beraz, baliteke Euskal Herriare zati batean arazorik ez izatea, nahiz eta ez dugun horri buruzko daturik aurkitu.

Hidrofobiaz gain, baso motak eta, bereziki, kudeaketa motak eragina izan dezakete lurzoruan dagoen karbono organikoaren eta mantenugaien kopuruan. Mundu-mailako meta-analisi batek <sup>36</sup> iradoki zuen ezen, enborrak erauzi baina adar zein hostoak mendian uzten direnean ez bezala, osagai horiek ere erauzten direnean, lurzoruko karbono- eta nitrogeno-kontzentrazioa murrizteko joera izaten dela, eta horrek murriztu egin dezakeela haien emankortasuna. Zuhaitz-belaunaldi berria hazi ahala, karbonoa berriro metatzen da lurzoruan, baina,



Galizian egindako modelizazio-lanen arabera <sup>37</sup>, badirudi hori 20-30 T C/ha-ko balioetan egonkortzen dela, kantitate hori ez oso handia izanik Espainiako basoetarako <sup>38</sup>. Nolanahi ere, eukalptoak mozketatxanda laburrak aldaketa handiak eragiten ditu aldi baterako karbono metaketan, bai biomasan bai lurzoruan <sup>39</sup>. Hala ere, zenbait lanek emaitza kontraesankorrak ematen dituzte eukalptopeko lurzoruan metatutako karbonoa buruz, bai eta horren interpretazioari buruz ere <sup>40,41</sup>. Adibidez, Asturiasko eukalpto-landaketek beste landare-formazio batzuek baino materia organiko gehiago metatzen dute <sup>41</sup>. Lan honen egileek humusaren kalitate eskasaren ondorio gisa ulertzen dute hori, horren ondorioz ez baita deskonposatzen, eta azkenean mikrobio-komunitateen egitura eta funtzionamendua aldatzen baititu. Bestalde, Galizian egindako ikerketen arabera <sup>42</sup>, lurreko aluminioaren kontzentrazioa (metal toxikoa) handiagoa da eukalptoaren azpian hariztiaren azpian baino, baina txikiagoa intsinis pinuaren azpian baino. Datu horiek gure lurraldera estrapolatzea zaila da, Galiziako lurzoruak Euskal Herrikoak baino azidoagoak izan ohi baitira, aluminioa mobilizatzea errazten duen ezaugarria.

Lurzoruaren ezaugarriez gain, eukalpto-landaketek eragina izan lezakete ingurune horretako bizidunen komunitateetan. Hain zuzen, laborategiko esperimenduek frogatzen dute *E. globulus*-en olio esentzialak onddo- eta ornogabe-espezie askorentzat toxikoak direla eta lurzoruko faunarentzat eskuragarri dagoen bazkaren kalitateari eragiten diotela <sup>43</sup>. Eukalptoaren ezaugarri alelopatikoak ere nabarmendu dira, hau da, espezie horrek beste espezie batzuen hazkundera zailtzen duten konposatuak ekoizteko duen gaitasuna. Adibidez, Galizian baso mota desberdinetako sailak alderatuz egindako azterketek <sup>44</sup> erakusten dute eukalptoak eragin negatiboa duela lurzoruko mikroorganismo askorentzat, eta eragotzi egiten duela oihanpeko landare-espezie askoren erretzea. Efektu hori hauteman egiten da, halaber, lurriari eukalpto-hostoak gehitzean, eta beraz, herbizida natural gisa erabil daitezkeela proposatu da <sup>45</sup>.

Galizian, badirudi bai ezaugarri fisiko-kimikoek, bai komunitateek eta jarduera mikrobiarrek alde handia dutela hariztien eta eukalptadien artean, eta alde hori handiagoa dela edozein motatako baso erreen eta erre gabeen artean baino <sup>46</sup>. Suteek lurzoruaren kalitatea hondatzen dute, baina eukalpto-landaketen eraginak are handiagoa dirudi. Lurzoruaren emankortasunari dagokionez, mozketatxanda oso laburrak dituen egurraren ustiapen intentsiboak mantengaiaren erreserba agor dezake; beraz, FAOk iradoki du horien jarraipen zehatza egin behar dela <sup>3</sup>.

Euskal Herriko eukalptadietako lurzoruko faunari buruz aurkitu ditugun lan bakarrak UPV/EHUko Ekologia eta Zoologia laborategietan egin ziren 1980/90eko hamarkadetan, orbelaren deskonposizioan oso garrantzitsuak diren ornogabe txikien bi talderen inguruan: kolenboloak (intsektuekin lotutako taldea) eta akaro oribatidoak. Eukalptadi batean aurkitutako kolenboloen komunitatea pagadi batean eta harizti batean aurkitutakoen oso antzekoa zen, baina ez zegoen pinudi batean eta zelai batean aurkitutakoen antzik <sup>47</sup>. Emaitza horrek iradokitzen du eukalptoak ez diola eragiten kolenbolo-komunitateari, nahiz eta azterketa landare-motaren araberrako lursail bakarra izaki, ondorioak mugatuak diren. Bestalde, landaredi-mota desberdineko 19 lursailetako oribatidoei buruzko azterlan batek erakutsi zuen talde horrek ugaritasun eta dibertsitate handienak

zituela baso autoktonoetan, tartekoa landaketetan (pinuak eta eukalptoak) eta gutxienekoa belardietan <sup>48-50</sup>, nahiz eta orbel geruzaren aniztasuna handiagoa izan beste landaredi mota batzuetan baino <sup>51</sup>. Hala ere, orbelean agertzen den fauna gehiago aldatzen da denboran zehar, hezetan-aldaketen eta beste ingurumen-baldintza batzuen ondorioz, eta horrek azken lan horren ondorioak hain sendoak ez izatea eragin dezake.

Beste eskualde batzuei dagokienez, Portugalgo Algarven egiaztatu zen eukalptoetan kolenboloen aberastasun espezifiko eta dibertsitatea txikiagoak zirela artelatzen edo hariztietan baino <sup>40</sup>. Gero, hainbat leku konparatuz egindako berrikuspen batek <sup>52</sup> erakutsi zuen Portugalgo eukalpto-landaketek baso autoktonoek baino dentsitate eta dibertsitate txikiagoa dutela. Kolenbolo kaltetuenak lurzoruen azaleko geruzetan bizi direnak ziren, eta eukalptoek kudeaketaren ondorioz kalteak jasotzen zituzten. Iberiar Penintsulatik kanpo, Erresuma Batuan laborategiko esperimentuetan lurreko zizareei hainbat orbel-mota aukeran ematen zitzaizkien. Lanok erakutsi zuten zizareek nahiago zutela zuhaitz autoktonoen orbela (haltza, lizarra eta urkia) *Eucalyptus nitens*-ena baino, baina azken hau nahiago zutela beste bi zuhaitz exotikoenak baino: astigar zuria (*Acer pseudoplatanus*) eta gaztainondoa <sup>53</sup>. Nolanahi ere, zizare espezie desberdinek ez dute berdin erantzuten bazkatzen diren zuhaitz motaren arabera <sup>54</sup>, eta eta landa-esperimentuek erakutsi zuten zizareen dentsitatea hirukoiztu egiten zela nekazaritzako lurretan eukalptoak landatu eta hiru urtera, nekazaritzapean zeuden lursailekiko <sup>55</sup>.

Eukalptoek landaketek izan dezaketen arrisku bat mozketek eragindakoa da, edozein baso-ustiapenetan lurzoruen galera azkartzen den uneak baitira <sup>56-58</sup>. Eukalptoek mozketaren txanda oso laburra da, eta ondorioz, matarrasak (hau da, lursail bateko enbor guztien mozketak) 10-15 urtean behin egiten dira. Eukalptoak berriro hazten dira motzondoetatik, baina 3 mozketatik behin, hau da, 40 urte ingurutik behin, ondoak erauzi eta zuhaitz berriak landatzen dira. Guk dakigula, ez dago eukalptoek mozketek Euskal Herrian dituzten ingurumen-ondorioei buruzko SCI argitalpen zientifikorik, baina José Miguel Edesok, UPV/EHUko Meatze Ingeniarien Eskola Teknikoko irakasleak, hainbat dozena pinudietan egindako mozketen eraginari buruzko azterlanak egin zituen <sup>59-62</sup>. Lan horietan, higadura-tasa oso handiak eta emankortasun-galera handiak ageri dira, mozketaren gogorrenen ondoren. Mozketaren horiek ez dira eukalptoak moztu eta motzondoak ateratzean egiten diren oso desberdinak. Horregatik, pentsatzekoa da eukalpto-sailak ere antzeko higadura izango dutela, Galizian deskribatu den bezala <sup>63</sup>. Era berean, Euskal Herrian egiaztatu zen mozketek mantengutik galtzea zekartela, eta horrek hurrengo pinu-belaunaldiaren hazkundera mugatzen zuela <sup>64</sup>. Galizian zuraren ustiapenak dakarren mantengutik esportazioari buruzko azterlanak iradokitzen du eukalpto-sailak bereziki emankortasuna galtzeko arriskuan daudela <sup>63</sup>. Portugalen, higadura-tasa oso handiak neurtu dira, pinudietan eta eukalptoetan suteen ondoren zuhaitzen ondoak erauzi ondoren, eta kalkulatu da horrek lurzoruen galera jasanezinak eragingo lituzkeela 50-100 urtean <sup>65</sup>. Gaur egun, basoak prozesagailu bidez ustiatzeko dagoen joerak seguruenik areagotu egingo du lurzoru-galeraren arazoa, makina honek mendibideen dentsitate handia eskatzen baitu (6. Irudia), eta bideok higadura-iturri ezagunak baitira <sup>66,67</sup>.



**6. Irudia.** Mendi-bideen dentsitate handia, Izarrolan (Busturia) eukaliptoa ustiatzeko, batez beste %50etik gorako malda duen lursaila. Argazkia, Joserra Díez.

#### 5.4. Onddo eta landarediaren gaineko eragina

Ez dugu onddo-komunitateei buruzko lanik aurkitu euskal eukaliptadietan, eta ia ere ez beste eskualde iberiarretan, ez bada eukaliptoentzako patogenoak diren onddoen ugaritasuna edo dibertsitatea ikuspuntu fitosanitariotik aztertzen dutenak <sup>68-70</sup>. Hala ere, onddoen eragin ekologikoa espezie gutxi batzuen izaera patogenotik haratago doa. Zuhaitz espezie gehienek onddoekin (gehienetan basidiomizeto edo askomizetoekin) sinbiosia eratu behar izaten dute, ektomikorriza izenekoak eratuz <sup>71</sup>. Mikorrizak elkarte mutualistak dira (bi espezieentzat onuragarriak), eta onddoak zuhaitzari mantenugai ez-organikoak ematen dizkio, eta konposatu organikoak jasotzen ditu trukean <sup>72-74</sup>. Mikorrizak nahiko elkarte espezifikoak direnez, espero izatekoa da espezie exotiko bat landaketa hain zabaletan sartzeak onddo-komunitateei eragitea. Hain zuzen, espezie exotikoen baso-landaketen arrakasta espezie horiek mikorrizak ditzaketan onddoekin batera landatzearen menpe egoten da <sup>75</sup>. Galizian berriki egindako azterlan baten arabera <sup>76</sup>, eukaliptoarekin mikorrizak osatzen dituzten 26 onddo-espezieetatik 3 australiarrek dira, eta gainerakoak, berriz, mikorrizak eukaliptoekin eratzera egokitu diren onddo natiboak. Gainera, Australiako onddo-espezie bat (*Descolea maculata*) bertako basoetara hedatu da, *Laccaria fraterna* onddoak ere egin duen bezala, Extremadurako landare autoktonoak (txarak) mikorrizatzen hasi baita hau <sup>77</sup>. Onddo mikorrizatzaile australiarren hedapen horrek eukaliptoen bidezko inbasioa bultzatzen dezake, eta, agian, hori bizkortu egin daiteke mota horretako baso-laborantza ezarri ahala <sup>77</sup>.

Bestalde, eukalptoek eragin nabarmena izan lezakete oihanpeko landaredian; izan ere, hostoen posizio bertikalak eguzki-argia gutxi atzemateko joera du <sup>78</sup>, eta, ondorioz, eukalptoek oihanpeko argi-erregimena oso desberdina da baso autoktonoekiko. Hala ere, ez dugu ia lanik aurkitu Euskal Herriko eukalptoetako landarediari buruz. Juan Antonio Camposek, Euskal Herriko landare exotikoei buruzko doktore-tesian <sup>79</sup>, inbentarioak egin zituen eukalptadietan eta intsigne-pinudietan, eta landare-aberastasun handixeagoa aurkitu zuen lehenengoetan (20,5 eta 15,2 espezie, hurrenez hurren, argitaratu gabeko datuak), baina ez zuen aztertu baso autoktonoen aberastasuna. Bestalde, UPV/EHUko beste lan batean <sup>80</sup>, eukalptoak landaredi-espezie gutxien dituen baso gisa agertzen dira (25 espezie baino gutxiago; gainerako basoetan eta konifero-sailetan, berriz, 61-79 espezie). Hala ere, datu horien jatorria zein den ez dago argi eta lan horren gida metodologiko eguneratuak <sup>81</sup> Iberiar Penintsulako beste eremu batzuetako eukalpto-erreferentziak besterik ez ditu ematen. Bestalde, basoak nola bada ikerketa bat <sup>82</sup> basoen zatiketa aztertzen duena, baina bertan ez da landaredi mota bakoitzeko espezieen aberastasunari edo dibertsitateari buruzko daturik ematen. Euskal Herrian ikasketa gutxi daudenez, hurbileko eskualdeei buruzko informazioa baloratuko dugu.

Galizian, mota bakoitzeko bosna sailetan egindako azterlan batek <sup>83</sup> erakutsi zuen eukalptadiak oso habitat pobrea direla liken epifitoentzat, itsas-pinuen landaketek edo bertako hariztiekin baino askoz liken gutxiago eta dibertsitate txikiagoa baitute. Zehazki, aurkitu zuten 6-10 urteko eukalpto-sailetan ia ez zegoela likenik, 25 urtetik gorako eukalptadietan ugaritasuna beste basoetan baino %63ko baxuagoak zela. Likenen dibertsitatea %91 jaitsi zen eukalptu gazteetan, %36 eukalpto handietan. Galizian ere, lursail asko konparatzen dituzten lanetan, ikusi da da landare belarkaren dibertsitatea %40 baxuagoa dela eukalptopean haritzpean baino <sup>84,85</sup>. Dibertsitate baxuagoa izateaz gain, bertako basoetako landare asko ez dira eukalpto-sailetan agertzen <sup>85</sup>. Eukalptadien, hariztiekin baino landare-dibertsitate txikiagoa izateaz gain, Galizian espezieetan dauden landaredi-motarik pobreenetakoak dira <sup>86</sup>.

## 5.5. Lehorreko ornodunen gaineko eragina

Anfibioak dira, seguruenik, munduko ornodunen mehatxatuenak <sup>87</sup>. Inguruneke baldintzen aldaketekiko oso sentikorrak dira, batez ere beren ugaltza-habitat urtarretan, zeinak maiz basoko habitatei lotuta egoten diren. Habitat horietako askoren ordez eukalptoak landatu direnez eta horiek lixibiatuak eta substantzia alelopatikoak askatzen dituztenez, a priori, espero izatekoa da anfibioetan eragina izatea. Hori dela eta, Euskal Herrian eukalptoek nola eragiten dieten gehien aztertu den ornodun taldeetako bat da. Ez da bakarrik aztertu nola eragiten duten eukalptadien anfibioen komunitatean dokumentatuz, baita ere, aztertu da espezie horien ekologiaren zein alderdi zehatz aldatzen diren.

Ikusi da anfibio espezieen dibertsitatea eta dentsitatea txikiagoak direla pinu eta eukalpto sailetan (bereziki azken hauetan) jatorrizko basoetan baino <sup>88</sup>. Habitat-motak azaltzen du bariantzaren zatirik handiena bi aldagaiotan (%36 eta %57, hurrenez hurren), eta horrek iradokitzen du hauteman diren desberdintasunen erantzule izan daitekeela. Behaketaren emaitza horiek

esperimentalki aztertu ziren, laborategian eukaliptoaren lizibiatuekiko esposizioa simulatuz hiru anuro espezieekin (igela eta apoak biltzen dituen taldea): eukaliptoetan ugaria den espezie bat, igel berde iberiarra (*Pelophylax perezi*), eukaliptoetan arraroa den baso-igel gorria (*Rana temporaria*), eta bertan ia ageri ez den txantxikua (*Alytes obstetricans*). Eukaliptoaren lizibiatuen eraginpean egoteak hiru espezieetan erantzun immunea murrizten zuen, hau da, patogenoei aurre egiteko gaitasuna. Hazkundeari, metamorfosiaren tamainari eta jauzi egiteko gaitasunari ere eragiten zien, eta erantzuna aldatu egiten zen espeziearen arabera, eukaliptoetan urrienak ziren espezieei gehiago eraginez. Hala ere, eukaliptoetan ugaria den espeziearen erantzun immunea ere ukituta zegoen. Aztertutako aldagaiok anfibioen biziraupena baldintzatzen dute, eta, beraz, laborategiko azterketek landan hautemandako ondorioak azal ditzakete, hau da, eukaliptoaren landaketetan anfibioen kopuru eta dibertsitate txikia.

Urodeloekin (uhandre eta arrabioak) egindako ikerketa batek antzeko emaitzak izan zituen. Uhandre palmatua (*Lissotriton helveticus*) putzu txikietan ugaltzen den espeziea da. Haien erantzun immunea eta arren sexu-seinaleen tamaina erlatiboa ere esangarriki okerragoak ziren pinu-landaketetan harrapatutako arretan eta, bereziki, eukaliptoetan, baso autoktonoetan harrapatutakoetan baino <sup>89</sup>. Oro har, egoera %75 okerragoa zen eukaliptoetatik zetozen banakoetan hariztietakoetan baino. Berrirori ere, efektu hori esperimentalki aztertzean, pinuz, eukalipto edo haritzez betetako askatan arak edukiz, pinuaren eraginpean zeudenek, eta batez ere eukaliptoaren eraginpean zeudenek, erantzun immune apalagoa erakutsi zuten, mendian ikusitakoa berretsiz. Erantzun immune ahulduak banakoaren biziraupena baldintzatzen du, eta, gainera, ezaugarri sexualak gutxiago garatzeak ugalketa-estrategietan aldaketak iradokitzen ditu, eta horiek ere eragina izan dezakete espeziearen kontserbazioan.

Hala, eukaliptoek, askatzen dituzten lizibiatuen bidez, animalia batzuen sexu-hautespeneko prozesuak baldintzatu ahal izango lituzkete, bai norbanakoaren egoera, bai sexu-seinaleak detektatzeko edo bereizteko gaitasuna kaltetuz. Azken hori beste azterketa esperimental batean ere aztertu zen, uhandre palmatuarekin. Laborategiko saiotean, seinale kimikoen bidez (feromonak) egindako bikote-hautaketa alderatu zen, bai habitat naturaletako urmaeletako ura imitatzen zuen ingurune batean (harizti autoktonoa), bai eukalipto-sailetan kokatutako urmaeletakoa <sup>90</sup>. Eukalipto-lizibiatuen eraginpean zeuden emeak ez ziren gai ugalkide onenak hautatzeko, haritzaren eraginpean zeudenak egiten zuten bezala. Hau da, alde aurretiko eukaliptora esposizioak ugalkidearen hautaketari eragiten zion, nahiz eta ugalkidearen sexu-seinaleen eraginkortasuna baldintzatuko ez zuen ingurunean egin. Aitzitik, ugalkidea aukeratzean eukalipto-lizibiatuak egoteak (alde aurreko esposiziorik gabe) ez zuen galarazten seinaleak behar bezala hautematea, eta horrek iradokitzen zuen ugalkidea aukeratzean ikusitako aldaketa eukalipto-lizibiatuek emeengan dituzten ondorio fisiologikoek eragiten zutela. Era berean, ez zen ikusi eukalipto-lizibiatuen eraginpean egoteak aldatu egiten duenik arrek bazka detektatzeko duten gaitasun kimiosentsoriala, baina bai eme edo espezie bereko kideen alarma-seinaleak dituzten putzuak detektatzeko <sup>91</sup>. Haritz-uraren eraginpean zeuden arren aldean, eukaliptoaren eraginpean zeudenek okerrago hauteman zituzten eme-usaina zuten putzuak, haien jatorrizko habitata edozein izanik ere (hariztia zein eukaliptoa). Baso autoktonoan harrapatutako uhandreak ez ziren gai izan harrapariek adierazten zituzten alarma-seinaleak

detektatzeko, eukalipto-uraren eraginpean jarri zirenean haritzaren tratamenduan jarri zirenean baino.

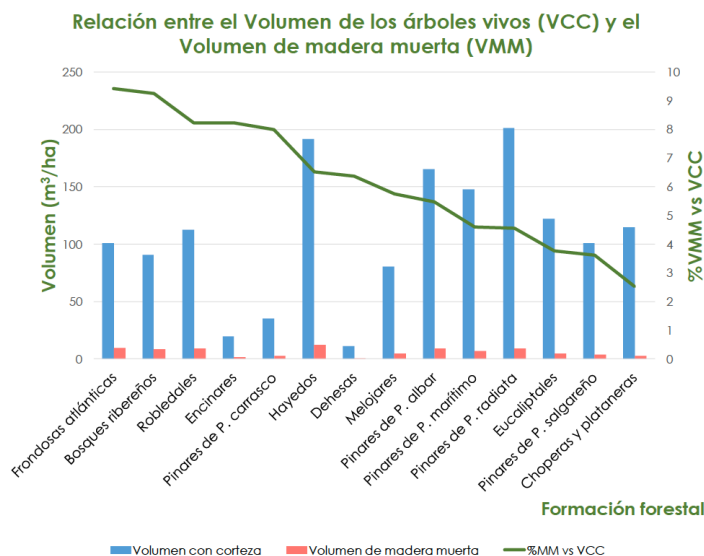
Laborategiko azterketek erakutsi dutenez, eukalipto orbelak basa-igel gorriaren (*Rana temporaria*) zapaburuen hazkuntza eta garapena ere murrizten ditu, harraparien kontrako erantzuna moteldu, eta, gainera, bere tasa metabolikoa aldatzen du <sup>92</sup>. Gainera, eukalipto en efektua gehitu egiten zaio tenperaturaren gorakadak dakarrenari (klima-aldaketak eragin dezakeenaren mailakoa), oxidazio-estresa handituz.

Laburbilduz, eukalipto en lizibiatuarekiko esposizioak anfibioen bizi-historiaren, portaeraren eta fisiologiaren hainbat alderdiri eragiten die, eta horrek arriskuan jartzen du, zuzenean edo zeharka, haien populazioen iraupena. Lan horiek Iberiar Penintsulako beste autore batzuen emaitzak berresten dituzte, eta, oro har, eukalptoek anfibioetan eragin handia dutela adierazten dute. Hala, elkarren ondoan dauden Portugalgo arrabio buztanluzearen (*Chioglossa lusitanica*) bi populazioen 40 urteko jarraipenak kontrako dinamika erakutsi zituen <sup>93</sup>. Populazio bat, bere landaredi erdi-naturalari eutsi zion arro batean bizi zena, handitu egin zen denborarekin; bestea, eukalptoak landatu zen arro batean zegoena, ia desagertzearaino erori zen. Ikerketak ezin izan zituen baztertu gainbehera beste arrazoi batzuk, hala nola gaixotasunak, izateko aukera, baina autoreek iradokitzen dute gainbehera eukalptoak landatzearen ondorio dela. Bestalde, Frago do Eume parke naturalean, eukalptoak dira, pinuen atzetik, habitat pobreena, bai anfibioentzat bai narrastientzat <sup>94</sup>. Era berean, Mediterraneo aldean egindako azterlan batek <sup>95</sup> erakusten du eukalptoek eragin negatiboa dutela zenbait anfibio-espezieren presentzian, nahiz eta itxuraz ez dieten beste batzuei eragiten, ea arrabio arruntari (*Salamandra salamandra*) mesede egiten dioten. Azpimarratu behar da espezie hau dela azterketa honetan agertzen direnetatik mediterraneora gutxien moldatutakoa, eta, seguruenik, beste ingurune batzuetan tipikoak diren baldintza ospelek mesede egiten diotela kasu honetan.

Ez dago azterlan askorik Euskal eukalptadien hegazti-faunaren gainean duten eraginari buruz. Hainbat landaredi-motaren alderaketak (landazabala, baso hostogalkorra, pinudia eta eukalptadia, mota bakoitzeko lurzati bakar batekin <sup>96</sup>), erakutsi zuen eukalptadian hegaztien ugaritasuna eta dibertsitatea txikiagoa zirela, beste edozein landaredi-motatan baino (ugaritasuna %38 gutxiago eta dibertsitatea %45 baxuagoa baso hostoerorkorrean baino). Ezaugarri horiek neguan ere mantentzen ziren, hostoerorkorrek historik ez duten garaian, eta, beraz, hain onak ez direnean. Lan horrek erakutsi zuen, halaber, espezie zuhaitzarrak zirela kaltetuenak. Galizian egindako azterketek ere eukalptoak, batez ere gazteenak, hegaztien dentsitate eta aniztasun txikieneko landaredi-motak direla diote <sup>97</sup>.

Ondoren, euskal eukalptadi batean egindako lan batean <sup>98</sup>, autoreek ikusi zuten hegaztiak ez dituztela ia orbelak eta eukalpto enborrak erabiltzen, ustez ornogabeen biomasa txikia delako mikrohabitat horietan. Loreak hegazti gehiago erakar ditzaketela ere aipatu zuten, baina haien emaitza orokorrean erakusten dute efektu horrek, halakorik bada, ez duela konpentsatzen baso landaketa horretan hautematen den ornogabeen biomasaren galera orokorra. Beste faktore garrantzitsu bat eukalpto-sailetan zulodun zuhaitz eta egur hil gutxi egotea izan

daiteke. Hirugarren Oihan Inventario Nazionalaren arabera, eukalptoak zutikako zur bizi gehien baina hildako zur gutxien duten basoen artean daude (7. Irudia). Egur hilo funtsezko elementua da baso-biodibertsitaterako <sup>99,100</sup>, eta, beraz, kantitate baxu horiek eragin negatiboa izan lezakete basoan.



**7. Irudia.** Espainiako basoetako zur biziaren bolumena (VCC, bolumena azalarekin) eta hildako egurraren bolumena (VMM). Eukalptoak hildako egurraren proportzio txikiena duen hirugarren zuhaitzi mota dira (Iturria, Baso Inventario Nazionala).

Bestalde, IHOBek EAEko hegazti arrunten jarraipen-programa bat ezarri zuen <sup>101</sup>. Programa horrek, eukalptoak eta beste hostozabal exotiko batzuk (adibidez, haritz amerikarrak) biltzen dituen arren, datu interesgarriak eskaintzen ditu. Horretarako, 500 m-ko luzera zuten 531 transektu egin zituzten 60 laginketa-unitatetan, eta atzemandako hegazti guztiak apuntatu zituzten. Landaketa exotikoak ziren, hiriguneen ondoren, hegazti-espezieen aberastasun txikiena zuten habitat-motak (41 eta 37 espezie, hurrenez hurren), baso autoktonoetan aurkitutako 63 espezieak baino askoz balio txikiagoak. Lan horretan ez zen alde nabarmenik aurkitu hegaztien aberastasun espezifikoan hostozabal exotikoen landaketen (batez ere eukalptoak) eta konifero exotikoen landaketen artean. Hegaztien ugaritasuna ere askoz txikiagoa zen landaketa exotikoetan baso naturalena baino (19,3 eta 30,3 hegazti/transektu, hurrenez hurren).

Bizkaian berriki egin den azterlan batean ikusi denez <sup>102</sup>, eukalptoetan (hiru lursail), hegazti askorentzako bazka garrantzitsua den beldarren dentsitatea landatzeko pinudiena baino txikiagoa zen (hiru lursail), eta bertako haritz-baso batena baino %73 txikiagoa. Horrek azal lezake, neurri batean, eukalptoepko hegaztien dibertsitate baxua. Ugalketari dagokionez, habia-kaxekin eta kaskabeltza arruntekin (*Parus major*) egindako esperimendu batean <sup>102</sup>, ez errute-data, ez arrautza-kopurua ez ziren aldatu eukalptoan eta beste baso-habitat mota batzuen artean; horrek iradokitzen du eukalpto-landaketetan hazteko kostuak ugalketa-aldiaren ondoren sortzen direla.

Bizkaian ere, baso-harrapari batekin egindako beste azterlan batean, zapelatz arruntarekin (*Buteo buteo*), ikertzaileek ikusi zuten hauek nahiago dutela habia



beste zuhaizti batzutan egin, ez eukalipto-sailetan <sup>103</sup>. Gainera, eukaliptoetan aurkitutako habia bakanak (61 habietatik 4) 40 urtetik gorako zuhaitz zaharretan zeuden. Antzeko zerbait gertatzen da Galizian, non aztoreek (*Accipiter gentilis*) nahiago baitituzte eukalipto handiak beren habiak kokatzeko <sup>104</sup>. Eukaliptoak oso gutxitan iristen dira adin horretara Euskal Herrian, eta, beraz, praktikan, eukalipto-sail gehienak ez lirateke egokiak izango tamaina handiko zuhaitz zaharrak behar dituzten baso-harraparien espezieak ugaltzeko.

Oro har, lan horiek erakusten dute euskal eukalptoek kalte egiten dietela hegaztien aberastasunari eta dibertsitateari, eta bertako baso-hegaztien azpimultzo pobretua besterik ez dutela babesten. Emaizak Galizian lursail asko konparatuz aurkitutakoen antzekoak dira <sup>84</sup>, bai eta Toledon, eukalptadi bat eta bi artelatzen-baso konparatuz <sup>105</sup>. Bereziki, eukalptoek gehiago eragiten diete basoetara gehien lotutako espezieei, bereziki zuhaitzen barrunbeak erabiltzen dituztenei <sup>84</sup>. Kantauriko itsasertz guztia aztertuta, ikusi da altitude txikiko basoek (batez ere, landaketek) ugal-garaian hegaztien ugaritasun eta dibertsitate txikia dutela, txikiena eukalipto-sailetan <sup>106</sup>. Nahiz eta baso horietako hegazti-kopurua pixka bat handitu neguan, hegazti migratzaileak eta altitude handiagoko hurbileko basoetatik jaisten diren banakoak iristen direnean, zenbakiek txikiak izaten jarraitzen dute, eta zientzialariek diotenez, Kantauriko landazabala bertan behera uztea eta eukalptoak zabaltzea dira Kantauri aldeko hegazti paseriformeen kontserbaziorako mehatxurik handienak <sup>106,107</sup>.

Ugaztunei dagokienez, ez dugu Euskal Herrirako informaziorik aurkitu; penintsulako beste eskualde batzuetan dagoena, berriz, hegaztien baina urriagoa da. Portugalgo Aveirotik hurbil dagoen kostaldeko eremu bati buruz argitaratutako datuek erakusten dute eukalptoak dela mikrougaztunen (karraskari eta satitsuak barne hartzen dituen taldea) dentsitate eta aberastasun gutxien duen habitata <sup>108</sup>. Hala ere, Lisboatik hurbil zegoen eremu batean egindako lan batek ez zuen alde nabarmenik aurkitu eukalpto en eta dehesaren arteko mikrougaztunen dentsitatean, dentsitate hori funtsean oihanpeko sastraken dentsitatearen ondorio baitzen <sup>109</sup>. Azken lan horretan, eukalptoaren eragin negatibo erakusten zuen espezie bakarra basa-sagua zen (*Apodemus sylvaticus*). Berrikiago, autore berek erakutsi dute <sup>110</sup> ezen, nahiz eta mikrougaztunen gorputz-egoerak (osasun-egoeraren adierazle bat) ez zuen desberdintasunik erakusten dehesaren eta eukalptoaren artean, azken horretan animaliek akain eta arkakusoen infestazio-tasa handiagoa zutela, eta horrek, autoreen iritziz, adierazeten du eragin negatiboa duela ugaztunen populazioetan. Oihanpearen estaldurak mikrougaztunen gainean duen garrantzia eukalptora mugatutako beste lan batean ere nabarmendu da <sup>111</sup>, eta horrek pentsarazten du haien kudeaketa-xehetasunek garrantzi handia dutela karraskari eta satitsuentzat <sup>109</sup>.

Patroiak oraindik ilunagoak dira karniboroentzat, seguruenik animalia horiek oso lurralde handiak erabiltzen dituztelako, non zaila baita landaredi mota bakarra egotea. Portugalgo erdigunean argazki-tranpekin egindako ikerketa batek <sup>112</sup> karniboroen artean alde handiak iradokitzen zituen espazioaren erabilpenari buruz. Azeriak pinudiak positiboki hautatzen zituen, lepatxuriak baso natural heldua positiboki hautatzen zuen eta eukalptoak ekiditen zituen, eta katajinetak, berriz, eukalptoak nahiago zituen eta baso helduak ekiditen zituen. Bestalde, Portugalen hegoaldeko aztarnen eta gorozkien inbentarioek iradokitzen dute



basakatua, azeria eta azkonarra mesedetu egiten direla eukalipto- edo pinu-estaldura handitu ahala <sup>113</sup>. Hala ere, azpimarratu behar da azken azterlan hori ia baso naturalik ez duen eremu batean egin zela, eta, beraz, landaketak izan daitezkeela baso-animalientzako babesgune bakarrak.

Lan gehienak talde zehatzen dibertsitateari erreparatzen dioten arren, da lan batek <sup>114</sup> zuhaixken, belarren, makroonddoen, lurzoruko artropodoen, intsektu hegalarien, hegaztien, mikrougaztunen, karniboroen eta saguzarren ugaritasuna, dibertsitatea eta konposizioa zehaztu zituen. Hariztiak, pinudiak, eukaliptoak eta akazia-basoak konparatu zituzten. Hariztiak ugariagoak eta dibertsoagoak ziren, eta gainerako zuhaizziek baino espezie bakan gehiago zituzten, batez ere eukalipto- eta akazia-sailek baino. Harizti eta akazia-sailetan antzeko emaitzak izan zituzten bizidun talde bakarrak onddo makroskopikoak eta karniboroak izan ziren.

## 5.6. Hidrologiaren gaineko eragina

Eukalipto batzuen produktibitate handia transpirazio-maila handiekin lotu izan da, hau da, ur-kontsumoarekin. Horrek kezka sortu du zuhaitz horiek izan dezaketen eragin hidrologikoengatik, bai Australian <sup>115</sup>, bai munduko beste eskualde batzuetan <sup>116</sup>, horiek maila freatikoa murriztu eta ibaien emaria murriztu bailezaketek <sup>11</sup>. Hidrologia-lan ugarik <sup>24,117,118</sup> frogatzen dute zuhaitzak landatzeak ibaien emaria murrizten duela ebapotranspirazioa handitzearen ondorioz, eta zuhaitz-mozketak, berriz, handitu egiten duela, nahiz eta erantzuna eskualde klimatikoaren eta baso-motaren arabera den <sup>119,120</sup>. Berrikuspen klasiko baten arabera, eukaliptoen eta pinudien eragina beste hostozabal-mota batzuen baino %60 handiagoa zen <sup>117</sup>; aldiz, landa-lana eta modelizazioa konbinatuz egindako mundu-mailako azterketa baten arabera <sup>121</sup>, eukalipto-landaketen inpaktu hidrologikoak pinu-landaketen baino handiagoak dira. Hala ere, arestian aipatu dugun moduan, baso-jardueren ondorio hidrologikoak eskualde klimatikoaren arabera dira <sup>24</sup>, eta ura mugatuagoa den eremuetako erantzuna nabarmenagoa da <sup>119</sup>. Horregatik, oso kontuz ibili behar da azterketa baten emaitzak beste eremu batzuetara estrapolatzerakoan. Europa-mailan, arroen erregimen hidrologikoan eragin handiena duten baso-motak hauek dira: konifero-sailak Europako ipar-mendebaldeko lurzoru ez oso drainatuetan, eta eukalipto-sailak Europako hegoaldean <sup>118</sup>.

Ez dugu aurkitu eukaliptoek Euskal Herrian dituzten ondorio hidrologikoei buruzko lanik, Oka ibaiaren arroaren modelizazio-azterketa batetik harantz, non aipatu egiten baitira, baina argi utzi gabe nola erabiltzen diren eukaliptoei buruzko datuak <sup>122</sup>, eta Joseba Santiagoren doktore-tesia <sup>123</sup>, UPV/EHUko Ibai-Ekologiako taldean egin, zeinak kapitulu batean deskribatzen baititu eukaliptadi baten mozketak ekarritako emari-aldaketak, baina ez moztu aurreko hazkunde-fasean gertatutako aldaketak.

Portugalen <sup>124</sup> eta Galizian <sup>125-127</sup> egindako lanen arabera, eukaliptoen mozketak, erreketak edo defoliazioak gorakada handia (%68-73 arte) eragiten dute arroetako ur-ekoizpenean, nahiz eta eragina laburra izan eta azkar

desagertzen den, zuhaitz hori azkar birsortzen delako. Portugalgo iparraldeko arro baterako klima-aldaketako agertokiak modelizazioak iradokitzen duenez, eukalipto-landaketek %17 murriztuko dituzte agorraldiko emariak, eta lurzoruen higadura eta uretako nitrato-kontzentrazioa handituko dituzte (balio oso handiko egunen %62 maizago) <sup>128</sup>. Ur-ekoizpena eta basogintza lotzen dituzten lan gehienak arro txikietan egin dira, baina Txilen 20.000 hektareatik gorako arroetan berriki egindako lan baten arabera, landaketen eragina asko handitzen da landatutako zuhaiztien (eukaliptoen edo intsigne-pinuen) eta baso naturalen arteko proportzioa handitu ahala (landatutako 10.000 hektareako urteko emaria %2,2-7,2 murrizten da) <sup>129</sup>.

## 5.7. Erreken gaineko eragina

Euskal Herriko eukaliptoei buruz gehien aztertu den alderdietako bat erreketan duten eragina da. Gai horretan, UPV/EHUko Ibai-Ekologiako Taldeak 30 urte baino gehiago daramatza lanean, eta dozenaka ikerketa-artikulu argitaratu ditu. Arrazoi askorengatik, oro har, baso-jarduerak eta, bereziki, eukalipto-landaketek eragina izan dezakete ibaie-ekosistemetan. Horiek inguruko arroaren mende daude erabat, eta, beraz, oso sentikorrak dira lurzoruen erabileren aldaketekiko, batez ere azalera handiei eragiten badiete <sup>130</sup>. Adibidez, landarediaren aldaketek eragina dute ura lurzoruen infiltratzeko ahalmenean, ebapotranspirazioan eta, zeharka, erreken emarien erregimenean <sup>131</sup>. Horrez gain, baso-jarduera asko pistak eta mendi-bideak irekitzearekin lotuta daude, eta horiek uraren zirkulazioa aldatzen dute arroetan eta higadura bizkortu <sup>132</sup>, ondorioz, sedimentu gehiago jalkiz ibilguetan. Gainera, erreketako komunitate biologikoen elikadura inguruko landareetatik datorren orbelean oinarritzen da neurri handi batean; beraz, basoaren osaketa aldatzeak bizidunentzat eskuragarri dagoen bazka-kantitateari eta -kalitateari eragiten dio <sup>133,134</sup>.

Aipatu dugun moduan, eukalipto-hostoek mantenugai gutxi dute, argizari-kutikula sendo batez estalita daude, onddoek erasotzea zailtzen duena <sup>135</sup>, eta mikrobioen eta herbiboroaren kontrako eragina duten olio esentzialak dituzte <sup>136</sup>. Hori guztia dela-eta, bazka pobrea da kontsumitzaileentzat, jatorrizko lekutik kanpo <sup>135</sup>. Hau hala da batez ere ornogabe handientzat, hosto horiek kontsumitzen dituztenean ezin baitute saihestu olio-guruinak irenstea <sup>137</sup>. Eraitza horiek berretsi egin dira euskal erreketako ornogabe ohikoenentzat, Ibai-Ekologia Taldeak egindako laborategiko esperimientuen bidez <sup>138</sup>.

Aguera ibaian (Bizkaia-Kantabria) baso autoktonoen azpiko erreka bat (hariztia) eta eukalipto-azpiko beste bat alderatuz egindako lanek erakutsi dutenez, azken horretara erortzen den orbela ez da hain ugaria, ez hain dibertsoa eta %44-66 mantenugai gutxiago ditu <sup>139,140</sup>; horrek eragina du ibiilguan metatzen diren materia organiko eta mantenugaien kantitatean <sup>141,142</sup>. Sarrera horiek aldatu egiten dira adinarekin eta basoaren kudeaketarekin. Matarrasek erreketarako materia organikoaren sarrerek asko murrizten dituzte, nahiz eta, lursail baten jarraipenaren arabera, murrizketa hori iragankorra izan eta ibaiertzeko basoa garatu ahala berreskuratzen den <sup>143</sup>. Matarrasen beste ondorio batzuk hauek dira: uraren kalitatea murriztea, tenperatura eta solido esekiak gehitzea, ornogabeen komunitateak murriztea, nahiz eta kolonizatzaileen hurbileko iturriak baldin

badira, azkar itzultzen den aurreko balioetara (eukalipto en ohiko balioetara) <sup>123</sup>. Aipatu dugun bezala, José Miguel Edesoren lanek <sup>59-62</sup> agerian utzi zuten Bizkaian pinudietako matarrasek eragindako higadura. Eukaliptoak maizago mozten direnez, pentsa daiteke horiek ere higadura eragingo dutela, eta inguruko erreketan sedimentu finen metaketa handitu egingo dela, nahiz eta alderdi hori ez den aztertu Euskal Herrian.

Orbel-sarrerez gain, baso autoktonoz inguratutako erreken eta eukalipto inguratutakoen arteko konparazioak alde handiak erakutsi ditu komunitate biologikoetan. Uretako onddo-komunitateak (hifomizetoak), mantenugaien birziklapenean funtsezko zeregina duten organismoak, ez dira oso desberdinak eukalipto en eta hariztien artean Agüera ibaian <sup>144-147</sup>, desberdintasunak handiagoak izanik Portugalgo erdialdean <sup>144-147</sup>. Eskualdeen arteko kontrastea klimaren desberdintasunen ondorio dela dirudi: Kantauriko itsasertza Portugalgo erdigunea baino hezeagoa da, eta horrek eukalipto-landaketetan eta, bereziki, erreken ertzetan, espezie autoktonoen oihanpe dibertsioagoa hazten laguntzen du; horren orbelak gutxitu egiten du uretako onddoetan nagusi diren zuhaitz-espezieak ordeztaren eragina. Hala ere, uretako ornogabeen komunitateek erakusten dute eukalipto-landaketek eragin nabarmena dutela euskal erreketan. Uretako ornogabeak hainbat intsektu, krustazeo eta beste organismo batzuk dira, eta garrantzi handia dute erreken bazka-sareetan. Eukalipto en azpian ornogabeen dentsitatea %23 txikiagoa da, dibertsitatea %11 txikiagoa, eta gorputzaren tamaina, %37 txikiagoa da; azken horrek iradokitzen nahi du hazkundera txikiagoa izan dela, eta espezie batzuen ugalketa arriskuan egon daitekeela <sup>151,152</sup>. Eukaliptoeko erreketan kalitate gutxiko orbelez elikatzen moldatutako espezieak dira nagusi, eta banakoen tamainak iradokitzen du baso autoktonoak baino hazkunde okerragoa dela <sup>151,152</sup>. Frogatu da, halaber, eukaliptoeko ornogabeen komunitateek berreskuratzeko-ahalmen txikiagoa dutela asalduren aurrean (lehortea), harizti edo pinudi azpiko komunitateek baino (mota bakoitzeko 3 ibai) <sup>153</sup>. Inpaktu horiek bat datoz Galizian aurkitutakoekin; izan ere, 16 ibai alderatzen dituen azterketa baten arabera, ibai-ornogabeen aberastasun espezifiko eta dibertsitatea murriztu egiten dira eukalipto en estalitako arroaren proportzioarekin <sup>154</sup>. Portugalen ere deskribatu izan da eukaliptoeko ibaiek arrain-komunitate pobretua dutela, nahiz eta efektua asko gutxitzen den ibaiertzeko basoak babesten dituzten ibaietan <sup>155</sup>. Ez dakigu desberdintasun horiek zenbateraino islatzen dituzten eukaliptoaren kalitate eskasak ibaietako ornogabeetan eragindako zeharkako ondorioak, edo, Australian deskribatu den bezala <sup>156,157</sup>, eukaliptoaren libiatuek zuzenean inhibi dezaketen arrainen ugalketa, baita Iberiar Penintsulan ere.

Komunitateetako aldaketek eragin handia dute ibai-ekosistemaren funtzionamenduan, batez ere orbela deskonposatzeko ahalmenean. Orbelaren deskonposizioa funtsezko prozesu ekologikoa da, berak mugatzen baitu mantenugaien birziklapena ekosisteman, bai eta bazka-sareetara sartzen energia kantitatea ere <sup>158,159</sup>. Eukalipto-orbela %50 polikiago deskonposatzen da haltz-hostoak baino, alegia, gure ibar-basoetako espezie nagusia baino, nahiz eta mantentzeko kutxutako erreketan bizkortzeko joera duen <sup>160</sup>, haltzarekiko aldeak murriztuz <sup>161</sup>. Hala ere, eukalipto en ondorioak orbelak ordeztetik haratago doaz; izan ere, eukaliptoeko eta bertako basoen azpikoen konparazioek erakusten dutenez, beste espezie batzuetako hostoen deskonposizio-tasa ere murrizten dute,

baita kontsumitzaileentzat erakargarrienak direnak ere (haritz-hostoak, %25 motelagoak, haltz hostoak, %58 motelagoak) <sup>162,163</sup>. Murrizketa horren iradokitzen duenez, ibai-ekosistemaren funtzionamendua asko aldatu da erreka horietan. Beste behin ere, aldeak nabarmenagoak dira Portugalgo erdigunean Kantauri aldean baino <sup>163,164</sup>, euri gutxiago egiten duelako, seguruenik. Nolanahi ere, eukalipto en landaketek orbelaren deskonposizioan duten eragina mundu osoan hautematen da, eta batez beste %23 murrizten da <sup>165</sup>.

Eukalipto en efektuen zein zati zor zaien orbel-sarbideei argitu nahirik, Ibai Ekologiako Taldeak aurrekaririk gabeko landa-esperimentu BACI bat egin zuen. Esperimentu horretan, baso autoktonoaren azpian dauden bi erreketara egindako orbel-sarrerak manipulatu zituen, halako moldez, non tarte batzuk harizti-orbela eta beste batzuk eukaliptadikoa jaso baitzuten. Hariztiko orbelaren orde z eukaliptadikoa jasotzeak orbelaren deskonposizioa moteldu zuen <sup>166</sup>, baina eukalipto-hostoak lodiak eta ez oso mugigarriak direnez, luzaroago irauten zuten tartean, eta azkenerako hostoerorkorrak bezala erabiltzen ziren <sup>167</sup>. Hala ere, eukaliptoaren orbelak %20 murriztu zuen ornogabeen dibertsitatea, %37 haien ugaritasuna eta %50 biomasa <sup>168</sup>, eta horrek ondorio garrantzitsuak izan ditzake beste maila trofiko batzuetan eta ekosistemaren funtzionamenduan. Alegia, eukalipto en landaketek hidrologian, higaduran eta abarretan izan ditzaketen ondorioez gain, sortzen duten orbelak eragin handia du euskal erreketako komunitate biologikoetan.

Euskal Herriko eukalipto-sailak ere ibilguetan egur hil gutxiago izatearekin lotuta daude <sup>169</sup>. Egur hila oso osagai garrantzitsua da erreketan, ibilguaren forma kontrolatzen duelako, habitaten ugaritasuna handitu eta materia organikoa atxikitzen duelako <sup>170</sup>, arrainei eta beste bizidunei babesa ematen dielako eta ekosistemaren funtzionamendua bultzatzen duelako <sup>171</sup>. Ibai Ekologia Taldeak zehatz aztertu ditu egur hilak ibilguetan dituen eragin ekologikoak, nahiz eta ez mugatu eukaliptoetara. Landako BACI manipulazioen bidez erakutsi du egur hila ibilgutik erauzteak sedimentuak eta materia organikoa galtzea eragiten duela, bai eta ibaiko habitata sinplifikatzea ere <sup>172</sup>. Aitzitik, hildako zura ibilguetara sartzeak materia organikoaren metaketa bultzatzen du <sup>173-175</sup>, atxikipen hidraulikoa eta mantenugaiena areagotu <sup>176</sup>, ornogabeen ugaritasuna handitu <sup>177</sup> eta errekek ematen dituzten zerbitzu ekosistemikoak areagotzen ditu <sup>178</sup>. Eukaliptopeko erreketako egur hilaren eskasiak eragin handia du bertan ematen den karbono-fluxuan, bizidunek gutxiago erabiltzen dutena murriztuz <sup>179</sup>.

Ikus dezakegunez, eukalipto-landaketek nabarmen eragiten diete euskal erreketan neurtu diren aldagai gehienei, nahiz eta Portugalen berriki egindako lanen batek iradokitzen duen ziurtagiria duten eukaliptikoek biodibertsitate-osagai interesgarriak izan ditzaketela <sup>180</sup>. Inpaktuaren intentsitateari dagokionez, aztertzen den aldagaiaren eta eskualde geografikoaren arabera da. Hiri- edo industria-kutsadurak baino eragin txikiagoa dute eukaliptoek, baina pinudiek baino handiagoa <sup>181</sup>. Hala ere, erreken iturburuetan kontzentratzen direnez, alegia, beste giza jarduerak gutxien eraldatutako erreketan, biodibertsitatean izan dezaketen eragin metatua nabarmena izan daiteke.

## 5.8. Suteen erregimenaren gaineko eta suteen ondorioen gaineko eragina

Ez dugu ezagutzen eukalptoek Euskal Herrian edo inguruetan gertatzen diren suteen erregimenean duten eragina ebaluatzen duen lanik. Esan bezala, eukalpto-espezie asko sutara moldatuta daude, eta *E. globulus*-ek gaitasun handia du suteen ostean zuhaitz-ondoetatik kimuberritzeko <sup>182,183</sup>. Gainera, Portugalen eukalptoak erretako sailak kolonizatze gaitasun handia du, batez ere eskualde emankorrenetan <sup>184</sup>, eta horien ingurumen-ezaugarriak Euskal Herrikoen antzekoak dira.

Gertatutako suteen azterketak erakusten du pinu- edo eukalpto-sailak maizago erretzen direla baso naturalak baino, bai Espainian <sup>185-187</sup> bai Portugalen <sup>188,189</sup>; izan ere, Portugalen, landaketa horien %3-4 erretzen dira urtero <sup>190</sup>. Hain zuzen, Europako adituek uste dute eukalptoak oso baso sukoiak direla <sup>191</sup>, nahiz eta beste formazio batzuk, hala nola sastrakadiak, suteak izateko joera are handiagoa duten <sup>188</sup>. *E. globulus*-en sukoitasuna eta berotze-ahalmena erdi-mailakoa eta *P. pinaster*-ena baino txikiagoa den arren <sup>192</sup>, haren azalak joera du sua beste material batzuetara zabaltzeko <sup>193</sup>.

Hala ere, sute-arriskua ez da soilik landarediaren ezaugarrien araberakoa, konnotazio sozial handiak baititu. Adibidez, baso-suteak askoz ugariagoak dira Kantabrian Euskal Herrian baino, nahiz eta antzeko klima eta landaredia izan. Portugalen denborazko serieak aztertuta, bai suteenak zen landaredienak, ikusi da eukalptoaren hedapenak ez duela erretako azalera handitu, eta eukalpto-suteak ez dira beste landare-mota batzuetakoak baino gogorragoak <sup>194</sup>. Galizian ere badirudi, neurri handi batean, faktore sozio-ekonomikoek erabakitzen dutela suteen probabilitatea, hala nola eukalpto-zuraren prezioak, lehen sektoreko biztanleriak edo hauteskunde-garairik dagoen ala ez <sup>195</sup>. Gainera, landarediaren eraginak garrantzia galtzen du sute handietan <sup>196</sup>. Sute horiek paisaia-mailako aldagaien mende daude, hala nola lurzati sukoien arteko konektibitatearen mende <sup>197</sup>. Hori guztia dela eta, oso zaila da eukalptoek Euskal Herriko baso-suteetan duten eragina ebaluatzea.

Prebalentzia eta maiztasuna edozein direla ere, suteek solutuen eta sedimentuen esportazioa areagotzen dute, eta horrek eragin negatiboa izan dezake ibai eta urtegietako ur-horniduran <sup>198</sup>. Gainera, Portugalen egindako lanek <sup>199</sup> erakutsi dute suteen ondoren geratzen den errautsa, bai pinudikoa bai eukalptoarena, toxikoa dela uretako organismoentzat, nahiz eta haren ondorioak basoaren araberakoak izan <sup>200</sup>. Suteek elementu toxikoen kontzentrazioa ere handitzen dute, hala nola berunarena lurzoruetan, hala eukalptoena nola pinudiena <sup>201</sup>, eta merkurioa bi aldiz gehiago mobilizatzen da eukalptodietan <sup>202</sup>. Horrez gain, Galizian egindako ikerketen arabera, suteek eukalpto-landareen biziraupena 40 aldiz baino gehiago bultzatzen dute, eta genero horren inbaditzaile izateko gaitasuna areagotzen dute <sup>203</sup>.

## 5.9. Beroketa globalaren gaineko eragina

Basoak materia organiko gehien metatzen duten ekosistemen artean daude, eta, beraz, zeregin garrantzitsua izan dezakete beroketa globalaren aurkako borrokan, karbono-hustubide gisa <sup>204</sup>. Hedabideetan hainbat berri agertu dira, eta eukalipto en hazkunde azkarra dela eta, garrantzi handia ematen diete espezie horietako basoei klima-aldaketaren aurkako borrokan. Baina errealitatea konplexuagoa da. Alde batetik, basoetako karbono organikoaren zati handi bat ez da zurean metatzen, orbel-, eta humus-forman baizik <sup>205</sup>; beraz, gaiaren azterketa zorrotz batek osagai horiek ere kuantifikatzea eskatzen du, eta lurraren kudeaketak nola eragiten dien ere bai <sup>206,207</sup>. Bestalde, karbonoaren finkapenaren eragina, jakina, zurean azken xedearen arabera da. Basoak modu intentsiboan ustiatzen direnean, egur hilik edo zuhaitz heldurik utzi gabe, ateratako zurean azken erabilerak eragiten du karbono-emisioetan. Gainera, basoek berotze globalean duten eragina aldagai gehiagoren mende dago. Berriki egindako azterlan baten arabera <sup>208</sup>, Europan basoberritzeak, 1850az geroztik nekazaritza-lurrak 386.000 km<sup>2</sup> zuhaitzi bihurtu arren, ez du berotze globala arindu, metatutako karbonoa ez ezik, lurzoruen erreflektibitate-aldaketak ere kontuan hartzen badira, hautatutako baso-espezieen ondorioz. Izan ere, azken ikerketek frogatzen dutenez, kontrakoa uste bazer ere, baso helduak karbono-hustubide garrantzitsuak dira <sup>209</sup>. Azterketa horien bidez proposatu da berotze globalari aurre egiteko baso-estrategia onena ez dela baso-azalera handitzea, baizik eta baso oso helduen azalera sustatzea <sup>210,211</sup>.

Eukalipto en kasuan, zuhaitz horien produktibitate handiak, printzipioz, zeregin garrantzitsua emango lieke karbono-hustubide gisa, baina, hala ere, aplikatzen zaien kudeaketa-motak paper hori murrizteko joera du: maiz egiten diren mozketek lurzoru-galera bultzatzen dute eta materia organikoaren degradazioa handitzen dute; zura, berriz, paperera bideratzen da, bizi-ziklo laburrenako baso-produktuetako batera. Biomasa-instalazioetan mozketahondarrak (adarrak, azalak eta orbela) erabiltzeko egungo joerak ere gehiago murrizten du landaketa horien karbono-hustulekuen efektua, nahiz eta beste energia-iturri ez-berriztagarri batzuen erabilera konpentsa dezakeen <sup>212</sup>. Beraz, eukalipto-landaketek berotze globalean duten eragina faktore askoren mende dago, hala nola klimaren, baso-kudeaketaren eta merkatuaren mende <sup>37,213,214</sup>, bai baso-produktuen, bai energia-alternatiben, bai erabiltzen diren kontabilitate-metodoen mende <sup>215,216</sup>.

Euskal Herriari dagokionez, Neiker-ek Eusko Jaurlaritzarentzat egindako lan batek <sup>26</sup> Euskal Herriko basoek karbono-hustubide gisa duten zeregina ebaluatu zuen. Horren arabera, Euskal Herrian biomasan %52 karbono gehiago finkatzeko eta baso-lurzoruetan karbonoa %70 handitzeko ahalmena dago, bereziki pinudietan eta eukaliptoetan. Horretarako, gure basoen kudeaketa-eredua aldatu beharko litzateke. Berriki, Gipuzkoako Foru Aldundiak egindako lan batek <sup>217</sup>, neurri batean Neiker-en datuetan oinarrituta, ondorioztatu zuen Gipuzkoako baso-biomasaren izakinak %54 eta %207 bitartean igo zitezkeela; lurzoruen materia organikoa, berriz, %249ra arte igo liteke. Horretarako, bertako espezieak eta basoen heldutasuna bultzatu beharko lirateke. Txosten horretan, eukaliptoak karbono gutxien metatzen duten basoetako bat dira. Ildo beretik, modelizazio-azterlan batek <sup>218</sup> iradokitzen duenez, pinudiak eukaliptoz ordezkatzuz gero,

Bizkaian karbono gutxiago bahituko litzateke, eta bertako basoz ordezkatzuz gero, berriz, gehiago. Lan horiek modelizazio-osagai handia eta, ondorioz, ziurgabetasun handia duten arren, guztiek iradokitzen dute eukalipto-landaketek ez dutela murriztuko berotze globalaren arazoa, larriagotu egingo dutela agian.

Ez ditugu aztertu eukaliptoek Iberiar Penintsulako beste eskualde batzuetan berotze globalean duten eraginari buruzko lanak, goian aipatutako ziurgabetasun-maila handia dela eta.

## 6. Balorazioa

### 6.1. Informazio eskuragarriaren kantitate eta kalitatea

Oro har, eukalptoek Euskal Herriko ingurumenean dituzten eraginei buruzko erreferentziek arlo ugari ukitzen dituzte, nahiz eta haien ebidentzia-maila nahiko irregularra den eta ia landu ez diren kontuak ere geratzen diren.

Alde batetik, lurzoruak kapital natural gisa duen garrantzia dela eta, harrigarria da hain lan gutxi aztertu izana eukalptoek Euskal Herriko lurzoruen kantitatean eta kalitatean duten eragina, aldagai horiek espezie bakoitzaren ekoizpen-zikloan zehar nola aldatzen diren, eta tokiko baldintzatzen, hala nola maldak edo substratu geologikoak, nola eragiten duten haien gainean. Era berean, une kritikoetan gertatzen diren lurzoru-galerei buruzko azterlanak falta dira, hala nola mozketak eta suteak gertatzen direnean, bai eta landaketen ondorio hidrologikoei buruzkoak. Azterketa horiek funtsezkoak dira klima-aldaketaren aurreikuspenak eta baliabide hidrikoen garrantzia kontuan hartuta. Eukalptoek landaketen biodibertsitatearen osagai batzuetan (landaredia, mikromamiferoak, narrastiak edo lurrekoak ez diren lehorreko ornogabeak) dituzten ondorioei buruzko ia informaziorik ez dago.

Hala ere, badira Iberiar Penintsulako beste eskualde batzuetan egindako azterlanak, Euskal Herriaren antzeko ingurumen-ezaugarriak dituztenak eta, beraz, tokiko informazioa osatzeko aukera ematen dutenak; beraz, oro har, eukalptoek ingurumen-ondorioak ebaluatzeko adinako ebidentzia-maila badago. Argitaratutako lanen kopurua garrantzitsua da, edozein azterketa zientifikok faltsu positiboak zein negatiboak sortzeko arriskua baitu (5. Leihoa). Horregatik, dagoen ebidentzia guztia kontuan hartu behar da, bai efektu bat erakusten duten lanena, bai kontrako efektua erakusten dutenena.

Aurkitutako lanak hainbat ikuspegitako aldizkari askotan argitaratuak dira: biodibertsitatearen kontserbazioarekin, hidrologiarekin, edafologiarekin, basokudeaketarekin eta abarrekin zerikusia duten aldizkariak. Horrek iradokitzen du lortutako informazioak eukalptoek natura-ondarean dituzten ondorioen azterketa sakona islatzen duela, azterketa zabala dela eta hainbat esparrutako aktoreek parte hartu dutela. Hori dela eta, uste dugu lortutako informazioak ikuspegi orekatua eskaintzend duela eukalpto-landaketen ingurumen-ondorioei buruz.

## 5. Leihoa

### Ingurumen-eragina eta ebidentzia zientifikoa

Hasieran esan dugun bezala, argitalpen zientifikoek, funtsean txosten honetan erabili ditugunak, berdinen berrikuspen prozedura estandarizatua jarraitzen dute, eta, horrerik esker, kalitate eta inpartzialtasun berme batzuk dituzte, beste azterketek ez dituztenak. Hala ere, edozein lan zientifikoren ondorioek, ondo planteatuta eta gauzatuta egon arren, mugak dituzte. Ingurumen-inpaktuei dagokienez, ezin da inoiz baztertu atzemandakoak baino inpaktu gehiago dagoenik, beti baita posible eragina izan daitekeen aldagairen bat aztertu ez izana.



Horrez gain, azterketa zientifiko enpirikoen emaitzak teknika estatistikoen bidez aztertzen dira, eta teknika horiek bi akats moten menpe dira: **positibo faltsuak** eta **negatibo faltsuak**. Demagun eukalipto-landaketek ez dutela aldagai baten ganean eraginik (adibidez, lurzorua-ren pH-a), baina azterlan batek kontrakoa ondorioztatzen duela: hori positibo faltsua litzateke. Negatibo faltsua alderantzizko kasua litzateke, non landaketek eragina baitute aldagai horretan, baina azterlan batek, akatsez, ondorioztatuko luke ez dutela halakorik egiten. Ikasketak diseinatzeko modua-ren arabera, zientzia-argitalpenetan ia beti agertzen da positibo faltsuak izateko aukera, baina gutxitan izaten da negatibo faltsuak gertatzekoa. Oro har, emaitza bat estatistikoki esanguratsua dela jotzeko, positibo faltsuen probabilitatea (estatistikoek  $\alpha$  edo **esangarritasun estatistikoa** deritzena) 0,05 izan ohi da gehienez. Horrek esan nahi du probabilitate hori erabiltzen duten 20 lanetatik batean positibo faltsua egongo dela. Negatibo faltsuak egiteko probabilitatea nekezagoa da lan zientifiko gehienetan argitaratutako datuetatik abiatuta kalkulatzeko.

Beste gai garrantzitsu bat da **esanahi estatistikoa efektua-ren tamainatik** bereiztea. Emaitza bat estatistikoki esanguratsua izateak ez du esan nahi behatutako efektua-ren tamaina handia denik, ezta haren ondorioak ekologikoki garrantzitsuak direnik ere. Adibidez, lagin kopuru handi batean oinarritutako azterketa batek ondoriozta lezake eukaliptoak lurzorua-ren materia organikoaren kantitatea %0,01 murriztearekin lotuta daudela. Behaketa hori estatistikoki esangarria izan daiteke, baina ekologikoki ez du garrantzirik; izan ere, dakigunez, hain aldaketa txikiak ez dute ondorio biologiko neurgarririk eragiten. Azken ikuspuntu horretatik, kezkarriagoa litzateke lan batek adieraziko balu eukalipto en azpian materia organikoaren kantitatea %90 txikiagoa dela, nahiz eta esangarritasun estatistikoa-ren maila hain handia ez izan.

Hala, bada, ikerketa zientifikoaren emaitzak ikuspegi estatistikoa batetik aztertu behar dira, kontuan hartuta beti dugula arriskua positibo faltsuetan zein negatibo faltsuetan erortzeko. Horretarako, garrantzitsua da ingelesek "cherry picking" esaten diotena saihestea, hau da, guk erakutsi nahi dugun ildoko lan gutxi batzuk aukeratzea. Aitzitik, eremu bateko lanen multzoak ematen duen ebidentzia osoa hartu behar dugu kontuan, pisu handiagoa emanez diseinu zorrotzagoa duten lanei, baina baztertu gabe espero gabekoe emaitzak edo gainerako lanen kontrakoak ematen dituztenak. Horixe da, hain zuzen ere, txosten honetarako jarraitu dugun bidea.

Azkenik, gizartearen ikuspegitik, positibo faltsuen eta negatibo faltsuen **ondorioak neurtu behar** ditugu. Kasu horretan, balorazioa ez da zuzenean zientifikoa, gizarteak ezarri beharko luke zer arrisku onartzen dituen eta zer zentzutan, gizartearentzako onargarriagoa den positibo faltsuetan edo negatibo faltsuetan erortzea. Irtenbidea ez da unibertsala, alderdi etikoen arabera-koa da, eta oso desberdina izan daiteke, adibidez, elikagai-koloratzaile bat baimentzeko, koloratzaile hori baino garestixeago den bat merktuan badago, edo kostu ekologikoa, ekonomikoa eta sozial handiagoko erabakietarako baino, adibidez, klima-aldaketa globalarekin zerikusia dutenetarako.

## 6.2. Eukaliptadien ingurumen-eragina

Multzo-irudi bat lortzeko, 1. Taulan erakusten dira aurkitutako bibliografiaren azterketaren emaitzak, eskualde geografikoaren (Euskal Herria edo Iberiar Penintsulako beste eremu batzuk) eta konparazio-motaren arabera (baso autoktonoaren edo beste baso-landaketa batzuen aurrean, batez ere pinuen aldean). Ez dugu sartu beste eremu geografiko batzuetako azterketarik, eukaliptoia espezie autoktonoa den eremuak saihesteko (adibidez, Australia) edo emaitzak ez direlako oso adierazgarriak, eskualde horien eta Euskal Herriaren arteko ingurumen-desberdintasunak direla eta.

**1. Taula.** Eukaliptuen ingurumen-eraginen laburpena Euskadiko Autonomi Erkidegoan eta Penintsula Iberiarreko beste lekuetan. Eukalipto-landaketetako datuak bertako basoetakoekin eta zuhaitz-landaketa exotikoekin alderatzen dira. Ikurren koloreak eraginaren norabidea adierazten du: ● hobekuntza handia, ● hobekuntza txikia, ● eraginik ez, ● okerkuntza txikia, ● okerkuntza handia, X emaitza nahasiak. Ikurren zenbakiak ikerlanen ebidentzia-maila adierazten du. Hiru ikurrek adierazten dute hainbat lan daudela, guztiek norabide bereko eraginak erakusten dituztenak. Bi ikurrek, lan bakarra dagoela, baina sail ugari konparatuz. Sinbolo bakarrek adierazten du ebidentzia lan bakarrean eta mota bakoitzeko sail bakarrean oinarritzen dela. Hobekuntza eta okerkuntza bioibertsitateari eta ekosistemen funtzionamendu naturalari dagokie, izan daitezkeen ondorio ekonomiko edo sozialak ez dira kontutan hartzen.

| Eremua/Aldagaia                 | EAE                           |                                | Penintsula                    |                                | Erreferentziak           |
|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
|                                 | Eukaliptoia<br>vs<br>bertakoa | Eukaliptoia<br>vs<br>landaketa | Eukaliptoia<br>vs<br>bertakoa | Eukaliptoia<br>vs<br>landaketa |                          |
| <b>Lurzorua</b>                 |                               |                                |                               |                                |                          |
| Materia organikoaren metaketa   | ● ●                           | ● ●                            | XX                            | XX                             | 26,37,38,40,41           |
| Hidrofobia                      |                               |                                | ● ● ●                         | ● ● ●                          | 27-31,33,34              |
| Aluminio kontzentrazioa         |                               |                                | ● ●                           | ● ●                            | 42                       |
| Eragin alelopatikoa             |                               |                                | ●                             | ●                              | 44                       |
| Mikrobio-komunitateak           |                               |                                | ● ●                           |                                | 46                       |
| Lurzoruaren emankortasuna       |                               |                                | ●                             | ●                              | 3,63                     |
| Lurreko fauna: kolenboloak      | ●                             | ●                              | ● ● ●                         |                                | 40,47,52                 |
| Lurreko fauna: oribatidoak      | ● ●                           | ● ●                            |                               |                                | 48-50                    |
| <b>Landaredia</b>               |                               |                                |                               |                                |                          |
| Lehorreko onddoen dibertsitatea |                               |                                | ● ●                           | ● ●                            | 114                      |
| Likenak                         |                               |                                | ●                             | ●                              | 83                       |
| Landareak                       | ●                             | XX                             | ● ● ●                         | ● ● ●                          | 79,80,84-86              |
| <b>Lehorreko ornodunak</b>      |                               |                                |                               |                                |                          |
| Anfibioak                       | ● ● ●                         | ● ● ●                          | ● ● ●                         | ●                              | 89,91-94                 |
| Hegaztiak                       | ● ● ●                         | ● ● ●                          | ● ● ●                         | ● ● ●                          | 84,96-98,102,103,106,107 |
| Mikrougaztunak                  |                               |                                | ● ● ●                         | ● ●                            | 108-111,114              |
| Karniboroak                     |                               |                                | XX                            | XX                             | 112,114                  |
| <b>Hidrologia</b>               |                               |                                |                               |                                |                          |
| Agorraldiko emaria              |                               |                                | ● ● ●                         | ● ● ●                          | 117,118,121,128          |
| Uholdeen emaria                 |                               |                                | ● ●                           | ● ●                            | 118                      |

| Erreakak                                   |       |       |       |       |                     |
|--------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
| Orbelaren kalitatea                        | ● ● ● | ● ●   | ● ● ● |       | 135,137,139,140,166 |
| Materia organiko eta mantenugaien metaketa | ● ● ● |       | ● ●   |       | 31,139-143,164      |
| Uretako onddoak                            | ● ● ● |       | ● ● ● |       | 144-150             |
| Uretako ornogabeak                         | ● ● ● | ●     | ● ● ● |       | 31,151-154,163,168  |
| Arrainak                                   |       |       | ● ●   |       | 155                 |
| Orbelaren deskonposizioa                   | ● ● ● |       | ● ● ● |       | 161-164,166-168     |
| Egur hila                                  | ● ●   | ● ●   |       |       | 169                 |
| Suteak                                     |       |       |       |       |                     |
| Sukoitasuna                                |       |       | ● ● ● | ● ● ● | 185-189,191,192     |
| Errauts toxikoak                           |       |       |       | ●     | 202                 |
| Beroketa globala                           |       |       |       |       |                     |
| Karbono metaketa lurzoruan                 | ● ●   | ● ●   |       |       | 26                  |
| Karbono-hustubidea                         | ● ● ● | ● ● ● |       |       | 217,218             |

Emaitzek argi eta sistematikoki adierazten dute eukalipto en ingurumen-eragin negatiboa. Aurkitutako emaitzak bildu ditugun ia 30 aldagaietatik, ia ez dago eukalptoek ingurumen-eragin positiborik duenik.

Zenbait eragin, hala nola lurzoruen materia organikoaren galera edo arroen hidrologiaren aldaketak, landaketa horiek ustiatzen diren intentsitatearen ondorio dira, eta neurri zuzentzaileen bidez murriztu daitezke. Hala ere, badirudi beste ingurumen-ondorio batzuek zerikusia dutela eukalptoaren orbelaren ezaugarri bereziekin edo landaketen egiturarekin.

Eukalptoaren azpiko lurzoruak iragazgaitzagoak edo hidrofoboagoak izan ohi dira, eta eukalptoaren orbelak substantzia aleopatikoak ditu, beste landare-espezie batzuen hazkuntza geldiarazten dutenak. Ziur aski, horrekin lotuta, lurzoruko mikrobio-komunitateei asko eragiten diela ikusi da, lurzoruko ornogabeen dibertsitatea murriztu egiten duela, eta lurreko onddoen, likenen eta landareen aniztasuna nabarmen murrizten duela. Lurreko ornodunei dagokienez, eukalptopean anfibioen ugaritasuna eta dibertsitatea murriztu egiten dira, ziurrenik eukalpto en lixibiatuen eragin zuzenen ondorioz. Eukalpto en hedapenak, beraz, Espezie Mehatxatuen Euskal Katalogoan dauden espezieei eragingo lieke. Hegaztien ugaritasuna eta dibertsitatea ere murriztu egiten da, segur aski janari eskasiaren eta zuhaitz heldu zein enbor-zulo gutxi izatearen ondorioz. Lurreko ugaztunei dagokienez, karraskarien eta satitsuen gaineko ondorio negatibo batzuk nabari dira, baina karniboroen gaineko eraginaren ebidentzia nahasia da. Litekeena da animalia horien bizi-eremu handiek <sup>219</sup> eragina izatea izatea ebidentzia nahasi hori, bizi-eremuok baso-unada gehienak baino handiagoak izanik, zaildu baita landarediaren eta karniboroen dentsitatearen edo dibertsitatearen arteko erlazioa atzematea.

Eukalpto-landaketek ere eragina dute erreketan aztertutako aldagai gehienetan. Eukalpto-orbela kalitate gutxiko eta mantenugai gutxiko bazka da, eta horrek eragina du onddoen, uretako ornogabeen eta arrainen ugaritasunean eta dibertsitatean, azertu diren lekuetan. Aldaketa horiek, era berean, eragina dute

ibai-ekosistemaren funtzionamenduan, kasu honetan iristen zaion orbela deskonposatzeko ahalmenean. Eukaliptopeko errekek ere egur hil gutxiago dute, eta horrek murriztu egiten du haien ibilguetako habitat fisikoaren kalitatea. Oro har, errekekiko inpaktuak nabarmenagoak dira Iberiar Penintsulako eremu lehorragoetan, Portugalgo erdialdean esaterako, Euskal Herrian baino, baina hemen ere garrantzitsuak dira.

Azkenik, nahiz eta basoetako suteek zein berotze globalaren aurkako borroka alderdi konplexuak izan, faktore biofisikoak ez baitira jokatzen duten bakarrak, badirudi bi eremuotan eukalipto-landaketek ez dutela arriskua murrizten, beste baso-alternatiba batzuen arriskuak areagotzen baizik.

Kaltetutako aldagaietatik gutxi batzuentzat, hala nola lurzoruko aluminio-kontzentrazioa edo lurreko onddoen dibertsitatea, eukalipto-landaketak pinu-landaketen parekoak edo ez hain kaltegarriak dirudite, baina eragina beti da negatiboa baso autoktonoekin alderatuz gero.

Taulan ere ikusten da, aldagai bati buruzko azterlanen kopurua handitu ahala, eragin negatiboen ebidentziak ere gora egiten duela, eta horrek iradokitzen du eukaliptoei, oro har, eragin nabarmena dutela ingurumenean. Horiek ez dira lurzoruaren beste erabilera batzuenak bezain gogorrak, hala nola industriarenak, baina, izan dezaketen hedadura espaziala dela eta, eragin orokor nabarmena izan dezakete. Gainera, kontuan hartu behar da eukaliptoen landaketak landa-eremuetan eta eremu urrunetan egiten ari direla; horiek dira biodibertsitate gehien mantendu dutenak, baina horiexek dira eukaliptoei gehien kaltetzen dituztenak.

Argitalpenek izan dezaketen alborapen edo isuriari dagokionez, hau da, emaitzak zentzu jakin batean dituzten lanak aiseago argitaratzeari dagokionez, ez dago arrazoirik kasu hori dela sinesteko, aztertutako aldizkariak hain ugariak izanik. Inpakturen bat erakusten duten lanak nagusi badira, inpaktuak nagusi direlako da. Zientzialariek eukalipto-landaketek biodibertsitatean, uraren kalitatean edo beste edozein ingurumen-alderditan onurak eragiten dituztela aurkituko balute, zalantzarik gabe, horrelako emaitzak argitaratzeko aldizkariak aurkituko lituzkete, baita ikerketak finantzatu nahiko lituzketen erakundeak ere. Aurkitu ez ditugunez, beste landaketa mota batzuetarako aurkitu ditugun bitartean <sup>220</sup>, iradokitzen du eukaliptoei ez dutela horrelako ingurumen-onurarik sortzen Iberiar Penintsulan, beste landaketa batzuekin eta baso naturalekin alderatuz gero behintzat.

Eskura dagoen informazioa ebaluatzeko eta emaitzak Euskal Herriaren etorkizunera estrapolatzeko, kontuan hartu behar dira alderdi espazialak eta denborazkoak. Espazioari dagokionez, espero izatekoa da eukaliptoen inpaktua handitu egingo dela zuhaitz-mota horiek estaltzen duten paisaiaren proportzioarekin. Eukalipto-unada txiki batek, beste ekosistema desberdin batzuek inguratuta, hala nola baso autoktonoez, kolonizatzaile-euria jasoko du azken horietatik, eta, beraz, haren dibertsitatea ez da hain pobrea izango. Hala ere, mota horretako lurzatiek ondorio negatiboak izan ditzakete inguruko baso-habitaten dibertsitatean, adibidez, tranpa ekologiko edo zenbait espeziaren hustubide demografiko gisa jokatuko balute. Hori da anfibioen kasua; ikusi dugunez, hauek habitat egoki gisa identifikatzen dituzte eukaliptoak, nahiz eta

eragin negatiboa izan. Beste aldagai batzuentzat, hala nola hidrologikoentzat, beste eskualde batzuetan ikusi da eukalipto en eragina handitu egiten dela lurzoruen okupazio-maila batetik aurrera <sup>129</sup>, eta hori ere Euskal Herrian gertatzea espero izatekoa da, nahiz eta ez dagoen nahikoa informazioz azaleraren eta gure kasuan izan ditzakeen ondorioen arteko erlazioa zehazteko.

Denboraren ikuspegitik, eukalipto en edo beste edozein jardueraren eragina aldatu egin daiteke denborak aurrera egin ahala. Eukalipto en kasuan, suposatzen dugu denborarekin, errotazio kopurua handitu ahala, inpaktuak handitu egingo direla. Adibidez, hasieran eukalptoak landatu diren lurzoruek iraganeko erabileren araberrako ezaugarriak izango ditu. Mozketa intentsiboko txandak egin ahala, litekeena da lurzoruko mantenu gaiak pixkanaka galdu eta emankortasuna galtzea. Era berean, epe luzera biodibertsitatearen gaineko eragina lehen edo bigarren belaunaldiko eukalptoetan hautemandakoak baino handiagoa izango da ziurrenik, denborarekin eukalptoetan ugaltzea lortzen ez duten espezieen hazibankua ahituko baita. Alde horretatik, gogoratu behar dugu giza jarduera orok ez duela berehala eragiten biodibertsitatean; aitzitik, desfasea gertatzen da jardueraren hasieraren eta biodibertsitatearen oreka-mailaren artean. Fenomeno horrek "iraungitze-zorra" sortzen du, hau da, biodibertsitate-mailak jaisten jarraitzen du giza jarduerak mantentzen direnean ere, bizirik irauteen duten espezieen arteko harreman biologikoak doitzen diren heinean <sup>221,222</sup>. Kontrako bidea, tokiko espezieak ingurune berrietan bizitzera moldatzea, bistan denez, existitzen da <sup>223</sup>, baina giza jardueren balantze orokorra espezieen biodibertsitatea gutxitzearena izan ohi da, eta espezie generalista jakin batzuei edo, batzuetan, inbasio biologikoei soilik lagunduz. Horien artean, izurrite exotikoak daude, landaketari berari eragiten diotenak, errentagarritasuna murriztuz <sup>15</sup>. Euskal Autonomia Erkidegoan eukalpto-sailak nahiko berriak direnez, litekeena da haien biodibertsitate-maila jaisten jarraitzea, eta are gehiago landaketa mota horiek hartzen duten azalera handitzen bada.

Finalmente, queremos recalcar que este informe sólo analiza los efectos ambientales de los eucaliptos, comparándolos con otras plantaciones forestales exóticas (pino insignie, en particular) y con bosques autóctonos. Hemos omitido cualquier consideración relativa al balance socioeconómico de los eucaliptales, que nunca fue objeto del encargo y que constituyen una disciplina de conocimiento al margen de la experiencia de los autores de este informe.

Azkenik, azpimarratu nahi dugu txosten honek eukalipto en ingurumen-ondorioak baino ez dituela aztertzen, beste zuhaitzi exotiko batzuekin (intsinis pinua, bereziki) eta baso autoktonoekin alderatuz. Eukalipto en balantze sozioekonomikoari buruzko gogoetarik ez dugu egin, ez baitzen inoiz enkarguaren xede izan, eta txosten honen egileen esperientziatik at dagoen jakintza-diziplina osatzen baitute.

## 7. Bibliografia. Letra lodian Web of Science delakoan jasotako lanak.

1. Raintree, J. B. The Great Eucalyptus Debate: What is it really all about. *Reports Submitt. to Reg. Expert Consult. Eucalyptus* RAP Public, 277 (1996).
2. Poore, M. E. D. & Fries, C. *Efectos ecológicos de los eucaliptos. Estudio FAO Montes* (1987).
3. FAO. *Proceedings. Regional expert consultation on eucalyptus. FAO Regional Office for Asia and the Pacific. RAPA 1995/6 I*, (1995).
4. FAO. *Annotated bibliography on environmental, social and economic impacts of eucalyptus. Compilation from English, French and Spanish literature between 1985-1994.* (2003).
5. Ladiges, P. Y., Udovicic, F. & Nelson, G. Australian biogeographical connections and the phylogeny of large genera in the plant family Myrtaceae. *J. Biogeogr.* 30, 989–998 (2003).
6. Gandolfo, M. A. *et al.* Oldest known eucalyptus macrofossils are from South America. *PLoS One* 6, (2011).
7. Booth, T. H. Going nowhere fast: A review of seed dispersal in eucalypts. *Aust. J. Bot.* 65, 401–410 (2017).
8. Tibbits, W. N. & Reid, J. B. Frost resistance in *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden: genetic and seasonal aspects of variation. *Aust. For. Res.* 17, 29–47 (1987).
9. Tibbits, W. N. & Reid, J. B. Frost resistance in *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden: Physiological aspects of hardiness. *Aust. J. Bot.* 35, 235–250 (1987).
10. Tng, D. Y. P., Williamson, G. J., Jordan, G. J. & Bowman, D. M. J. S. Giant eucalypts - globally unique fire-adapted rain-forest trees? *New Phytol.* 196, 1001–1014 (2012).
11. Whitehead, D. & Beadle, C. L. Physiological regulation of productivity and water use in *Eucalyptus*: A review. *For. Ecol. Manage.* 193, 113–140 (2004).
12. Jurskis, V. Eucalypt decline in Australia, and a general concept of tree decline and dieback. *For. Ecol. Manage.* 215, 1–20 (2005).
13. Wingfield, M. J., Brockerhoff, E. G., Wingfield, B. D. & Slippers, B. Planted forest health: The need for a global strategy. *Science (80-. )*. 349, 832–836 (2015).
14. Turnbull, J. W. Eucalypt plantations. *New For.* 17, 37–52 (1999).
15. Wingfield, M. J. *et al.* Eucalypt pests and diseases: Growing threats to plantation productivity. *South. For.* 70, 139–144 (2008).
16. Branco, M., Bragança, H., Sousa, E. & Phillips, A. J. L. Pests and diseases in Portuguese forestry: current and new threats. in *Forest context and policies in Portugal. Present and future challenges* (ed. Reboredo, F.) 117–154 (Springer, 2014).
17. Reis, A. R., Ferreira, L., Tomé, M., Araujo, C. & Branco, M. Efficiency of biological control of *Gonipterus platensis* (Coleoptera: Curculionidae) by *Anaphes nitens* (Hymenoptera: Mymaridae) in cold areas of the Iberian Peninsula: Implications for defoliation and wood production in *Eucalyptus globulus*. *For. Ecol. Manage.* 270, 216–222 (2012).
18. FAO. *El eucalipto en la repoblación forestal. Estudios de silvicultura y productos forestales No 11.* (1981).
19. Veiras, X. & Soto, M. A. *La conflictividad de las plantaciones de eucalipto en España (y Portugal).* (2011).
20. BOPV. Orden de 18 de junio de 2013, de la Consejera de Medio Ambiente y Política Territorial, por la que se modifica el Catálogo Vasco de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre y Marina. (BOPV, 2013).
21. CEE. Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. (1992).
22. Bennett, L. T. & Adams, M. A. Assessment of ecological effects due to forest harvesting: Approaches and statistical issues. *J. Appl. Ecol.* 41, 585–598 (2004).
23. Underwood, A. J. Beyond BACI - Experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 42, 569–587 (1991).
24. Farley, K. A., Jobbagy, E. G., Jackson, R. B., Jobbágy, E. G. & Jackson, R. B. Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy. *Glob. Chang. Biol.* 11, 1565–1576 (2005).
25. HAZI. *El bosque vasco en cifras 2018. Informe de HAZI Fundazioa sobre el inventario forestal del País Vasco.* (2018).
26. Artetxe, A., Del Hierro, O., Gartzia, N., Pinto, M. & Arias, A. *Sumideros de carbono de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Capacidad de secuestro y medidas para su promoción.* (2014). doi:10.13140/2.1.3379.9367
27. Doerr, S. H., Shakesby, R. A. & Walsh, R. P. D. Soil hydrophobicity variations with depth

- and particle size fraction in burned and unburned *Eucalyptus globulus* and *Pinus pinaster* forest terrain in the Agueda Basin, Portugal. *Catena* 27, 25–47 (1996).
28. Ferreira, A. J. D. *et al.* Hydrological implications of soil water-repellency in *Eucalyptus globulus* forests, north-central Portugal. *J. Hydrol.* 231–232, 165–177 (2000).
  29. Doerr, S. H. & Thomas, A. D. The role of soil moisture in controlling water repellency: New evidence from forest soils in Portugal. *J. Hydrol.* 231–232, 134–147 (2000).
  30. Doerr, S. H., Shakesby, R. A. & Walsh, R. P. D. Spatial variability of soil hydrophobicity in fire-prone eucalyptus and pine forests, Portugal. *Soil Sci.* 1634, 313–324 (1998).
  31. Abelho, M. & Graca, M. A. S. Effects of eucalyptus afforestation on leaf litter dynamics and macroinvertebrate community structure of streams in central Portugal. *Hydrobiologia* 324, 195–204 (1996).
  32. Doerr, S. H., Shakesby, R. A. & Walsh, R. P. D. Soil water repellency: Its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth Sci. Rev.* 51, 33–65 (2000).
  33. Rodríguez-Alleres, M., Benito, E. & de Blas, E. Extent and persistence of water repellency in north-western Spanish soils. *Hydrol. Process.* 21, 2291–2299 (2007).
  34. Zavala, L. M., García-Moreno, J., Gordillo-Rivero, Á. J., Jordán, A. & Mataix-Solera, J. Natural soil water repellency in different types of Mediterranean woodlands. *Geoderma* 226–227, 170–178 (2014).
  35. Fernández, S., Marquín, J. & Menéndez Duarte, R. A susceptibility model for post wildfire soil erosion in a temperate oceanic mountain area of Spain. *Catena* 61, 256–272 (2005).
  36. Johnson, D. W. & Curtis, P. S. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *For. Ecol. Manage.* 140, 227–238 (2001).
  37. Pérez-Cruzado, C., Merino, A. & Rodríguez-Soalleiro, R. A management tool for estimating bioenergy production and carbon sequestration in *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* grown as short rotation woody crops in north-west Spain. *Biomass and Bioenergy* 35, 2839–2851 (2011).
  38. Rodríguez-Murillo, J. C. Organic carbon content under different types of land use and soil in peninsular Spain. *Biol. Fertil. Soils* 33, 53–61 (2001).
  39. Pérez-Cruzado, C., Mohren, G. M. J., Merino, A. & Rodríguez-Soalleiro, R. Carbon balance for different management practices for fast growing tree species planted on former pastureland in southern Europe: A case study using the CO2Fix model. *Eur. J. For. Res.* 131, 1695–1716 (2012).
  40. Barrocas, H. M., Da Gama, M. M., Sousa, J. P. & Ferreira, C. S. Impact of reafforestation with *Eucalyptus globulus* Labill. on the edaphic collembolan fauna of Serra de Monchique (Algarve, Portugal). *Misc. Zool.* 21, 9–23 (1998).
  41. Zancada, M. C., Almendros, G. & Jiménez Ballesta, R. Humus quality after eucalypt reforestation in Asturias (Northern Spain). *Sci. Total Environ.* 313, 245–258 (2003).
  42. Álvarez, E., Monterroso, C. & Fernández Marcos, M. L. Aluminium fractionation in Galician (NW Spain) forest soils as related to vegetation and parent material. *For. Ecol. Manage.* 166, 193–206 (2002).
  43. Martins, C. *et al.* Effects of essential oils from *Eucalyptus globulus* leaves on soil organisms involved in leaf degradation. *PLoS One* 8, (2013).
  44. Souto, X. C., Bolaño, J. C., González, L. & Reigosa, M. J. Allelopathic effects of tree species on some soil microbial population and herbaceous plants. *Biol. Plant.* 44, 269–275 (2001).
  45. Puig, C. G., Álvarez-Iglesias, L., Reigosa, M. J. & Pedrol, N. *Eucalyptus globulus* leaves incorporated as green manure for weed control in maize. *Weed Sci.* 61, 154–161 (2013).
  46. Lombao, A. *et al.* Changes in soil properties after a wildfire in Fragas do Eume Natural Park (Galicia, NW Spain). *Catena* 135, 409–418 (2015).
  47. Pozo, J. Ecological factors affecting collembola populations. Ordination of communities. *Rev. d'Écologie Biol. du Sol* 23, 299–311 (1986).
  48. Iturrondobeitia, J. C. & Saloña, M. Estudio de las comunidades de oribátidos (Acari, Oribatei) de varios ecosistemas de Vizcaya y una zona próxima. 2. Distribución de abundancias y diversidad específica. *Rev. d'Écologie Biol. du Sol* 27, 113–133 (1990).
  49. Iturrondobeitia, J. C. & Saloña, M. Estudio de las comunidades de oribátidos (Acari, Oribatei) de varios ecosistemas de Vizcaya y una zona próxima. 4. Relación entre fauna y factores del suelo. *Rev. d'Écologie Biol. du Sol* 28, 443–459 (1991).

50. Saloña, M. & Iturrondobeitia, J. C. A comparative study of the soil mite communities (Acari) of wooded and unwooded areas in the Basque Country, Northern Spain. in *Ecological effects of afforestation. Studies in the history and ecology of afforestation in Western Europe* (ed. Watkins, C.) 153–163 (CAB International, 1993).
51. del Campo, C. A. & Iturrondobeitia, J. C. Sinecología de la comunidad oribatidológica (Acarida, Oribatida) de un eucaliptal vizcaino. *Kobie XIV*, 325–340 (1984).
52. Sousa, J. P., Gama, M. M., Ferreira, C. & Barrocas, H. Effect of eucalyptus plantations on Collembola communities in Portugal: a review. *Belgian J. Entomol.* 2, 187–201 (2000).
53. Rajapaksha, N. S. S., Butt, K. R., Vanguelova, E. I. & Moffat, A. J. Earthworm selection of short rotation forestry leaf litter assessed through preference testing and direct observation. *Soil Biol. Biochem.* 67, 12–19 (2013).
54. Rajapaksha, N. S. S., Butt, K. R., Vanguelova, E. I. & Moffat, A. J. Short rotation forestry - Earthworm interactions: A field based mesocosm experiment. *Appl. Soil Ecol.* 76, 52–59 (2014).
55. Rajapaksha, N. S. S., Butt, K. R., Vanguelova, E. I. & Moffat, A. J. Effects of short rotation forestry on earthworm community development in the UK. *For. Ecol. Manage.* 309, 96–104 (2013).
56. Likens, G. E., Bormann, F. H., Johnson, N. M., Fisher, D. W. & Pierce, R. S. Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in the Hubbard Brook watershed ecosystem. *Ecol. Monogr.* 40, 880–904 (1970).
57. Croke, J. C. & Hairsine, P. B. Sediment delivery in managed forests: A review. *Environ. Rev.* 14, 59–87 (2006).
58. Beschta, R. L. Long-term patterns of sediment production following road construction and logging in the Oregon Coast Range. *Water Resour. Res.* 14, 1011–1016 (1978).
59. Merino, A., Edeso, J. M., Gonzalez, M. J. & Marauri, P. Soil properties in a hilly area following different harvesting management practices. *For. Ecol. Manage.* 103, 235–246 (1998).
60. Edeso, J. M., Merino, A., Gonzalez, M. J. & Marauri, P. Soil erosion under different harvesting managements in steep forestlands from northern Spain. *L. Degrad. Dev.* 10, 79–88 (1999).
61. Merino, A. & Edeso, J. M. Soil fertility rehabilitation in young *Pinus radiata* D. Don. plantations from northern Spain after intensive site preparation. *For. Ecol. Manage.* 116, 83–91 (1999).
62. Mateos, E., Edeso, M. & Ormaetxea, L. Soil erosion and forests biomass as energy resource in the basin of the Oka River in Biscay, Northern Spain. *Forests* 8, 1–20 (2017).
63. Merino, A., Balboa, M. A., Rodríguez Soalleiro, R. & González, J. G. Á. Nutrient exports under different harvesting regimes in fast-growing forest plantations in southern Europe. *For. Ecol. Manage.* 207, 325–339 (2005).
64. Merino, A., Fernández-López, A., Solla-Gullón, F. & Edeso, J. M. Soil changes and tree growth in intensively managed *Pinus radiata* in northern Spain. *For. Ecol. Manage.* 196, 393–404 (2004).
65. Shakesby, R. A., Coelho, C. O. A., Ferreira, A. J. D. & Walsh, R. P. D. Ground-level changes after wildfire and ploughing in eucalyptus and pine forests, Portugal: Implications for soil microtopographical development and soil longevity. *L. Degrad. Dev.* 127, 111–127 (2002).
66. Reid, L. M. & Dunne, T. Sediment production from forest road surfaces. *Water Resour. Res.* 20, 1753–1761 (1984).
67. Cambi, M., Certini, G., Neri, F. & Marchi, E. The impact of heavy traffic on forest soils: A review. *For. Ecol. Manage.* 338, 124–138 (2015).
68. Barradas, C. et al. Diversity and potential impact of Botryosphaeriaceae species associated with *Eucalyptus globulus* plantations in Portugal. *Eur. J. Plant Pathol.* 146, 245–257 (2016).
69. Lopes, A., Barradas, C., Phillips, A. J. L. & Alves, A. Diversity and phylogeny of *Neofusicoccum* species occurring in forest and urban environments in Portugal. *Mycosphere* 7, 906–920 (2016).
70. Pérez, S., Renedo, C., Ortiz, A., Ortiz, F. & Tejedor, C. Strategies to combat *Mycosphaerella* leaf disease in *Eucalyptus globulus* plantations in Northern Spain. *Forests* 7, 1–15 (2016).
71. Newman, E. I. & Reddell, P. The distribution of mycorrhizas among families of vascular



- plants. *New Phytol.* 106, 745–751 (2007).
72. Wang, B. & Qiu, Y. L. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza* 16, 299–363 (2006).
  73. Van Der Heijden, M. G. A., Bardgett, R. D. & Van Straalen, N. M. The unseen majority: Soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecol. Lett.* 11, 296–310 (2008).
  74. Brundrett, M. C. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytol.* 154, 275–304 (2000).
  75. Richardson, D. M., Allsopp, N., D'Antonio, C. M., Milton, S. J. & Rejmánek, M. Plant invasions – the role of mutualisms. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 75, 65–93 (2000).
  76. Santolamazza-Carbone, S., Durán-Otero, M. & Calviño-Cancela, M. Context dependency, co-introductions, novel mutualisms, and host shifts shaped the ectomycorrhizal fungal communities of the alien tree *Eucalyptus globulus*. *Scientific Reports* 9, 1–11 (2019).
  77. Díez, J. Invasion biology of Australian ectomycorrhizal fungi introduced with eucalypt plantations into the Iberian Peninsula. *Biol. Invasions* 7, 3–15 (2005).
  78. James, S. A. & Bell, D. T. Leaf orientation, light interception and stomatal conductance of *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* leaves. *Tree Physiol.* 20, 815–823 (2000).
  79. Campos, J. A. Flora alóctona del País Vasco y su influencia en la vegetación. (Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, 2010).
  80. Onaindia, M., Fernandez de Manuel, B., Madariaga, I. & Rodriguez-Loinaz, G. Co-benefits and trade-offs between biodiversity, carbon storage and water flow regulation. *For. Ecol. Manage.* 289, 1–9 (2013).
  81. Cátedra UNESCO de la UPV. *Guía metodológica para el cartografiado de los Servicios de ecosistemas de Euskadi*. (2016).
  82. Orrantia, O., Ortega-hidalgo, M. M. & Loidi, J. Ecological landscape assessment in a silvicultural system in the Urdaibai Reserve (Basque Country, Spain). *Mediterr. Bot.* 40, 95–110 (2019).
  83. Calviño-Cancela, M., López de Silanes, M. E., Rubido-Bará, M. & Uribarri, J. The potential role of tree plantations in providing habitat for lichen epiphytes. *For. Ecol. Manage.* 291, 386–395 (2013).
  84. Goded, S. *et al.* Effects of eucalyptus plantations on avian and herb species richness and composition in North-West Spain. *Glob. Ecol. Conserv.* 19, (2019).
  85. Calviño-Cancela, M., Rubido-Bará, M. & van Etten, E. J. B. Do eucalypt plantations provide habitat for native forest biodiversity? *For. Ecol. Manage.* 270, 153–162 (2012).
  86. Basanta, M., Díaz Vizcaíno, E., Casal, M. & Morey, M. Diversity measurements in shrubland communities of Galicia (NW Spain). *Vegetatio* 82, 105–112 (1989).
  87. Stuart, S. N. *et al.* Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* (80-. ). 306, 1783–1786 (2004).
  88. Iglesias-Carrasco, M. Anthropogenic habitats as novel environments: consequences for evolution and conservation. (Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, 2017).
  89. Iglesias-Carrasco, M., Head, M. L., Jennions, M. D. & Cabido, C. Condition-dependent trade-offs between sexual traits, body condition and immunity: The effect of novel habitats. *BMC Evol. Biol.* 16, 1–10 (2016).
  90. Iglesias-Carrasco, M., Head, M. L., Jennions, M. D. & Cabido, C. Secondary compounds from exotic tree plantations change female mating preferences in the palmate newt (*Lissotriton helveticus*). *J. Evol. Biol.* 30, 1788–1795 (2017).
  91. Iglesias-Carrasco, M., Head, M. L., Jennions, M. D., Martín, J. & Cabido, C. Leaf extracts from an exotic tree affect responses to chemical cues in the palmate newt, *Lissotriton helveticus*. *Anim. Behav.* 127, 243–251 (2017).
  92. Burraco, P., Iglesias-Carrasco, M., Cabido, C. & Gomez-Mestre, I. Eucalypt leaf litter impairs growth and development of amphibian larvae, inhibits their antipredator responses and alters their physiology. *Conserv. Physiol.* 6, 1–12 (2018).
  93. Arntzen, J. W. Drastic population size change in two populations of the golden-striped salamander over a forty-year period-Are eucalypt plantations to blame? *Diversity* 7, 270–294 (2015).
  94. Galán, P. Herpetofauna del Parque Natural das Fragas do Eume (A Coruña): Distribución, estado de conservación y amenazas. *Basic Appl. Herpetol.* 28, 113–136 (2014).
  95. Cruz, J., Sarmiento, P., Carretero, M. A. & White, P. C. L. Exotic fish in exotic plantations: A

- multi-scale approach to understand amphibian occurrence in the Mediterranean region. *PLoS One* 10, (2015).
96. Tellería, J. L. & Galarza, A. Avifauna y paisaje en el norte de España: efecto de las repoblaciones. *Ardeola* 37, 229–235 (1990).
  97. Bongiorno, S. F. Land use and summer bird populations in northwestern Galicia, Spain. *Ibis (Lond. 1859)*. 124, 1–20 (1982).
  98. Tellería, J. L. & Galarza, A. Avifauna invernante en un eucaliptal del norte de España. *Ardeola* 38, 239–247 (1991).
  99. Jonsson, B. G., Kruys, N. & Ranius, T. Ecology of species living on dead wood - Lessons for dead wood management. *Silva Fenn.* 39, 289–309 (2005).
  100. McElhinny, C., Gibbons, P., Brack, C. & Bauhus, J. Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. *For. Ecol. Manage.* 218, 1–24 (2005).
  101. IHOBE. Programa de seguimiento de las aves comunes de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Año 2011. (2011).
  102. de la Hera, I., Arizaga, J. & Galarza, A. Exotic tree plantations and avian conservation in northern Iberia: A view from a nest-box monitoring study. *Anim. Biodivers. Conserv.* 36, 153–163 (2013).
  103. Zuberogoitia, I. et al. Influence of management practices on nest site habitat selection, breeding and diet of the common buzzard *Buteo buteo* in two different areas of Spain. *Ardeola* 53, 83–98 (2006).
  104. García-Salgado, G. et al. Breeding habitat preferences and reproductive success of Northern Goshawk (*Accipiter gentilis*) in exotic *Eucalyptus* plantations in southwestern Europe. *For. Ecol. Manage.* 409, 817–825 (2018).
  105. Santos, T. & Álvarez, G. Efecto de las repoblaciones con eucaliptos sobre las comunidades de aves forestales en un maquis mediterráneo (Montes de Toledo). *Ardeola* 37, 319–324 (1990).
  106. Santos, T. et al. The importance of northern Spanish farmland for wintering migratory passerines: A quantitative assessment. *Bird Conserv. Int.* 24, 1–16 (2014).
  107. Tellería, J. L. et al. Geographical, landscape and habitat effects on birds in northern Spanish farmlands: Implications for conservation. *Ardeola* 55, 203–219 (2008).
  108. Marques, S. F., Rocha, R. G., Mendes, E. S., Fonseca, C. & Ferreira, J. P. Influence of landscape heterogeneity and meteorological features on small mammal abundance and richness in a coastal wetland system, NW Portugal. *Eur. J. Wildl. Res.* 61, 749–761 (2015).
  109. Teixeira, D. et al. Management of *Eucalyptus* plantations influences small mammal density: Evidence from Southern Europe. *For. Ecol. Manage.* 385, 25–34 (2017).
  110. Teixeira, D. et al. Mediterranean *Eucalyptus* plantations affect small mammal ectoparasites abundance but not individual body condition. *Ecol. Res.* 34, 415–427 (2019).
  111. Carrilho, M., Teixeira, D., Santos-Reis, M. & Rosalino, L. M. Small mammal abundance in Mediterranean *Eucalyptus* plantations: how shrub cover can really make a difference. *For. Ecol. Manage.* 391, 256–263 (2017).
  112. Pereira, P., Alves da Silva, A., Alves, J., Matos, M. & Fonseca, C. Coexistence of carnivores in a heterogeneous landscape: Habitat selection and ecological niches. *Ecol. Res.* 27, 745–753 (2012).
  113. Pita, R., Mira, A., Moreira, F., Morgado, R. & Beja, P. Influence of landscape characteristics on carnivore diversity and abundance in Mediterranean farmland. *Agric. , Ecosyst. Environ.* 132, 57–65 (2009).
  114. da Silva, L. P. et al. Natural woodlands hold more diverse, abundant, and unique biota than novel anthropogenic forests: a multi-group assessment. *Eur. J. For. Res.* 138, 461–472 (2019).
  115. Ruprecht, J. K. & Stoneman, G. L. Water yield issues in the jarrah forests of south-western Australia. *J. Hydrol.* 150, 369–391 (1993).
  116. Dye, P. J. Climate, forest and streamflow relationships in South African afforested catchments. *Commonw. For. Rev.* 31–38 (1996).
  117. Bosch, J. M. & Hewlett, J. D. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *J. Hydrol.* 55, 3–23 (1982).
  118. Robinson, M. et al. Studies of the impact of forests on peak flows and baseflows: A European perspective. *For. Ecol. Manage.* 186, 85–97 (2003).
  119. Zhang, M. et al. A global review on hydrological responses to forest change across

- multiple spatial scales: Importance of scale, climate, forest type and hydrological regime. *J. Hydrol.* 546, 44–59 (2017).
120. Sahin, V. & Hall, M. J. The effects of afforestation and deforestation on water yields. *J. Hydrol.* 178, 293–309 (1996).
  121. Jackson, R. B. *et al.* Trading water for carbon with biological carbon sequestration. *Science* (80-. ). 310, 1944–1947 (2005).
  122. Peraza-Castro, M., Ruiz-Romera, E., Meaurio, M., Sauvage, S. & Sánchez-Pérez, J. M. Modelling the impact of climate and land cover change on hydrology and water quality in a forest watershed in the Basque Country (Northern Spain). *Ecol. Eng.* 122, 315–326 (2018).
  123. Santiago, J. Efectos de la deforestación de plantaciones de eucaliptos sobre el ecosistema fluvial. *Tesis Doctoral* (Universidad del País Vasco UPV/EHU, 2006).
  124. David, J. S., Henriques, M. O., David, T. S., Tomé, J. & Ledger, D. C. Clearcutting effects on streamflow in coppiced *Eucalyptus globulus* stands in Portugal. *J. Hydrol.* 162, 143–154 (1994).
  125. Fernández, C., Vega, J. A. & Fonturbel, M. T. Variación de la producción de agua tras una secuencia de perturbaciones y operaciones selvícolas en una cuenca de *Eucalyptus globulus* Labill. de Galicia. *Cuad. la Soc. Española Ciencias For.* 32, 55–59 (2011).
  126. Gras, J. M., Vega, J. A. & Bara, S. Six years of study on fast growing forest plantations catchments in the Northwest of Spain. *Acta geológica hispánica* 28, 111–117 (1993).
  127. Fernández, C., Vega, J. A., Gras, J. M. & Fonturbel, T. Changes in water yield after a sequence of perturbations and forest management practices in an *Eucalyptus globulus* Labill. watershed in Northern Spain. *For. Ecol. Manage.* 234, 275–281 (2006).
  128. Carvalho-Santos, C., Nunes, J. P., Monteiro, A. T., Hein, L. & Honrado, J. P. Assessing the effects of land cover and future climate conditions on the provision of hydrological services in a medium-sized watershed of Portugal. *Hydrol. Process.* 30, 720–738 (2016).
  129. Alvarez-Garreton, C., Lara, A., Boisier, J. P. & Galleguillos, M. The impacts of native forests and forest plantations on water supply in Chile. *Forests* 10, 1–18 (2019).
  130. Richardson, J. S. Biological diversity in headwater streams. *Water (Switzerland)* 11, 1–19 (2019).
  131. Brown, A. E., Zhang, L., McMahon, T. A., Western, A. W. & Vertessy, R. A. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. *J. Hydrol.* 310, 28–61 (2005).
  132. Madej, M. A. Erosion and sediment delivery following removal of forest roads. *Earth Surf. Process. Landforms* 26, 175–190 (2001).
  133. Wallace, J. B., Eggert, S. L., Meyer, J. L. & Webster, J. R. Multiple trophic levels of a forest stream linked to terrestrial litter inputs. *Science* (80-. ). 277, 102–104 (1997).
  134. Marks, J. C. Revisiting the fates of dead leaves that fall into streams. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 50, 1–22 (2019).
  135. Canhoto, C. & Graça, M. A. S. Food value of introduced eucalypt leaves for a Mediterranean stream detritivore: *Tipula lateralis*. *Freshw. Biol.* 34, 209–214 (1995).
  136. Morrow, P. A., Bellas, T. E. & Eisner, T. *Eucalyptus* oils in the defensive oral discharge of Australian sawfly larvae (Hymenoptera: Pergidae). *Oecologia* 24, 193–206 (1976).
  137. Canhoto, C. & Graça, M. A. S. Leaf barriers to fungal colonization and shredders (*Tipula lateralis*) consumption of decomposing *Eucalyptus globulus*. *Microb. Ecol.* 37, 163–172 (1999).
  138. Larrañaga, A., Basaguren, A. & Pozo, J. Resource quality controls detritivore consumption, growth, survival and body condition recovery of reproducing females. *Mar. Freshw. Res.* 65, 910–917 (2014).
  139. Pozo, J., Gonzalez, E., Díez, J. R., Molinero, J. & Elosegui, A. Inputs of particulate organic matter to streams with different riparian vegetation. *J. North Am. Benthol. Soc.* 16, 602–611 (1997).
  140. Molinero, J. & Pozo, J. Impact of a eucalyptus (*Eucalyptus globulus* Labill.) plantation on the nutrient content and dynamics of coarse particulate organic matter (CPOM) in a small stream. *Hydrobiologia* 528, 143–165 (2004).
  141. Molinero, J. & Pozo, J. Organic matter, nitrogen and phosphorus fluxes associated with leaf litter in two small streams with different riparian vegetation: a budget approach. *Arch. fur Hydrobiol.* 166, 363–385 (2006).
  142. Molinero, J. & Pozo, J. Balances de hojarasca en dos arroyos forestados: impacto de las

- plantaciones de eucalipto en el funcionamiento ecológico de un sistema lótico. *Limnetica* 22', 63–70 (2003).
143. Santiago, J., Molinero, J. & Pozo, J. Impact of timber harvesting on litterfall inputs and benthic coarse particulate organic matter (CPOM) storage in a small stream draining a eucalyptus plantation. *For. Ecol. Manage.* 262, 1146–1156 (2011).
  144. Chauvet, E., Fabre, E., Elosegui, A. & Pozo, J. The impact of eucalypt on the leaf-associated aquatic hyphomycetes in Spanish streams. *Can. J. Bot.* 75, 880–887 (1997).
  145. Molinero, J., Pozo, J. & González, E. Litter breakdown in streams of the Agüera catchment: Influence of dissolved nutrients and land use. *Freshw. Biol.* 36, 745–756 (1996).
  146. Díez, J., Elosegui, A., Chauvet, E. & Pozo, J. Breakdown of wood in the Agüera stream. *Freshw. Biol.* 47, 2205–2215 (2002).
  147. Pozo, J. *et al.* Afforestation with *Eucalyptus globulus* and leaf litter decomposition in streams of northern Spain. *Hydrobiologia* 374, 101–109 (1998).
  148. Ferreira, V., Elosegui, A., Gullis, V., Pozo, J. & Graça, M. A. S. *Eucalyptus* plantations affect fungal communities associated with leaf-litter decomposition in Iberian streams. *Arch. für Hydrobiol.* 166, 467–490 (2006).
  149. Canhoto, C., Barlocher, F. & Graça, M. A. S. The effects of *Eucalyptus globulus* oils on fungal enzymatic activity. *Arch. für Hydrobiol.* 154, 121–132 (2002).
  150. Barlocher, F. & Graça, M. A. S. Exotic riparian vegetation lowers fungal diversity but not leaf decomposition in Portuguese streams. *Freshw. Biol.* 47, 1123–1135 (2002).
  151. Larrañaga, A., Basaguren, A. & Pozo, J. Impacts of *Eucalyptus globulus* plantations on physiology and population densities of invertebrates inhabiting Iberian Atlantic streams. *Int. Rev. Hydrobiol.* 94, 497–511 (2009).
  152. Larrañaga, A., Basaguren, A., Elosegui, A. & Pozo, J. Impacts of *Eucalyptus globulus* plantations on Atlantic streams: changes in invertebrate density and shredder traits. *Fundam. Appl. Limnol.* 175, 151–160 (2009).
  153. Monroy, S. *et al.* Structural and functional recovery of macroinvertebrate communities and leaf litter decomposition after a marked drought: Does vegetation type matter? *Sci. Total Environ.* 599–600, 1241–1250 (2017).
  154. Cordero-Rivera, A., Martínez Álvarez, A. & Álvarez, M. Eucalypt plantations reduce the diversity of macroinvertebrates in small forested streams. *Anim. Biodivers. Conserv.* 40, 87–97 (2017).
  155. Oliveira, J. M., Fernandes, F. & Ferreira, M. T. Effects of forest management on physical habitats and fish assemblages in Iberian eucalypt streams. *For. Ecol. Manage.* 363, 1–10 (2016).
  156. Morrongiello, J. R., Bond, N. R., Crook, D. A. & Wong, B. B. M. Intraspecific variation in the growth and survival of juvenile fish exposed to *Eucalyptus* leachate. *Ecol. Evol.* 3, 3855–3867 (2013).
  157. Morrongiello, J. R., Bond, N. R., Crook, D. A. & Wong, B. B. M. *Eucalyptus* leachate inhibits reproduction in a freshwater fish. *Freshw. Biol.* 56, 1736–1745 (2011).
  158. Gessner, M. O. & Chauvet, E. A case for using litter breakdown to assess functional stream integrity. *Ecol. Appl.* 12, 498–510 (2002).
  159. Chauvet, E., Ferreira, V., Giller, P. S., Mckie, B. G. & Tiegs, S. D. Litter decomposition as an indicator of stream ecosystem functioning at local-to-continental scales: Insights from the European RivFunction project. *Adv. Ecol. Res.* 55, 99–182 (2016).
  160. Mesquita, A., Pascoal, C. & Cássio, F. Assessing effects of eutrophication in streams based on breakdown of eucalypt leaves. *Fundam. Appl. Limnol.* 168, 221–230 (2007).
  161. Pozo, J. Leaf-litter processing of alder and eucalyptus in the Agüera Stream system (North Spain). 1. Chemical changes. *Arch. für Hydrobiol.* 127, 299–317 (1993).
  162. von Schiller, D. *et al.* River ecosystem processes: A synthesis of approaches, criteria of use and sensitivity to environmental stressors. *Sci. Total Environ.* 596–597, 465–480 (2017).
  163. Ferreira, V. *et al.* The effects of eucalypt plantations on plant litter decomposition and macroinvertebrate communities in Iberian streams. *For. Ecol. Manage.* 335, (2015).
  164. Graça, M. A. A. S., Pozo, J., Canhoto, C. & Elosegui, A. Effects of *Eucalyptus* plantations on detritus, decomposers, and detritivores in streams. *Sci. World J.* 2, 1173–1185 (2002).
  165. Ferreira, V. *et al.* A global assessment of the effects of eucalyptus plantations on stream ecosystem functioning. *Ecosystems* 22, 629–642 (2019).

166. Larrañaga, S., Larrañaga, A., Basaguren, A., Elozegi, A. & Pozo, J. Effects of exotic eucalypt plantations on organic matter processing in Iberian streams. *Int. Rev. Hydrobiol.* 99, 363–372 (2014).
167. Bañuelos, R., Larrañaga, S., Elozegi, A. & Pozo, J. Effects of eucalyptus plantations on CPOM dynamics in headwater streams: A manipulative approach. *Arch. fur Hydrobiol.* 159, (2004).
168. Larrañaga, A., Larrañaga, S., Basaguren, A., Elozegi, A. & Pozo, J. Assessing impact of eucalyptus plantations on benthic macroinvertebrate communities by a litter exclusion experiment. *Ann. Limnol. J. Limnol.* 42, 1–8 (2006).
169. Díez, J. R., Elozegi, A. & Pozo, J. Woody debris in North Iberian streams: Influence of geomorphology, vegetation, and management. *Environ. Manage.* 28, (2001).
170. Larrañaga, S., Díez, J. R., Elozegi, A. & Pozo, J. Leaf retention in streams of the Agüera basin (northern Spain). *Aquat. Sci.* 65, (2003).
171. Harmon, M. E. *et al.* Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Adv. Ecol. Res.* 15, 133–302 (1986).
172. Díez, J. R., Larrañaga, S., Elozegi, A. & Pozo, J. Effect of removal of wood on streambed stability and retention of organic matter. *J. North Am. Benthol. Soc.* 19, 621–632 (2000).
173. Elozegi, A., Elorriaga, C., Flores, L., Martí, E. & Díez, J. Restoration of wood loading has mixed effects on water, nutrient, and leaf retention in Basque mountain streams. *Freshw. Sci.* 35, 41–54 (2016).
174. Flores, L., Díez, J., Larranaga, A., Pascoal, C. & Elozegi, A. Effects of retention site on breakdown of organic matter in a mountain stream. *Freshw. Biol.* 58, 1267–1278 (2013).
175. Flores, L., Larranaga, A., Díez, J. & Elozegi, A. Experimental wood addition in streams: effects on organic matter storage and breakdown. *Freshw. Biol.* 56, 2156–2167 (2011).
176. Elozegi, A., Díez, J. R., Flores, L. & Molinero, J. Pools, channel form, and sediment storage in wood-restored streams: Potential effects on downstream reservoirs. *Geomorphology* 279, 165–175 (2017).
177. Flores, L. *et al.* Effects of wood addition on stream benthic invertebrates differed among seasons at both habitat and reach scales. *Ecol. Eng.* 106, (2017).
178. Acuña, V., Díez, J. R., Flores, L., Meleason, M. & Elozegi, A. Does it make economic sense to restore rivers for their ecosystem services? *J. Appl. Ecol.* 50, 988–997 (2013).
179. Elozegi, A., Díez, J. & Pozo, J. Contribution of dead wood to the carbon flux in forested streams. *Earth Surf. Process. Landforms* 32, 1219–1228 (2007).
180. Oliveira, J. M., Paulino, J. C., Segurado, P. & Rosado, J. Biodiversidade aquática e qualidade de rios em eucaliptais certificados no centro de Portugal. *Sci. For.* 47, 383–394 (2019).
181. Ferreira, V., Koricheva, J., Pozo, J. & Graça, M. A. S. A meta-analysis on the effects of changes in the composition of native forests on litter decomposition in streams. *For. Ecol. Manage.* 364, 27–38 (2016).
182. Catry, F. X., Moreira, F., Tujeira, R. & Silva, J. S. Post-fire survival and regeneration of *Eucalyptus globulus* in forest plantations in Portugal. *For. Ecol. Manage.* 310, 194–203 (2013).
183. Catry, F. X., Rego, F., Moreira, F., Fernandes, P. M. & Pausas, J. G. Post-fire tree mortality in mixed forests of central Portugal. *For. Ecol. Manage.* 260, 1184–1192 (2010).
184. Águas, A. *et al.* Natural establishment of *Eucalyptus globulus* Labill. in burnt stands in Portugal. *For. Ecol. Manage.* 323, 47–56 (2014).
185. Ponte, E. Da, Costafreda-Aumedes, S. & Vega-García, C. Lessons learned from arson wildfire incidence in reforestations and natural stands in Spain. *Forests* 10, 1–18 (2019).
186. Calviño-Cancela, M., Chas-Amil, M. L., García-Martínez, E. D. & Touza, J. Wildfire risk associated with different vegetation types within and outside wildland-urban interfaces. *For. Ecol. Manage.* 372, 1–9 (2016).
187. Vázquez, A., Climent, J. M., Casais, L. & Quintana, J. R. Current and future estimates for the fire frequency and the fire rotation period in the main woodland types of peninsular Spain: A case-study approach. *For. Syst.* 24, (2015).
188. Moreira, F., Vaz, P., Catry, F. & Silva, J. S. Regional variations in wildfire susceptibility of land-cover types in Portugal: Implications for landscape management to minimize fire hazard. *Int. J. Wildl. Fire* 18, 563–574 (2009).

189. Silva, J. S., Moreira, F., Vaz, P., Catry, F. & Godinho-Ferreira, P. Assessing the relative fire proneness of different forest types in Portugal. *Plant Biosyst.* 143, 597–608 (2009).
190. Rego, F., Louro, G. & Constantino, L. The impact of changing wildfire regimes on wood availability from Portuguese forests. *For. Policy Econ.* 29, 56–61 (2013).
191. Xanthopoulos, G., Calfapietra, C. & Fernandes, P. Fire hazard and flammability of European forest types. in *Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests, Managing Forest Ecosystems* 24, 93–119 (2012).
192. Núñez-Regueira, L., Rodríguez Añón, J. A. & Proupín Castiñeiras, J. Calorific values and flammability of forest species in Galicia. Coastal and hillside zones. *Bioresour. Technol.* 57, 283–289 (1996).
193. Ganteaume, A. *et al.* Spot fires: Fuel bed flammability and capability of firebrands to ignite fuel beds. *Int. J. Wildl. Fire* 18, 951–969 (2009).
194. Fernandes, P. M. *et al.* Fuels and fire hazard in blue gum (*Eucalyptus globulus*) stands in Portugal. *Boletín del CIDEU* 10, 53–61 (2011).
195. Álvarez-Díaz, M., González-Gómez, M. & Otero-Giraldez, M. S. Detecting the socioeconomic driving forces of the fire catastrophe in NW Spain. *Eur. J. For. Res.* 134, 1087–1094 (2015).
196. Barros, A. M. G. & Pereira, J. M. C. Wildfire selectivity for land cover type: Does size matter? *PLoS One* 9, (2014).
197. Fernandes, P. M., Barros, A. M. G., Pinto, A. & Santos, J. A. Characteristics and controls of extremely large wildfires in the western Mediterranean Basin. *J. Geophys. Res. Biogeosciences* 121, 2141–2157 (2016).
198. Smith, H. G., Sheridan, G. J., Lane, P. N. J., Nyman, P. & Haydon, S. Wildfire effects on water quality in forest catchments: A review with implications for water supply. *J. Hydrol.* 396, 170–192 (2011).
199. Silva, V. *et al.* Toxicity assessment of aqueous extracts of ash from forest fires. *Catena* 135, 401–408 (2015).
200. Carvalho, F. *et al.* Wildfire impacts on freshwater detrital food webs depend on runoff load, exposure time and burnt forest type. *Sci. Total Environ.* 692, 691–700 (2019).
201. Campos, I., Abrantes, N., Jacob, J., Vale, C. & Pereira, P. Major and trace elements in soils and ashes of eucalypt and pine forest plantations in Portugal following a wildfire. *Sci. Total Environ.* 572, 1363–1376 (2016).
202. Campos, I., Vale, C., Abrantes, N., Jacob, J. & Pereira, P. Effects of wildfire on mercury mobilisation in eucalypt and pine forests. *Catena* 131, 149–159 (2015).
203. Calviño-Cancela, M., Lorenzo, P. & González, L. Fire increases *Eucalyptus globulus* seedling recruitment in forested habitats: Effects of litter, shade and burnt soil on seedling emergence and survival. *For. Ecol. Manage.* 409, 826–834 (2018).
204. Pan, Y. *et al.* A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* (80-. ). 333, 988–993 (2011).
205. Lal, R. Forest soils and carbon sequestration. *For. Ecol. Manage.* 220, 242–258 (2005).
206. Schulze, E. D., Wirth, C. & Heimann, M. Managing forests after Kyoto. *Science* (80-. ). 289, 2058–2059 (2000).
207. Post, M. & Kwon, K. C. Soil carbon sequestration and land-use change: Processes and potential. *Glob. Chang. Biol.* 6, 317–328 (2000).
208. Naudts, K. *et al.* Europe's forest management did not mitigate climate warming. *Science* (80-. ). 351, 597–601 (2016).
209. Luyssaert, S. *et al.* Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature* 455, 213–215 (2008).
210. Moomaw, W. R., Masino, S. A. & Faison, E. K. Intact forests in the United States: Proforestation mitigates climate change and serves the greatest good. *Front. For. Glob. Chang.* 2, 1–10 (2019).
211. Lewis, S. L., Wheeler, C. E., Mitchard, E. T. A. & Koch, A. Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon. *Nature* 568, 25–28 (2019).
212. Mateos, E., Garrido, F. & Ormaetxea, L. Assessment of biomass energy potential and forest carbon stocks in Biscay (Spain). *Forests* 7, 1–15 (2016).
213. Diaz-Balteiro, L. & Rodriguez, L. C. E. Optimal rotations on *Eucalyptus* plantations including carbon sequestration-A comparison of results in Brazil and Spain. *For. Ecol. Manage.* 229, 247–258 (2006).
214. Garcia-Gonzalo, J., Borges, J. G., Palma, J. H. N. & Zubizarreta-Gerendiain, A. A decision

- support system for management planning of *Eucalyptus* plantations facing climate change. *Ann. For. Sci.* 71, 187–199 (2014).
215. Arroja, L., Dias, A. C. & Capela, I. The role of *Eucalyptus globulus* forest and products in carbon sequestration. *Clim. Change* 74, 123–140 (2006).
216. Caparrós, A., Cerdá, E., Ovando, P. & Campos, P. Carbon sequestration with reforestations and biodiversity-scenic values. *Environ. Resour. Econ.* 45, 49–72 (2010).
217. Auzmendi, G. *Gipuzkoako basoen karbono hustuleku gaitasunaren hobekuntza*. (2019).
218. Rodríguez-Loinaz, G., Amezaga, I. & Onaindia, M. Use of native species to improve carbon sequestration and contribute towards solving the environmental problems of the timberlands in Biscay, northern Spain. *J. Environ. Manage.* 120, 18–26 (2013).
219. Gittleman, J. L. & Harvey, P. H. Carnivore home-range size, metabolic needs and ecology. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 10, 57–63 (1982).
220. Brouckhoff, E. G., Jactel, H., Parrotta, J. A. & Ferraz, S. F. B. Role of eucalypt and other planted forests in biodiversity conservation and the provision of biodiversity-related ecosystem services. *For. Ecol. Manage.* 301, 43–50 (2013).
221. Tilman, D., May, R. M., Lehman, C. L. & Nowak, M. A. Habitat destruction and the extinction debt. *Nature* 371, 65–66 (1994).
222. Kuussaari, M. *et al.* Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation. *Trends Ecol. Evol.* 24, 564–571 (2009).
223. Calviño-Cancela, M. & Neumann, M. Ecological integration of eucalypts in Europe: Interactions with flower-visiting birds. *For. Ecol. Manage.* 358, 174–179 (2015).