



# Klima

# Aldaketa

## inpaktua eta egokitzea

Euskal Autonomia Erkidegoan



**EUSKO JAURLARITZA**  **GOBIERNO VASCO**

INGURUMEN, LURRALDE  
PLANGINTZA, NEKAZARITZA  
ETA ARRANTZA SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,  
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL,  
AGRICULTURA Y PESCA

Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia

Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

ISBN 978 84 457 3175 8



9 788445 731758

.....

# KLIMA ALDAKETA

## inpaktua eta egokitzea

Euskal Autonomia Erkidegoan

.....

**EUSKO JAURLARITZA**



**GOBIERNO VASCO**

INGURUMEN, LURRALDE  
PLANGINTZA, NEKAZARITZA  
ETA ARRANTZA SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE  
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL,  
AGRICULTURA Y PESCA

**Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia**  
Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

Vitoria-Gasteiz, 2011

Lan honen bibliografia-erregistroa Eusko Jaurlaritzako Liburutegi Nagusiaren katalogoan aurki daiteke: <http://www.euskadi.net/ejgvbiblioteca>

Argitaraldia:

1.a, 2011ko abuztua

Ala-kopurua:

1.500 ale

© Euskal Autonomia Erkidegoko Administrazioa  
Ingurumen, Lurralde Plangintza, Nekazaritza eta Arrantza Saila

Argitaratzailea:

Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia  
Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco  
Donostia-San Sebastián, 1 - 01010 Vitoria-Gasteiz

Proiektu eta dokumentuaren kudeaketa eta koordinazioa:

Tecnaliako Ingurumen Unitatea.  
Oscar Santa Coloma, Efrén Feliú, Maddalen Mendizabal

Diseinua y maketazioa:

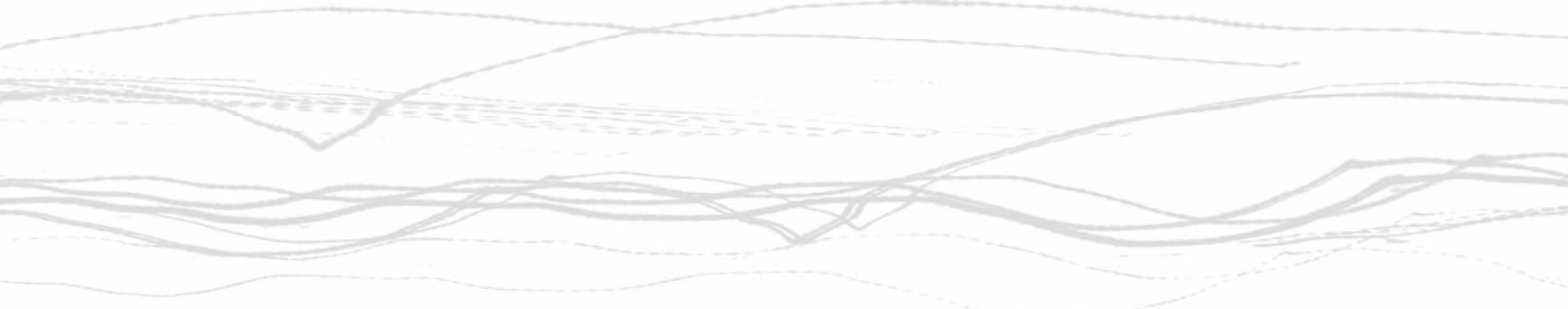
Miren Unzurrunzaga Schmitz

Inprimaketa:

ONA - Industria Gráfica, S. A. - Pamplona

ISBN: 978-84-457-3175-8

L.G.: NA-2646/2011



.....

Gure gizarteak mende honetan aurrez aurre duen erronka nagusietako bat klima-aldaketa da; zientzialariak bat datoz hori baieztatzean. Klima Aldaketari buruzko Gobernu Arteko Taldearen (IPCC) laugarren txostenak fenomeno horren eta bere inpaktuen ziurtasuna eta larritasuna berresten du; hala, lehorteak, uholdeak, osasun-arazoak, edo elikagaien urritasuna eragin ditzaketela jakinarazten du.

Gaur egun, klima-aldaketaren inpaktuari eta fenomeno horretara egokitzeko beharrari buruzko eztabaida, esparru politikora ez ezik, komunikabideetara ere igaro da. Baina ez da beti hala izan. Urte askoan, klima aldaketari aurre egiteko politika nazionalak, eskualdeetakoak zein tokian tokikoak berotegi efektuko gas-isurketak murriztera bideratu dituzte batez ere. Klima aldaketaren eraginak arintzea esan izan zaio horri.

Hala eta guztiz ere, azkeneko mendean atmosferan berotegi efektuko gas-pilaketa nabarmen handitu da eta, ondorioz, mundu osoan aldaketak gertatzen ari dira; esate baterako, batez besteko tenperaturak berotzea eta itsas maila handitzea. Gas horiek pilatzeko prozesuek inertzia handia dute; hortaz, isurketak murriztuta ere, klima-aldaketaren ondorioei nahitaez aurre egin beharko diegu, baita agertoki positiboetan ere.

Horregatik, klima-aldaketaren efektu potentzialetara egokitzeko ikuspegiak gero eta toki handiagoa hartzen du klimari buruzko politiketan.

Arlo honetan jarduera zientifikoa funtsezkoa da, erabaki politikoak hartzen zorrotasunez orientatu ahal izateko; hau da, *Science for Policy*, edo, bestela esanda, zientzia politika egiteko.

Klima-aldaketara egokitzeko Europako Batzordearen Liburu Zuriak fenomeno horretara egokitzeko planen garapena sartzen du Europako agendan; horren eraginez, Europako hainbat eskualdek klima-aldaketara ohitzeko estrategiak prestatu dituzte. Liburu horretan ondorioztatzen denez, prebentzio-jardunak abantaila ugari ekarriko dizkigu; dela ekonomiara, dela ingurumenera, dela gizartera. Horrez gain, «egokitzeko neurri gehienak eskualdean edo tokian-tokian» hartuko direla ere ondorioztatzen du Liburu Zuriak.

Hartarako, hainbat esparrutan jardutea proposatzen du, hala nola: jakintza-oinarri sendoa sortzea, klimaren aldaketaren inpaktuei eta ondorioei buruz; egokitzapena funtsezko politika guztietan txertatzea; tresna estrategikoak uztartzea (merkatuko tresnak, orientabideak, sektore publikoaren eta pribatuaren arteko

hitzarmenak), egokitzapena eraginkorra dela bermatzeko; eta administrazioaren maila guztien artean lan-kidetza indartzea.

Hori horrela izanik, Euskal Autonomia Erkidegoan K-Egokitzen proiektua garatu dugu, Eusko Jaurlaritzaren Ingurumen, Lurralde Plangintza, Nekazaritza eta Arrantza Sailak eta Industria eta Berrikuntza, Merkataritza eta Turismo Sailak finantzatuta. Ekimen honen xedea klima-aldaketaren inpaktuak identifikatzea da, bai eta gure lurraldeko sistema eta sektore guztien zaugarritasuna baloratzea ere, egokitze-estrategiak diseinatzeko helburuz.

Proiektu honetan, Euskal Herriko Unibertsitateko eta Tecnaliako hainbat ikerlari-taldek parte hartu dute, baita Klima Aldaketa Ikergai (BC3) ikerketarako bikaintasun-zentroko ikerlariak ere. Proiektua lau gai-arloren inguruan dago egituratuta: ur-baliabideak, lurraldea eta hiriguneak; kostaldeak; lurreko ekosistemak (naturalak eta nekazaritzakoak) eta itsas ekosistemak.

Eusko Jaurlaritzaren ustez, funtsezkoa da klima-aldaketaren gaineko **jakintza zabaltzea eta gizarteratzea** EAEko herri-administrazioetan, interesatutako eragile sozialen artean edota herritarren artean, oro har. Hala, argitalpen honen bidez, K-Egokitzen proiektuak Euskal Autonomia Erkidegoan klima-aldaketaren inpaktuen inguruan zer emaitza lortu dituen aurkeztuko dugu, bai eta fenomeno horretara egokitzeko lortutako emaitzak ere.

Espero dugu argitalpen honek klima-aldaketaren inpaktuei buruzko jakintza aberasten lagunduko duela, bai eta gure gizartea fenomeno horretara egokitzen ere; halaber, alor honetako erabaki politikoak hartzen laguntzeko oinarri sendoak ematea ere espero dugu, era berean, gizartea beharrezko aldaketetarako prestatuta.

## **Pilar Unzalu**

*Ingurumen, Lurralde Plangintza, Nekazaritza eta Arrantzako sailburua*



.....

**K-egokitzen proiektua**  
**klima-aldaketa: inpaktua eta egokitzea**  
**expedientea: ie09-245**

K-Egokitzen «Klima aldaketa: inpaktua eta egokitzea» hiru urte irauten duen proiektu bat da. Tecnalia Research and Innovationeko Ingurumen Unitateak koordinatzen du, eta Tecnalia Korporazioko beste bi zentrok hartzen dute parte proiektuan: AZTI-Tecnaliako Itsas Ikerkuntzarako Unitateak eta Neiker-Tecnaliako Ingurumenerako eta Baliabide Naturaletarako Unitateak. Orobat, Euskal Herriko Unibertsitateko 12 ikertzaile-taldek ere hartzen dute parte, eta BC3 Basque Center for Climate Change erakundeak laguntza ematen du. Proiektuaren helburu nagusia da gizartea (pertsonek, erkidegoak, etab.) eta sistema naturalak egokitzeko estrategiak diseinatzea, Euskal Autonomia Erkidegoan klima-aldaketaren ondorioz aurrez ikusten ditugun egoerei aurre egiteko eta, hartara, klima-aldaketaren ondorioak arintzeko eta sortzen diren aukerak baliatzeko.

Lanaren helburua da identifikatzea eta ebaluatzea zer ondorio izan ditzakeen klima-aldaketak baliabide hidrikoetan, kostaldean, hiriguneetan, itsas ekosistemetan, lehorreko ekosistema naturaletan eta nekazaritzaren ondorioz sortutako lehorreko ekosistemetan. Azterlan honen bidez, sistemen funtzioan sakonduko dugu eta, horri esker, egokitze-neurrien diseinuaren eraginkortasuna neurtuko dugu.

Klima-aldaketaren eta klima-aldaketak Euskal Autonomia Erkidegoan (aurrerantzean EAE) sistemetan izan ditzakeen ondorioen frogen ezagueran oinarrituz, giza sistemak eta sistema naturalak egokitzeko eta sor daitezkeen egoerei aurre egiteko estrategiak diseinatuko ditugu.

K-Egokitzen ikerketa bideratua egiteko proiektu bat da, eta Eusko Jaurlaritzako Ingurumen, Lurralde Plangintza, Nekazaritza eta Arrantza Sailak eta Industria, Berrikuntza, Merkataritza eta Turismo Sailak finantzatzen dute; SPRI Industriaren Sustapenerako eta Birmoldaketarako Sozietatearen ETORTEK programaren bidez finantzatzen du Ingurumen, Lurralde Plangintza, Nekazaritza eta Arrantza Sailak, eta Industria, Berrikuntza, Merkataritza eta Turismo Sailak, 2010eko Zientzia, Teknologia eta Berrikuntza Euskal Planaren esparruan.

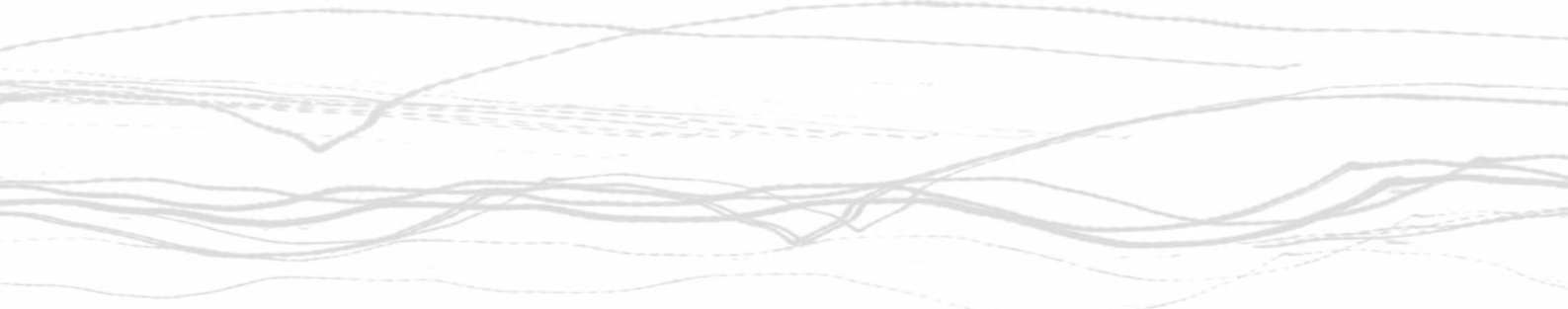




## aurkibidea .....

15	<b>KLIMA ALDAKETAREN EGOERAK</b>
19	AIREAREN TENPERATURAN AURREZ IKUSTEN DIREN ALDAKETAK
20	PREZIPITAZIOAN AURREZ IKUSTEN DIREN ALDAKETAK
21	ATMOSFERAKO BESTE ALDAGAI BATZUETAN (LURRUNTZEAN, HAIZEAREN ABIADURAN ETA LURRERA HELTZEN DEN EGUZKI-ERRADIAZIOAN) AURREZ IKUSTEN DIREN ALDAKETAK
22	OZEANOAN AURREZ IKUSTEN DIREN ALDAKETAK: BEROTZEA, AZIDOTZEA ETA ITSAS MAILA IGOTZEA
27	<b>ERAGINA ETA EGOKITZEA</b>
29	BALIABIDE HIDRIKOAK
38	HIRIGUNEA
47	KOSTALDEA
53	ITSASOKO BIODIBERTSITATEA, EKOSISTEMAK ETA BALIABIDEAK
64	LEHORREKO BIODIBERTSITATEA ETA EKOSISTEMAK ETA LURZORUKO BALIABIDEAK
78	NEKAZARITZAKO, ABELTZAINZAKO ETA BASOGINTZAKO BALIABIDEAK
97	<b>ONDORIOAK ETA ETORKIZUNEN AUKERAK</b>
105	BALIABIDE HIDRIKOAK
106	HIRIGUNEA
107	KOSTALDEA
108	ITSASOKO BIODIBERTSITATEA, EKOSISTEMAK ETA BALIABIDEAK
109	LEHORREKO BIODIBERTSITATEA ETA EKOSISTEMAK ETA LURZORUKO BALIABIDEAK
110	NEKAZARITZAKO, ABELTZAINZAKO ETA BASOGINTZAKO BALIABIDEAK
111	<b>ESKERRAK</b>





.....

Klima Aldaketara Egokitzeari buruzko Europako Batzordearen Liburu Zuriak (2009) berresten duenez, beharrezkoa da gure politikek kontuan har ditzaten klima-aldaketara egokitzeari buruzko hausnarketak, analisi zientifiko eta ekonomiko sendoetan oinarrituz. Hortaz, aztertu behar dugu nola bideratu behar dugun eremu politiko bakoitza klima-aldaketara errazago egokitzeko, litekeena baita finantzaketa behar izatea.

Klima Aldaketari buruzko Gobernuarteko Aditu Taldearen IV. txostenak zehazten duenez [Adger *et al.*, 2007], erabakitzeko prozesuaren egokitzapenak dira klima-aldaketara egokitzeko neurriak, eta haien helburua da kliman nabaritzen edo aurrez ikusten diren aldaketen aurkako erresilientzia handitzea edo aldaketon kaltegarritasuna txikitzea. Klima Aldaketari buruzko Gobernuarteko Aditu Taldeak 2007an landutako egoeren arabera, biztanleria handiko lautada alubialek, kostaldeak eta hiriguneez arazo bereziei aurre egin behar diete egun eta etorkizunean, baina klima-aldaketaren ondorioen larritasuna ezberdina da eskualde batzuetan eta besteetan. Hala ere, argi dago klima-aldaketak ondorio bereziak izango dituela sektore ekonomiko bakoitzean, Europako Batzordeak 2009an baieztatu zuenez: nekazaritzan, uzten errendimendua eta lur jakin batzuetako ekoizpena aldatuko dira; basogintzan, berriz, basoen emankortasuna eta osasuna eraldatuko dira; eta arrantzan eta akuikulturan, azkenik, kostaldearen higadura-tasa handituko da eta baliteke lehendik dauden babesgarriak nahikoak ez izatea.

Bestalde, udan hozte-beharrak handitzeak eta muturreko fenomeno meteorologikoen elektrizitate-banaketan eta azpiegituretan (eraikinetan, garraioan eta ur- eta elektrizitate-hornikuntzan) izango dute eragina bereziki, eta horrek arrisku jakina ekarriko du biztanleria handiko eskualdeetan, Klima Aldaketari buruzko Gobernuarteko Aditu Taldeak 2007an eta Europako Batzordeak 2009an baieztatu zuten bezala. Hori dela eta, epe motzeko eta epe luzeko estrategiak planteatu beharra dago, lurraldea eta kostaldea antolatzeke, baita zeharkako sektoreak (hala nola garraioa, turismoa, industria eta energia) antolatzeke ere. Ziklo hidrokologikoa dagokionez, berriz, aldagai hidrometeorologikoen aldaketek emarian izango dute eragina lehenik: %66 eta %90 arteko probabilitatea dago erdi-latitudeetako eskualde lehorretako isurketa %10 eta %30 artean murriztu dadin, eta %90 eta %99 artekoa (oso handia) goi-latitudeetako eta eskualde tropikal hezeetako isurketa %10 eta %40 artean murriztu dadin.

Klima-aldaketara egokitzeko politikak lantzeari eta politika horiek politika sektorialen barnean sartzeari dagokionez, berriz, klima-aldaketari buruzko nazioarteko, herrialdeko, eskualdeko eta tokiko politikek berotegi-efektua duten gasen isurien murrizketan («arintze» esaten zaion horretan) jarri dute arreta urteetan, eta duela nahiko denbora gutxi eman diote garrantzi handiagoa klima-aldaketak izan ditzakeen ondorioetara egokitu beharriari. Horren ondorioz, klima-aldaketara egokitzeak nahiko garrantzi handia du agenda politikoaren barnean, baina, egia esan, garapena ezberdina da kasuan-kasuan.

*Science for policy* delakoa (gai hauei buruzko politika lantzeko zientzia) sustatze aldera, administrazio publikoek ikerketa-ekimen ugari sustatu edo babestu dituzte nazioartean, aldaketaren frogak biltzeko eta klima-aldaketak haren eragina nabari dezaketen sistemetan eragin ditzakeen kalteak balioztatzeko, hala nola *Climate Impacts Programme* Erresuma Batuan eta *Knowledge for Climate* Herbehereetan.

Orobat, badira bi ekimen garrantzitsu, erreferente interesgarriak izan baitaitezke: CIRCLE klima-aldaketara egokitzeke ERA-NET sarea eta ESPON *European Spatial Planning Observation Network* programa. Batetik, ERA-NET sarea klima-aldaketara egokitzeak kezkatzen dituen Europako administrazioen bilgunea da —IHOBE *associated partner* edo eskubide osokoa ez den bazkidea da—, *science for policy* ikuspegiari jarraitzen dioten ikerlanak koordinatzea du helburu eta arreta handia jartzen du politika publikoen esparruko kasuen analisisan eta dibulgazioan. Bestetik, ESPON programa proiektu bat gauzatzen ari da —eman du emaitzarik dagoeneko—, nazioartean onartutako analisi-faktoreetan oinarritutako metodologia homogeneizatu bat ezartzeko eta, haren bitartez, klima-aldaketak Europako eskualdeetan eragin ditzakeen kalteen azterketa konparatiboa egiteko.

2006an, Ingurumen Ministerioak Klima Aldaketara Egokitzeke Espainiako Plana aurkeztu zuen. Klima-aldaketaren ondorioak, klima-aldaketak Espainian eragin ditzakeen kalteak eta Espainia klima-aldaketara egokitzeke neurriak ebaluatzeko jardueren esparruan, administrazio publikoak koordinatzeko erreferentziatzeko esparrua eratzen zuen Planak, eta zera onartzen zuen: «Klima-aldaketara egokitzeke ekintzak eta ekimenak herrialdean edo eskualdean zehaztu eta ezarri behar dira, ondorioak eta kalteak izateko arriskuak tokian tokikoak baitira». Hori dela eta, beharrezkoa da «klima-aldaketara egokitzeke ekimenak aurrera eramateko esparru egoki bat diseinatzea», eta, horretarako, «alor honetan egiten ditugun jarduerak koordinatuago egon eta eraginkorragoak izan behar dute». Alde horretatik, ezin aproposagotzat dugu proiektu horrek gobernantza egokitzailari buruz proposatzen duen ikerketa-ildoak. Klima Aldaketara Egokitzeke Espainiako Planak helburu hauek finkatzen ditu, proposatzen dituen ikerketa-ildo horiekin bat:

- Espainiako eskualdeetako klimaren egoerak garatzea.
- Klima-aldaketak sektore sozioekonomikoetan eta sistema ekologikoetan dituen ondorioak, klima-aldaketak horietan eragin ditzakeen kalteak eta horiek klima-aldaketara egokitzeke neurriak ebaluatzeko metodoak eta tresnak sortzea eta aplikatzea.
- Espainiako I + G + B sistemak kontuan hartzea klima-aldaketaren ondorioak ebaluatzeko behar nagusiak.
- Proiektuen berri emateko jarduerak egitea etengabe.
- Sektore eta sistema guztietako eragile guztien parte-hartzea sustatzea, politika sektorialek barnean har ditzaten klima-aldaketara egokitzeke neurriak.
- Ebaluazioen eta proiektuen emaitzei buruzko txosten espezifikoak eta proiektuen eta Klima Aldaketara Egokitzeke Espainiako Plan osoaren jarraipenari buruzko aldizkako txostenak egitea.

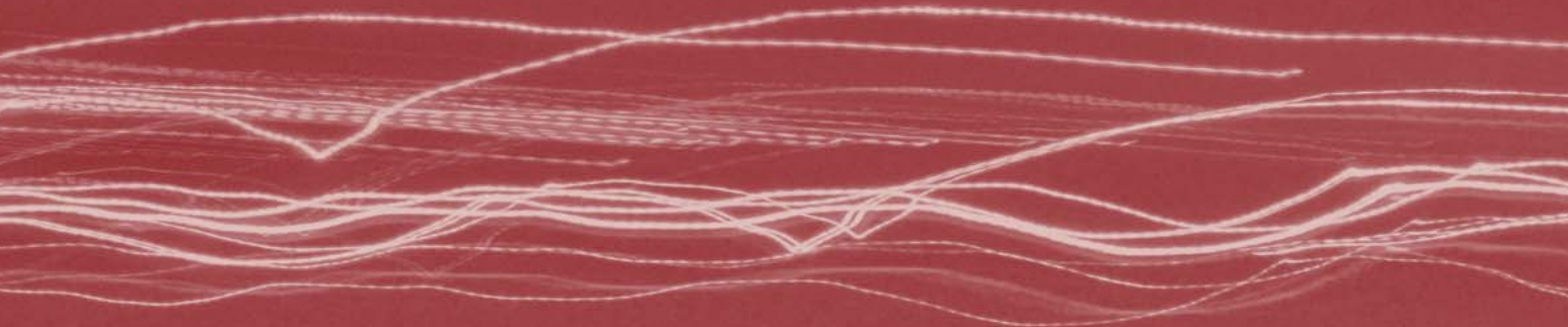
Ildo berean, 2008-2012 aldirako Klima Aldaketaren aurkako Euskal Plana idatzi zuten Euskal Autonomia Erkidegoan, ikuspegi hau hartuz oinarritzat: «2020 baino lehen, Euskal Autonomia Erkidegoan karbonoarekiko mendekotasun gutxiagoko eredu sozioekonomikoa finkatzeko atzeraezinezko pausoak emanez, klima-aldaketarekiko dugun ahultasuna minimizatzea». Horretarako, bi lehentasun ezartzen ditu Planak: batetik, «klima-aldaketari aurre egitea eta aldaketa horren ondorioetarako prestatzea» eta, bestetik, «berrikuntzaren kultura sustatzea, Euskal Autonomia Erkidegoan aurrera egiteko ekonomia iraunkorrerantz, ekoizpen- eta kontsumo-jarraibide garbietan oinarrituta» eta karbonoaren mende egon gabe. Hain zuzen ere, hauek dira Planak arrakasta izateko gakoak: «erakundeen artean koordinazio ezin hobea lortzea eta erakundeek, enpresek eta herritarrek naturarekin dugun harremanean aldaketa sakona bultzatzea. Horra hor Eusko Jaurlaritzaren apustua. 2008-2012 eperako Klima Aldaketaren aurkako Euskal Planak argi eta garbi adierazten du Euskadi ekintzetara pasatu dela Klima Aldaketari Buruzko Gobernu Taldearen eta Ban Ki Moonen beraren eskaerari erantzunez».

Estrategia horren esparruan, Klima Aldaketaren Euskal Bulegoa sortu zen 2009ko abenduan, eta Ingurumen Sailak Klima Aldaketaren aurkako Euskal Plana berrikustea erabaki zuen. Egin zituen zenbait berrikuntza proiektu honen planteamenduekin bat zetozen, hala nola Klima Aldaketaren Euskal Bulegoak enplegu- eta ekonomia-sailak izatea, klima-aldaketaren aurkako borroka Ingurumen Sailaren (baita Eusko Jaurlaritzaren) lehentasun bihurtzea eta klima-aldaketari buruzko legea lantzen hastea, 2011n onartzeko.

Eusko Jaurlaritzak klima-aldaketara egokitzeko hartu duen konpromisoaren lekuko, gaiari buruzko ikerketa eta garapena babestea dugu, «Klima Aldaketa: Inpaktua eta Egokitzea» proiektuak berak adierazten duenez. Eusko Jaurlaritzak 2007-2010 aldirako eraturako Zientzia, Teknologia eta Berrikuntzarako Euskal Sarearen barneko ikerketa-proiektu estrategikoa da «Klima Aldaketa: Inpaktua eta Egokitzea». Zenbait zentro teknologikotako (Tecnaliako Ingurumen Unitateko, Azti-Tecnaliako eta Neiker-Tecnaliako) eta Euskal Herriko Unibertsitateko 15 ikertzaile-taldek hartzen dute parte proiektuan eta, gaur egun, ikerketa-ildo hauek jorratzen dituzte: baliabide hidrikoak, kostaldea, itsasoko ekosistemak, lehorreko ekosistemak (naturalak eta nekazaritzaren ondorioz sortutakoak) eta hirigunea.

20 ikerketa-ildok osatzen dute proiektua, eta ikerlan gehienak gai hauek eratzen dituzte, ordena honetan: klima-aldaketaren frogak —klima-aldaketaren ondoriozko egoerak— klima-aldaketaren ondorioak —klima-aldaketaren kaltegarritasuna— klima-aldaketara egokitzea. Etorriz, azterlanek lurralde handiagora aztertzea eta klima-aldaketara egokitzeko neurri batzuen diseinuan sakontzea da asmoa. Nolanahi ere, datu esanguratsuak ditugu dagoeneko klima-aldaketak EAEn izango dituen ondorio nagusiei buruz —laburbilduta azalduko ditugu dokumentu honetan—, eta klima-aldaketaren ondorio kaltegarriei aurre egiteko erantzunetan aurrera egiten ari gara.





# Klima aldaketaren egoerak



- AIREAREN TENPERATURAN AURREZ IKUSTEN DIREN ALDAKETAK
- PREZIPITAZIOAN AURREZ IKUSTEN DIREN ALDAKETAK
- ATMOSFERAKO BESTE ALDAGAI BATZUETAN (LURRUNTZEAN, HAIZEAREN ABIADURAN ETA LURRERA HELTZEN DEN EGUZKI-ERRADIAZIOAN) AURREZ IKUSTEN DIREN ALDAKETAK
- OZEANOAN AURREZ IKUSTEN DIREN ALDAKETAK: BEROTZEA, AZIDOTZEA ETA ITSAS MAILA IGOTZEA



# Klima aldaketaren egoerak

Lehenik, nabarmentzekoa da azterlan gutxi daudela Euskal Autonomia Erkidegoko klimaren egoerei buruz eta, horregatik, egungo kalkuluak hurbilketatzat baino ez direla hartu behar. Klima-aldaketak aldagai hauetan izango du eragina nagusiki —guztiak aztertuko ditugu dokumentu honetan—: airearen tenperaturan, prezipitazioan, itsasoaren mailan eta tenperaturan, azidotzean, uhinaldietan eta beste aldagai orokor batzuetan, hala nola lurruntzean, haizearen abiaduran eta erradiazioan. K-Egokitzen-I proiektuaren esparruan, adibidez, 1960tik aurrera Iberiar penintsularen iparraldearen erdialdeko hezetasunak behera egiteko joera analizatu dute, baita hiruhileko zeharo idorrek (beroak eta lehorrak) izateko probabilitatea ere.

Klima-aldaketaren Gobernu arteko Taldeak (IPCC, 2000) klimaren hainbat egoera orokor eskaintzen ditu, eta horietan etorkizuneko isurien faktore erabakigarri ugari hartzen dute aintzat: demografiatik hasi eta teknologiaren eta ekonomiaren bilakaerara. Halaber, berotegi-efektua eragiten duten gas mota esanguratsu guztien eta sufreaken isurien balioen tarte hartzen dute kontuan, eta horien faktore erabakigarriak ere bai. Zehazki, BEG berotegi-efektua eragiten duten gasen isurien lau egoera-multzo bereizten dira, eta horietako 3 erabili dira azterketa honetan (A2, B2 eta A1B):

- A1. Hazkunde Global Bizkorreko egoerak. Ekonomia-hazkunde bizkorra izango duen etorkizuneko mundua deskribatzen da, munduko biztanleriak balio gorena mendearen erdialdera lortuko duela eta gero murriztu egingo dela, eta teknologia berriak eta eraginkorrakoak bizkor sartuko direla. Egoeren A1 familia hiru multzotan garatzen da, eta teknologia-aldaketen bidezko ordezko norabideak deskribatzen dira energiaren sistemarako. Hiru A1 multzoak teknologia-orientazioan bereizten dira: jatorri fosileko erregaiak modu intentsiboan erabiltzea (A1FI), jatorri fosilekoak ez diren energia-iturriak erabiltzea (A1T), edo edonolako iturriak modu orekatuan erabiltzea (A1B).
- A2. Eskualdeko Hazkunderen egoerak. Mundu oso heterogeneoa deskribatzen da. Ezaugarriak bereizgarrienak autosufizientzia eta tokian tokiko nortasunak kontserbatzea dira. Emankortasunaren ereduak oso astiro egiten duten bat eskualde guztien artean, eta horrela, munduko biztanleria hazten ari da etengabe. Ekonomiaren garapena, funtsean, eskualdeetara bideratuta dago, eta ekonomiaren biztanleko hazkundera eta teknologiaren aldaketa zatituago daude eta beste bilakaera-lerro batzuk baino motelagoak dira.

- B1. Hazkunde Global Jasangarriko egoerak. Mundu bateratu bat deskribatzen da, munduko biztanleria bat bera dela. Mendearen erdialdera lortzen du maila gorena, eta gero behera egiten du, A1 bilakaera-lerroan bezala; baina ekonomia-egituretan aldaketa bizkorrak gertatzen dira, zerbitzuen eta informazioaren ekonomiara bideratuak. Horrekin batera, materialak intentsitate txikiagoz erabiltzen dira, eta teknologia garbiak sartzen dira, baliabideak modu eraginkorrean aprobetxatuz.
- B2. Eskualdeko Hazkunde Jasangarriaren egoerak. Ekonomiaren, jendartearen eta ingurumena-jasangarritasuna lortzeko tokian tokiko irtenbideak nagusitzen diren mundua deskribatzen da. A2 egoeran baino erritmo txikiagoan biztanleria arian-arian handitzen doan mundu bat da, erdi mailako ekonomia-garapen mailak dituena, eta B1 eta A1 bilakaera-lerroek baino teknologia-aldaketa motelagoa eta anitzagoa duena. Egoera hori ere ingurumena eta jendartearen berdintasuna babestera bideratuta egon arren, nagusiki tokian tokiko eta eskualdeko mailetan oinarritzen da.

## EGUNGO KLIMA

- Itsasoaren gainazaleko temperatura berotu da 1946-2007 aldian: 0,26 °C hamarkadako 1977tik.
- Itsas mailaren igoeraren abiadura urteko 1,9 mm-koa izan da XX. mendean.
- Karbono dioxidoaren maila igotzearen ondorioz, ozeanoak azidotzen ari dira.
- Idortasuna eta, horrenbestez, defizit hidrikoaren ondoriozko estresa gora egiten ari dira Iberiar penintsularen iparraldearen erdialdean, klima-aldaketaren ondorioz. 1991 eta 2008 artean, hezetasuna %30 txikiagoa izan zen 1961 eta 1990 artean baino.

## ETORKIZUNEN KLIMA

- Itsasoa 1,5-2,05 °C berotuko da lehen 100 m-ko sakoneran, A1B egoeran.
- Batez besteko itsas maila 29-49 cm igoko da, A1B egoeran.
- Muturreko tenperatura minimoa eta maximoa 1-3 °C eta 3 °C igoko dira hurrenez hurren, A1B egoeran.
- Urteko prezipitazioa %15-20 jaitsiko da (jaitsiera izango da udan, eta igoera neguan). Muturreko prezipitazioa %10 haziko da, A1B egoeran.
- Urteko lurruntzea eguneko 0,6-0,8 mm jaitsiko da, A2 edo B2 egoeretan.
- Haizearen urteko abiadura 0,4-0,6 m/s jaitsiko da, A2 edo B2 egoeretan.
- Lurrazalera heltzen den urteko erradiazioa 15-20 W/m<sup>2</sup> haziko da, A2 edo B2 egoeretan.

## AUTOREAK

*Airearen tenperaturan aurrez ikusten diren aldaketak:* Tecnaliako Ingurumen Saileko Juan Angel Acero, Julia Hidalgo eta Iratxe González eta Neiker-Tecnaliako Óscar del Hierro.

*Prezipitazioan aurrez ikusten diren aldaketak:* Azti-Tecnaliako Roberto Moncho eta Guillem Chust, Tecnaliako Ingurumen Saileko Julia Hidalgo eta Maddalen Mendizabal eta Neiker-Tecnaliako Óscar del Hierro.

*Atmosferako beste aldagai batzuetan (lurruntzean, haizearen abiaduran eta lurrera heltzen den eguzki-erradiazioan) aurrez ikusten diren aldaketak:* Neiker-Tecnaliako Mirian Pinto eta Óscar del Hierro.

*Ozeanoan aurrez ikusten diren aldaketak (berotzea, azidotzea eta itsas mailaren igoera):* Azti-Tecnaliako Ainhoa Caballero, Guillem Chust eta Marta Marcos, Euskal Herriko Unibertsitateko Itsasbazterren Geologia ikerketa-taldeko Alejandro Cearreta, Eduardo Leorri, María Jesús Irabien eta Ane García Artola.

---

## AIREAREN TENPERATURAN AURREZ IKUSTEN DIREN ALDAKETAK

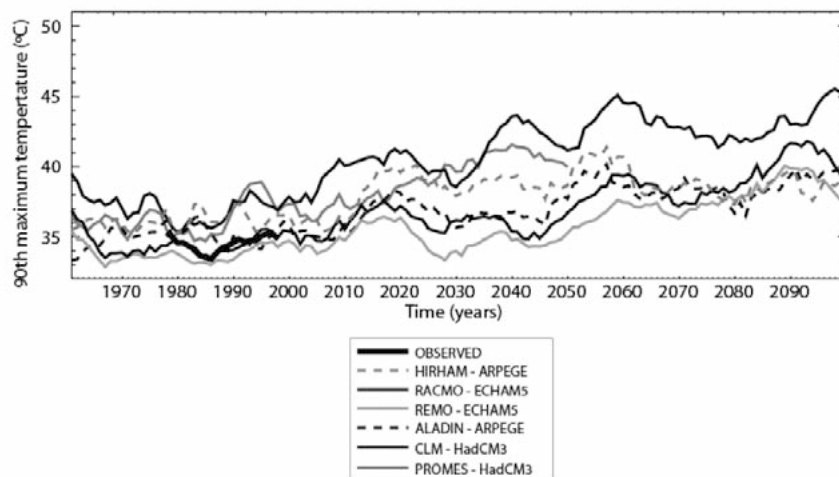
Aurreikuspenen arabera, muturreko tenperatura minimoa 1 °C eta 3 °C artean igoko da neguko hilabeteetan XXI. mendearen amaierarako, desbideratze estandarra 0,53 °C-koa dela. 1978 eta 2000 artean, batez besteko muturreko tenperatura minimoa -2,35 °C-koa izan zen eta, 2070 eta 2100 artean, berriz, -1,84 °C-koa izango da aurreikuspenen arabera; hau da, hazkundera izango da, 0,51 °C-koa batez beste. Gainera, eredu guztiek diotenez, izozte-egunen (tenperatura minimoa 0 °C-tik beherakoa denen) kopurua %50 jaitsiko da. Hotz-boladen (7 eta 19 egun bitarteko hotzaldien) iraupenaren eta maiztasunaren jaitsiera horren ondorioz<sup>1</sup>, aurreikuspenek diote fenomeno hori guztiz desagertuko dela 2020tik aurrera.

Muturreko tenperatura maximoek ere gora egingo dute [1. irudia], eta 3 °C haziko dira udako hilabeteetan XXI. mendearen amaierarako, batez bestekoarekiko desbideratze estandarra 1,40 °C-koa dela. 1978 eta 2000 artean, tenperatura maximo hori 34,85 °C-koa izan zen batez beste eta, 2070 eta 2100 artean, 38,89 °C-koa izango da aurreikuspenen arabera; alegia, anomalia askoz handiagoa (4,04 °C-koa) izango da muturreko tenperatura minimoena baino. Aldaketen ondorioz, bero-boladak luzeagoak eta pixka bat ugariagoak izango dira. 1978 eta 2000 artean, udako egunen %10 bakarrak izan ziren bero-bolada, baina, 2020 eta 2050 artean, %30 izango dira, eta litekeena da %50 ere izatea mendearen amaierarako. Emaiza hori bat dator Europako beste leku batzuetan bero-boladen kopuruan eta iraupenean aurrez ikusten duten hazkunderarekin [Schár eta beste, 2004; Beniston eta Diaz, 2004]. Ereduen arabera, tenperatura maximoa 33,60 °C-koa izan zen batez

---

<sup>1</sup> Hotz- eta bero-boladak kalkulatzeko, STARDEX Europako ikerketa-proiektuak finkatutako metodoa erabili dugu: 125Fd indizea. Harekin bat, hotz- eta bero-boladek sei egun jarraian irauten dute, eta, orduan, tenperatura 5 °C txikiagoa edo handiagoa da erreferentziatzeko aldi bateko urtaroteko batez bestekoa baino.

beste 1978 eta 2000 artean, eta 1 eta 4 bero-bolada bitartean izan ziren udako eta 13,8 egun irauñ zuten batez beste; mendearen amaierarako (2070 eta 2100 artean), ordea, bero-boladetako batez besteko tenperatura igo eta 36,19 °C-koa izango da, eta bero-boladen maiztasuna antzekoa izango da, baina bero-boladak luzeagoak izango dira, 30,4 egun iraungo baitute.



1. irudia. Eskualdeko sei klima-ereduk aurrez ikusten dituzten udako tenperatura maximoen denborazko seriea, 1978 eta 2000 artean behatutakoarekin konparatuta.

## PREZIPITAZIOAN AURREZ IKUSTEN DIREN ALDAKETAK

Munduko ereduek zein eskualdekoek<sup>2</sup> diotenez, prezipitazioak behera egingo du EAEn. Eskualdeko ereduek, zehatz-mehatz, urtean %15 eta %20 arteko jaitsiera aurrez ikusten dute prezipitazioan XXI. mendearen amaierarako.

Prezipitazioaren urteko banaketa ez da argia, baina badirudi neguko hilabeteetan (abendua eta otsail artean) %5 eta %20 artean igotzeko joera dagoela, eta %30 eta %50 artean jaisteko joera dagoela udako hilabete-

2 2007ko otsailean, *Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España* txostena argitaratu zuten, bereizmena 50 km-koa zela gutxi gorabehera. 2009an, berriz, ENSEMBLES Europako proiektuaren txostena argitaratu zuten, bereizmena 25 km-koa zela.

etan (ekainetik abuztura bitartean). Halere, baliteke euriaren urtaroz urtaroko banaketak gehiago baldintzatzea aldaketa plubiometriko nagusia prezipitazioaren ehunekoaren beherakadak baino<sup>3</sup>, eta euriaren banaketa heterogeneoagoa izatea espazioan eta denboran. Oso litekeena da 1,5 mm eta 10 mm baino gehiago botatzen duen egunen maiztasuna txikitzea eta 30 mm baino gehiago botatzen duen (euri-jasa dagoen) egunen kopurua handitzea. Klima Aldaketari buruzko Gobernuarteko Aditu Taldeak berotegi-efektua duten gasak isurtzearen ondoriozko egoera (A1B) aztertu zuen 2001ean, eta, aurreikuspenen arabera, XXI. mendean %10eko hazkundea izango da eguneko muturreko prezipitazioan [Chust *et al.*, in press].

---

## **ATMOSFERAKO BESTE ALDAGAI BATZUETAN (LURRUNTZEAN, HAIZEAREN ABIADURAN ETA LURRERA HELTZEN DEN EGUZKI-ERRADIAZIOAN) AURREZ IKUSTEN DIREN ALDAKETAK**

Badira klima-aldaketaren ondorioz alda daitezkeen beste aldagai batzuk: lurruntzea eta, horren ondorioz, Lurrera heltzen den uhin laburreko erradiazioa, udan batez ere; haizearen abiadura lurretik 10 metrora; eta Lurrera heltzen den eguzki-erradiazioa. Klimaren egoerak kalkulatzeko, PRUDENCE (<http://prudence.dmi.dk>) proiektuaren emaitzak erabili ditugu, Europako klima-aldaketaren proiektioak hartzen baitituzte barnean, bereizmen horizontala 50 km-koa dela eta klimaren egoerak A2 eta B2 direla.

Aurreikuspenek diote ia urte guztietako lurruntzea txikiagoa izango dela oro har 1978 eta 2000 arteko batez bestekoa baino, eta murrizketa eguneko 0,8 mm-koa ere izan daitekeela A2 egoeran, eta eguneko 0,6 mm-koa B2 egoeran. Udazkenean eta udan, portaera urteko eskalakoaren antzekoa izango da, eta lurruntzearen beherakada handia izango da. Udaberrian, berriz, beherakada txikiagoa izango da, baina anomaliak izango dira: urte batzuetan, anomalia positiboak izango dira, hau da, lurruntzea handiagoa izango da erreferentziatzko aldikoa baino; beste urte batzuetan, aldiz, anomalia negatiboak izango dira, hau da, lurruntzea txikiagoa izango da erreferentziatzko aldikoa baino. Neguan, azkenik, tarteko zerbait gertatuko da: anomalia negatiboak txikiagoak izango dira udazkenean eta udan baino, eta urte batzuetan anomalia positiboak izango dira, baina ez udaberrian bezainbat.

Haizeari dagokionez, berriz, eredu guztiek antzeko emaitzak dakartzate lurretik 10 metrora jotzen duen haizeari buruz. Oro har, urteko eskalan, haizearen abiadurak behera egingo duela diote eredu guztiek, eta beherakada eguneko 0,6 m/s-koa ere izango dela batez beste A2 egoeran, eta 0,4 m/s-koa B2 egoeran. Anomaliak bereziki negatiboak izango dira udazkenean, haizearen abiaduraren beherakada askoz ere handiagoa izango baita gainerako urtarotetan baino. Neguan, berriz, ez da sumatzen jarraibide argirik, eta urte batzuetan anomalia positiboak izango dira, eta beste batzuetan, aldiz, negatiboak. Alde horretatik, anomaliak nahiko

---

3 Ez dago alde handirik EAEko klima-eskualdeen artean, baina litekeena da erdialdeko eta hegoaldeko prezipitazioaren jaitsiera nabarmenagoa izatea isurialde atlantikokoa baino.

handiak izango dira, eta haizearen abiadura 1 m/s-ko handiagoa edo txikiagoa izango da erreferentziazko aldiko eguneko batez bestekoa baino.

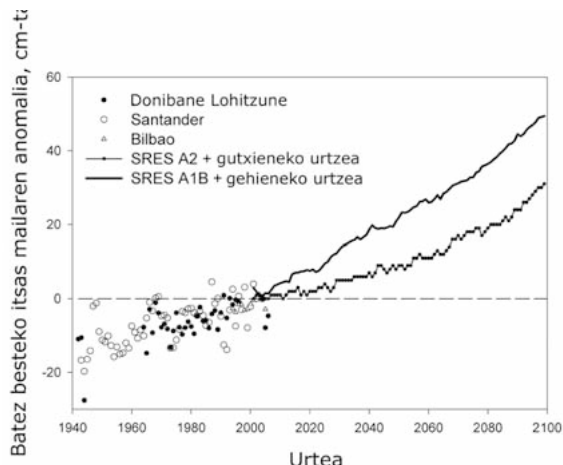
Lurrera heltzen den uhin laburreko erradiazioari dagokionez, azkenik, urteko eskalan, 2070 eta 2100 artean lurrazalera heltzen den erradiazioa handitu egingo dela diote eredu guztiek: A2 egoeran, eguneko 20 W/m<sup>2</sup> ere handituko da, eta, B2 egoeran, berriz, 15 W/m<sup>2</sup>. Hazkundera askoz ere handiagoa izango da udan, 40 W/m<sup>2</sup>-koa ere izango baita A2 egoeran, eta 35 W/m<sup>2</sup>-koa B2 egoeran. Neguan, berriz, erradiazioa txikiagoa izango da urte gehienetan: A2 egoeran, 20 W/m<sup>2</sup> ere txikiagoa izango da, eta, B2 egoeran, 15 W/m<sup>2</sup> ere txikiagoa. Azkenik, erradiazioaren portaera urteko eskalakoaren antzekoa izango da udazkenean, eta udazkenekoaren eta negukoaren artekoa udaberrian.

---

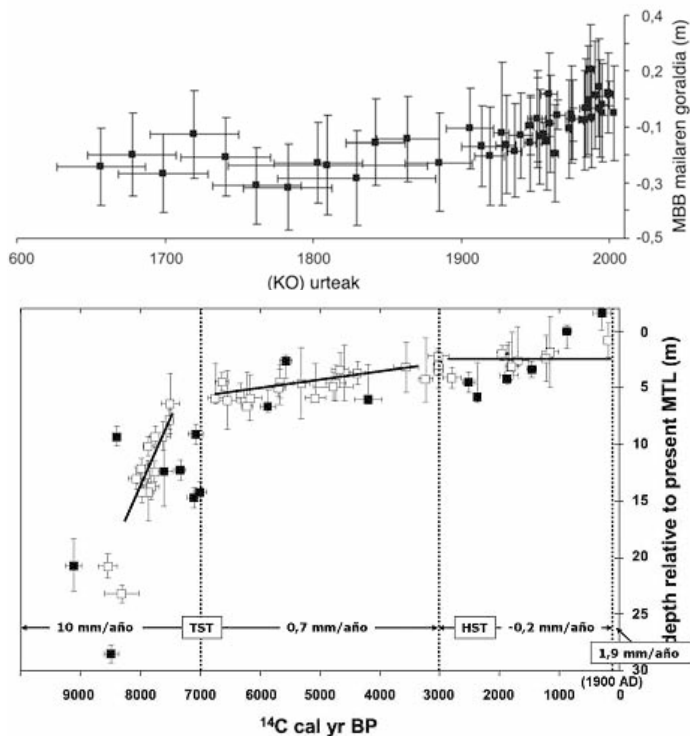
## **OZEANOAN AURREZ IKUSTEN DIREN ALDAKETAK: BEROTZEA, AZIDOTZEA ETA ITSAS MAILA IGotzea**

XXI. mendearen amaierarako klimaren proiektzioek (berotegi-efektua duten gasak isurtzen diren egoerei buruzkoek) diotenez, Euskadiko kostaldea eta itsas ingurunea aldatu egingo dira: itsasoa 1,5 °C eta 2,05 °C artean berotuko da lehen 100 m-ko sakoneran, eta batez besteko itsas maila 29 cm eta 49 cm bitartean igoko da [Chust *et al.*, 2010]. Euskadiko kostaldeko erregistro historikoak (geologikoak zein instrumentalak) aztertzen baditugu, ikusiko dugu aldaketa horiek bat datozela. 1946 eta 2007 artean, itsasoaren azaleko tenperatura aldatu egin zen Euskadiko kostaldean (zehatz-mehatz, Donostian, Aquariumean): 1977tik aurrera, 0,26 °C igo zen hamarkadako [Goikoetxea *et al.*, 2009], eta berotzea are agerikoagoa izan zen 1986 eta 2005 artean, Bizkaiko Golkuan 0,3 °C-koa izan baitzen hamarkadako, eta, bereziki, udan; hain zuzen, neguan halako bi hazi zen tenperatura udan [Michel *et al.*, 2009]. Lehenengo aldiz, XX. mendeko azken hamarkadan (1994ko abuztutik aurrera) 24 °C baino handiagoa izan zen uraren azaleko tenperatura, eta, ildo horretan, 2003. urteko uda beroan maximo historikoak izan ziren, ura 25 °C-tik gora egon baitzen abuztuko hamalau egunetan, eta 26 °C-tik gora zazpi egunetan; zehazki, abuztuaren 13an izan zen maximoa, uraren azaleko tenperatura 26,5 °C-koa izan baitzen orduan.

Bestalde, XX. mendean Bizkaiko Golkoko itsasoaren mailan egindako behaketak [Chust *et al.*, 2009] bat datoz XXI. menderako aurrez ikusten dugun igoerarekin [2. irudia]. Kostaldeko paduretako jalkitzearen erregistroa hartu dugu itsas mailaren igoeraren abiadura kalkulatzeko oinarritzat. Harekin bat, itsas maila 1,9 mm igo da urteko, eta igoera azkarragoa izan da XX. mendearen hasieratik aurrera; aurreko mendeetan, berriz, itsas maila nahiko egonkorra zen [Leorri *et al.*, 2008]. Giza jardunaren emaitza izan da bizkortze hori, eta azken 7.000 urteetan itsas mailaren igoeraren abiaduran izandako aldaketarik handiena izan da, igoera 3-10 aldiz azkarragoa izan baita [Leorri *et al.*, 2009a] [3. irudia]. Hain zuzen ere, Santanderreko mareografoaren arabera, igoera-tasa urteko 2,08 mm-koa izan zen 1943 eta 2004 artean; Donibane Lohizunekoaren arabera, berriz,



2. irudia. Batez besteko itsas mailan behutako aldakuntza (zirkuluak), Santanderreko, Donibane Lohizuneko eta Bilboko mareografoen arabera, eta XXI. menderako proiektutako mailak (marrak), Klima Aldaketari buruzko Gobernuarteko Aditu Taldeak landutako bi egoeratan. Anomaliak neurtzeko erreferentziatzeko batez besteko itsas maila Santanderreko 2004koa da. Aurreikuspenen arabera, urtzearen ondorioz, munduko batez besteko itsas maila 4 cm gogoko da gutxienez eta 20 cm gehienez XXI. mendearen amaierarako [Meehl *et al.*, 2007]. Iturria: Chust *et al.* (2009, 2010).



3. irudia. Goian, itsas mailaren kurba erlatiboa, Euskadiko kostaldeko paduretako goraldiak (eta perdoiak) berrituz egindakoa, transferentzia-funtzioaren eta adin-ereduaren kronologiaren bitartez. Horizontalak aztertutako laginen adina adierazten du, K.o. urteetan, eta bertikalak, marearen batez besteko mailaren goraldia, metrotan. Iturria: García-Artola *et al.* (2009). Behean, Euskadiko estuarioetako itsasoaren maila adierazteko puntuen grafiko, adin kalibratuak eta, metrotan, marearen batez besteko egungo mailaren sakonera erlatiboa adierazten dituen, baita goraldian eta adinaren perdoiak ere. Joeren kalkuluan kontuan hartu ez diren laginak adierazten dituzte lauki beltzek. Iturria: Leorri eta Cearreta (2009b). Iturria: Leorri eta Cearreta (2009b).

urteko 2,09 mm-koa izan zen 1942tik 2006ra bitartean —urte askotako datuak falta dira—; eta, Bilbokoaren arabera, azkenik, urteko 2,98 mm-koa izan zen 1993tik 2005era bitartean. Bilboko mareografoaren datuak Santanderrekoaren aldi bereko datuen antzekoak dira —Santanderreko mareografoaren arabera, itsas maila

laren igoera-tasa urteko 2,67 mm-koa izan zen aldi hartan—, baita sateliteen gaineko sentsoreek egindako neurketen antzekoak ere.

Azken urteotako frogak diotenez, atmosferako CO<sub>2</sub>-mailen gorakada ozeanoak oro har azidotzea eragiten ari da. **Karbono dioxidoa itsas uretan disolbatzean, azido karbonikoa sortzen da. Erreakzio kimiko horrek ozeanoa azidotzea dakar, baina ez du zerikusirik klima-aldaketaren beste ondorio batzuekin. Zenbait iturriren arabera, ozeanoaren azaleko pH-ak behera egin zuen 1751 eta 1994 artean: 1751n, 8,179koa zen, eta, 1994an, berriz, 8,104koa [Fabry *et al.*, 2008]. XXI. mendearen lehenengo hamarkadan, pH-aren aldaketa neurtu zuten, eta ikusi zuten ozeanoetako protoien kontzentrazioa %30 handitu zela. **Hazkunde hori 100 aldiz azkarra** goa izan zen azken 20 milioi urteetan gutxienez itsas organismoek jasan behar izan duten ozeanoaren azidotzearen edozein aldaketa baino. Eskualdeen arteko aldeak txikiagoak dira azidotzearen aldetik, ibaiek isurtzen dituzten urek tokian tokiko azidotzean eragina dutenean izan ezik. Hori dela eta, proiektioek diote Bizkaiko Golkoko itsas uraren pH-a 7,85ekoa izango dela mende amaierarako, eta karbono dioxidoaren presio partziala, 700 ppm-koa [Turley *et al.*, 2006].**

---

## ERREFERENTZIAK

Beniston, M.; Díaz, H.F.: *The 2003 heat wave as an example of summers in a greenhouse climate? Observations and climate model simulations for Basel, Switzerland*, in Global and Planetary Change, 44 (2004), 73-81.

Chust, G.; Borja, Á.; Caballero, A.; Liria, P.; Marcos, M.; Moncho, R.; Irigoien, X.; Sáenz, J.; Hidalgo, J.; Valle, M.; Valencia, V.: *Climate Change on the coast and pelagic environment in the south-eastern Bay of Biscay. Climate Research* (in press). DOI: 10.3354/cr00914.

Chust, G.; Caballero, A.; Marcos, M.; Liria, P.; Hernández, C.; Borja, Á.: *Regional scenarios of sea level rise and impacts on Basque (Bay of Biscay) coastal habitats, throughout the 21st century*, in Estuarine, Coastal and Shelf Science, 87, 113-124.

Chust, G.; Borja, Á.; Liria, P.; Galparsoro, I.; Marcos, M.; Caballero, A.; Castro, R.: *Human impacts overwhelm the effects of sea-level rise on Basque coastal habitats (N Spain) between 1954 and 2004*, in Estuarine, Coastal and Shelf Science, 84 (2009), 453-462.

Fabry, V.J.; Seibel, B.A.; Feely, R.A.; Orr, J.C.: *Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes*, in ICES J MAR SCI, 65 (2008), 414-432.

García-Artola, A.; Cearreta, A.; Leorri, E.; Irabien, M.J.; Blake, W.H.: *Las marismas costeras como archivos geológicos de las variaciones recientes en el nivel marino*, in Geogaceta, 47 (2009), 109-112.

Goikoetxea, N.; Borja, Á.; Egaña, J.; Fontán, A.; González, M.; Valencia, V.: *Trends and anomalies in sea surface temperature, observed over the last 60 years, within the southeastern Bay of Biscay*, in Cont Shelf Res, 29 (2009), 1060-1069.



IPCC (2000). *Emisioen Egoerei buruzko Txosten Berezia. IPCC III*. Lantaldeak egindako txosten berezia.

<http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf>

IPCC TAR. *Special Report on Emissions Scenarios (SRES)*, 2001. [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch). 4AR txostenean ere erabili zituzten egoera horiek, 2007an. A1, A2, B1 eta B2 egoera-familiak eta A1F1, A1B eta A1T egoera-multzoak daude.

Leorri, E.; Horton, B.P.; Cearreta, A.: *Development of a foraminifera-based transfer function in the Basque marshes, N Spain: implications for sea-level studies in the Bay of Biscay*, in Marine Geology, 251 (2008), 60-74.

Leorri, E.; Cearreta, A.: *Recent sea-level changes in the southern Bay of Biscay: transfer function reconstructions from saltmarshes compared with instrumental data*, in Scientia Marina, 73 (2009a), 287-296.

Leorri, E.; Cearreta, A.: *Anthropocene versus Holocene relative sea-level rise rates in the southern Bay of Biscay*, in Geogaceta, 46 (2009b), 127-130.


Meehl *et al.*: *Global Climate Projections*, 2007, in Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (argit.: Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L.), Cambridge University Press, Cambridge (Erresuma Batua) eta New York (NY, Ameriketako Estatu Batuak).

Michel, S.; Vandermeirsch, F.; Lorance, P.: *Evolution of upper layer temperature in the Bay of Biscay during the last 40 years*, in Aquat. Living Resour, 22 (2009), 447-461.

Schár eta beste: *La función de la creciente variabilidad de temperatura en las olas de calor de verano en Europa*, in Nature, 427 (2004), 332-336. Copyrighta: 2004.

Turley, C.P.; Blackford, J.C.; Widdicombe, S.; Lowe, D.; Nightingale, P.D.; Rees, A.P.: *Reviewing the Impact of Increased Atmospheric CO<sub>2</sub> on Oceanic pH and the Marine Ecosystem*, 2006. Defra-08.qxd 02/11/2005 21:26.



A series of overlapping, wavy white lines of varying thicknesses, resembling a network or data flow, set against a solid red background.

Eragina eta egokitzea  
sektoreetan eta sistemetan

A horizontal dotted white line spanning the width of the page.

- BALIABIDE HIDRIKOAK
- HIRIGUNEA
- KOSTALDEA
- BIODIBERTSITATEA
- ITSASOKO EKOSISTEMAK ETA BALIABIDEAK
- LEHORREKO BIODIBERTSITATEA ETA EKOSISTEMAK  
ETA LURZORUKO BALIABIDEAK
- NEKAZARITZAKO, ABELTZAINZAKO ETA  
BASOGINTZAKO BALIABIDEAK

# Eragina eta egokitzea

## BALIABIDE HIDRIKOAK

BALIABIDE HIDRIKOAK direla eta, historian egindako behaketek eta klimaren proiektioek hainbat froga ematen dizkigute, adierazten dutenak klima-aldaketaren eragina nabaritzen duela ur gezak, haren eragin handia nabari dezakeela etorkizunean eta askotariko ondorio ugari izango dituela horrek gizarteetan eta ekosistemetan [Santa Coloma *et al.*, 2010].

Testuinguru horretan, beharrezkoa da azterketak egitea klima-aldaketak EAEko baliabide hidrikoetan izan ditzakeen eraginei buruz, eta, hain zuzen ere, testuinguru horretan ekin diegu azterlan horiei, klima-aldaketak baliabide hidrikoetan duen eragina egokitzeko eta txikitzeko eta egungo hornikuntza-sistemak egokitzeko.

Laburtuz, hauek dira lan honen xede nagusiak: balantze hidrikoko elementuen aldaketen zantzuak haute-matea; aldaketa horiek baliabide hidrikoetan dituzten ondorioak (ibaien erregimenaren, puntako emariaren eta uholdeen ondorioen aldaketak) eta hornikuntza-sistemetan eta hegal-sistemetan dituztenak aztertzea; egoera hidriko berri batek EAEko hirien eta industriaren hornikuntzan eragin ditzakeen kalteak aztertzea; aurrez ikusten ditugun kalteak aztertzea; eta egokitze-neurriak proposatzea. Laburbilduz, hauek dira gai honi buruzko atariko emaitzak:

### EGUNGO KLIMA

- Azken 50 urteetan, neguko eta udaberriko batez besteko emariak behera egiteko joera izan da.
- Neguko eta udaberriko emari maximoek gora egiteko joera dago.
- Hornikuntza-sistema gehienetarako ekarpenetan aldaketak izateko arrisku ertaina edo handia dago.

### ETORKIZUNEN KLIMA

- Neguko eta udaberriko ur-ekarpena %6 eta %13 bitartean jaitsiko da.
- Egoera horretan, hornikuntza-sistemek hornituko gaituzten bermea txikiagoa izango da.
- Puntako emaria %20 haziko da, eta, horren ondorioz, urpean gera daitekeen azalera %3 haziko da. Horren ondorioz, uholdeen ondoriozko galerak %15 handiagoak izan daitezke 2050erako.
- Luiziak eta lur-koladak izateko arrisku handiagoa izango da.

## AUTOREAK

**Koordinatzailea:** Maddalen Mendizabal (Tecnaliako Ingurumen Unitatea).

**Erregimen hidrikoa:** EHUko Geodinamika Saileko Iñaki Antigüedad, Ane Zabaleta, Tomás Morales, Maite Meaurio eta Carlos Gorria.

**Hornikuntza:** EHUko Ingeniaritza Nuklearra eta Jariakinen Mekanika Saileko Jabier Almandoz, Ruben Jimenez eta Asier Arrizabalaga.

**Uholdeak:** Tecnaliako Ingurumen Unitateko Maddalen Mendizabal, Beñat Abajo, Laura Gutierrez eta Estela Ciprián, Azti-Tecnaliako Roberto Moncho eta Espainiako DHlko Peter Torp.

**Isurialde-sistemak:** EHUko Geografia, Historiaurrea eta Arkeologia Saileko Elena Díaz Bea, Askoa Ibisate González de Ma-  
tauco, Orbangetxearen Arenaza eta Ana Sáenz de Olazagoitia Blanco.

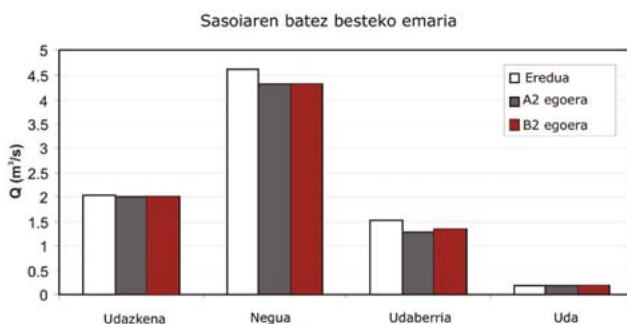
BC3 Basque Center for Climate Change taldearekin kalteen balioztapen ekonomikoan elkarlanean eta Ibon Galarraga, Aline Chiabai, Nafarroako Unibertsitate Publikoko Nuria Osés, Anil Markandya, Kaysara Khatun eta Bettina Damm-en *Insights on the economics of adaptation for decision making process in climate change policies: Inputs for K-Egokitzen Project* dokumentuan oinarrituz.

Erregimen hidrikoan izandako aldaketak aztertu ditugu, eredu hidrologiko bat erabiliz, eta Klima Aldaketari buruzko Gobernuarteko Aditu Taldeak 2010-2040 aldirako landutako A2 eta B2 egoeren inputak baliatu ditugu eredu prestatzeko [<http://www.eitb.com/infografia-multimedia/klima-aldaketa/ondorioak.html>]. Egora horiekin bat, tenperaturek gora egingo dute, 1 °C eta 3 °C artean urtaroaren arabera. Prezipitazioari dagokionez, berriz, egoerak ez dira batera argiak, eta neguko eta udaberriko prezipitazioa %5 jaitsiko dela finkatu dugu aplikazioetan. Nerbioi ibaiaren goi-arroari buruzko emaitzek diotenez, neguko eta udaberriko batez besteko emaria %6 eta %13 txikituko da hurrenez hurren; hau da, ur-baliabideen beherakada handiagoa izango da aurrez ikusitako prezipitazioaren beherakadaren iragarpenek diotena baino, tenperaturak gora egitearen ondorioz [4. irudia]. Horrelako eredu hidrologikoak aplikatzearen ondorioz, argi eta garbi geratu da landare-estalkiak eta haren aldaketek baliabide eta erregimen hidrikoetan duten eragina. Aixola ibaiaren arroa (Deba), adibidez, pinudiez estalita dago nagusiki. Bada, belardiak sortuko balira pinudien ordeztan, neguko batez besteko emaria %9 handituko litzateke, udazkenekoa ere handituko litzateke, eta, horren ondorioz, ur gehiago helduko litzateke hango urtegitara. Udako emaria, aldiz, nabarmenki txikituko litzateke: %15. Gainera, simulaziotik ondorioztatzen denez, emariak aldakorragoak izango lirateke belardiak nagusituko balira, emari maximoak handiagoak, eta emari minimoak txikiagoak, izango bailirateke.

Bestalde, EAEko emarien sail historikoak aztertzen baditugu, ikusiko dugu neguan eta udaberrian emariak behera egiteko joera garbia izan dela azken 50 urteotan, nahiz eta azken 20 urteotako joera (1987 eta 2007 artekoa) gora egitekoa izan den argi eta garbi [1. taula]. 1987 eta 2007 bitartean, emari maximoek gora egiteko joera izan da —neguan, isurialde kantauriarrean, eta, udaberrian, isurialde mediterraneoan—; sail luzean arabera, ordea, beherako joera izan da. Emari minimoek, berriz, behera egiteko halako joera

izan dute udan eta udazkenean. Erregimen hidrikoaren aldakortasun handiago horrek ondorio erantsiak izango ditu ibaietako ekosistemen osasunean. Hornikuntza-urtegi-tako sarrera kontrolatuetan, adibidez, azken urteotan, batez besteko emariak gora egin du neguan eta udaberrian (urtegiak ur gehien biltzeko garaian), eta ona da hori. Alabaina, udako batez besteko emariak eta udazkeneko eta neguko minimoek behera egin dute, eta horrek kalte egiten die, alde batetik, ekosistemei eta, beste alde batetik, diluzio-emariz hornitzeko zor-emia handitu beharra dela-eta, urtegiak kudeaketari.

Klima osatzen duten elementuetan aurrez ikusten ditugun aldaketak eta gure lurraldearen ezaugarriak direla medio, beharrezkoa da lurzorua eta lurzoria okupatzeko formen funtzio hidroljokoa kontuan izatea, klima-aldaketara egokitzeko. Ildo horretan, emarietan aurrez ikusten ditugun aldaketak arintze aldera, gure proposamena da lurraldearen funtzio hidroljokoa aintzat hartzea EAeko lurraldeetan eragina duten planak ebaluatzerakoan.

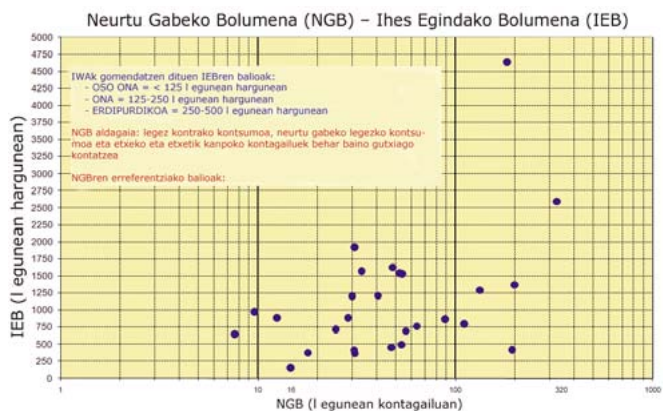


4. irudia. Nerbioi ibaiaren batez besteko emariak Gardean (Laudion): ereduak (2001-2007 aldikoak) eta 2010-2040 aldirako A2 eta B2 egoeretan aurrez ikusten direnak, neguko eta udaberriko prezipitazioan %5eko beherakada izan daitekeela kontuan izanik.

1. taula. Urteko eta urtaro bakoitzeko batez besteko emariaren joerak zenbait denboralditan.

	(1948)	1973	1987	1995	2007	
Urtekoa	Beherakoa	<i>Beherakoa</i>	Gertagaitza	Gertagaitza		Ekialdeko isurialde kantauriarra
Udazkenekoa	Gertagaitza	Beherakoa	<b>Gertagaitza</b>	<b>Gertagaitza</b>		
Negukoa	<i>Beherakoa</i>	<i>Beherakoa</i>	<b>Gorakoa</b>	<b>Gorakoa</b>		
Udaberrikoa	<i>Beherakoa</i>	<i>Beherakoa</i>	<i>Beherakoa</i>	Gorakoa		
Udakoa	<b>Gertagaitza</b>	<b>Gertagaitza</b>	Gertagaitza	<i>Beherakoa</i>		
Urtekoa				Gertagaitza		Mendebaldeko isurialde kantauriarra
Udazkenekoa				<b>Gertagaitza</b>		
Negukoa				<b>Gorakoa</b>		
Udaberrikoa				Gorakoa		
Udakoa				<i>Beherakoa</i>		
Urtekoa	<i>Beherakoa</i>	<i>Beherakoa</i>	Gorakoa ?	<b>Gorakoa</b>		Isurialde Mediterraneoa
Udazkenekoa	Beherakoa	<b>Gertagaitza</b>	Gorakoa	<b>Gertagaitza</b>		
Negukoa	Beherakoa	Gertagaitza	<b>Gorakoa</b>	<b>Gorakoa</b>		
Udaberrikoa	<i>Beherakoa</i>	<i>Beherakoa</i>	Beherakoa	<b>Gorakoa</b>		
Udakoa	<i>Beherakoa</i>	Beherakoa	Gertagaitza	Gertagaitza		

Ur-ekarpenetan gertatzen diren aldaketek zuzeneko eragina dute eskuragarri dauden baliabideen kantitatean eta kalitatean. Alde horretatik, urtegien edukiera kontuan izanik, aztertu beharko genuke ea sistemek hornitu egingo gaituzten bermea izango dugun ekarpenetan aurrez ikusten ditugun aldaketak gertatzen badira. K-Egokitzaren proiektuaren esparruan egindako ikerketa analisei esker, ikusi dugu aztertutako hamar sistemetan seik ez dutela bermatzen beharrezko emaria izango dutenik: Txingudik, Arriaranek, Ibiurrek, Barrendiolak, Maroñok —Nerbioi ibaiaren goi-arroa hornitzen du— eta Ibaizabalek<sup>4</sup>. Horietako bostetan, arazoa konpondu egin daiteke, ihesen bolumena txikitzeko estrategiak erabiliz, baina Arriarango sisteman beste estrategia batzuk baliatu beharko lirateke hornikuntza bermatzeko, hala nola erabiltzaileek aurreztea, hoditeria berritzea eta presioa kudeatzea. 5. irudian EAEko hornikuntza-sistemetako ihesen zenbait bolumen eta itxurazko galeren zenbait bolumen (kontsumitutako eta neurtu gabekoak) ageri dira, horietan oinarritu baikara aipatutako ondorioak ateratzeko.



5. irudia. Kontrolatu gabeko, neurtu gabeko edo ihes egindako bolumenaren jatorriaren konparazioa.

Klima-aldaketara egokitzeko, EAEko hornikuntza-sistemen egoera ezagutu eta hobetu behar dugu. Alde horretatik, azterlanaren arabera, ekarpenetan gertatzen diren aldaketek kalte handia edo oso handia eragin dezakete aztertutako hornidura sistema gehienetan [6. irudia].

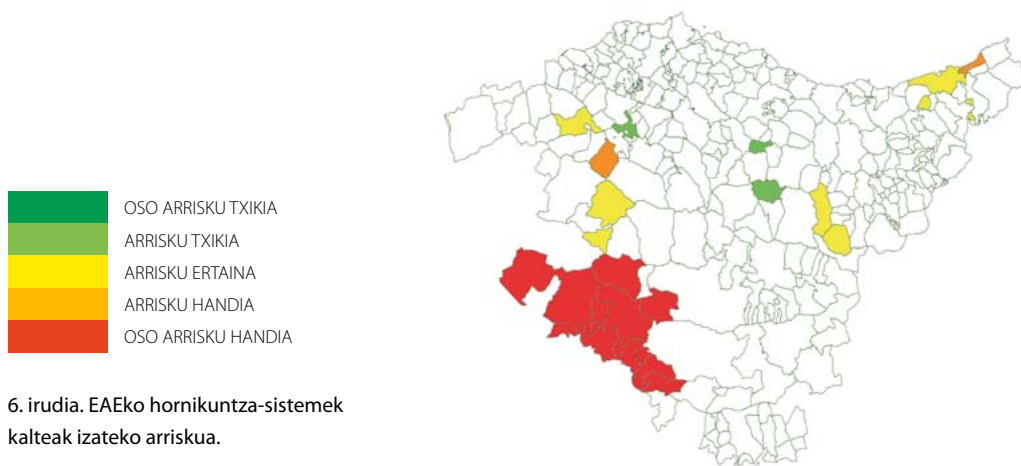
Aurrez ikusten dugun eragina ahal bezainbat txikitzeko, neurri espezifikoak proposatuko ditugu hornikuntza-sistema bakoitzari buruz. 21 aldagairen arabera zehaztu ditugu neurri horiek, eta konplexuak izan daitezke, hala nola eredu matematiko bat erabiltzea eta presioa kudeatzea, edo oinarritzkoak, hala nola arduradun bat izendatzea, tarifak zehaztea eta errendimenduak kalkulatzeko. Zehatz-mehatz, hauek dira neurriok:

1. Eredu matematikoak, ur-eskaria kudeatzeko plan integralak eta presioa kudeatzeko ereduak zehaztea.

<sup>4</sup> Sistema horiek guztiek egoera honetan ezingo lukete hornikuntza bermatu: eskura dagoen baliabidea %10 txikiagoa dela, biztanleria %5 handiagoa dela eta hornitzen den uraren balioa konstantea dela.



2. Hobekuntzak egitea sareen eta neurketen alderdi jakin batzuetan eta eredu matematikoak eta ur-eskaria kudeatzeko plan integralak zehaztea.
3. Hobekuntzak egitea sareen eta neurketen alderdi jakin batzuetan, eredu matematikoak eta ur-eskaria kudeatzeko plan integralak zehaztea eta tarifak ezartzeko sistema optimizatzea.
4. Sektorizazio orekatua egitea, eredu matematiko baten laguntzaz, eta presioa kudeatzea.
5. Hobekuntzak egitea ihesetan eta neurketetan eta emari-neurgailua erabiltzea.
6. Kartografia sortzea, sareari buruzko oinarritzko datuak biltzea, eskariaren ezaugarriak zehaztea, ur-ihesen kontrol aktiboa (UIKA) sistemarik erabili beharra dagoen aztertzea eta neurketen kudeaketa hobetzea.
7. Pertsonala kontratatzea, tarifak ezartzea eta errendimenduak kalkulatzeko.

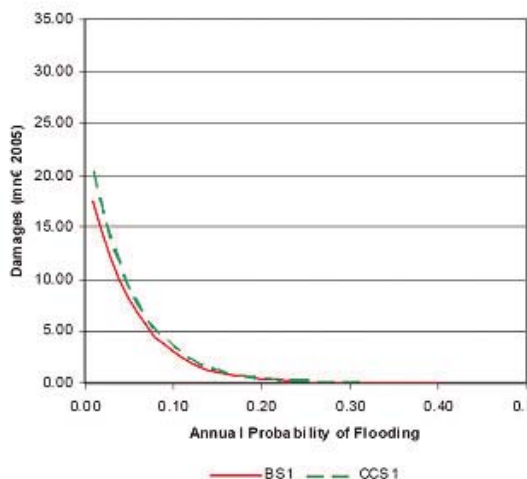


Bestalde, klima-ereduen eskualdeko analisisiek iradokitzen dutenez [Moncho *et al.*, 2010]<sup>5</sup>, muturreko prezipitazioa (egunekoa) %10 handituko da, eta, horren ondorioz, uholdeen ondoriozko galerak ere handiagoak izango dira. Nerbioi ibaiaren arroan egin diren azterketen arabera, adibidez, (historian zehar uholde ugari eduki dituen arroa izaki) emaitzek [Mendizabal *et al.*, 2010], prezipitazio maximoa %14 handituko dela espero da 2001-2050 aldirako, eta, A1B egoeran, BCM eredu globalaren arabera METNO eskualdeko ereduarekin bat. Prezipitazioaren ehuneko igoera hau aldakorra izango da espazialki arroan zehar. Eredu hidrologiko hidrauliko akoplatuaren (Mike She / Mike 11 ereduaren) arabera, berriz, 50 urteko birgertatze-aldiko puntako emaria nabarmenki handituko da. Orobat, arroak ez die modu linealean aurre egingo prezipitazioaren aldaketei: arroaren goiko eta erdiko aldean handituko da emaria gehien (hurrenez hurren, %22 ± 2 eta %20 ± 3), eta arroaren beheko aldean gutxien (%14 ± 10). Izan ere, zenbait prozesu jazotzen dira arroan, eta, horren ondorioz, aldaketak ez dira propor-

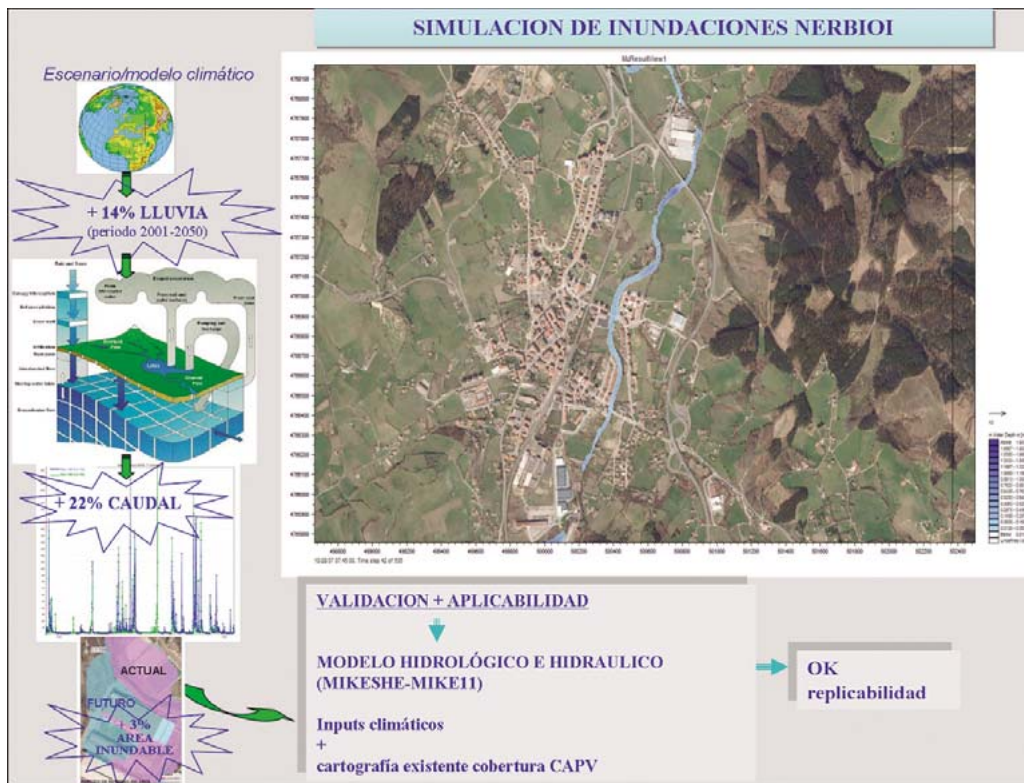
5 Eskualdeko klimaren simulazioen analisisa, A1B egoeran, bereizmen horizontala 25 x 25 km-koa dela eta kalibratzea tokiko estazio meteorologikoez egin dela.

tzionalak, ez homogeneousak lurraldean. Alde horretatik, aldagai hauek izan dezakete eraginik handiena prozesu hidrologikoan: landaretza motak (arroaren goiko aldean larre eta zuhaixka komunitateen estatura altuagoa da eta arroaren beheko aldean berriz zuhaiztiak nagusi dira) eta lurzoru motak (arroaren goiko aldean hare larriaren presentzia altuagoa da eta arroaren erdiko eta beheko aldean berriz hare xehea nagusi da).

Nerbioi ibaiaren puntako emariaren ustezko igoeraren ondorioz, Amurrion uholde eremua handitzea espero da, eta, gainera, bortiztasun-mailan ere izango du eragina emari igoera horrek (uholde eremuan uraren abiadura eta garaiera handiagoak izango dira). Aurreikuspenen arabera, uholde eremuaren azalera %3 handituko da 50 urteko birgertatze-aldian, eta %5 ere handitu daiteke 500 urteko birgertatze-aldietan [8. irudia]. Uholde eremuko uraren altueraren mapak aztertzen baditugu, ikusiko dugu ur-orria puntakoa izango dela ibaiaren hiru bat zatitan, 500 urteko birgertatze-aldian. Zati horiek eta, lurzorua erabilera kontuan hartuz, inguruko eremuak identifikatu ditugu, urak zenbateraino kalte egin dezakeen balioztatzeko, eta, horretarako, oinarritzko egoerak zehaztu ditugu, eta klima-aldaketaren ondoriozko egoerekin alderatu. Hartara, klima-aldaketak arro bat edo arro baten zati bat urpean geratzeko arriskuan duen eraginera hurbildu gara. Oinarritzko egoeran eta klima-aldaketaren ondoriozko egoeran kalteak izateko probabilitate-kurbak egin ditugu [7. irudia], eta, Nerbioi ibaiaren Amurrioko tarteko balioek adierazten dutenez, uholde bakoitzaren ondoriozko urteko batez besteko galerak % 5 inguru haziko dira klima-aldaketaren ondorioz: 56.097 eurokoak dira oinarritzko egoeran, eta 64.451 eurokoak izango dira klima-aldaketaren ondorioz. Alde horretatik, kontuan izan beharra dago urteko galerak besterik ez dela hori. Alegia, muturreko uholdeetan, guztizko galerak 20 milioi eurotik gorakoak izan daitezke.



7. irudia. Amurrion gertatzen diren uholdeek oinarritzko egoeran (BS1 egoeran) eta klima-aldaketaren ondoriozko egoeran (CCS1 egoeran) kalteak eragiteko probabilitatearen kurba.



8. irudia. Klima-aldaketak 2050ean Nerbioi ibaiaren goi-arroan emarietan eta urpean gera daitekeen eremuan izan dezakeen eragina aztertzeko metodologiaren baliozkotzea eta aplikagarritasuna (Mendizabal *et al.*, In press).



9. irudia. Luizien adibideak.

Uholdeetan ez ezik, muturreko prezipitazioaren hazkundera isurialde-sisteman ere du eragina, frogek diotenez [9. Irudia]. Ekaitzek emariak eraldatzen dituzte eta, orobat, lur-masa handiak askatzeko eta irristaketak eta lur-koladak izateko eta berriz gertatzeko arriskua areagotzen dute, bereziki, ibaietako urak gora egiten badu prezipitazioak haztearekin batera eta urak ibaiertzen higadura larriagotu badezake.

Arriskugarritasun-mapetan oinarrituz, hiriko eskalan hartzeko neurriak proposatzen dira. Klima-aldaketaren eraginaren hartzaileak identifikatu dira, eta ahulenekiko lanari ematen zaie lehentasuna [10. irudia]. Horretarako, klima-aldaketara egokitzeko neurri orokorren artetik bereiziko dugu zeinek dakarten eraginaren peko esposizioa eta sentikortasuna txikitzea eta hartzaileak klima-aldaketari aurre egiteko ahalmena handitzea:

1. Lurraldea eta hiria antolatzea esposizioa txikiagotzeko moduan, «ibaiari lekua uztea» bultzatuz. Zerbait aukeraren kostuaren eta onuraren arteko egokitasuna aztertzea komeni da: erabilera eraginarekin bateragarria den, lurra hustu beharra dagoen arriskuari aurrea hartzeko edo babesgarririk eraiki eta erabilera mugatzeko neurririk hartu beharra dagoen.
2. Leku jakin batzuetan uholde kontrolatuak sorraraztea, arroan beheerako puntako emaria txikitzeko eta ibaiak leku jakin batzuetan gainezka ez egiteko. Horrela, ondasunen eta pertsonen segurtasuna bermatzen dugu.
3. Arriskuan dauden eremuetan ahal bezainbat txikitzea sestra azpian aparkatzeko aukera. Isurketa-ura aldi baterako biltzeko erabil daiteke lekua.
4. Saneamendu-sare egokituen azterketa eta plangintza egitea eta horien neurriak egokiro ezartzea.
5. Material irazkorrak erabiltzea zolatzeko, isurketa-ura murrizteko.
6. Eraikuntza-materialak hobetzea. Eraikuntzak erabat berritzeko politikak sustatzea.
7. Herritarrek informatzea eta heztea, klima-aldaketara egokitzeko gaitasuna hobetzeko.

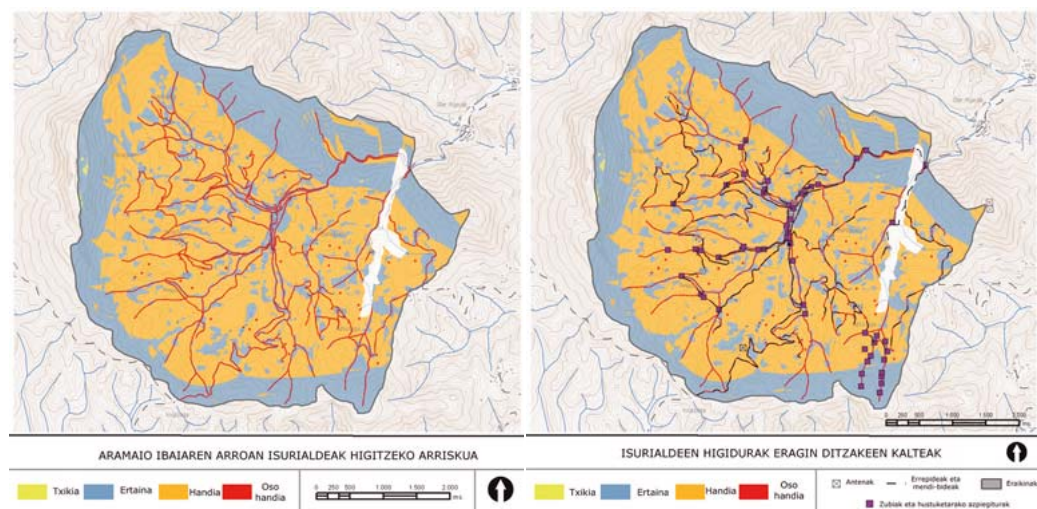


10. irudia. Uholdeak izateko arriskua 2001 eta 2050 artean eta 1951 eta 2000 artean.

Klima-aldaketari aurre egiteko, hiriko eskalako neurriak hartzeaz gain, proposamena da lurraldeko eskalako neurriak ere hartzea, arroak klima-aldaketari aurre egiteko gaitasun handiagoa izan dezan. Landaretzak isurketa-uraren sorreran eta, horrenbestez, emarian duen eraginari buruzko azterketaren emaitzetan oinarrituz, zuhaitziak erabiltzea da proposamena, ibaiaren puntako emaria txikitzeko. Orobat, batez besteko prezipitazioaren jaitziera gertatzen bada, belardiak kalte egiten dio gutxieneko emariari. Horregatik, komeni da aurrez ikusten diren egoera guztietarako (batez besteko emariaren jaitzierarako, puntako emariaren igoerarako) irtenbideak biltzea eta, horretarako, isurketa-ura eta emaria erregulatzeko

balio duten ereduak zehaztea lurzorua erabiltzeko. Landare-erkidegoen mosaiko bat eratzen duen lurraldearen alde egin behar da, eta «lurraldean sakabanatutako adabakien» egitura sustatu, biodibertsitateari eutsiz eta espezie autoktonoen alde eginez.

Isurialde-sistemak luizien aurka egokitzeko proposatzen ditugun neurriak isurialdeak higitzeko arriskuaren mapak egitearen emaitza dira [11. irudia], baita horiek lurraldea antolatzeko planetan erabiltzearena ere. Ibai-sistemari dagokionez, lurralde-plangintzan oinarritutako neurriak proposatzen ditugu. Alde horretatik, interesgarria litzateke ibai-erreserbak eta –lurraldeak sortzea, kontserbaziorako eta plangintzarako eremuak. Gainera, uholdeetara egokitzeko neurriarekin bat dator hori, «ibaiari lekua uztearekin».



11. irudia. Aramaio ibaiaren arroan isurialdeak higitzeko arriskua dagoen eremuen mapa eta isurialdeen higidurak kalteak eragin ditzakeenena. Bigarrenak isurialdeak higitzeko arriskua eta esposizioa konbinatzen ditu. Prezipitazio handiek edo ugariak kaltea non egin dezaketen jakiteko balio dute eta, hortaz, lurraldearen anto-lamendua edo erabilera-arauak egokitzeko neurriak, babes-neurriak, etab. hartzeko oinarria dira.

## ERREFERENTZIAK

Jiménez, R.; Almandoz, J.: *The role of Urban Water Distribution networks in the process of sustainable urbanisation in developing countries. Water supply. Wukro (Ethiopia)*. 2010eko ekainean Bartzelonan antolatutako IWA Young Water Professional Spain biltzarrerako hitzaldi-posterra.

Jiménez, R.; Almandoz, J.; Arrizabalaga, A.: *Roadmap of strategies to improve performance indicators of water supply networks in adaptation to climate change*. 2010eko uztailan Sydney (Australian) antolatutako IWA Young Water Professional International biltzarrerako hitzaldi-posterra.

Jiménez, R.; Almandoz, J.; Arrizabalaga, A.: *Performance indicators of water supply networks in adaptation to climate change. Basque Region*. 2010eko ekainean São Paulon (Brasilen) antolatutako IWA Water Loss 2010 biltzarrerako hitzaldi-posterra.

Jiménez, R.; Almandoz, J.; Arrizabalaga, A.: *Indicadores en redes de distribución en la adaptación al cambio climático*. 2010eko ekainean Oviedon antolatutako ANQUE Nazioarteko Biltzarrerako hitzaldi-posterra.

Meaurio, M.; Zabaleta, A.; Antiguada, I.; Boithias, L.; Sauvage, S.; Sánchez-Pérez, J.M.: *Application of SWAT model to evaluate the impacts on water resources of some climatic scenarios in a catchment of the Basque Country*, in 2011 International SWAT Conference & Workshops, Toledo, 2011ko ekainak 15-17.

Mendizabal, M.; Moncho, R.; Chust, G.; Torp, P.: *Modelling hydrological responses of Nerbioi River Basin to Climate Change*, in Geophysical Research Abstracts, 12 (2010). EGU2010-12492-1.

Mendizabal, M.; Moncho, R.; Torp, P.: *Assessing the impact of Climate Change on flood events in the north of Iberian Peninsula (Basque Country Region)*, in Geophysical Research Abstracts (in press).

Moncho, R.; Chust, G.; Caselles, V.: *Regional scenarios of mean and extreme precipitation regimes in the Basque Country*, in Geophysical Research Abstracts, 12 (2010). EGU2010-4407.

Santa Coloma, O.; Mendizabal, M.; Feliú, E.; Chust, G.; Pinto, M.; Del Hierro, O.; Olarreaga, F.: *Efectos del cambio climático en el País Vasco y estrategias de adaptación*. 2010ean Madrilen antolatutako CONAMA10 Congreso Nacional del Medio Ambiente biltzarrerako txostena.

[http://www.conama10.es/conama10/download/files/CT%202010/13354163\\_21.pdf](http://www.conama10.es/conama10/download/files/CT%202010/13354163_21.pdf)

Zabaleta, A.; Uñarte, J.A.; Antiguada, I.: *Streamflow response during rainfall events in a small forested catchment (Basque Country)*, 2010. Proceedings of the international workshop on status and perspectives of hydrology in small basins. IAHS publ. 336, 125-130.

---

## HIRIGUNEA

Azken hamarkadan aurrerapauso handiak egin dira hirien kudeaketak gero eta gehiago har diezaien aurrea klima-aldaketaren ondoriozko egoerei, baina, hala eta guztiz ere, oraindik ere beharrezkoa da plangintzaren praktikari lotuago dauden ikuspegiak erabiltzea, diagnostikoa eta neurriak estu lotuta egon daitezten. K-Egokitzen proiektuak behar horri erantzun nahi dio, eta, horretarako, metodologia bat sortu dugu, klima-aldaketak gure lurraldean eta hiri-inguruneetan eragin ditzakeen kalteak ebaluatzeko. EAE klima-aldaketara egokitzeko ekintzak eta politikak bideratzeko balio dute metodologia horren emaitzek, identifikatzen baitute zer hirigunetan edo zer talderekin erabili beharko lirakeen baliabideak (baliabide ekonomikoak, giza baliabideak, etab.) eta ahaleginak. Horri esker, lehentasuna eman diezaiekegu sistema jakin batzuen gaineko ekintzei edo neurriei.

Atal honetan, orain arte lortutako emaitzak azalduko dira. Horretarako, lehenik, EAEen eragina izan dezaketen muturreko hiru fenomenok (uholdeek, itsas maila igoetzeak eta bero-boladek) herri eta hirietan eragin ditzaketen kalteak aztertuko dira. Bigarrenik, maila bat beherago, uholdeek eta bero-boladek Amurrión

(kasu pilotuan) izan dezaketen eragina aztertu da. Emaizta horiek klima-aldaketara egokitzeko estrategiak diseinatzeke, bideratzeko eta kudeatzeko inputa izango dira, klima-aldaketak herri eta hirietan izan dezakeen eragina txikitzea baita helburu nagusia; ildo horretan, EAEn gobernantza egokitzaila sustatzeko zenbait tresna proposatuko dira. Azkenik, herri eta hirien diseinuak tokiko klima-aldagaietan eta herritarren erosotasunean duen garrantzia aztertuko da.

## EGUNGO KLIMA

- Bizi-itxaropena handitu da.
- Hirien plangintza eta kudeaketa epe motzeko etekin ekonomikoetan oinarritzen da.
- Krisialdi ekonomiko (eraikuntzaren krisia) dago.
- Desberdintasun sozialak eta ekonomikoak handitu dira (talde ahulak daude).
- Uholdeek ingurune biofisikoan, sozialean eta ekonomikoan eragina izateko arrisku handia dago.
- Hiriek uholdeei eta bero-boladei aurre egiteko gaitasun eskasa dute.
- Klima-aldaketari buruzko politiken ardatza arintzea da, neurri handiegian.
- Ez dago gobernantza egokitzailerik, ez lurraldean, ez hirietan.

## ETORKIZUNEN KLIMA

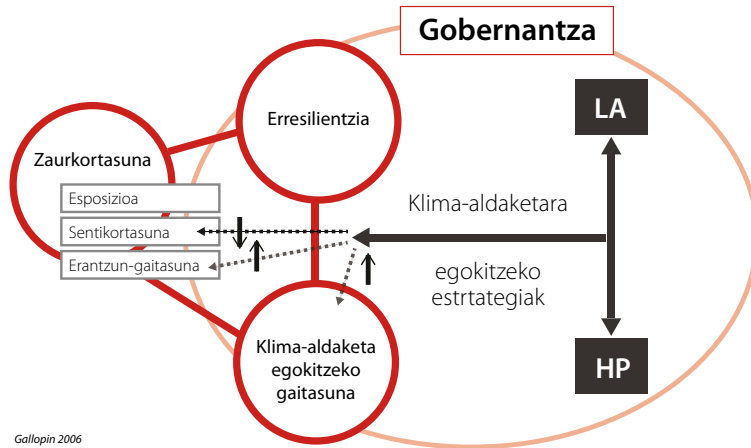
- Biztanleria gehiegi zahartuko da, landa-inguruetan batez ere.
- Probintzia-hiriburu-eremuko temperatura maximoak eta minimoak 4-5 °C eta 3-4 °C igoko dira hurrenez hurren XXI. mendean.
- Bero-boladak luzeagoak eta beroagoak izango dira.
- EAeko biztanleriaren ia %80 udalerritan bizi da, eta muturreko klima-fenomenoetan bizpahiruk izan dezakete eragina haietan.
- Erikortasun- eta heriotza-tasak gora egingo dute, bero-boladen ondorioz.

## AUTOREAK

*Lurraldearen antolamendua eta hirigintza:* Tecnaliako Ingurumen Unitateko Karmele Herranz, Marta Olazabal, Gemma García, Beñat Abajo, Laura Gutiérrez, Maddalen Mendizabal eta Efrén Feliú.

*Hirietako klima, bero-uharteak:* Tecnaliako Ingurumen Unitateko Juan Angel Acero, Julia Hidalgo, Andrés Simon, Iratxe González eta Jon Arrizabalaga.

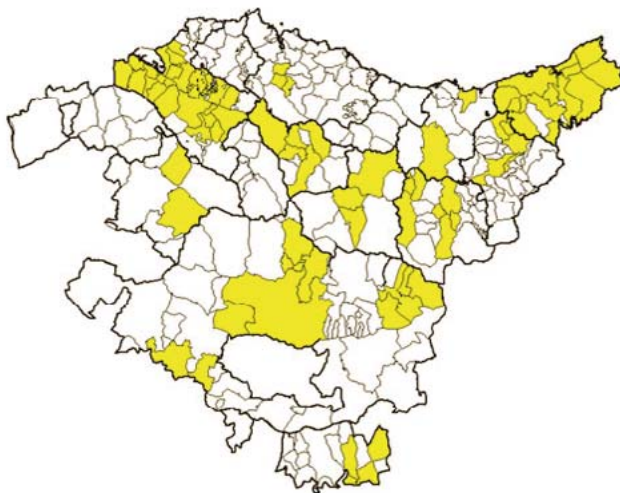
Azken hamarkadan aurrerapauso handiak egin dira hirien kudeaketak gero eta gehiago har diezaien aurrea klima-aldaketaren ondoriozko egoerei, baina, hala eta guztiz ere, oraindik ere beharrezkoa da plangintzaren praktikari lotuago dauden ikuspegiak erabiltzea, diagnostikoa eta neurriak estu lotuta egon daitezten. K-Egokitzaren proiektuak behar horri erantzun nahi dio, eta, horretarako, metodologia bat sortu dugu, arriskuan dauden edo arriskugarriak diren hiriguneak identifikatzeko eta jakiteko non erabili beharko liratekeen baliabideak (baliabide ekonomikoak, giza baliabideak, etab.) eta ahaleginak (udalena, eskualdeak eta lurralde osoarenak). Horri esker, lehenetsia eman diezaiekegu sistema jakin batzuen gaineko ekintzei edo neurriari [12. irudia].



Gallopín 2006

12. irudia. Klima-aldaketarekiko zaurkortasuna aztertzeko planteamendu teoriko eta metodologikoa.

Klima-aldaketak EAEko udaletan izan dezakeen eraginari buruzko analisiak dioenez, zortzi udalerrik nabari dezakete aztertutako muturreko hiru fenomenoen (uholdeen, bero-uharte eta itsas mailaren igoeraren) eragina. Oro har, kostaldean edo ibaiertzean daude udalerririk guztiak: Bermeo, Bilbo, Donostia, Erandio, Errenteria, Getxo, Santurtzi eta Zarautz. EAEko udalerrien %3,2 bakarrik dira, baina biztanleriaren %35,4 bizi da haietan. Orobat, kontuan hartu behar ditugu beste 37 udalerririk, aipatutako hiru fenomenoetatik bik izan baitezakete eragina haietan. Horiek ere nahiko biztanleria handia dute oro har [13. irudia].



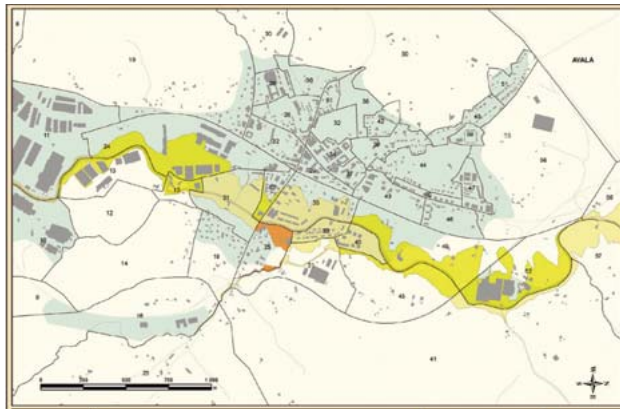
13. irudia. Klima-aldaketarekiko EAEko udalerririk zaurkortasun analisia.

Oro har, EAEko biztanleriaren %77 bizi da EAEn probableenak diren muturreko hiru klima-fenomenoetan hirurek edo bik eragina izan dezaketen udaletan.



Maila bat beherago, Amurrio hartu dugu klima-aldaketak hirietan izan dezakeen eraginaren eredutzat (kasu pilotutzat), Nerbioi ibaiaren arroko udalerririk handienetako bat baita eta gizarteak eta erakundeek konpromiso handia baitute harekin [14. irudia]. Hain zuzen ere, Amurrioren eragina izan dezaketen bi fenomenoek (uholdeek eta bero-boladek) zer-nolako kalteak eragin ditzaketen aztertu da. 500 urteko birgertatze-aldiko uholdeen analisiaren emaitzek diotenez —izan daitekeen egoerarik okerrenetako bat da hori—, ingurune biofisikoa, soziala eta ekonomikoa oso arrisku handian daude. Sistema horiek guztiak klima-aldaketara egokitzeko, proposamena da klima-aldaketari aurre egiteko gaitasuna sustatzea, hura hain kaltegarria izan ez dadin:

- Uholdeen eraginaren pean egon daitezkeen 192 hektareen %79,8ko ingurune biofisikoa sentikorra da.
- Amurrioko biztanleriaren %14,1 (1.427 lagun) egon daiteke uholdeen eraginaren pean, eta ehuneko horren %28,5 sentikorra da. Bestalde, uholdeen eraginaren pean egon daitezkeen ingurune sozialaren %2,2 zaurkorra da.
- Ingurune ekonomikoari dagokionez, 23 jarduera daude uholdeen eraginaren pean egon daitezkeen lurzoruan, eta 241 lagunek dihardute haietan. Alde horretatik, jardueren %83 eta langileen %91 sentikorra da.
- Uholdeen eraginaren pean egon daitezkeen azalera eraikiaren %75 (83,7 ha) zaurkorra da, eraikuntza berezien (osasun-etxeen, ikastetxeen) edo ondasun kulturalen presentzia dela-eta nagusiki. Amurrioko ingurune eraikiak ez du gaitasun eskasa uholdeei aurre egiteko, eta, hortaz, uholdearekiko zaurkortasuna sistemaren gaineko sentikortasunaren antzekoa da.

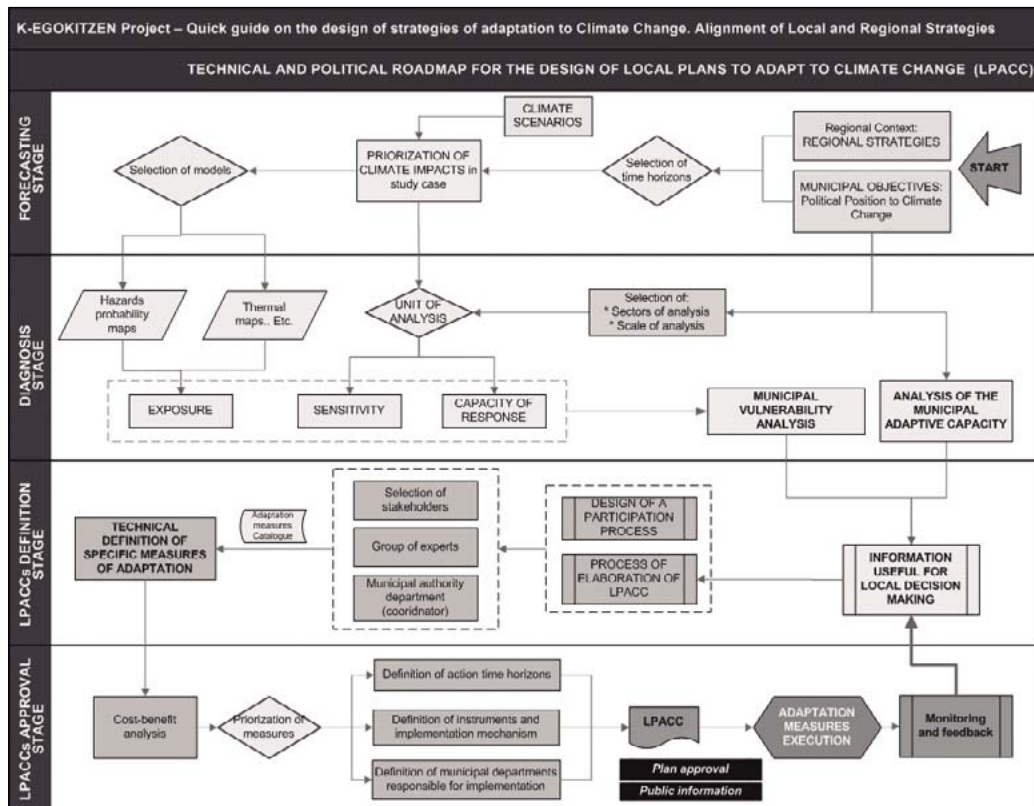


14. irudia. Uholdeen arrisku-maparen adibidea. Uholdeekiko zaurkortasun soziala Amurrioko udalean.

Jakina, klima-aldaketaren zaurgarritasuna ebaluatzeko sortutako metodologiaren alderdirik baliagarriena da klima-aldaketara egokitzeko estrategiak bideratzeko, zuzentzeko eta diseinatzeko erabil daitezkeela emaitzak, haren kaltegarritasuna txikitzeko. Horretarako, sistemen gaineko sentikortasuna txikiagotu edota sistemek klima-aldaketari aurre egiteko gaitasuna handitu behar da, edo klima-aldaketara egokitzeko gaitasuna handitu behar da, hau da, gobernantza egokitzaila ezarri.

lido horretan, lan-tresna hauek sortu ditugu:

1. Eskualdeko, probintziako eta tokiko eskalan klima-aldaketara egokitzeko estrategiak zehazteko gida [15. irudia]. Klima-aldaketara egokitzeko neurriak hartzeko bide-orri bat da, eta lau fasetan banatuta dago: azterketa, diagnostikoa, egokitze-planen diseinua eta lan-ildoen zehaztapena. Prozesuaren abiapuntua da EAEn klima-aldaketarekiko zaugarritasuna aurkezten duten sektoreak eta udalak identifikatzea eta, jarraian, sektore bakoitzaren zaugarritasun maila ebaluatzea. Hori guztia oinarri hartuta, klima-aldaketara egokitzeko zenbait aukera ematen ditu gidak. Egokitze-plan espezifiko bat osatzen dute neurri horiek, baina, ondoren, lehentasunaren arabera ordenatu behar dira, zenbait irizpide kontuan izanik, hala nola neurrien aplikagarritasuna EAEn, arriskuan dauden taldeen joera etorkizunean, neurriek ingurumenean duten eragina, neurrien eraginkortasunaren eta klima-aldaketaren ondorioen ziurtasunaren arteko egokitasuna eta neurrien kostuaren eta onuraren arteko egokitasuna.



15. irudia. Klima-aldaketara egokitzeko eskualdeko eta tokiko eskalako estrategiak zehazteko gida.

2. Hirigintzaren eta lurralde-antolamenduaren esparruan klima-aldaketara egokitzeko neurri orokorren katalogoa. Tokiko, probintziako eta eskualdeko agintari publikoentzako gida eta informazio-iturri bat da, eta klima-aldaketara egokitzeko neurri orokorrak ematen ditu. Neurrien aplikagarritasunari buruzko xehetasun-azterketak egiteko oinarria da, eta klima-aldaketara egokitzeko 18 neurri proposatzen ditu. Fitxa-formatuan datoz neurri horiek, eta gehienak uholdeen ondoriozko muturreko fenomenoetara egokitzeko neurriak dira, baina bero-uharteetara eta bero-boladetara egokitzeko ere erabil daitezke batzuk.
3. Klima-aldaketara kasu pilotu batean (Amurrion) egokitzeko neurri espezifikoaren proposamena. Klima-aldaketara egokitzeko tokiko neurrien ahalmena edo arrakasta aztertzeke, simulazioak egin dira Amurrion, esparru guztien (esparru sozialean, biofisikoan eta ekonomikoan eta hiriko esparruan) zaurkortasunari buruzko azterketaren emaitzak erabiliz. Urrats hauek osatzen dute metodologia hori: 1) **driver** esanguratsu baten aukeraketak, 2) sentikortasun aldagaien eta egoera berriari aurre egiteko gaitasunaren kalkulak eta 3) beharrezko neurriaren simulazioak sentikortasun eta klima-aldaketari aurre egiteko ahalmena lehengoratzeko edo hobetzeko, klima-aldaketak ahalik eta eragin txikiena izan dezan etorkizunean.
  - Esaterako, klima-aldaketak etorkizunean Amurrioko ingurune sozialean zaurkortasuna iragarri da. EAEko biztanleriaren hazkundeari buruz zehaztutako joeretan oinarrituz egin da 2020rako iragarpena, eta Eustatek zehaztutako 7. egoeran oinarrituz 2025erakoa. Ingurune sozialaren zaurkortasun aldaketen arrazoi nagusia biztanleriaren (gehiegizko) zahartzea da, eta hori are nabarmenagoa da Amurrion biztanle gutxien dituzten eremuetan eta landa-eremuetan. Horregatik, egoki iritzi da aztertzeke zer inbertsio egin beharko litzatekeen uholdeen eraginarekiko zaurgarrien izan daitezkeen ingurune sozialekin lan egiteko. Alde horretatik, uste dugu egokia litzatekeela adineko biztanleriak klima-aldaketari aurre egiteko ahalmena handitzea, teknologia berriak (hala nola etxerako telelaguntza-ekipoak) sustatuz. Kostuen kalkularen bidez, hiru helburu jakin lortzeko beharrezko inbertsioa kalkulatu da:
    - 1. helburua -> Teknologia berriei esker, adineko biztanleriak klima-aldaketari aurre egiteko ahalmena mugitzeko arazoak dituzten adinekoen gaineko sentikortasunaren parekoa izatea; alegia, adineko biztanleriak klima-aldaketari aurre egiteko ahalmenak indarrrik gabe uztea mugitzeko arazoak dituzten adinekoen sentikortasuna. Horretarako, 231 telelaguntza-ekipo instalatu beharko lirateke, eta kostua 1.109.505,88 eurokoa litzateke guztira. Inbertsio publikoa, berriz, 60.498,05 eurokoa litzateke.
    - 2. helburua -> Klima-aldaketari aurre egiteko egungo ahalmenari eustea. Horretarako, zazpi telelaguntza-ekipo instalatu beharko lirateke, eta kostua 33.218,74 eurokoa litzateke guztira. Inbertsio publikoa, berriz, 1.811,32 eurokoa litzateke.
    - 3. helburua (tartekoa) -> Teknologia berriei esker, klima-aldaketari aurre egiteko ahalmena mugitzeko arazoak dituzten adinekoen sentikortasunaren erdia izatea. Horretarako, 115 telelaguntza-ekipo instalatu beharko lirateke, eta kostua 554.752,94 eurokoa litzateke guztira. Inbertsio publikoa, berriz, 30.249,03 eurokoa litzateke.

Hiriguneetan aztertutako bigarren eraginari dagokionez, klima-aldaketari buruzko azterketek diotenez, tenperaturaren gaineko eragina are handiagoa izango da EAeko hirietan. Esate baterako, tenperatura maximoa 4 °C igoko da Donostian XXI. mendearen amaierarako (2071-2100 aldirako), eta 4,7 °C Gasteizen. Orobat, 35 °C-tik gorako tenperatura dagoen egunen kopurua egungoa (10 egun) halako bost izango da orduan hiru hiriburuetan. Aurreikuspenen arabera, hirietako balioak bizpahiru aldiz handiagoak izango dira inguruko landa-eremuetakoak baino. Bestalde, iragarpenekin bat, bero-boladak luzeagoak izango dira, eta bero-boladetako tenperaturak, 1,4 °C inguru altuagoak.

Temperatura minimoei dagokienez, iragarpenen arabera, Donostiakoa eta Gasteizkoa 2,9 °C igoko dira mende amaierarako, eta Bilbokoa, 3,6 °C. Orobat, 0 °C-tik beherako tenperatura dagoen egunen kopurua txikituko da: Gasteizen 30 egunekoak da egun, eta 8,5 egunekoak izango da mende amaieran; Bilbon eta Donostian, berriz, 8-9 egunekoak da, eta egun bat edo bikoak izango da. Bestalde, hotz-boladen ehunekoak behera egitea da joera, baita hotz-boladetako batez besteko tenperatura igotzea ere. Gainera, hotz-boladak luzeagoak izango dira.

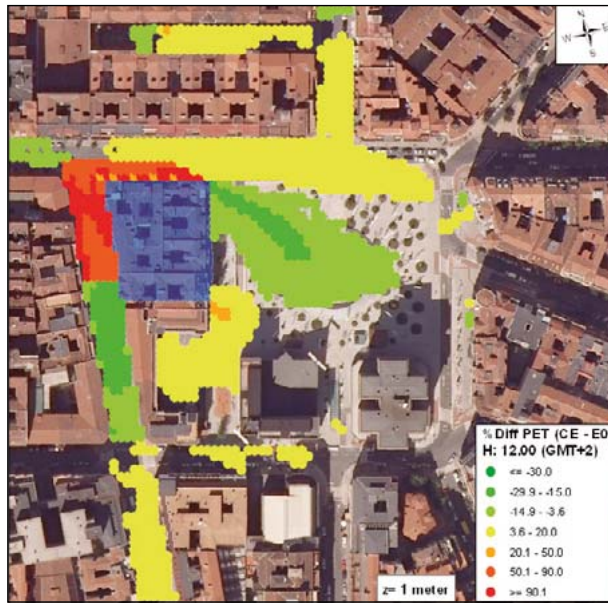
Analisi zehatzagoa egiten badugu eta auzoko eskalan egiten badugu azterketa, ikusiko dugu zer-nolako garrantzia duen hirien diseinuak tokiko klima-aldagaietan eta, beraz, oinezkoen sententzioan eta erosotasunean (PET indizean). Hori dela eta, hirietako klima hobetzeko zenbait diseinu aztertu ditugu, Indautxu plazan (Bilbon) oinarrituz. Azterketa hori egiteko, mikroklima neurtu dugu eta bereizmen handiko zenbakizko modelizazioa erabili dugu.

Klimaren neurketa esperimentalei dagokienez, pentsatzekoa zenez, erregistroak nabarmen ezberdinak dira egunean zehar, eta, horrenbestez, PET indizea (tenperatura fisiologiko baliokidearen indizea) ere ezberdina da egunean zehar: haren balioa handiagoa da eguzki-erradiazioa (uhin laburreko erradiazioa) heltzen den lekuetan, eta eguerdi ondoko orduetan (15:00 eta 17:00 bitartean) da maximoa. Bestalde, hiriko elementuen berotzeari (uhin luzeko erradiazioari) erreparatu diogu, eta hiriguneetako biztanleen erosotasun termikoan duen eraginari. Halaber, ikusi dugu hiriko egituretan barrena dabiltzan aire-fluxuen (abiadura ezberdineko haizearen) peko esposizioak baduela eraginik oinezkoen erosotasun termikoan. Hau da, tokiko edo auzoko mikrokliman eragina duen funtsezko beste faktore bat dago: aireztapena.

Urtean zehar badira tenperaturak deseroso sentiarazten gaituen egunak, baina Bilboko klimaren ezaugarri nagusiak hezetasuna eta tenperatura gozoak dira. Nolanahi ere, Bilboko biztanleen sententzio termikoa ezaguri subjektiboa da, eta gizarte- eta kultura-gaiek eta klimara egokitzeko gaitasunak baldintzatzen dute. Elkarrizketen bitartez aztertu dugu bilbotarrek klimari buruz duten iritzia, hura neurtzen genuen aldi berean, eta ondorioztatu dugu giroko hezetasunarekiko sentikortasun berezia dutela herritarrek: zenbat eta hezetasun handiagoa nabaritu, orduan eta gehiago sumatzen dute tenperatura, eta orduan eta gutxiago haizea. Ildo horretan, zenbat eta hezetasun handiagoa nabaritu, orduan eta gutxiago atsegin dituzte hezetasuna bera, tenperatura eta haizea, eta orduan eta estres termiko handiagoa sentitzen dute egunean.

Lortutako emaitzak kontuan hartuz, hiria diseinatzeko zenbait modu aztertu ditugu, tokiko kliman eragina duten aldagaietan oinarrituz: landaretzan, hiriko estalkian (materialen propietateetan) eta hiriaren morfologian (airearen higiduran eta erradiazioan).

Diseinu horiek oinarriko egoerarekin (Indautxu plazaren egungo diseinuarekin) konparatu ditugu, eta emaitzek erakutsi digute, hirian aldaketa txikiak eginez gero, plazako klimaren ezaugarriak oso neurri handian alda daitezkeela. Erradiazioaren balantzeak eta landarearen ebapotranspirazioak zuhaitzen ondoko airearen tenperaturan duten eragina aztertu dugu, eta ikusi dugu 3 °C ere jaits daitezkeela. Bestalde, hirien diseinuan aldaketa txiki batzuk eginez gero (eraikin bat eraitsiz gero), aire-fluxua handitu dezakegu, eta, hartara, oinezkoen sentrazio termikoa hobetu, plazaren erdia baino gehiagoko oinezkoek bero handiegia eta deserosotasuna sentitzeari utziko bailiokete eta eroso egoten hasiko bailirateke [16. irudia]. Airearen kalitatea ere hobetu daiteke diseinuan aldaketa txikiak eginez, eta kutsatzailen kontzentrazio-maila erdira etorrarazi plazaren azaleraren erdian baino gehiagoan.



**16. irudia.** Plaza bateko eraikin bat eraistearen ondorioak: sentrazio termikoaren jaitsiera plazaren erdian, haizearen abiaduraren hazkunderen ondorioz, eta sentrazio termikoaren hazkundera beste aldean, zuzeneko eguzki-erradiazioaren ondorioz.

Bada, bero-uharteei eta hirietako klimari buruzko azterketa egin bitartean bildutako esperientzia da klima-aldaketaren ondoriozko tenperaturaren hazkundera hirian izan ditzakeen ondorioak arintzeko eta haietara egokitzeko neurriak hartzeko oinarria. Hortaz, eskala anizteta hartzeko neurriak proposatu behar dira, klima-aldaketak hiri osoan duen eragina kontuan hartuz, auzoz auzo eta lurzoruaren erabilera bakoitzean duen eragina bereiziz eta klima-aldaketa gehien nabari dezaketen eremuak identifikatuz. Ildo berean, berebiziko garrantzia du jakiteak zer-nolako eragina izan dezakeen klima-aldaketak pertsonengan (sentsazio termikoa), klima-aldaketara egokitzeko neurri zehatzak hartzeko. Alde horretatik, oso bereizmen horizontal handiko (< 5 m-ko bereizmeneko) modelizazioaren bidez auzoko eskalako klimaren ebaluazioa egiteari esker, hiri-gintzaren eta hirien diseinuaren aldetik azter ditzakegu egoerak, hauek hartuz oinarritzat:

1. Material (zoadura, estalki, fatxada) berriak erabiltzea.
2. Landaretza ezartzea (itzal-indizea, ebapotranspirazioa, egokigarritasuna).
3. Aire-fluxua erabiltzea tokiko eskalan eta hiri osoa aireztatzeko eredua (eraikinen kokalekua, orientazioa, forma eta garaiera eta eraikuntzaren auzo barneko antolamendua) aldatzea.

Giza osasunari dagokionez, bero-boladen eta bero-uharteen ondoriozko erikortasun- eta heriotza-tasak gora egingo du iragarpenen arabera, eta arnas arazo akutuek (bereziki, alergiek) ere gora egingo dute, polena dagoen garaia luzatzearen eta egun bero eta lehorren kopurua handitzearen ondorioz; izan ere, giroko karga handitzen dute horiek, hegoaldean batez ere. Funtsean, biztanleriarik ahulenean izango luke eragina horrek guztiak, hala nola haurrengan, adinekoengan eta mendekotasun-egoeran daudela edota ezintasunen bat dutela-eta mugitzeko arazoak dituztenengan —biztanleriaren %25 65 urtetik gorakoa izango da 2020rako—. Tenperaturak gora egitearen ondorioz, troposferako ozono-kontzentrazioa ere handitu daiteke, udako hilabeteetan bereziki, eta, horren ondorioz, airearen kalitatea okertu. Are nabarmenagoa litzateke hori antizikloi-garaian, tenperatura altua baita, zeruan hodei gutxi baitaude eta haizea ahul baitabil orduan. Alde horretatik, kontuan izan beharra dago litekeena dela antizikloiak maizago izatea, klima-aldaketaren ondorioz hain zuzen ere.

---

## ERREFERENTZIAK

Herranz-Pascual, K.; Feliú, E.; Olazabal, M.; Virizuela, M.; Alonso, A.: *Plan de Adaptación al Cambio Climático (PACC) de Vitoria-Gasteiz*. 2010eko azaroaren 22 eta 26 artean Madrilen antolatutako CONAMA10 Congreso Nacional del Medio Ambiente biltzarrerako txostena.

Olazabal, M.; Urzelai, A.; García, G.; Herranz-Pascual, K.; Abajo, B.; Feliu, E.; Santa-Coloma, O.; Aspuru, I.: *Sustainable spatial management: an integrated approach*, in Municipal Engineer, 163 (2010), 33-41.

Olazabal, M.; Herranz-Pascual, K.; Feliú, F.; García, G.; Abajo, B.: *El análisis de la vulnerabilidad urbana como clave para la definición de estrategias de adaptación al cambio climático*. 2010eko azaroaren 22 eta 26 artean Madrilen antolatutako CONAMA10 Congreso Nacional del Medio Ambiente biltzarrerako txostena.

Olazabal, M.; Herranz-Pascual, K.: *Urban Vulnerability to Climate Change in the Basque Country: a case of study*. ICLEI 2011ko ekainaren 3 eta 5 artean Bonn-en (Alemanian) antolatutako Resilient Cities biltzarrerako txostena.

Acero, J.A.; Simon, A.; Arrizabalaga, J.: *Influencia de la vegetación en la calidad del aire y el clima urbano*. 2010eko azaroan Madrilen antolatutako CONAMA10 Congreso Nacional del Medio Ambiente biltzarrerako txostena. ISBN: 978-84-614-6112-7.

Acero, J.A.; Simon, A.: *Influence of vegetation scenarios on the local air quality of a city square*. 2010eko urtarrilean CLIMAQS proiektuaren esparruan Antwerp-en (Belgikan) antolatutako International Conference on Local Air Quality and its Interactions with Vegetation biltzarrerako txostena.

Acero, J.A.: *Modelización del impacto en la calidad del aire debido al tráfico urbano. Caso piloto en una ciudad de tamaño medio*. 2009ko urrian Braganzan (Portugalen) antolatutako Qualidade do Ambiente Urbano: Novos Desafios biltzarrerako txostena.

Acero, J.A.; Simon, A.; Padro, A.: *Evaluating air quality legislation with different street canyon models: Gaussian & CFD*. 2009ko martxoan Istanbulen (Turkian) antolatutako 7th International Conference on Air Quality - Science and Application biltzarrerako txostena.

## KOSTALDEA

Aurreikuspenen arabera, itsasoaren batez besteko maila igotzea eta muturreko itsas klima (uhinaldiak eta marea meteorologikoak) aldatzea izango dira klima-aldaketak Euskadiko kostaldeko ingurune fisikoan izango dituen ondorio nagusiak. Ondorio horiek ebaluatzeko, Gipuzkoako kostaldea eta Urdaibai Biosfera Erreserba aztertu ditugu. Itsas mailaren gehieneko igoera 49 cm-koa izango da mende amaierarako, eta, hori kalkulatzeko, urpean gera daitezkeen eremuen mapak erabili ditugu [Chust *et al.*, 2010]. Orobat, kaltetuta gertatzen diren eremuetako ondasunen eta zerbitzuen kostua kalkulatu dugu, klima-aldaketara egokitzekeo estrategiak ezartzeko.

### EGUNGO KLIMA

- Baliteke hondartzek eta padurek atzera egitea, batez besteko itsas mailaren igoeraren ondorioz.
- Kostaldeko habitat naturalak eraldatuko dira, giza jardunaren (bereziki, urbanizazioaren) ondorioz. Adibidez, azken 50 urteotan 98 ha eraldatu dira Gipuzkoan.

### ETORKIZUNEN KLIMA

- Hondartzen higadura %25 eta %40 artekoa izango da.
- Hiriguneak urpean geldituko dira.
- Itsas ur gehiago sartuko da estuarioetan.
- Itsasoaren batez besteko mailaren igoerak 110 hant izango du eragina Gipuzkoan.
- 50 urteko birgertatze-aldiko muturreko hinaldiek 164 ha-tan izango dute eragina Gipuzkoan.

## AUTOREAK

Koordinatzailea: Guillem Chust (Azt-Tecnalia)

*Uholdeak izateko arriskua:* Azt-Tecnaliako Guillem Chust, Ángel Borja, Ainhoa Caballero, Pedro Liria eta Javier Franco.

*Itsasbazterren geologia:* Euskal Herriko Unibertsitateko Itsasbazterren Geologia ikerketa-taldeko Alejandro Cearreta, Eduardo Leorri, María Jesús Irabien eta Ane García Artola.

BC3 Basque Center for Climate Change taldearekin kalteen balioztapen ekonomikoan elkarlanean eta Ibon Galarraga, Aline Chiabai, Nafarroako Unibertsitate Publikoko Nuria Osés, Anil Markandya, Kaysara Khatun eta Bettina Damm-en *Insights on the economics of adaptation for decision making process in climate change policies: Inputs for K-Egokitzen Project* dokumentuan oinarrituz.

Igoera horrek uholde-arriskua ekarriko du kostaldeko hainbat sektoretara [16. irudia], eta arrisku hori bereziki esanguratsua izango da estuario-inguru lauetan, horietako asko urbanizatuta baitaude [2. taula]. Gipuzkoako zenbait udalerritako 34 ha-tako kostalde eta portu hiritarrek ere nabaritu dute igoera, nahiz eta kasu jakin batzuetan euste-egiturak dauden urpean gera daitezkeen eremuak babesteko. Bestalde, kostaldeko akuiferoak ur

gaziak kutsa ditzake —inguruko udalerrriak hornitzeko erabiltzen dira batzuk—. Orobat, hutsuneak izan daitezke kostaldeko drainatze-sistemetan eta ur-isurketan. Itsas azpiegiturei dagokienez, zenbait portu (hala nola Ondarroakoa, Debakoa eta Zumaiakoa) mende amaierarako iragarritako gehieneko itsasgora astronomikoaren mailatik 30 cm baino gutxiagora geldituko dira. Horregatik, itsas mailaren igoeraren eta muturreko fenomenoen ondoriozko marea meteorologikoen arteko elkarrekintza kontuan hartuz, urpean geldi daitezke erraz asko.

Hondartzak eta hareatzak dira itsas mailaren igoera gehien nabari dezaketen elementuetako bat, %25 eta %40 bitartean estutu baitaitezke. Emaitezkin bat, Gipuzkoako hondartzen ezaugarriak kontuan hartuz, kostaleroaren atzerakada handiagoa izango da ezaugarri hauek dituzten hondartzetan: olatuen peko esposizio handia, hondar-ale txikiak, malda txikia, hondartza lehor estua eta itxitura bat (naturala zein artifizia) profilaren goiko aldean, hondartza bere kabuz bilakatzeko gaitasuna mugatzen duena. Ildo horretan, itsas mailaren igoerak Zarauzko hondartzaren erdialdean eta mendebaldean eta Getariako hondartza batean (Gaztetape hondartzan) eragingo luke kalte gehien turistek erabiltzearen ikuspegitik, eta gaur egun itsasgora bizia dagoenean (eta hareatza bere ohiko egoeran dagoenean) gelditzen den hondartza lehor eskasa ere galaraziko luke. Halaber, nabarmentzekoa da itsas mailaren igoerak Urdaibai Erreserbako hondartzetan izan dezakeen eraginaren aurreikuspena, Laida hondartzak 47 m ere egin baitezake atzera. Bestalde, hondartza bakoitzaren ezaugarri naturalak alde batera utzita, klima-aldaketak hondartzetan eragiten duen kaltea handitu dezake urbanizazio-mailak.

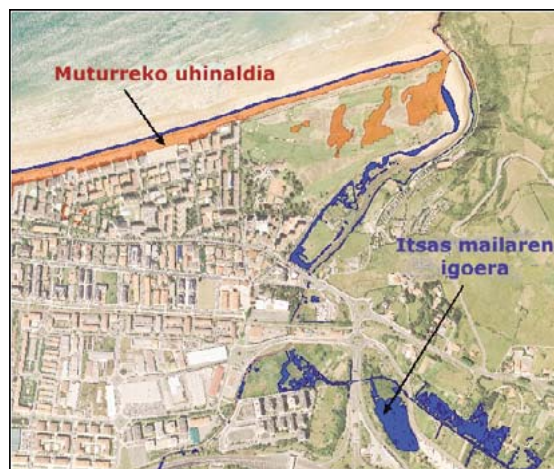
Batez besteko itsas mailak gora egitearen ondorioz, estuarioetako marea-prisma aldatuko da. Horrek zuzeneko eragina izango du estuarioen morfologian, eta itsas ur gehiago sartzea eragingo du. Horren ondorioz, litekeena da ur gazia sartzea akuiferoetan. Kanalen sekzioa eta bokalearen barnealdeko eta kanpoaldeko hondarpeak (hurrenez hurren, itsasgorako eta itsasbeherako deltak) neurritz aldatuko dira, marea-prisma bezainbat gutxi gorabehera, eta batez besteko itsas mailara egokituko da haien egoera. Alegia, neurri-aldaketa eta maila-aldaketa bertikala izango dira, eta estuarioen morfologia ere aldatuko da. Estuario bakoitzaren ezaugarrien (bertako jalkin-bolumenaren eta inguruaren) arabera izango dira aldaketa horiek guztiak. Bestalde, ibaian gorako itsasgoraren barne-muga 265,2 m aurreratuko da batez beste, 119 m-tik 464 m-ra, eta horrek eragina izango du ibaiaren zati horretako ekosisteman.

Muturreko itsas klimaren aldaketa (uhinen altuera adierazgarriaren hazkundea) oso txikia izango da, eta oso gutxi aztertu dugu berotegi-efektua duten gasen arabera klima-ereduen bitartez, baina kontuan izan behar dugu zer eragin izango duen etorkizunean, nekez gerta daitezkeen muturreko fenomenoaren eragin handia dela eta. Alde horretatik, 50 urteko birgertatze-aldiko muturreko uhinaldien mailak Gipuzkoako kostaldeko 164,1 ha-tan izango du eragina. Muturreko uhinaldiek kosta-lerroan izango dute eragina nagusiki, baina itsas mailaren igoerak nahiko eragin handiagoa izango du, barnealdeko estuario-inguru laueta ere izango baitu eragina [16. irudia]. Muturreko uhinaldiek eragin bereziki esanguratsua izango dute hondartzen higaduran eta itsas azpiegituren egonkortasunean. Ildo horretan, dike estandar bat (ez-erreal) hartzen badugu erreferente, batez besteko itsas mailaren igoeraren eta uhinaldien altueraren arteko elkarrekintzaren (hau da, klima-aldaketaren) ondorioz, kostaldea babesteko EAEko kanpo-dike nagusiak %157an gaindituko ditu urak —egun, %64an gainditzen ditu—.



2. taula. Batez besteko itsas mailaren igoerak 2090 eta 2099 artean eragina izango duen eremuaren kalkulua 2001eko eremuaren aldean eta muturreko uhinaldien kalkulua Gipuzkoan. na = *not accounted* kostaldekoak bakarrik ez diren habitatei dagokie, hala nola lurzoru artifizialari, lehorreko habitatei eta ur gezako gainazalei. Betiere, plano ortogonalean egin ditugu kalkuluak, malda kontuan izan gabe.

HABITATA	Gipuzkoako eremua, hektareatan	Malda, gradutan	BBIMren igoera		Muturreko uhinaldia	
			Igoeraren eragina nabari duen eremua, ha-tan	Igoeraren eragina nabari duen eremua, %-tan	Igoeraren eragina nabari duen eremua, ha-tan	Igoeraren eragina nabari duen eremua, %-tan
Kostaldeko eta estuarioetako hareazko hondartzak	68,6	3,6	10,1	14,7	36,8	53,7
Dunetako landaretza	15,3	4,1	2,3	14,9	4,5	29,6
Errekarrizko hondartzak	12,0	11,8	0,8	6,8	5,2	43,6
Substratu gogorra (itsaslabarrak eta harkaitz supralitoralak)	141,4	17,0	7,3	5,2	54,0	38,2
Hezeguneak eta padurak	60,4	5,4	3,9	6,5	0,2	0,3
Estuarioetako lehorreko habitatak	na	5,8	45,5	na	5,7	na
Artifizialak, harri-lubetak izan ezik	na	9,6	34,4	na	52,0	na
Harri-lubetak	17,6	-	0,8	4,6	5,5	31,2
Ur gezako gainazalak	na	-	5,7	na	0,2	na
<b>Guztira</b>			<b>110,8</b>		<b>164,1</b>	



17. irudia. 2100ean Zarautzen (Gipuzkoan) uholdeak izateko arriskuaren mapa, batez besteko itsas maila (urdina) 49 cm igoko dela eta muturreko uhinaldien birgertatze-aldia (gorria) 50 urtekoa dela joz.

Euskadiko kostaldeko itsas mailaren etengabeko gorakadara egokitzeko estrategiak diseinatzeko, beharrezkoa da aldaketa horren guztizko kalte ekonomikoa balioztatzea. Horretarako, kostako habitat nagusietako aktibo natural nagusiak balioztatu ditugu.

3. taularekin bat igoeraren eragina nabari dezakeen eremu osoa galduko dela joz eta balio hori Euskadiko kostalde osoan aplikatu daitekeela joz, 2100erako galera 86 eta 225 milioi euro artekoa izango dela kalkulatu dugu, 2005eko prezioetan; hau da, hektareako 0,86 eta 2 milioi euro artekoa [3. irudia]. Irakurle oro ziur egon daiteke nola balioztatu behar dituen etorkizuneko belaunaldiak (oraindik merkatuan, gizartean eta

sistema politikoan ez daudenak). Bada, erabili beharreko deskontu-tasei buruz eztabaidatu beharko genuke. Guk geuk %2ko eta %1eko tasetan jarri dugu arreta. %1eko deskontu-tasa aplikatzen badugu, guztizko kaltea nabarmen handiagoa da: 201.550 milioi eurokoa ere (hektareako 2-5,4 bat milioi eurokoa). Oso kopuru handia da hori, hiri-lurzoruaren metro koadroko batez besteko prezioaren parekoa baita gutxi gorabehera. Lehengoratzeko balioak erabiltzen baditugu, berriz, zenbatekoa nabarmen txikiagoa da: 1,9 bat milioi eurokoa (hektareako 18.900 bat eurokoa). Alde horretatik, aipatzekoa da klima-aldaketara egokitzeko politika publikoan aplikatu behar diren balioei buruzko erabakiaren muina dela erabakitzaileak ingurumeneko aktiboek eta etorkizuneko belaunaldiari ematen dien garrantziari buruzko eztabaida ideologikoa.

Eraitza horiek guztiak kontuan hartuz, hauek dira klima-aldaketara egokitzeko eta, tartean, hondartzak mantentzeko eta haien kalitateari eusteko neurri nagusiak:

1. Hesi artifizialik ez sortzea ahal dela, dunek, hondartzak eta urpeko jalkinek eta, kasuan-kasuan, bokaleak eta ibai edo estuarioak osatzen duten sistema ez mugatzeko eta, hartara, jalkinek modu naturalean bidaiatzen jarraitzeko. Neurri horren bidez, hondartzak eta harea-metak galtzeari aurrea hartzen diogu, kostaldea higaduratik babesten baitute eta itsas mailaren igoerara eta muturreko uhinaldietara egokitzen laguntzen baitigute. Bestalde, erkidego biologiko espezifikoen habitata da substratu mugikorra, eta espezie ugariaren haztegia. Muturreko itsas klima (olatuen altuera adierazgarria) aldatzeko joera oso-oso txikia da, baina egungo erregimenaren barneko muturreko fenomenoek ere higadura eta kalteak eragiten dituzte maiz. Horiek guztiak txikitu egin daitezke, ordea, jalkinek modu naturalean bidaiatzen jarraitzen badute.
2. Jalkitze-esparru osoan erabilera jakin batzuk (bereziki, urbanizazioa) eta harea-erazketa mugatzea.
3. Batez besteko itsas mailaren igoera gehien nabari dezaketen hondartzak lehengoratzeko. Hain zuzen ere, ezaugarri hauek dituzte hondartzok: olatuen peko esposizio handia edota hondar-ale txikiak, malda txikia, hondartza lehor estua (atzerakada handiagoa ehunekotan) eta itxitura larri bat (naturala zein artifiziala) profilaren goiko aldean, hondartza bere kabuz bilakatzeko gaitasuna mugatzen duena. Hondartzak lehengoratzeko, jalkitze-esparru bereko materiala birbana daiteke, edo material berria ekarri. Material berria ekarriz gero, araudiak xedatzen dituen eskakizunak betetzeaz gain, hondartzako jalkin naturalen ezaugarriekin bateragarria izan behar du. Zarauzko hondartza eta Gaztetape hondartza (Gertaria) dira batez besteko itsas mailaren igoera gehien nabari dezaketen Gipuzkoako hondartzak, baina turistek horiek erabiltzeari uztea galaraziko luke neurri hau hartzeak.
4. Itsas eta lehorreko zorpeko eremua berrikustea, Euskadiko kosta-lerro osoko itsas mailaren 0,5 m-ko gorakadari eta horrek kostaldearen higaduran izango duen eraginari aurrea hartzeko. Kontuan izanik Gipuzkoako hareazko hondartza supralitoralek 5 eta 31 m artean egingo dutela atzera, itsas eta lehorreko zorpeko eremuaren barne-mugak ere antzera egin beharko luke atzera.

3. taula. Euskadiko kostalde osoko habitatak galtzearen ondoriozko kalte ekonomikoaren balioztatzea

HABITATA	Kategoria	Hektareako balioa, mila eurokotan	2004ko guztizko azalera, hektareatan	2100ean urpean geldituko dela aurrez ikusten den azalera, hektareatan	Guztizko ongizate-galera, mila eurokotan: lehengoratzekostua	Guztizko ongizate-galera, mila eurokotan: erabileraren eta erabilerarik ezaren balioak
Kostaldeko eta estuarietako hareazko hondartzak	Lehengoratzekostua (hondartzak garbitzekoa)	29,9	165,32	22,35	669,4	31.134-59.621
	Aisialdirako balioa	1.152-2.063				
	Erabilera pasiboaren balioa	241-605				
Dunetako landaretza	Lehengoratzekostua (ekosistemak lehengoratzekoa)	14,4	36,23	7,59	109,4	-
Itsaslabarrak eta harkaitz supralitoralak	Lehengoratzekostua (harkaiztiak eta itsaslabarrak garbitzekoa)	30,9	254,75	13,15	406,9	11.883-36.542
	Erabilera pasiboaren (biodibertsitatearen eta paisaiaren) balioa	904-2.779				
Hezeguneak eta padurak	Lehengoratzekostua	60,7	178,40	11,63	705,7	1.171
	Hezeguneek ingurumenaren aldetik ematen dituzten ondasun eta zerbitzu guztien balio ekonomikoa	101				
Lehorreko habitatak (ibar-basoak)	Karbono-harrapaketa eta -biltegitratzea	1,4-4,1	61,16	45,54	-	41.870-127.845
	Erabilera pasiboaren (biodibertsitatearen eta paisaiaren) balioa	904-2.779				
	Basoko aisialdia	2,4-10,1				
	Basoen erabilera pasiboa	11,9-14,1				
2100erako urpean gertatuko den azalera				100,26		
Galera ekonomikoak, guztira					1.892	86.058-225.179
Galera ekonomikoak hektareako					18,9	858-2.246

5. Hondartzen jalkitze-gela osoaren dinamika aztertzea eta elementu guztien (dunen, hondartzaren, urpeko hareatzaren, bokalearen, estuarioaren eta portuaren) kudeaketan erabiltzea azterketa hori. Helburu komunetan eta jasangarritasun-irizpideetan oinarritu beharko luke kudeaketa horrek.

Hauek dira kostaldeko hirigintza klima-aldaketara egokitzeko irizpide nagusiak:

1. Itsas eta lehorreko jabari publikoa babesteko zorpeko eremua berrikustea, Euskadiko kostalde osoko itsas maila maximoaren 0,5 m-ko gorakadari aurrea hartzeko. Kontuan izanik itsasertzaren barne-mugatik lehorreko lehen 100 metroetarainokoa dela eremu hori, ekinozioetarako aurrez ikusten den itsasgora bizi maximoaren mailaren araberakoa izan behar du barne-mugaren atzerakadak.
2. Urbanizatutako hesi-uharteak 0,5 m goratzea, ikuspegi tekniko eta estrategikotik posible bada betiere.
3. Kostaldea (tartean, estuarioak) higaduraren eta uholdeen aurka babesteko egiturak sendotzea eta, hala badagokio, goratzea. Higaduraren eta uholdeen aurka babesteko kanpoko itsas egiturei dagokienez, kontuan izan beharra dago 50 urteko birgertatze-aldiko muturreko uhinaldiek %64 eta %157 bitartean gaindituko dutela batez beste dike estandar bat.
4. Higadurara eta uholdeetara egokitzeko estrategiak ebaluatzea: egokitzea, atzera-egitea eta babestea.
5. Kostaldea kudeatzeko planek kontuan hartzea klima-aldaketak bertan izan ditzakeen ondorioak.
6. Egokitze-neurriak hartu ostean, klima-aldagai nagusien eta haien ondorioen etengabeko jarraipena egitea eta, orobat, ebaluatzea ea beren helburuak lortzen dituzten hartutako neurriek.
7. Estolderia, drainatze-sistema eta ura isurtzeko sistema berrikustea eta, beharrezkoa bada, aldatzea. Sistema berriak diseinatzerakoan, kontuan izan beharra dago aurrez ikusten den marearen maila berria.
8. Ur gaziak kutsa ditzakeen kostaldeko akuiferoen (adibidez, Gernikako akuiferoaren) jarraipena egitea. Akuiferoetan ur gazirik ez sartzeko neurri bat da bertako ura gehiegi ez ustiatzea. Orobat, badira kutsadura mota hori saihesteko ingeniartza-teknikak, hala nola lurrazal azpiko hesi fisikoak eta ponpatze-sistemak.

---

## ERREFERENTZIAK

Chust, G.; Caballero, A.; Marcos, M.; Liria, P.; Hernández, C.; Borja, Á.: *Regional scenarios of sea level rise and impacts on Basque (Bay of Biscay) coastal habitats, throughout the 21st century*, in Estuarine, Coastal and Shelf Science, 87, 113-124.

## ITSASOKO BIODIBERTSITATEA, EKOSISTEMAK ETA BALIABIDEAK

1980tik hona, Atlantikoko Europako ura berotu dela sumatu dugu [Hawkins *et al.*, 2003]. Itsas ingurunearen ezaugarri fisiko kimikoak nahiko egonkorak dira, eta, horregatik, itsas inguruneak bereziki nabari ditzake bertako aldagai batzuen aldaketa azkarrak. Adibidez, tenperatura funtsezko aldagaia da, itsas espezieak oso tenperatura-tarte jakinetara egokituta daudelako oro har. Euskadiko kostaldean, tenperaturaren igoerak are ondorio larriagoak izan ditzake, bertako flora eta fauna hegoaldekoagoak direlako Atlantikoko inguruko eskualdeetakoak baino. Horregatik guztiagatik, Euskadiko kostaldeak bereziki nabarituko lituzke klima-aldaketaren ondorioak, eta espezie-konbinazio berriak sor litezke, neurri batean ezin iragarritzkoak diren elkarrekintzen ondorioz. Halaber, beste faktore batzuek ere izan dezakete eragina itsas erkidegoetan, hala nola eguzki-erradiazioaren erregimena, prezipitazioa, uhinaldiak, lasterrak, azaleratzeak eta haizeak aldatzeak. Orobat, itsas mailaren igoerak eragina izango luke kostaldeko habitat askotan (haien osotasunean edo zati batean), baita itsas baliabideen ustiapenean ere.

Hori dela eta, beharrezkoa da azken hamarkadetan (bereziki, 1980 eta 2010 bitartean) kostaldeko zenbait ekosistematan eta zenbait ekosistema pelagikotan gertatutako aldaketa biologikoak ebaluatzea eta horien eta klima-aldagaien eta aldagai hidrologikoen aldaketen arteko harremana aztertzea. Gehiago ikasten dugunean horri buruz, etorkizuneko ondorioak iragarri eta klima-aldaketara egokitzeke neurriak diseinatu ahalko ditugu.

Laburbilduz, hauek dira gai honi buruzko atariko emaitzak:

### EGUNGO KLIMA

- Zenbait organismoren (muskuluaren, ostraren, arrainen) ugalketa-zikloa moteldu da.
- Hezeguneei eta padurei dagokienez, *Zostera noltii* espezieko fanerogamoen sail gutxi daude, eta bereziki ahulak dira.
- Substratu biguneko bentosa klimaren baldintzen (bereziki, prezipitazioaren erregimenaren) mendea eta gizakiaren eraginaren mendea dago neurri batean.
- Landaretza bentikoari dagokionez, aldaketa esanguratsuak izan dira urpeko faunan: funtsezko makrofito (*Gelidium*) gutxiago dago, kare-alga gehiago dago eta harikarak eta arrotzak ugari dira.

### ETORKIZUNeko KLIMA

- Udako eguneko eguzki-erradiazioa 35-40 W/m<sup>2</sup> handitu da. Eguzki-erradiazioa errazago heltzen zaigu, prezipitazioak behera egitearen, kutsaduraren eta ur oligotrofikoaren ondorioz.
- Udako uraren tenperatura 2,1-3 °C igo da estuarioetan. Hipoxia- edo anoxia-aldien maiztasuna eta hedadura handituko da estuarioetan. Fitoplankton gehiago sortuko da eta, horren ondorioz, ura maizago eutrofizatuko da.
- Kare-organismoen (muskuluaren, trikuaren, kare-algaren) hazkundera izugarri txikiagoa izango da, azidotzearen ondorioz. Izan ere, litekeena da pH-a 7,7raino jaistea.
- Espezie batzuk desagertuko dira, klima-baldintza berrietan bizi-zikloa osatu ezinaren ondorioz.

- Fitoplanktonari dagokionez, azaleko klorofila-kontzentrazioa txikiagotu da 1997tik, baina sakonekoa handitu da. Espezie toxikoak ugariagoak dira.
- Zooplanktonari dagokionez, espezie termofiloak ugaritu dira eta ur hotzetako espezie gutxiago dago estuarioetan zein kostaldeko uretan. Espezie inbaditzaileak (*Acartia tonsa*) sartu dira, eta hartu dituzten erkidegoen lehengo dibertsitatea txikitu dute.
- Uraren tenperaturaren igoeraren eta kutsaduraren arteko sinergiaren ondorioak nabaritu dira. Substantzia toxikoen bioakumulazio-tasa igo da eta aldaketak jazo dira klima-aldaketara egokitzeko gaitasunean.
- Klima-aldaketak eragin-maila ezberdina izan du Euskadiko kostaldean, giza-kiaren eragin-mailaren arabera.
- Baliabide ustiagarriak (*Gelidium* eta antxoak) klima-baldintzen mendeand daude neurri handi batean.

- Itsasoak hezegunee eta paduren egungo azaleraren %6,5 hartuko du. Alde horretatik, nabarmentzekoa da itsas fanerogamoen sailen murrizketa.
- Substratu biguneko bentosari dagokionez, substratu biguneko erkidego bentikoen osaera eta banaketa aldatuko da. Espezie arrotzak sartuko eta ugarituko dira.
- Landaretza bentikoari dagokionez, itsas landaretza mediterranea bilakatuko da pixkana. Ur epelera egokitutako espezieak eta sartutako espezie arrotzak gehiago haziko dira. Kare-alga ikaragarri gutxituko da.
- Fitoplanktonari dagokionez, klorofila ezberdin banatuta egongo da ur-zutabeetan, eta horrek ondorioak izango ditu ekosistemaren beste atal batzuetan. Espezie toxikoen loraldien maiztasuna eta iraupena handituko da, estuarioetan batik bat.
- Zooplanktonari dagokionez, aldaketa esanguratsuak izango dira erkidegoen osaeran, espezie arrotz gehiago (batzuk, inbaditzaileak) izango baitira.
- Sinergiaren ondorioak areagotuko dira, eta klima-baldintza berriek eragin handiagoa izan ahalko dute biotan. Ingurumena egokitzeko irizpideak egokitu beharko dira.
- Itsas ekosistemen gaineko arrisku-maila gizakiaren eragin-mailaren araberakoa izango da. Babes-politikak aplikatu beharko dira.
- *Gelidium* baliabide ustiagarria izateari utziko dio.

## AUTOREAK

Koordinatzailea: José María Gorostiaga (UPV/EHU).

**Itsas bentosa:** EHUko Landareen Biologia eta Ekologia Saileko José María Gorostiaga, Isabel Díez, Nahiara Muguerza, Alberto Santolaria eta Endika Quintano; EHUko Zoologia eta Animalia Zelulen Biologia Saileko José I. Saiz-Salinas, María Bustamante eta Javier Tajadura; eta Málaga Unibertsitateko Ekologia Saileko Félix López-Figueroa, María Eugenia Márquez eta Cristina de Miguel.

**Fitoplanktona:** EHUko Landareen Biologia eta Ekologia Saileko Emma Orive, Aitor Laza-Martinez eta Sergio Seoane.

Zooplanktona: EHUko Landareen Biologia eta Ekologia Saileko Fernando Villate, Ibon Uriarte, Arantza Iriarte, Guillermo Aravena, Lander Intxausti, Eva Ramos eta Edorta del Se.

**Itsas biomarkatzaileak:** EHUko Zoologia eta Animalia Zelulen Biologia Saileko Ionan Marigómez, Manu Soto, Urtzi Izagirre, Maren Ortiz-Zarragoitia, María Mugica, Larratiz Garmendia, Segolene Gorby, Aitzpea Errasti, Ibon Cancio, Amaia Orbea, Eider Bilbao eta Miren P. Cajaraville.

**Itsas baliabideak:** Azti-Tecnaliako Xabier Irigoien, Ángel Borja, Jose Antonio Fernandes, Marina Chifflet, Manuel González, Marta Revilla, Juan Bald, Mireia Valle, Joxe M. Garmendia, Victoriano Valencia eta Guillem Chust.

.....

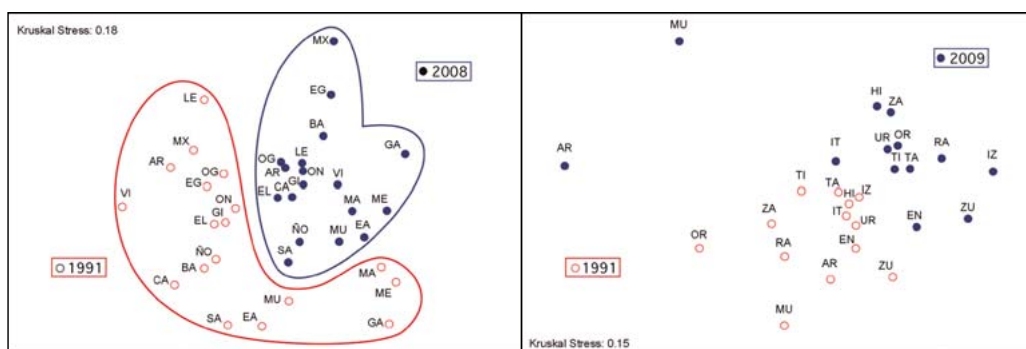
Berotze globalak XX. mendearen azken 30 urteetan izan dituen ondorioen artean, aldaketa hauek ditugu: organismoen fenologiaren eta fisiologiaren aldaketak, espezieen banaketa-eremuaren eta –ereduaren aldaketak, erkidego biologikoen osaeraren eta haien barneko elkarrekintzen aldaketak eta ekosistemen egituraren eta dinamikaren aldaketak [Walther *et al.*, 2002]. Banakoen erantzunei dagokionez, berriz, aldaketa orokorrak hauteman ditugu organismo jakin batzuen fenologian, fenologiaren (izaki bizidunen urtaroko jardueren arteko sinkronizazioaren) eta tenperaturaren (ugalketa eta hazkundea erregulatzen duen faktore baten) arteko harreman estua dela eta. Euskadiko kostaldeari dagokionez, azkenik, muskuiluaren, ostraren eta arrainen ugalketa-zikloaren urtarokotasuna pixkana desagertzeko joera sumatu dugu 1988tik 2007ra artean. Horren ondorioz, ingurunearen (klimaren zein giza jardunaren, hots, kutsadura kimikoaren) erasoetara egokitzeko gaitasuna ezberdina izan daiteke, sasoiaren arabera; izan ere, erasoei aurre egiteko gaitasuna eta erresistentzia ezberdinak dira, garapen-fase gametogenikoaren eta sexuaren arabera [Múgica *et al.*, 2010].

EAEn, klima-aldaketak kostaldeko erkidegoetan izango duen eragin ekologikoa ebaluatze eta iragartze alde-  
ra, ekosistemetan (hezeguneetan, paduretan, estuarioetan eta kostalde zabalean) jarri dute arreta ikerlanek,  
eta itsas fanerogamoak, harkaitzetako eta substratu biguneko bentosa, fitoplanktona eta zooplanktona) az-  
tertu dituzte.

Klima-aldaketak hezeguneetan eta paduretan izan ditzakeen ondorioak ebaluatzeko azterlanek diotenez, ho-  
rien egungo azaleraren %6,5ek nabari dezake itsas mailaren igoera. Igoera horri aurre egiteko, padurek, heze-  
guneek eta marearteko beste erkidego batzuek (hala nola fanerogamo-sailek) barnealderantz migra dezakete  
beren kabuz, baina, sarri askotan, hesi finkoek (artifizialek zein naturalek) migrazio hori galaraz dezakete. Estua-  
rioetako espezie batzuek, berriz, leku gutxi dute txoko ekologikoaren barnean, aldatzekoak diren klima-alda-  
gaien mendean daudelako eta sakabanatzeko ahalmen eskasa dutelako. Bada, espezie horien gaineko arrisku-  
maila are gehiago handitu daiteke, aldatzen diren ingurune faktoreen arteko elkarrekintzaren ondorioz; izan  
ere, haien habitata txikitu eta zatitu daiteke. Esate baterako, horixe gerta dakioke EAEko itsas fanerogamo baka-  
rriari, *Zostera noltii* delakoari. Haren habitatik aproposena %40 txikitu daiteke Oka ibaiaren estuarioan mende  
honen amaierarako, itsas mailaren igoeraren ondorioz [Chust *et al.*, in press]. Horrenbestez, espezie horri dago-  
kionez, klima-aldaketa bereziki kaltegarria izan daiteke, Euskadiko hiru estuarioran bakarrik dagoelako espezie  
hori eta, gainera, ura eta airea berotzearen eta, pentsatzekoa denez, beste talde batzuekin bat egiteko ahalmen  
genetiko eskasa izatearen arteko elkarrekintzak ere izan dezakeelako eragina harengan.

Substratu biguneko Euskadiko kostaldeko erkidego bentikoek klima-aldagaiei eta giza jardunaren ondorio-  
zko aldagaiei aurre egiteko moduak adierazten duenez, klima-aldagaiek dute eragin gehien kostaldeko erki-  
degoen aldakortasunean, haien osaera espezifikoaren %15 aldagai horien araberrakoa baita. Bereziki, ibaien  
emaria (prezipitazioa) da funtsezko baldintzatzailea [Garmendia *et al.*, 2008]. Estuarioetan, berriz, eragin han-  
diagoa du giza jardunak [Pérez *et al.*, 2009]. Marea azpiko itsas landaretzari dagokionez, hau sumatu dugu  
1991 eta 2009 artean: habitata eratzen dituzten makroalga-espezieen (*Gelidium corneum* eta *Cystoseira  
baccata* espezieen) banaketa aldatu da, kare-espezieak (*Corallina elongata*, *Jania rubens*, *Lithophyllum  
incrustans*) ugaritu dira, hegoaldean hazteko joera duten espezie harikarak (*Aglaothamnion tenuissimum*,

*Gayliella flaccida*) ugaritu dira eta espezie arrotzak (*Herposiphonia* sp.) sartu dira. Oro har, ur hotzagoan hobeto bizi diren espezieek atzera egin dute, eta ur epelagoan ohikoagoak diren espezieak ugaritu dira. Halaber, biodibertsitatea handitu da oro har, hegoaldean hazteko joera duten morfologia soileko espezieak ugaritzearen ondorioz. Uraren tenperaturaren igoera nabarmenarekin lotuta daude aldaketa horiek guztiak —hamarkadako 0,26 °C igo da 1980tik aurrera—, baita 1970 eta 2009 bitartean udako erradiazioan jazo den hazkunde adierazgarriarekin eta, ziur asko, ur-zutabearen barnean sartzen den eguzki-erradiazioaren indizeak gora egitearekin edo mantenugai-edukia txikiagotzearekin ere. XXI. mendearen amaierarako aurrez ikusten diren egoerekin bat —uraren tenperatura 1,5-2,0 °C igoko dela eta udan egunean erradiazioa 35-40 W/m<sup>2</sup> handituko dela aurrez ikusten da—, itsas landaretzan gertatzen diren aldaketak askoz ere handiagoak izango dira 1991 eta 2009 artean Euskadiko kostaldean gertatutakoak baino [18. irudia].

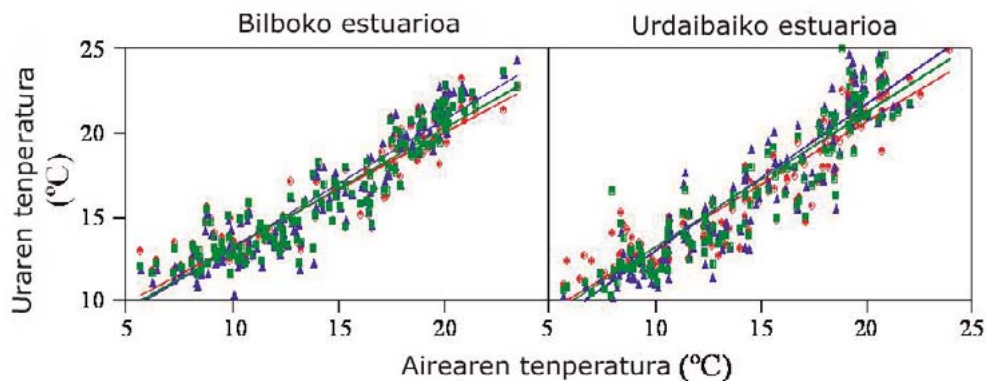


18. irudia. Ezkerrean, EHUKo Itsas Bentosa Ikerketa Taldeak 1991 eta 2008 artean Bizkaian (MU Muskizen, GA Galean, ME Meñakozen, MA Matxilandon, VI Billanon, AR Armintzan, LE Lemoizen, GA Gaviotan —Bakion—, SA Gaztelugatxe Donien, MX Matxitxakon, GI Giblekon, NO Ogoñon, EL Elantxoben, EA Ean, OG Ogeian, CA Santa Katalinan, EG Egiluzen eta ON Ondarroan) marea azpiko landaretza osatzen duten espezieen osaeran izandako aldaketei buruz egindako MDSa. Eskuinean, EHUKo Itsas Bentosa Ikerketa Taldeak 1991 eta 2009 artean Gipuzkoan (MU Mutrikun, EN Endatan, ZU Zumaian, IZ Izustarrin, RA San Antonen, IT Iteikon, OR Orion, AR Arcometeyn, TI Tierra Blancan, UR Urgullen, TA Tambón, ZA Zabalán, HI Higerren) marea azpiko landaretza osatzen duten espezieen osaeran izandako aldaketei buruz egindako MDSa.

Euskadiko kostaldeko estuario-sistemetak inguruneari eta erkidego pelagiko eta plankton-erkidegoei buruzko azterketek adierazten dutenez, ekosistema horiek argi eta garbi nabari dezakete kanpo-baldintzatzaileen eragina: klima-baldintzatzaileena zein giza jardunaren presioarena. Bilboko eta Urdaibaiko estuarioetako denborazko serie hidrometeorologikoen (airearen tenperaturaren, uraren tenperaturaren, prezipitazioaren eta ibaien ekarriaren) datuen transferentzia-funtzioen ereduak emaitzek diotenez, hain zuzen ere, aldagai horiek guztiak kateatuta aldatzen dira haien ondorioz [Aravena *et al.*, 2009]. Airearen tenperatura aldatu eta berehala aldatzen da uraren tenperatura [19. irudia]: airearen tenperatura 1 °C igotzen den bakoitzeko urarena 0,7 °C eta 1 °C artean igotzen da, eta, gainera, igoera handiagoa da Urdaibaiko estuarioan Bilbokoan baino, eta bi sistema horien barnealdean (sakonera txikiko uretan) kanpoaldean baino.



Eredu batukor orokortuekin bat temperaturaren eta oxigeno disolbatuaren artean dagoen harremanaren arabera, aurrez ikusten den temperaturaren igoerak kalte egingo dio uraren kalitateari, hipoxia- edo anoxia-aldien maiztasuna eta hedadura handituko baita, estuarioen barnealdean batez ere —mantenugai-ekarpena handiagoa izango da—, mikrobioek beren jardunean oxigeno gehiago kontsumitzearen ondorioz eta, zeharka, pentsatzekoa denez, prezipitazioak eta ibaien emariak behera egitearen ondorioz; izan ere, oxigeno-dun ur-ekarpena eta ur-masen berritze-tasa nabarmen txikituko lirateke barnealdean. Orobat, fenomeno horien arteko sinergia are handiagoa litzateke udan. Are gehiago, Euskadiko kostaldeko eskualde batzuk hipoxia-baldintzetan egoten dira aldizka [World Resources Institute report 2008]. Ibaizabal ibaiaren zati gazietan, adibidez, oxigeno-kontzentrazioa 2 mg/l-tik beherakoa da; alegia, normoxia dago, oxigeno-kontzentrazioa 5 mg/l-tik beherakoa baita. Urdaibaiko paduretan, berriz, oxigeno-kontzentrazioa 4 mg/l-tik beherakoa izaten da udan askotan [Quality Status Report, 2000]. Klima aldatzen ari den honetan [Diaz & Rosenberg, 2008], hipoxia-fenomenoak gero eta ohikoagoak izango dira. Azken 50 urteotan, hipoxia-aldien maiztasuna eta hipoxiak jotako eremuen hedadura bikoiztu da 10 urtean behin [Quality Status Report, 2000], eta, joera horrekin irau egiten badu, 2090ean, fenomeno horren maiztasuna eta hipoxiak jotako eremua 1.000 aldiz handiagoa izango da gaur egun baino, eta 30.000 aldiz handiagoa 1960an baino.



19. irudia. Airearen temperaturaren eta uraren temperaturaren arteko egokitasuna Bilboko eta Urdaibaiko estuarioetan gazitasunaren balioa 30 (triangelu urdinak), 33 (karratu berdeak) eta 34 edo handiagoa (zirkulu gorriak) den lekuetan. Bilboko estuarioan, 30eko gazitasuna:  $y=0,8343x + 4,3791$  eta  $R^2 = 0,9391$ ; 33ko gazitasuna:  $y=0,7588x + 5,3742$  eta  $R^2 = 0,9307$ ; eta  $\geq 34$ ko gazitasuna:  $y=0,7198x + 5,97$  eta  $R^2 = 0,9137$ . Urdaibaiko estuarioan, 30eko gazitasuna:  $y=1,0147x + 2,0725$  eta  $R^2 = 0,9294$ ; 33ko gazitasuna:  $y=0,9188x + 3,1474$  eta  $R^2 = 0,9369$ ; eta  $\geq 34$ ko gazitasuna:  $y=0,8267x + 4,4239$  eta  $R^2 = 0,9412$ .

A klorofila fitoplankton-biomasaren adierazlea da. Bada, batetik, Euskadiko kostaldeko estuarioetako a klorofilaren denborazko seriearen eta, bestetik, klima-faktoreen eta giza faktoreen arteko egokitasuna aztertzen badugu, ikusiko dugu alde argia dagoela Bilboko eta Urdaibaiko estuarioen artean [Villate *et al.*, 2008]. Garbi dago fitoplanktonaren hazkundearen sustatuko duela neurri handi batean giza jardunaren ondoriozkoak

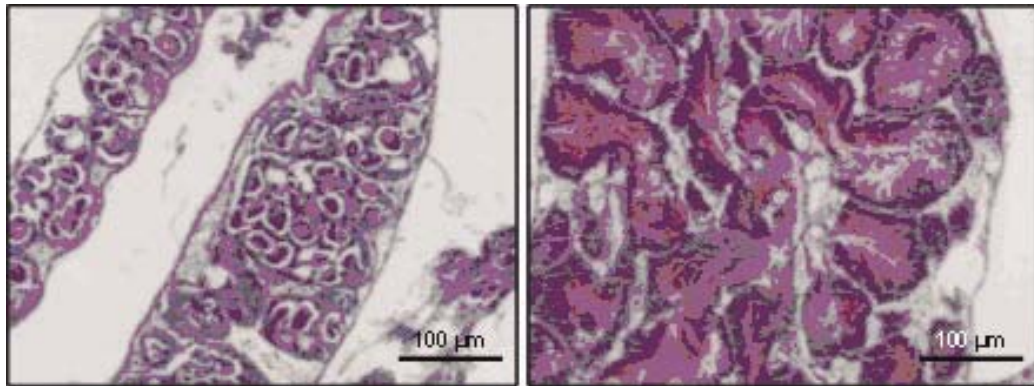
diren mantenugaietan aberatsak diren estuario-zatietako giroa berotzeak, eta, horren ondorioz, eutrofizazio-fenomenoak ohikoagoak izango direla; era berean, horrek ondorioak izango ditu sistemako ingurunearen kalitatean, oxigeno disolbatuaz mintzatu garenean azaldu dugunez.

Klimak zooplankton-erkidegoetan duen eraginari dagokionez, Euskadiko kostaldeko ur neritikoaren eta estuarioen jarraipena egin dugu 1980az geroztik, eta, emaitzekin bat, espezie termofiloak sortu eta ugaritu dira eta ur hotzetako berezko espezieek atzera egin dute. Atzera egin duten ur hotzetako espezieen artean, nabarmentzekoak dira *Pseudocalanus elongatus* eta *Temora longicornis* kopepodo neritikoak; sortu eta erruz ugaltu diren espezie termofiloen artean, berriz, aipagarriak dira *T. stylifera* kopepodoa, ur neritikoan, eta *Oithona brevicornis* eta *Acartia tonsa*, estuarioetan. Temperatura igotzearen ondorioz sartu da *A. tonsa* espezie inbaditzailea Bizkaiko Golkoko eta Ipar Atlantikoko beste eskualde batzuetako estuarioetan. 2001ean identifikatu zuten lehen aldiz Bilboko estuarioan, eta, transferentzia-funtzioen ereduak adierazten dutenez, haren sarrerak eta hazkundeak kalte egin dio espezie autoktono nagusiaren (*A. clausi* espeziearen) ugartasunari estuarioaren erdialdean eta barnealdean. Orobat, eredu horiek diotenez, tenperaturaren igoerak eta oxigeno disolbatuaren beherakadak kalte egiten diote bertako espezieari, baina mesede egiten diote inbaditzaileari, *A. tonsa* espezieak baldintza eutrofikoekiko tolerantzia handiagoa baitu [Aravena *et al.*, 2009]. Begien bistan dago ekosistemen dibertsitatea murrizten duela espezie inbaditzaileak sartzeak.

Esan bezala, a klorofila fitoplankton-biomasaren adierazlea da. Bada, Euskadiko plataforma kontinentaleko a klorofila aztertzen badugu, hiru ondorio aterako ditugu. Lehenik, klorofilaren aldakortasuna klimaren oszilazio-arauen (hala nola *Eastern Atlantic* indizearen) mendean dago neurri handi batean. Bigarrenik, *Eastern Atlantic* indizea positiboa bada —horrelakoxea izan da 1997tik—, azaleko uretako klorofila gutxitzen eta sakoneko uretako ugartzen da; horren arrazoa izan daiteke azaleko ur-geruzak arreago eta hondoratuago daudela, ipar-mendebaldeko zirkulazio atmosferikoaren ondorioz. Hirugarrenik, klorofila ur-zutabeen banantuta dagoen moduak eragin handia izan dezake ekosistemaren beste atal batzuetan. Bestalde, laborategian egindako esperimntuen arabera, itsasoa berotzeak kaltegarriak izan daitezkeen algen loraldien maiztasuna eta iraupena handituko luke estuarioaren aurreko aldeetan, eta itsas espezie toxikoak barnerago sar litezke estuarioetan, gazitasuna handituko litzatekeela eta.

Itsasoa pixkanaka azidotzearen ondoriozko arazoei dagokienez, kare-organismoek egin beharko liekete aurre ondorio nagusiei: bai alga kaltzifikatuek, bai ornogabe maskordunek (adibidez, muskuiluak eta txirlak) eta oskoldunek (adibidez, itsas trikuak eta ezkurak); izan ere, pH-a azidoa bada, disoluzio-tasa handiagoa da kaltzioaren finkatze-tasa baino. Bada beste arazo bat: hiperkapnia (CO<sub>2</sub>-kontzentrazioa handitzearen ondorioz, gorputzeko jariakinak azidotzea). Kalte handia egiten dio animalien metabolismoari, eta larben eta enbrioien garapena da horren adierazgarri; orobat, kostu energetiko handia dakar, eta horrek kalte larria egiten die organismoen hazkunderari, ugalketari eta sistema immunologikoari. Portugaldik Euskadirainoko kostaldeko muskuilu-populazioen datu biometrikoen 2003 eta 2010 arteko denborazko seriea aztertzen badugu, ikusiko dugu hazkunde-ereduen aldaketa larriak eta are nanismo-kasuak izan direla [20. irudia], eta horren arrazoi hipotetiko bat hiperkapnia da [Múgica *et al.*, 2010]. Hiperkapnia balitz arrazoa, ordea, hauetan

guztietan izango luke eragina: kostaldeko ekosisteman, biomasa eta harreman trofikoak aldatuko bailituzke; itsas baliabideetan, ekoizpena txikituko bailituzateke; eta ingurumenaren eta osasunaren kudeaketan, ingurumenaren kalitateari eta kutsatzaileen eta toxikoen bioakumulazioari buruzko parametroen sakoneko balioak eta balio kritikoak aldatuko bailituzke. Kostaldeko ekosistemaren zaindari den aldetik, itsas faunaren gaitz orokor batez ohartaraziko gintuzke muskuiluak.



20. irudia. 2007an Mundakan bildutako zenbait muskuiluren gonada helduak (ezkerrean, emea eta, eskuinean, arra). Muskuiluek 2 urte zituzten gutxienez, baina maskorraren luzera 1 cm baino gutxiagokoa zen. Klima-faktoreen ondoriozko goiztiartasun- edo nanismo-kasuak edo disrupzio endokrinoen kasuak izan daitezke.

Euskadiko kostaldeko kare-alga gorri batzuek (*Corallina elongata*, *Jania rubens* eta *Lithophyllum incrustans* algek) neurri handi batean nabari dezakete azidotzearen eragina eta, 1991 eta 2009 artean, nabarmen ugartu dira marea azpiko eskualdean, uraren tenperatura igotzearen eta argi gehiago izatearen ondorioz (udako eguzki-erradiazioa handitzearen eta, seguru asko, ura gardenagoa izatearen ondorioz). Gaur egun, Euskadiko kostaldeko uraren pH-aren balioa (8,3-8,4koa) urrun dago kaltzifikazioa inhibitzen duten balioetatik, baina ezin dugu baztertu XXI. mendearen amaierarako disoluzio-tasa handiagoa izango ez denik kaltzifikazio-tasa baino eta, horren ondorioz, kare-alga gainbeheran etorriko ez denik. Iragarpenen arabera, Bizkaiko Golkoko pH-a 7,7 ingurukoa izango da XXI. mendearen amaierarako, eta ioi karbonatoa ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) %54 murriztuko da 2100erako [Raven *et al.*, 2005].

Sinergia sor daiteke kostaldeko uraren kutsaduraren eta klima-aldaketaren artean, klima-aldaketak parametro fisiko eta kimikoak eta inguruneke parametroak aldatzea baitakar. Horren ondorioz, sistema biologikoen estres handiagoa izango lukete, erresilientzia eta egokitze ahalmen txikiagoa izango bailukete [Marigómez, 2010]. Ingurumena kutsatzen duten gaien kimika eta bioakumulazio-tasa aldatzen du tenperaturak, eta horrek aldaketa esanguratsuak eragiten ditu haien toxikotasunean. Itsas organismoen artean, tenperatura-

rekiko tolerantziaren gehieneko muga txikiagoa da kutsatzaile kimikoak badaude, eta alderantziz: kutsadura kimikoaren ondoriozko estresaren pean dauden itsas organismoek gehiago nabari dituzte tenperaturaren igoerak [Sokolova & Lanning, 2008]. Hau da, organismo ektotermoek muturreko tenperaturak (bero-boladak) maizago izateari aurre egiteko ahalmena baldintzatzen dute kutsatzaileek —pentsatzekoa da horixe gertatuko dela klima-aldaketa jazotzen denean, muturreko tenperaturak ohikoagoak izango direla—. Euskadiko kostaldean, XXI. mendearen lehen hamarkadan aldaketak izan dira muskuilu-populazioen (*Mytilus*-populazioen) biomarkatzaile zelular jakin batzuetan —esaterako, muskuiluen mintz lisosomikoa ezegonkortu da—, eta horrek esan nahi du inguruneke estresa oro har handitzeari aurre egin behar izan diotela. Laborategian muskuiluekin egindako esperimenduei esker, tenperaturaren erregimenaren aldaketak konposatu kimikoen bioakumulazioan eta toxikotasunean eragin esanguratsua duen frogak ditugu, baita alderantzizkoa adierazten dutenak ere. Muskuilua hein handi batean egokitu da tenperaturaren pixkanakako igoerara —astebe-tean 8 °C-ko igoera izatea jasan dezake—, baina, tenperatura 28 °C-koa bada, egoera larrian dago. Harrigarria bada ere, inguruan estres (kutsadura) handiagoa duten muskuiluek dute tenperaturaren pixkanakako igoerarekiko erresistentziarik handiena, urteko sasoiaren dena delakoa ere.

Giza presioaren ondorioz egoera ekologiko txarrean dauden EAEko kostaldeko eta estuarioetako eremuek eta etorkizunean kutsadurarik ez duten eremuek ezberdin aurre egingo diete klimaren etorkizuneko egoerei. Alde horretatik, espezie arrotzak (makrofitoak, fitoplanktona, zooplanktona, ornogabeak) gehiago sartu eta ugaltu dira kutsatuago dauden Euskadiko kostaldeko eremuetan.

Klima-aldaketak itsas baliabideei eragin diezaiekeen kaltea aztertzeko, bi espezie hartu ditugu kontuan: batietik, *Gelidium corneum* alga (ustiatu egiten dugun eta agar-agarra ematen dugun baliabide bentikoa) eta, bestetik, antxoa (arrantza-baliabide pelagikoen adibidea).

*Gelidium* algaren azterketari dagokionez, frogatu du haren biomasaren aldakortasunaren %70 klimarekin erlazioan dutako aldaketa fisikoen emaitza dela. Vensim<sup>®</sup> ereduaren erabili dugu tenperaturaren aldaketek (1,5 °C-ko edo 2 °C-ko igoerak) edota irradiantziarenek (%10eko, %20ko edo %30eko jaitsierak) marea azpiko eskualdeko *Gelidium corneum* algaren populazioen biomasan duten eragina simulatzeko. Aldakuntza ez da izan oso handia, baina aldaketak esanguratsuak izan dira (p: 0,0005). Bestalde, irradiantziaren jaitsierak tenperaturaren igoera berdinduko luke, eta, hortaz, 4 m-ra ez litzateke izango aldaketa handirik, baina 8 m-ra, oostera, bai.

Klimak antxoan duen eraginari dagokionez [Borja *et al.*, 2008], berriz, frogak diote antxoaren erreklutamenduaren aldakortasunaren %60 *Eastern Atlantic* indizearekin lotuta dagoela; hemen, horrek esan nahi du haizeen norabidearen aldaketekin eta Landetako azaleratzearen intentsitatearekin lotuta dagoela. Azterketa berriago batek, bestalde, zera zehaztu du: klima-baldintzak baliagarriagoak dira antxoaren erreklutamendua iragartzeko antxoa-populazioaren tamaina bera baino [Fernandes *et al.*, 2010]. Izan ere, lokalizatua denez eta beste talde batzuekin bat egiteko aukera gutxi dituenek, aldaketa horiek asko eragiten diote antxoari.

Hauek dira itsasoko eta estuarioetako biodibertsitatea, ekosistemak eta baliabideak kontserbatzeko eta klima-aldaketara egokitzeko irizpide nagusiak:

1. Babestutako erreserbak sortzea itsasoan eta estuarioetan, Euskadiko kostaldeko eta itsas inguruneko ekosistema guztiak ordezkatzen dituztenak, eta erreserbak lotuta egoteko bideren bat ezartzea. Ekosistemen funtzionaltasunean oinarritu behar dute erreserba horiek, eta fauna eta flora ugaltzeko, hazteko, elikatzeko eta atsedean hartzeko balio behar dute. Hartara, sare trofikoak maila guztiak egongo dira ordezkatuta, eta ekosistemak osasuntsuago egongo dira.
2. Degradatutako eremuak lehengoratzeko, ustiatutako espezieen eta ekosistemen erresilientzia eta aldaketetara egokitzeko berezko gaitasuna handituz. Bereziki garrantzitsua da hori kostaldeko zerrendan (eremu hondartsuetan eta dunetan) eta estuarioetan (lokatzetan, paduretan eta hezeguneetan), aurrez nekazaritzarako edo beste jarduerak batzuetarako kendutako lurra itzultzen baitizkiogu itsasoari.
3. Kontserbazioak modu dinamiko eta egokigarrian kudeatzea modu estatiko eta zurrunean kudeatu izan ordez.
4. Klima-baldintza berrietara hobeto egokituta dauden eta habitatak eratzen dituzten espezie bentikoak ezartzea, txoko ekologiko ahulduak denboran iraun ez dezaten jatorrizko habitatatako funtsezko espezieak galdu izanaren ondorioz.
5. Espezie inbaditzaileen kudeaketan jartzea arreta eta, ildo horretan, kindurtzako ura eta ekosistemei kalte ekologikoak eta ekonomikoak eragiten dizkieten espezieen borroka zorrozki arautzea eta kontrolatzea.
6. Kutsaduraren aurka borrokatzea, arriskuan jartzen baitu biodibertsitatea, eta, horretarako, saiatzeko urmasak egoera ekologiko onean egon daitezkeen, ustia daitezkeen baliabideek eta ekosistemek klima-aldaketaren aurkako erresilientzia handiagoa izatea baitakar horrek.
7. Espezie ahulen habitatak babestea.
8. Erkidegoaren intereseko habitat guztiak (bereziki, zatituen daudenak, hala nola padurak eta hezeguneak) lotuta egon daitezkeen bultzatzea.
9. Gehiago ikatea klima-aldaketa bereziki nabari dezaketen funtsezko espezieen erantzun biologikoei buruz, bai alde zelularretik (biomarkatzaileen aldetik), bai banakoen eta populazioen aldetik; gehiago ikatea, kostaldeko ekosistemaren barnean garrantzitsuak direlako edo arrisku larrian egon daitezkeelako, interes berezia duten erkidego biologikoen hidrologiaren eta klimaren aldaketen ondoriozko estres-faktoreei aurre egiten dieten moduari buruz; eta gehiago ikatea uraren kutsadurari aurre egiteko erantzun sinergikoei buruz. Hartara, zalantza gutxiago izango lirakeke erabakitzerakoan eta, horrenbestez, ingurumen-politiken kostua txikiagoa litzateke eta prozedura arautzaileak ea administrazioak koherenteagoak lirakeke. Orobat, jarraipen-programa bat ezarri beharko litzateke, sistema biologikoen (bentosaren, planktonaren eta nektonaren) aldaketak zenbait aldetatik kuantifikatzeko: banakoen aldetik (alde molekularretik eta zelularretik), populazioen aldetik eta erkidegoen aldetik.

10. Indarrean dagoen legediak kostaldeko ekosistemak eta baliabideak babesteko eta erabiltzeko ezartzen dituen irizpideak berrikustea eta egokitzea, biotak klima-baldintza berriei aurre egiteko ahalmenaren aurrez ikusten diren aldaketei dagokienez batik bat.
11. Ingurumena kudeatzeko irizpideak (Urari buruzko Esparru Zuzentaraua, Europako Itsas Estrategia), substantzia kimikoak baimentzekoak (REACH –*Registration, Education, Authorisation and Restriction of Chemicals*– eta CLP –*Classification, Labelling and Packing of chemical substances and mixtures*– erreglamenduak) eta osasun-irizpideak (kontsumitzeko espezieek kutsatzaileak eta toxikoak bioakumulatzeari buruzkoak) berrikustea eta egokitzea.

---

## ERREFERENTZIAK

Aravena, G.; Villate, F.; Iriarte, A.; Uriarte, I.; Ibáñez, B.: *Influence of the North Atlantic Oscillation (NAO) on climatic factors and estuarine water temperature on the Basque coast (Bay of Biscay): Comparative analysis of three seasonal NAO indices*, in Continental Shelf Research, 29 (2009), 750-758.

Aravena, G.; Villate, F.; Uriarte, I.; Iriarte, A.; Ibáñez, B.: *Response of Acartia populations to environmental variability and effects of invasive congenics in the estuary of Bilbao, Bay of Biscay*, in Estuarine, Coastal and Shelf Science, 83 (2009b), 621-628.

Borja, Á.; Fontán, A.; Sáenz, J.; Valencia, V.: *Climate, oceanography, and recruitment: the case of the Bay of Biscay anchovy*, in Fisheries Oceanography, 17 (2008), 477-493.

Chust, G.; Borja, Á.; Caballero, A.; Liria, P.; Marcos, M.; Moncho, R.; Irigoien, X.; Saenz, J.; Hidalgo, J.; Valle, M.; Valencia, V.: *Climate Change on the coast and pelagic environment in the south-eastern Bay of Biscay. Climate Research* (in press). DOI: 10.3354/cr00914.

Díaz, R.J.; Rosenberg, R.: *Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems*, in Science, 321 (2008), 926-929.

Fernandes, J.A.; Irigoien, X.; Goikoetxea, N.; Lozano, J.A.; Inza, I.; Pérez, A.; Bode, A.: *Fish recruitment prediction, using robust supervised classification methods*, in Ecological Modelling, 221 (2010), 338-352.

Garmendia, M.; Borja, Á.; Muxika, I.: *Long-term environmental, climatic and anthropogenic factors affecting subtidal soft-bottom benthic communities, within the Basque coast*, in Rev Invest Mar, 2 (2008), 1-28.

Hawkins, S.J.; Southward, A.J.; Genner, M.J.: *Detection of environmental change in a marine ecosystem- evidence from the western English Channel*, in Science of the Total Environment, 319 (2003), 245-256.

Iriarte, A.; Aravena, G.; Villate, F.; Uriarte, I.; Ibáñez, B.; Llope, M.; Stenseth, N.Chr.: *Contribution of temperature, river discharge and chlorophyll a to dissolved oxygen variability at different salinity sites in contrasting estuaries of the Bay of Biscay*, in Marine Ecology Progress Series, 418 (2010), 57-71.

Marigómez, I. (2010). *Marine ecosystem health assessment in response to global stressors: multiple stress diagnosis requires multiple endpoint symptoms - case studies from temperate regions*. Ponentzia gonbidatua: Global Stressors: climate changes, invasive species, and chemicals – special session (Chairpersons: Menzie, C.; Guilhermino, L.; Roembke, J.; Wening, R.J.) SETAC. Europe 19th Annual Meeting, 2010eko maiatza, Seville.

Múgica, M.; Izagirre, U.; Ortiz-Zarragoitia, M.; Marigómez, I. (2010). *Biological effects of increasing temperatures in mussels at different stages of their reproductive cycle*. 27th ESCPBk Congress: «Biological Effects of Climatic Changes and Pollution: From Biomarkers to System Biology», Alessandria.

Pérez, L.; Borja, Á.; Rodríguez, G.; Muxika, I.: *Long-term environmental, anthropogenic and climatic factors explaining spatial and temporal distribution of soft-bottom benthic communities within the Basque estuaries*, in Revista de Investigación Marina, 14 (2009), 22.

*Quality Status Report (2000). Region IV - Bay of Biscay and Iberian coast*. OSPAR Commission. London 2000. Raven *et al.* 2005.

Raven, J.; Caldeira, K.; Elderfield, H.; Hoegh-Guldberg, O.; Liss, P.; Riebesell, U.; Shepherd, J.; Turley, C.; Watson, A.: *Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide. Policy document 12/05*, The Royal Society, Londres, 2005.

Revilla, M.; Borja, Á.; Fontán, A.; Franco, J.; González, M.; Valencia, V.: *A twodecade record of surface chlorophyll «a» and temperature in offshore waters of the Basque country (southeastern Bay of Biscay)*, in Revista de Investigación Marina, 17(2) (2010), 13-20.

Rodríguez Ortiz, M.P.: *Ensayo de captación de rojo neutro en celomocitos de Eisenia fetida para la evaluación toxicológica de suelos estándar con diferentes proporciones de materia orgánica contaminados con cadmio*, 2010. EHUko Ionan Marigómezek eta M. Sotok MEC kalitate-aipamendun Ingurumen Kutsadura eta Toxikologia programaren barnean zuzendutako master-tesia.

Sokolova, I.N.; Lannig, G.: *Interactive effects of metal pollution and temperature on metabolism in aquatic ectotherms: implications of global climate change*, in CLIMATE RES, 37 (2008), 181-201.

Walther, G.R.; Post, E.; Convey, P.; Menzel, A.; Parmesan, C.; Beebee, T.J.C.; Fromentin, J.M.; Hoegh-Guldberg, O.; Bairlein, F.: *Ecological responses to recent climate change*, in Nature, 416 (2002), 389-395.

Villate, F.; Aravena, G.; Iriarte, A.; Uriarte, I.: *Axial variability in the relationship of chlorophyll a with climatic and the North Atlantic Oscillation in a Basque coast estuary, Bay of Biscay (1997-2006)*, in Journal of Plankton Research, 30 (2008), 1041-1049.

*World Resources Institute Report 2008*. [www.wri.org/project/water-quality](http://www.wri.org/project/water-quality)

## LEHORREKO BIODIBERTSITATEA ETA EKOSISTEMAK ETA LURZORUKO BALIABIDEAK

Lehorreko biodibertsitateari eta ekosistemei eta lurzoruko baliabideei dagokienez, zenbait klima-aldagaien eta EAEko espezie aloktonoen ugartasunaren eta banaketaren arteko harremana aztertu dugu K-Egokitzen-I proiektuaren esparruan, eta espezie aloktonoek gehien inbaditutako habitatak eta eskualdeak identifikatu ditugu. Halaber, espezie aloktonoen inbasioak EAEko ibaiertzeko ekosistemetan izan dezakeen eragina baliotatu dugu, eta hezeguneetako espezie aloktono inbaditzaileek (Urdaibai Biosfera Erreserbako *Baccharis halimifolia* espezieak) ingurunearen aldaketei aurre egiten dieten modua ebaluatu dugu.

Klima-aldaketak espezie fungikoen populazioetan izandako eragina aztertu dugu, fruitu emateko garaian sumatutako aldaketen eta *Clathrus archeri* espezie aloktonoaren portaeraren bidez.

Bestalde, tenperaturak eta prezipitazioak zuzeneko eragina dutenez gero lurzoruko prozesuetan, aztertu dugu zer-nolako eragina izango duen klima-aldaketak prozesu horietako batzuetan, hala nola materia organikoaren deskonposizioan, lurzoruaren gazitzean eta higaduran eta lurzoruaren biodibertsitate-galeran. Ildo berean, klima-aldaketak lurzoruko erkidegoetan izango duen eragina ebaluatze eta iragartze aldera, zenbait organismo talde eredugarri (akaro oribatidoak, onddoak, zizareak eta bareak) aztertu ditugu, lurzoruko tenperaturaren eta ur erabilgarriaren aldaketen adierazle baitira horiek guztiak eta klima-aldaketaren eta kutsaduraren arteko elkarrekintzak aztertzeko eredu experimentalizat har baititzakegu.

Laburbilduz, hauek dira gai honi buruzko atariko emaitzak:

### EGUNGO KLIMA

- Ezusteko espezie aloktonoen aberastasuna handiagoa da giza jardunetik sortutako habitatan, baina espezie inbaditzaile eraldatzaileen eragina handiagoa da ibaiertzeko eta kostaldeko ekosistemetan. Alde horretatik, Bilboaldean dago inbasio-mailarik handiena.
- Ibaiertzeko ekosistemen inbasio-maila handiagoa da degradazio ekologikoa badago, eta handiagoa da isurialde kantauriarrean mediterraneoan baino.
- Mikozenosiaren analisiak dienez, 2000tik aurrera aldaketa izan da erkidego fungikoaren konposizioan.

### ETORKIZUNeko KLIMA

- Neguko tenperaturak igoko balira, errazagoa litzateke eskualde beroetako espezie aloktono berriak sartzea. Udako prezipitazioak behera egiteak (udako lehorteak), berriz, hori oztopatuko luke, baina ona izan liteke espezie mediterraneoak sartzeko.
- *Baccharis halimifolia* da estuarioetako ekosistemetako espezie aloktonorik kaltegarriena, baina haiek inbaditzeko gaitasun txikiagoa du baldin eta gazitasun- eta istilte-maila handitzen bada. Gainera, etorkizunean, prezipitazio kantitatea eta prezipitazioaren banaketa aldatzeak eragina izan dezake gaitasun horretan.



- Behatutakoarekin bat, fruitu emateko garaia amaiara argi eta garbi (60 egun ere) atzeratu da espezie fungiko nagusien artean azken hamarkadan. Harremana sumatu da urteko batez beste tenperaturaren eta fruitu emateko garaia luzatzearen artean.
- Bareen ugalketa-zikloa azken hamarkadetan garaiz aldatu dela adierazten duten atariko zantzuak bildu ditugu

- Degradazio ekologikoak eta giza presioa handitzeak ibaiertzeko ekosistemen inbasio-maila areagotzen dute, baina pentsatzekoa da behera egingo duela.
- Pentsatzekoa da onbrotipo lehorra eta subhezea hedatuko direla eta onbrotipo hezeko eta hiperhezeko eremuak murriztuko direla. Hala bada, espezie inbaditzaile batzuk hedatzeari kalte egingo dio horrek, eta beste batzuk hedatzeari mesede.
- Aldaketak izango dira lurraldeko dunetako ekosistemetak espezie fungikoek fruitu emateko garaian, eta *C. archeri* espezie fungiko aloktonoak atzera egingo du.
- Lurzorua berotzearen ondorioz, materia organiko gehiago deskonposatuko da, eta klima-aldaketa bera elikatuko du horrek.
- Lurzoruaren gazitasun-maila handituko da, ebaipotranspirazio-tasa handitzearen ondorioz.
- Prezipitazioaren erregimena aldatzeak lurzorua higadura areagotu dezake.
- Pentsatzekoa da aldaketak izango direla ingurunearen erasoek (klimarenek zein gizakiarenek, hots, kutsadura kimikoak) biotan izan dezaketen eraginean.
- Lurzoruko materia organikoa gutxiagotzeak eta azidotzeak metaketa txikiagoa izatea ekar dezake, baina, paradoxikoa bada ere, lurzoruko organismoek metatzen dituzten metalak toxikoagoak izatea eragin dezake aldi berean.

## AUTOREAK

**Koordinatzaileak:** Miriam Pinto eta Óscar del Hierro (Neiker-Tecnalia).

**Flora eta landaretza:** EHUko Landareen Biologia eta Ekologia Saileko Javier Loidi, Gonzalo García-Baquero, Nere Amaia Laskurain, Jesús Julio Camarero, Arben Alla, Arantza Aldezabal, Estefanía Pérez, Ana Etxeberria, Juan Antonio Campos, Mercedes Herrera, Lidia Caño, Idoia Biurrun, Itziar García-Mijangos, Isabel Salcedo, Rafael Picón, Ibai Olariaga, Nerea Abrego eta Estibaliz Sarrionandia.

**Fauna kontinental:** EHUko Zoologia eta Animalia Zelulen Biologia Saileko J. Carlos Iturrondobeitia Bilbao, Iñaki Balanzategui Guijarro eta Elena Corral Hernández.

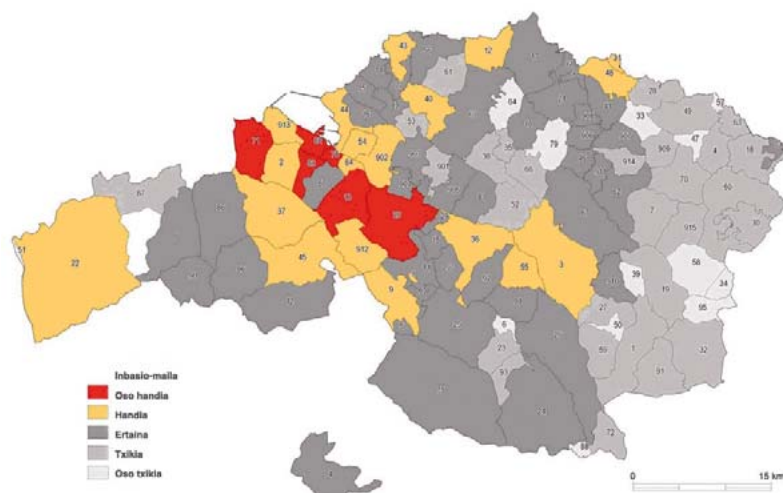
**Landare-paisaia.** EHUko Landareen Biologia eta Ekologia Saileko Miren Onaindia, Gloria Rodríguez-Loínaz, Ibone Amezaiga eta Lorena Peña.

**Lehorreko biomarkatzaileak:** EHUko Zoologia eta Animalia Zelulen Biologia Saileko Ionan Marigómez, Manu Soto, Beñat Zaldibar, Vega Asensio, Amaia Irizar, Ane M. Castilla eta Eduardo Angulo.

**Antolamendua, lurralde-ereduak:** Neiker-Tecnaliako Óscar del Hierro, Miriam Pinto, Nahia Gartzia, Ana Aizpurua, Carla Salinas, Amaia Ortiz, Sonia Castañón, Gorka Landeras, Eugenia Iturritxa, J. Antonio González, Olatz Unamunzaga, Roberto Pérez, Carlos Garbisu, Isabel Albizu, Pilar Merino, Lur Epelde, Sorkunde Mendarte, Susana Virgel, Paloma Moncaleán, Pablo González, Ander González eta Maialen Iturbide.

Klima-aldaketaren ondorioz, inguruko eskualdeetako **espezie aloktonoek** mugak zeharka ditzakete, eta biotako parte bihurtu. Bestalde, giza jardunaren ondorioz, zenbait habitateko espezieak iritsi dira, distantzia luzea eginda; orobat, hartu dituen habitateko inguruneke baldintzak aldatzeak on egiten dio kolonizazioari, eta espezie aloktonoa nagusitzeko baldintza aproposak sorrarazten ditu. Landare-espezie aloktonoei dagokienez, jakin badakigu gaur egun landare baskularren 478 espezie aloktono daudela EAEn —flora osoaren %20,8 egiten dute—. Berez sortzen dira, sail handitan zein txikitan, lurraldeko zenbait habitatean, eta horietako 86 (%18) inbaditzaileak dira.

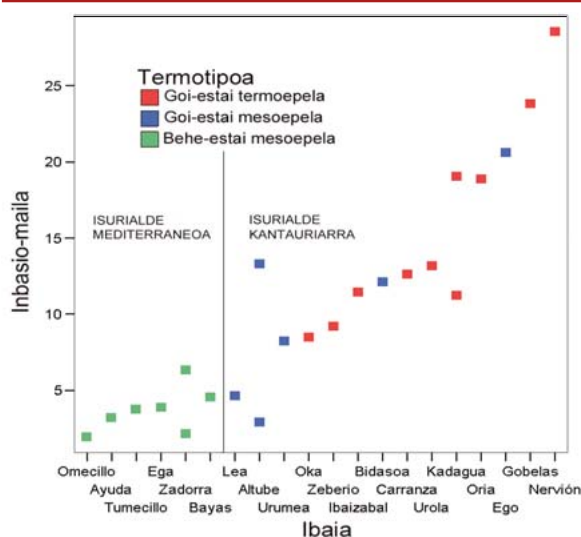
Egindako azterketek diotenez, hauek izango lirake klima-aldaketaren ondorio nagusiak: batetik, errazagoa litzateke eskualde beroetako espezie aloktonoak sartzea eta lurraldean lehendik dauden espezie inbaditzaile batzuk hedatzea, zenbait eskualde ozeanikoagoak izango bailirateke neguko tenperaturak gora egitearen ondorioz; bestetik, udan lehortearen eskualdeen (klima mediterraneoaren eskualdeen) azalera handituko litzateke, udako prezipitazioak behera egitearen ondorioz, eskualde submediterraneoetan batik bat, eta, horren ondorioz, hasiera batean, espezie aloktono askok zailtasunak izango lituzkete lurraldean sartzeko eta hedatzeko. Orobat, aurreikuspenen arabera, aldaketak izango dira estai bioklimatikoen banaketan. Hain zuzen ere, prezipitazioa %10 jaisten bada eta urteko batez besteko tenperatura 1,65 °C igotzen bada 2011-2040 aldirako, EAEko onbrotipoen hedadura eta banaketa aldatuko da: onbrotipo lehorraren eta subhezearen hedadura handituko da, eta onbrotipo hezeko eta hiperhezeko eremua txikituko. Bizkaiko mendebaldean, zenbait espezie inbaditzailearen hedadura mugatuko luke joera horrek, hala nola *Robinia pseudoacacia*, *Paspalum dilatatum*, *Cortaderia selloana* eta *Aster squamatus* espezieena, eta beste batzuei on egingo lieke, hala nola *Dittrichia viscosa*, *Sonchus tenerrimus* eta *Senecio inaequidens* espezieei.



21. irudia. Bizkaiko udalerrien sailkapena, espezie aloktono inbaditzaileak sartzeko arrisku-mailaren arabera.

Espezie aloktono askok nahiago dituzte eskualde beroak, baina giza faktoreak eragina izango du aurrerantzean ere espezie aloktonoek EAEko lurrak inbaditzen dituzten zenbaterainokoa. Azterketekin bat, Bilboaldean dago inbasiorik handiena, batez besteko tenperaturak han baitira altuen —goi-estai termoepelean dago Bilboaldea—, eta ezusteko espezie aloktonoak hazteko habitat artifizial asko baitaude. Temperatura (batik bat, negukoa) igotzen bada, ordea, espezie batzuk beste eskualde batzuetara heda daitezke, berentzako habitat egokiak aurkitzen badituzte betiere. 21. irudian mapa bat ageri da, Bizkaiko udalerrriak espezie aloktono inbaditzaileak sartzeko arrisku-mailaren arabera sailkatzen dituena.

Degradazio ekologikoak eta giza presioa handitzeak ibaiertzeko ekosistemen inbasio-maila areagotzen dute, baina pentsatzekoa da behera egingo duela, ekosistemak kontinentalagoak izango direla eta termikotasunak behera egingo duela eta [22. irudia].



22. irudia. EAEko ibaien inbasio-maila. Kolore bakoitzari termotipo bat dago-kio, Rivas-Martínezek 2007an landu-tako bioklimen tipologiari jarraiki.

Bestalde, landaretzak hezeguneak inbaditzeko arrisku-maila balioztatu dugu, hala nola, *Baccharis halimifolia* espezieak Urdaibai Biosfera Erreserbako (Bizkaiko) padurak inbaditzekoa. Azterketen arabera, espezie horrek lur berriak inbaditzeko ahalmen txikiagoa du gazitasun- eta istiltze-maila handitzen direnean, eta, etorkizunean, prezipitazio kantitatea eta prezipitazioaren banaketa aldatzeak ere izan dezake eragina. Orobat, kostal-erroaren atzerakadak espezie horren banaketa muga dezake.

Aurreikuspenekin bat klima-aldaketak espezie aloktonoetan izango dituen ondorioak kontuan izanik, neurri hauek proposatuko ditugu egokitzeko:

1. Babes berezia duten eremuetan gutxienez (erreserbetan, parke naturaletan eta interesa duten beste eremu batzuetan), espezie inbaditzaileak kontrolatzeko plan integratu bat prestatu behar da [Campos, 2000; Herrera eta Campos, 2006]. Funtsean, sei atalek osatu behar dute plan hori: prebentzioak, metodori eraginkor eta ekonomikoena baita beste kudeaketa- eta erabilera-metodo batzuen aldean,

inbasioaren ondorioak hasiera batetik saihesten dituela eta; espezie bakoitzak ekosistema bakoitzean duen eragina balioztatzeak (espezie batek eraginik ez duen, egun zer-nolako eragina duen edo etorkizunean zer-nolako eragina izango duen balioztatzeak); espezie bakoitza kontrolatzeko programa espezifiko bat prestatzeak, espezie batzuek eta besteek eragin ezberdina baitute eta batzuekin lan egiteak lehenetsun handiagoa baitu beste batzuekin lan egiteak baino; hartzen ditugun kontrol- eta erabilera-tekniken eraginkortasuna ebaluatzeak; tratatzen ditugun espezieen eta bertako erkidegoek eta espezieek tratamenduei aurre egiten dieten moduaren jarraipenak eta kontrolak; eta ingurumen-heziketak eta ingurumen-gaien dibulgazioak.

2. Dibulgazio- eta informazio-neurrien helburuak izan behar du espezie exotikoek ekosistema naturalen kontserbazioari egin diezaioketen kaltearen kontzientzia harraraztea herritarrei eta herritarrak eta erakunde publikoak zein pribatuak deitzea espezie horietako batzuen aurka borrokatzen laguntzera eta parte hartzera.
3. Espezie exotikoen inbasioari bide ematen dion faktore nagusietako bat da giza jardunak ekosistemak eraldatzea, eta, horregatik, habitat naturalak eta erdi naturalak gutxieneko naturaltasun-egoeran mantentzea neurri egokia izan daiteke espezie inbaditzaile asko sartzeari eta hedatzeari aurrea hartzeko. Espezie inbaditzaileen aurkako borrokaren helburu eta tresna izan behar du planteamendu horrek.
4. Legedi espezifikoak sortu behar da EAEn landare aloktonoen inbasioaren aurka borrokatzeko, eta lurraldean horiek erabiltzen, banatzen, saltzen... diren modua arautu behar du legedi horrek. Alegia, espezie horien inbasioarekin zerikusia izan dezaketen jarduera guztietan esku hartzeko protokoloak ezarri behar ditu.
5. *Baccharis halimifolia*, *Cortaderia selloana* eta *Fallopia japonica* espezieak eragin ekologiko handiko landare-izurritzat hartu behar dira, eta haiek desagerrarazteko eta kontrolatzeko neurriak hartu beharko lirateke berehala. Izan ere, lurralde berriak kolonizatze gaitasun handia dute, eta gero eta gehiago hedatzen ari dira balio ekologiko handiko habitat naturaletan eta erdi naturaletan eta, tartean, babes-tutako barrendegi naturaletan, hala nola Urdaibai Biosfera Erreserban. Oso azkar ugaltzen ari dira hirurak, eta, horregatik, komeni da espezie horietako bakoitza kontrolatzeko programa espezifikoak prestatzea lehenbailehen, haiek desagerrarazteko edota haien hedadura geldiarazteko arazoak are gehiago larritu aurretik. Gaur egun urriagoak diren beste espezie batzuek, berriz, habitat naturalak inbaditzen dituztela ageri dute argi eta garbi, eta, hori dela eta, berehala kontrolatu beharko lirateke, inbasioa ez areagotzeko eta kostua askoz ere handiagoa ez izateko. Hain zuzen ere, hauek dira espezieok: *Spartina patens*, *Spartina alterniflora*, *Cotula coronopifolia*, *Oenothera glazioviana*, *Oe. x fallax*, *Pterocarya x redheriana*...

**Lurzorua** baliabide berriztaezina da, eta bertan hazten da landaretza; mantenugaiak, ura eta airea ematen dizkie landareen sustraiei; eta produktibitatea baldintzatzen du neurri handi batean. Ekosistemen oinarritzko osagaia da produktibitatea, haien funtzionamendua eta eman ditzaketen ondasunak eta zerbitzuak baldintzatzen baititu. Azken batean, haien dinamika naturala eta kudeaketa-ereduei aurre egiten dieten modua

baldintzatzen ditu. Giza jardueren plataforma da, eta paisaiako elementua eta ondare kulturalaren artxiboa da. Halaber, funtsezko habitata eta ondare genetikoa da. Gai ugari biltzen, iragazten eta eraldatzen ditu: besteak beste, ura, mantenu-gaiak eta karbonoa. **Funtzio horiek guztiak oso garrantzitsuak dira ikuspegi sozioekonomikotik eta ingurumenaren ikuspegitik, eta, horregatik, babestu egin beharko genituzke.**

Alabaina, degradazio-prozesuak (naturalak eta giza jardunaren ondoriozkoak) jazotzen dira lurzoruan, hala nola higadura, materia organikoa galtzea, kutsadura, gazitzea, trinkotzea, lurzoruak biodibersitatea galtzea, zigilatzea, uholdeak, luiziak... **Klima-aldaketak horiek guztiak bizkortu ditzake; izan ere, temperaturak, prezipitazioak (kantitateak eta denborazko banaketak) eta atmosferaren propietate kimikoek (bereziki, karbono dioxido edukiak eta nitrogeno- eta sulfuro- edukiak) zuzeneko eragina dute lurzoruko prozesuetan.**

Jarraian, labur-labur, zehaztuko dugu zer-nolako eragina izango duen klima-aldaketak lurzoruaren zenbait ezaugarritan.

- **Lurzoruko karbono organikoa:** Lurzoruaren azaleko horizonteetako karbono kantitatea lurzoruaren azaleko horizonteetako materia organikoaren kantitatearen arabera da. Era berean, hauen arabera da lurzoruaren azaleko horizonteetako materia organikoaren kantitatea: lehenik, ekoizpen primario garbiaren arabera; bigarrenik, fotosintetizatuak sustraien eta landarearen kanpoko aldearen artean banatzeko moduaren arabera; eta, hirugarrenik, konposatu organikoen deskonposizio-eritmoaren arabera [Batjes, 1996]. Nekazaritzarako eta basogintzarako erabiltzen diren lur gehienek karbono organikoaren zati bat galdu dute, aurreko hamarkadetan erabilitako hazkuntza-sistema intentsiboen ondorioz [Mijangos *et al.*, 2010; Gartzia-Bengoetxea *et al.*, 2009]. Bestalde, Klima Aldaketari buruzko Gobernuarteko Aditu Taldearen ustez, klima-aldaketa bera elika dezake lurzoria berotzearen ondorioz materia organiko gehiago deskonposatzeak [Klima Aldaketari buruzko Gobernuarteko Aditu Taldea, 2007]. Nolanahi ere, fotosintesi-prozesua ere tenperaturaren arabera da. Horrenbestez, fotosintesi garbia (fotosintesia ken landare-arnasketa) handiagoa da tenperaturak gora egiten duenean eta tenperatura igoarazten duen gasen bat ugaritzen denean [Kirschbaum, 1995]. Kirschbaumek berak 2000n frogatu zuenez, oster, lurzoruko materia organikoaren mineralizazioa tenperaturaren mende dago zuzenean, fotosintesi garbia bera baino gehiago, eta, hortaz, pentsatzekoa da tenperaturaren igoera funtsezkoa izango dela karbonoaren zikloa orekatua izateko ekosistemen barnean.







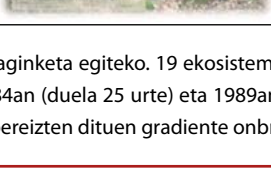
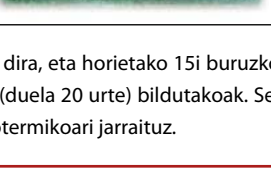
- **Lurzoria galtzea:** Lurzoruaren galerari buruzko ekuazio unibertsalak zehazten duenez, K faktorea da degradazio mota horrek lurzoruan izan dezakeen eragina. Hauen arabera da K faktore: karbono organiko edukiaren arabera eta lurzoruaren ehunduraren eta egituraren arabera —klima-aldaketak eragina du lehen eta azken aldagaietan—. Bestalde, pentsatzekoa da haizeak eragindako higadura handituko dela ekaitzen maiztasuna handitzen eta landare-estalkia murrizten den heinean. Orobat, prezipitazioaren erregimenaren aldaketak lurzoria higatzeko arriskua handitzea ekarriko du. Halaber, pentsatzekoa da suteak ere ohikoagoak izango direla. Bada, horrek lurzoruko karbono organikoa galtzea eta higadura-arriskua areagotzea ekarriko luke. Lurzoruaren higadura handitzeak esan nahi du karbono organikotan aberatsagoak diren lurzoruko horizonteak galduko direla, eta horrek lurzoruaren degradazioa bera elikatuko du.

• **Biodibertsitatea:** EAE oso urbanizatuta dago, eta bertako biztanleriaren dentsitatea handia da. Hori dela eta, presio handia dago dibertsitate biologikoaren gainean. Alde horretatik, habitatak galtzea da lurzoruko espezieek bizirik irauteko arazorik larriena. Orobat, klima-aldaketak habitaten galera larriagotu dezake. Lurzoruan badira hainbat organismo saprofito, mikroorganismoak lanean hasi aurretik eginkizun garrantzitsua betetzen dutenak materia organikoa eraldatzeko, eta tenperaturan eta lurzoruan eskuragarri dagoen ur kantitatean gertatzen diren aldaketak nabaritzen dituzte, hala nola akaro oribatidoek, onddoek, zizareek eta kolenboloek. Hala ere, kontuan izan beharra dago lurzoruko espezieak oso plastikoak direla eta inguruneo baldintza berrietara egokitzeko gaitasun handia dutela. Bestalde, pentsatzekoa da klima-aldaketak ez duela izango oso eragin esanguratsurik mikrobioen erkidegoan, mikrobioak ohituta baitaude lurzoruaren tenperaturan aldaketa handiak (egunaren eta gauaren artekoak) izatera eta, urtaroaren arabera, ur-edukiaren aldaketa handietara [Moscatelli *et al.*, 2001].

Aurrez ikusten den lehorte-egoerarik larrienean, hark lurzoruko organismoen gainean izan dezakeen eraginak arriskuan jar dezake egungo populazioek bizirik irautea. Hain zuzen ere, sakabanatzeko eta migratzeko gaitasunaren arabera izango da populazio horiek bizirik jarraitzea eta populazio berriak sortzea egungoek uzten dituzten eremuetan.

EAEen, ebaluatze eta iragartze aldera zer-nolako eragin ekologikoa izan dezakeen lurzoruko erkidegoetan klima-aldaketaren ondorioz lurzoruaren propietate fisiko kimikoak aldatzeak, azterketek zenbait organismo talde eredugarritan jarri dute arreta. Jarraian, emaitza batzuk azalduko ditugu.

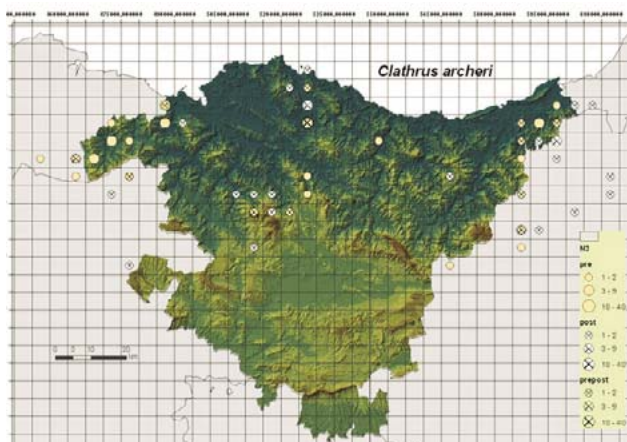
- **Akaro oribatidoak** lurzoruko mikrofaunaren barneko funtsezko ornogabeak dira, eta bereziki nabaritzen dituzte lurzoruko ur-edukian gertatzen diren aldaketak. Hori dela eta, lurzoruko ur-edukian jazotzen diren aldaketen adierazle egokiak dira, erkidegoen egitura nabarmenki aldatzen baita. Aurrez ikusten den lehorte-egoerarik larrienean (alegia, lurzoruko ur-masaren edukia egoera normaletakoa baino %80 txikiagoa ere izateko adina luzatzen diren lehorte-egoeretan —laborategiko lurzoru-unitateetan 30 eguneko lehorte behar da horretarako—), espezie batzuk bakarrik geldituko lirateke bizirik. Proiektuaren esparruan, zenbait espezie eta espezie talde identifikatu ditugu, ekosistema motaren eta EAEko klima-zonen arabera [23. irudia]. Izan ere, esanguratsua eta ikuspegi biologikotik adierazgarria dirudi lurzoruko faunak zuhaitz-ekosistemaren aldaketei eta EAEko egungo klima-zonen (mediterraneoaren, submediterraneoaren, subatlantikoaren eta atlantikoaren) aldaketei aurre egiten dien moduak.
- **Onddoak** organismo poikilohidro eta poikilotermoak dira. Hau da, lurzoruaren tenperaturan eta lurzoruan eskuragarri dagoen ur kantitatean gertatzen den aldaketa orok berehalako eragina du haien fisiologiaren alderdi guztietan eta, bereziki, fruitu-ematean. Proiektu honetan, bi aldetatik aztertu ditugu espezie fungikoak: batetik, duna-sistemetak mikrofloraren jarraipena egin dugu, eta, bestetik, *Clathrus archeri* espezie aloktonoaren portaerarena. Espezie hori nabarmenki hedatu da azken hamarkadan, eta oparo ugaldtu da udan lehorte gutxi dagoen eskualdeetan eta batere ez dagoenetan [24. irudia].

KLIMA-ZONA	EKOSISTEMA, LEKUA		
AH: klima atlantikoa (hiperhezea)	Pagoa ( <i>F. sylvatica</i> ), Artikutza Pagoa ( <i>F. sylvatica</i> ), Añarbe Haritza ( <i>Q. robur</i> ), Añarbe		
AF: klima atlantikoa (subhezea)	Duna/pinudia, Gorliz Artea ( <i>Q. ilex</i> ), Gorliz Haritza ( <i>Q. robur</i> ), Urduliz Artea ( <i>Q. ilex</i> ), Dima		
SA: Klima subatlantikoa	Haritza ( <i>Q. robur</i> ), Beluntza Quejigo ( <i>Q. faginea</i> ), Barrerilla Artea ( <i>Q. ilex</i> ), Tertanga Artea ( <i>Q. ilex</i> ), Altube Pagoa ( <i>F. sylvatica</i> ), Altube		
SM: klima submediterranea (subhezea)	Pagoa ( <i>F. sylvatica</i> ), Arriano Pagoa ( <i>F. sylvatica</i> ), Osluna Aleppo pinua ( <i>Q. rotundif.</i> ), Morillas Haritza ( <i>Q. robur</i> ), Urizaharra Erkametza ( <i>Q. fag.</i> ), Urizaharra		
ME: klima mediterranea (lehorra)	Aleppo pinua ( <i>Q. rotundif.</i> ), Osluna Artea ( <i>Q. ilex</i> ), Gatzaga Buradon		

23. irudia. Estazio edo puntu pilotuak finkatu dira, laginketa egiteko. 19 ekosistema dira, eta horietako 15i buruzko datu historikoak daude, 1980an (duela 29 urte), 1984an (duela 25 urte) eta 1989an (duela 20 urte) bildutakoak. Sei landaretza motatakoak dira, EAEn bost klima-zona bereizten dituen gradiente onbrotermikoari jarraituz.

Lurraldeko duna-sistemetan 19 urtez (1991 eta 2009 artean) osatutako seriearen datuei esker, makromizotoen 429 espezieko inbentarioa sortu da. Mikozenosiaren analisiak dienez, 2000tik aurrera aldaketa izan da erkidego fungikoaren konposizioan. Urte horren aurretik eta ondoren, hiru ereduri jarraitu die espezieen portaearak: batetik, espezie batzuen maiztasuna (*Hygrocybe conicoides*, *Inocybe rufuloides* espezieena) antzekoa izan da 2000 urtearen aurretik eta ondoren; bestetik, beste batzuen (*Conocybe dunensis*, *Geopora arenicola* espezieena) izugarri jaitsi da bigarren hamarkadan; azkenik, beste espezie talde bat (*Agrocybe pediades*, *Psathyrella candolleana*) nabarmenki ugartu da azken urteotan.

Behatutakoarekin bat, fruitu emateko garaiaren amaiera argi eta garbi (60 egun ere) atzeratu da espezie nagusien artean azken hamarkadan. Halaber, harremana sumatu da urteko batez besteko tenperaturaren eta fruitu emateko garaia luzatzearen artean. Emaitzak kontuan hartuz, duntako espezie hauek proposatuko ditugu, lurzoruan tenperatura eta lurzoruan eskuragarri dagoen ur kantitatean gertatzen diren aldaketen adierazle garbiak baitira: *Agaricus devoniensis*, *Arrhenia spathulata*, *Conocybe dunensis*, *Geopora arenicola*, *Hygrocybe conicoides*, *Inocybe rufuloides* eta *Psilocybe halophila*.



24. irudia. *Clathrus Archeri* espeziearen banaketa EAEn. Australiako eta Tasmaniako gasteroidea da, eta nabarmen hedatu da azken hamarkadan. EAEn, muinotar edo mesoepela da hura hazteko estairik egokiena, udan lehortea ez badago betiere.

Temperaturak gora eta ur eskuragarriaren kantitateak behera egingo dutenez gero iragarpenekin bat, pentsatzekoa da etorkizunean atzera egingo duela.

- **Zizareak** funtsezko ornogabeak dira munduko ia lurzoru guztian, bai biomasaren aldetik, bai jardunaren aldetik. Lurzoruen egituraren eta propietate fisiko kimikoen erantzule dira neurri handi batean, eta zenbait prozesutan parte hartzen dute, hala nola materia organikoaren deskonposizioan eta mantengaiaren eta kutsatzailen ziklo biogeokimikoetan. K-EGOKITZEN proiektuaren esparruan, *Eisenia fetida* zizarea aztertu dugu, azterketetarako erabiltzen den eredu unibertsala baita, eta zera zehaztu dugu: pH-ak eta lurzoruko materia organiko edukiak eragina dute haren hazkundean, heriotza-tasan eta sistema immunologikoan [Rodríguez, 2010]. Hain zuzen ere, klima-aldaketaren ondoriozko egoeretan, litekeena da bi propietate horiek nabarmenki aldatzea. Horrek ondorio ekologikoak izango lituzke lurzoruan, zizareek funtsezko eginkizuna betetzen baitute bertan; halaber, pH-a eta materia-edukia aldatzeak ondorioak izango lituzke kutsatutako lurzoruko ingurumenaren kudeaketan eta araudiaren (substantzia kimikoei buruzko REACH arauaren, Lurzoruen Europako Estrategiaren, lurzoruari buruzko legeen...) aplikazioan.
- **Klima-aldaketak** biotaren fenologiaren eta fisiologiaren, espezieen banaketaren eta erkidego biologikoen aldaketetan dituen ondorio ekologikoak ere aztertzen ari gara proiektuaren esparruan. Ildo horretan, *Arion ater* bare arruntaren gonadaren garapenaren azterketan jarri dugu arreta. Barea funtsezko espeziea da lehorreko ekosistemetan eta ez dago babestuta, eta informazio eta esperientzia handia dugu haren inguruan. Urtarokotasun-eredu ezberdineko bi udalerrri eredugarritako (batetik, haraneko, Delikako, eta, bestetik, mendiko, Iratiko) populazio basatien datuen serie historiko partzialak (1983 eta 2007 artekoak) eta datuen denborazko serieak (2008 eta 2010 artekoak) aztertu ditugu, eta bizi-zikloa (ugalketa-zikloa) garaiz aldatu den atariko zantzuak bildu ditugu. Halaber, ondorioztatu dugu ugalketa-zikloa eta –ereduak baldin-tzatzen dituela sasoiak. Esaterako, mendiko zizare-populazioen barnean bizi-zikloaren hiru fasetako eta adin ezberdineko banakoak bizi dira: gazteak, arrak eta emeak —sasoiak



laburra da mendian, lauzpabost hilabetekoa—; haraneko populazioen barnean, berriz, bata bestearen atzetik hasten dira faseak, eta gazteak daude udaberrian, arrak udan eta emeak udazkenean —sasoia luzea da haranean, bederatzi eta hamar hilabete artekoa—. Horren ondorioz, baliteke ingurunearen era-soetara (klimarenetara zein gizakiarenetara, alegia, kutsadura kimikora) egokitzeko gaitasuna ezberdina izatea sasoiaren arabera; izan ere, erasoei aurre egiteko gaitasuna eta erresistentzia oso ezberdinak dira bizitzako fase bakoitzean [Zaldibar *et al.*, 2009] [25. irudia].

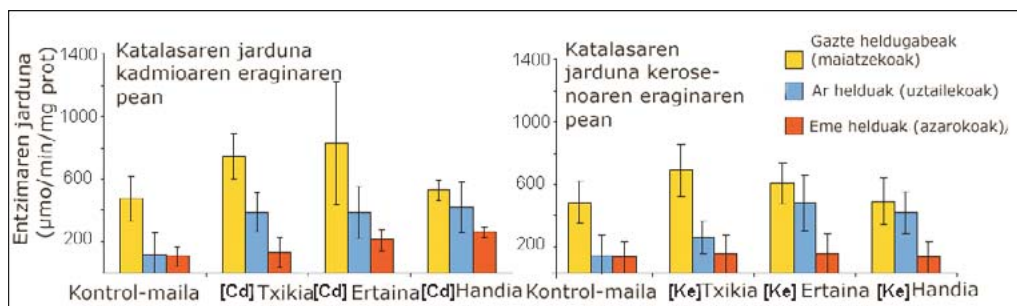
Aurreikuspenekin bat lurzoruko faunaren fenologian izango diren aldaketak kontuan izanik —barea hartu dugu eredutzat, funtsezko espeziea baita kate trofikoan—, egokitze-neurri hauek proposatuko ditugu:

1. Lurzoruko faunaren ugalketa-zikloaren eta hazkundearen sasoiaren garaiaren eta iraupenaren aldaketaren jarraipena egiteko programa bat prestatzea, klima-aldaketaren ondoriozko aldaketen maila eta hedadura zenbaterainokoa den jakiteko eta ingurunearen eta ingurunekeo baliabideen kudeaketa (hala nola debekualdiak) behar bezala egokitzeko. Horretarako, hain zuzen ere, komeni da ingurunekeo espeziemenen banku bat sortzea, gonadaren biopsiak biltzen dituen, oso tresna baliagarria baita hori bai atzera begirako azterketak egiteko etorkizunean eta aurrera begirako azterketak egiteko gaur, bai interes berezia duten guneen (parkeen eta abarren) ezaugarriak eta babesa finkatzeko.
2. Indarrean dagoen legediak lurzoria babesteko eta erabiltzeko ezartzen dituen irizpideak berrikustea eta egokitzea, biotak ingurunekeo erasoei (klimarenei zein gizakiarenei, alegia, kutsadura kimikoari) aurre egiteko ahalmenean aurrez ikusten diren aldaketei dagokienez batik bat.

• **Kutsadura, klima-aldaketaren eta kutsaduraren arteko elkarrekintza:** Ohikoa da abeltzaintzako hondakin organikoak lurzoria ongarrizteko erabiltzea. Alabaina, lurzoriaren tenperaturak gora egiten badu, litekeena da mikroorganismo nitrifikatzaileak aktibatzea eta, horren ondorioz, nitrogeno amoniakala nitriko bihurtzeko prozesua bizkortzea. Era berean, bi ondorio izan ditzake horrek: batetik, errazagoa izatea nitratoa lurpeko uretan lixibiatzea eta, bestetik,  $N_2O$  (berotegi-efektua duen gas bat) gehiago isurtzea —bakterio desnitrifikatzaileek ere sorrazten dute gas hori, sinergia bidez—. Bi mikroorganismo mota horiek berotegi-efektua handia duen gas hori isurtzeari egiten dioten ekarpenaren balantzea organismo nitrifikatzaileen aldekoa izango da udan, udaberrian eta udazkenean (klima-aldaketaren ondorioz aurrez ikusten den lurzoruko ur-eduki txikiagoa dela-eta), eta desnitrifikatzaileen aldekoa neguan (klima-aldaketaren ondorioz aurrez ikusten diren prezipitazio handiagoak direla-eta). Horren guztiaren ondorioz, litekeena da uraren kutsadura areagotzea eta berotze globala bera elikatzea.

Klima-aldaketaren eta kutsaduraren arteko elkarrekintza ere aztertu dugu proiektuaren esparruan. Lurzoruko ekosistemei dagokienez, bareak eta zizareak hartu ditugu eredu esperimentaltzat, eta ondorioztatu dugu ondorio biologikoak (heriotza, hazkundera, fisiologia eta kutsaduraren peko esposizioaren eta kutsaduraren eraginaren biomarkatzaileak) eta konposatu kimiko kutsatzaileak bioakumulatzeko ahalmena ezberdinak direla bareen artean, bizi-zikloko fasearen (ugalketa-fasearen) eta jatorriaren (osasun-egoeraren, sasoiaren eta abarren) arabera. Hau da, kutsatzaile jakin baten kontzentrazioa berdina dela ere —hain zuzen ere,

kutsatzaileen kontzentrazio-maila da egungo legediak lurzorua babesteko edota erabiltzeko finkatzen duen oinarritzko parametroa—, ehunek kutsatzaile horren maila ezberdinak metatzen dituzte —ekologiaren eta osasunaren aldetik da hori esanguratsua—, eta kutsatzaileak ahalmen toxiko ezberdina du, klima-aldaketa- ren ondorioz fenologian eta fisiologian gertatzen diren aldaketen arabera. Bestalde, lurzorua azidotzeak eta lurzoruko materia organikoa gutxitzeak zizareek metal gutxiago metatzea dakarte, baina, paradoxikoa bada ere, metatzen dituzten metalak toxikoagoak dira.



25. irudia. Katalasa entzimaren jardunaren hazkundera estres oxidatiboaren biomarkatzaile unibertsala da. Laborategian kadmioaren eta kerosenoaren eraginaren pean jarritako bareen artean —horiak gazteak dira; urdinak, arrak; eta gorriak, emeak—, kontroletako maila basalak eta erantzun-maila ezberdinak dira, bizi-fasearen arabera —bareak udaberrian dira gazteak, udan arrak, eta udazkenean emeak—. Horrek esan nahi du biomarkatzaile horren eta beste zenbaiten balio gidariak berrikusi behar ditugula, tenperaturaren erregimenaren aldaketek fenologian sorrarazten dituzten anomalietara egokitzeko.

- **Uholdeak:** Aipatutako hazkundera jazotzen bada prezipitazioaren erregimenean, uholdeak izateko arriskua nabarmenki handituko da. Fenomeno natural saihestezinak dira uholdeak, baina, hala eta guztiz ere, zenbait giza jarduera (hala nola lautada alubialetan giza kokaleku eta ondasun ekonomiko gehiago finkatzea eta lurzorua ura atxikitzeko berezko ahalmen txikiagoa izatea) eta klima-aldaketa bera arriskua handiagotzen ari dira, baita uholdeen kaltegarritasuna ere.

- **Gazitzea:** Klima, ureztatzeko uraren konposizio kimikoa eta lurzoruaren baldintzak eta drainatze-ahalmena dira gazitzearen eragileak. Gaur egun, ura eta ureztatzeko urak bustitako lurzorua gazitzea ez da arazo larria EAEn, baina, iragarpenekin bat, prezipitazioak behera egingo du, eta gora tenperaturak, eta horrek kalte egin diezaiotke lurzoruaren gazitasunari, nahiz eta baliabide hidrikoak modu jasangaitzean ustiatzearen emaitza izan gazitzea. Eskualde idorrek eta erdi idorrek lehorte luzeetara egokitu daitezke, baina ingurune naturalak zailtasun gehiago ditu egokitzeko giza jardunaren eta ustiapenaren pean egon bada, ongariak eta pestizidak metatzen direla-eta besteak beste. Azken batean, lantzeko egokiak ez diren substratuetan ureztatutako labore gehiegi landatzea da arazoa, baita ureztatzeko teknikak oker erabiltzea ere, hala nola

gatz gehiegidun ura erabiltzea ureztatzeko. Hain zuzen ere, lurrazaleko ur gazitik edo gehiegi ustiatzen diren edota itsasoko urak hartu dituen akuiferoetatik sor daiteke gatz gehiegidun ur hori.

Hori guztia kontuan izanik eta lurzoruaren garrantzia eta lurzoruaren degradazioa geldiarazi beharra aintzat hartuz, hauek izan beharko lukete lurzorua babesteko eta klima-aldaketara egokitzeko neurrien helburuek:

1. Lurzoruaren garrantziaren kontzientzia harraraztea herritarrei eta lurzoruaren erabilera jasangarria sustatzea, lurzoruaren eragin handia izan dezaketen politika sektorialen barnean (bereziki, nekazaritza-, garraio- eta ikerketa-politiken eta eskualdeen garapenerako politiken) sartuz lurzoruaren babesa.
2. Identifikatzea zer eskualdetan dagoen egun eta zer eskualdetan egon daitekeen etorkizunean higadura-, trinkotze-, gazitze- eta luizi-arriskua eta materia organikoa galtzeko arriskua eta identifikatzea zer eskualdetan gertatu diren degradazio-prozesuak. Jarraian, helburuak finkatu eta dagozkion neurriak hartzeko programak prestatu behar dira, aipatutako arriskuak txikitzeko eta haien ondorioen aurka borrokatzeko.
3. Lurzoruaren zigilatzea mugatzeko neurriak (batez ere, abandonatutako lurrak lehengoratzeko edo, zigilatzea beharrezkoa bada, zigilatzearen ondorioak arintzeko neurriak) aztertzea.
4. Helburutzat lurzorua kontserbatzea eta karbono organiko edukia handitzea duen nekazaritza lantzea eta lurzoruaren emankortasuna hobetzea, klima-aldaketaren ondorio kaltegarriak indargabetzeko aukera asko ematen baititu horrek. Hain zuzen ere, nekazaritzako politika bateratuaren erreformak (2000 Agendak) ematen du printzipio horiek aplikatzeko aukera. Bestalde, hirigintza-planek eta erabileren sailkapen berri orok kontuan hartu beharko lukete lurzoruaren kalitatea.
5. Lurzoruaren degradazio-egoera kudeaketaren eta paisaiaren aldetik ebaluatzeko eta denboran ebaluatzeko (jarraipena egiteko) tresna bat sortzea.
6. Uholdeen kudeaketari aurre egite aldera, informazioa biltzeko tresna eraginkor bat eta oinarri egoki bat prestatzea, lehenetasunak finkatzeko eta erabaki tekniko, ekonomiko eta politiko osagarriak hartzeko; hau da, uholdeek eragin ditzaketen kalteen mapak eta uholdeak izateko arriskuaren egitea, uholdeak dauden egoera bakoitzean izan daitezkeen kalteak ikusteko eta, tartean, uholdeen bitartez ingurumena kutsa dezaketen iturriei buruzko informazioa biltzeko. Alde horretatik, ebaluatu behar da zer jarduerak handiagotzen duten uholdeak izateko arriskua eta, orobat, ibai-arroak beren osotasunean kudeatzeko planak prestatu behar dira, jardunbide egokiak eta eskura dagoen teknologiarik onena kontuan hartuz, jazotzen diren uholdeak behar bezala kudeatzeko.
7. Laborantza-lurrak ureztatzeko sistematarako ura ez gazitzeko neurriak hartzea, baliabide hidrikoen kudeaketa hobetuz. Akuiferoak neurritz kanpo ez ustiatzea zaindu behar da, eta, horretarako, lurpeko uraren eta ureztatzearen kudeaketa teknikoak egokia izan behar du. Halaber, lurzoruaren mapak egitea bultzatu behar da, identifikatzeko zer eskualdetan egongo den lurzorua gazitzeko arriskurik handiena

klima-aldaketaren ondorioz, eta, horretarako, lehendik dagoen dokumentu- eta datu-basea baliatu eta elikatu behar da, gazitze-prozesuan sakontzeko, oraindik gutxi baitakigu hari buruz. Alde horretatik, prebentzio-, kudeaketa- eta jarraipen-programa baten abiapuntua izan daiteke base hori.

8. Arreta berezia jartzea lurzoruko biodibertsitatean, horixe behar duten faktoreen artean sartzen baitu Dibertsitate Biologikoari buruzko Hitzarmenak. Funtsezkoa da espezie adierazgarriak identifikatzea eta identifikatzea zer aldaketa jazotzen diren klima-aldaketak lurzoruan duen eragina nabari dezaketen organismoen fenologian; izan ere, hori eginez gero, lurzoruko organismoen ugalketa-zikloaren eta hazkundearen sasoa garaiz aldatu eta luzatu egin den ikusteko jarraipen-programak sor ditzakegu, eta, haien bidez, era berean, klima-aldaketaren ondorioen zenbaterainokoa eta hedadura diagnostikatu dezakegu eta ingurune naturalaren eta baliabide naturalen kudeaketa behar bezala egokitu dezakegu. Alde horretatik, proiektuaren arabera, komeni da inguruneko espezimenen banku bat sortzea, hauek biltzen dituen: espezie zelatarien gonadaren biopsiak; lagin kriogenizatuak, analisi molekularra egiteko; eta lagin liofilizatuak, analisi kimikoak egiteko. Halaber, komenigarria litzateke datu-base orokor bat (batetik, funtsezko espezieen biomarkatzaileak, baldintza-parametroak eta kutsatzaile-mailak eta, bestetik, inguruneko aldagaien erregistroak biltzen dituen) finkatzea. Izan ere, oso tresna baliagarriak dira horiek atzera begirako eta aurrera begirako azterketak egiteko eta, haien bidez, ekosistemen osasun-egoera ebaluatzeko eta babesteko (oinarrizko balioak eta balio kritikoak berrikusteko, laginketa- eta analisi-estrategiak berrikusteko eta abarretarako).
9. Indarrean dagoen legediak lurzorua babesteko eta erabiltzeko ezartzen dituen irizpideak berrikustea eta egokitzea, biotak inguruneko erasoei (klimarenei zein gizakiarenei, alegia, kutsadura kimikoari) aurre egiteko ahalmenean aurrez ikusten diren aldaketei dagokienez batik bat.

---

## ERREFERENTZIAK

*Agenda 2000.* [http://ec.europa.eu/agenda2000/public\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/agenda2000/public_es.pdf).

Batjes, N.H.: *Total carbon and nitrogen in the soils of the world*, in Eur. J. Soil Sci., 47 (1996), 151-163.

Campos, J.A.; Herrera, M.; Darquistade, A.: *Distribución y ecología de plantas exóticas naturalizadas en hábitats estuáricos. La marisma de Urdaibai: biodiversidad en peligro*, in Investigación aplicada a la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. V Jornadas de Urdaibai sobre Desarrollo Sostenible, Eusko Jaurlaritza, Gasteiz, 2000, 165-170.

*Dibertsitate Biologikoari buruzko Hitzarmena.*

*93/626/EE Erabakia, Kontseiluarena, 1993ko urriaren 25ekoa, Dibertsitate Biologikoari buruzko Hitzarmena sinatzeari buruzkoa.*

Gartzia-Bengoetxea, N.,;González-Arias, A.; Merino, A.; Martínez de Arano, I.: *Soil organic matter in soil physical fractions in adjacent semi-natural and cultivated stands in temperate Atlantic forests*, in Soil Biology and Biochemistry, 41 (8) (2009), 1674-1683.

Herrera, M.; Campos, J.A.: *Flora alóctona de Bizkaia*, Bizkaiko Foru Aldundiko Bizkaiko Lurralde Azterketen Institutua, Bilbo, 2006(b) (txosten argitarag.).

Klima Aldaketari buruzko Gobernuarteko Aditu Taldea: *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (argitalpenaren zuz.: Pachauri, R.K.; Reisinger, A.), Ginebra (Suitza), 2007.

Kirschbaum, M.U.F.: *The Temperature dependence of soil organic matter decomposition and the effect of global warming on soil organic C storage*, in Soil Biol. Biochem., 27 (1995), 753-760.

Kirschbaum, M.U.F.: *Will changes in soil organic carbon act as a positive or negative feedback on global warming?*, in Biogeochemistry, 48 (2000), 21-51.

Mijangos, I.; Albizu, I.; Garbisu, C.: *Beneficial Effects of Organic Fertilization and No-Tillage on Fine-Textured Soil Properties Under Two Different Forage Crop Rotations*, in Soil Science, 175 (4) (2010), 173-185.

Moscatelli, M.C.; Fonck, M.; De Angelis, P.; Larbi, H.; Macuz, A.; Rambelli, A.; Grego, S.: *Mediterranean natural forest living at elevated carbon dioxide: soil biological properties and plant biomass growth*, in Soil Use and Management 14 (2001), 195-202.

Zaldibar, B.; Castilla, A.M.; Ángulo, E.; Soto, M.; Marigómez, I.: *Variations though their life-cycle in the responsiveness of cell and tissue-level biomarkers in the digestive gland of slugs subjected to chronic metal pollution*. ESCPBk 2009ko irailaren 6tik 10era bitartean Innsbruck-en antolatutako biltzarrerako (ESCPBren XXVI. biltzarrerako) txostena.

## NEKAZARITZAKO, ABELTZAINZAKO ETA BASOGINTZAKO BALIABIDEAK

### Nekazaritzako baliabideak

Prezipitazioak behera egiten badu edota ebapotranspirazioak gora egiten badu eta, CO<sub>2</sub> kantitateak eta tenperaturak gora egitearen ondorioz, ekosistemak aktiboagoak badira eta ur gehiago behar badute, gero eta ur gutxiago izango da, eta uniformeak ez diren elkarren kontrako ondorioak izango ditu horrek nekazaritza-sektorean. Alegia, nekazaritza-sistema bakoitzaren araberakoa izango da ondorioak kaltegarriak ala mesedegarriak diren. Hori dela eta, proiektuak egin ditugu K-Egokitzen I proiektuaren esparruan, jakiteko zer-nolako eragina izango duten airearen tenperatura igotzeak, CO<sub>2</sub> kontzentrazioa handitzeak eta urtaroko prezipitazioaren aldaketek EAEko labore nagusietako batzuen (hala nola gariaren eta mahatsondoaren) errendimenduan. **Horretarako, hots, klima-aldaketak nekazaritzan izango dituen ondorioak aztertzeke, simulazio-kate bat egin dugu informazio geografikoa biltzeko sistema bat erabiliz; hain zuzen, gela bakoitzeko laboreari, klimari eta lurzoruari buruzko informazioa sartu dugu sisteman, klima-aldaketak izango duen eragina edo hartara egokitzeko neurriak simulatzeko.**

Eredu horien bidez, klima-aldaketaren eragin-mailak eta eskualde bakoitzak nabari duen eragin-maila identifikatu ditugu. Halaber, ereduei esker, klima-aldaketara epe motzean egokitzeko estrategiak (ereinaldia edo aldaerak aldatzea) aztertzeke lehen urratsak egin ditugu, baita epe luzean egokitzeko estrategiak (nekazaritza-sistemak klimaren baldintza berrietara egokitzea) aztertzeke ere.

Mendiko larreetako abeltzaintzari dagokionez, mendiko larreen ekoizpen-dinamikaren eredua egin dugu, erabilgarri dagoen uretan eta ganadu-kargan oinarrituz, klima-aldaketak lur gaineko ekoizpen primarioan zer-nolako eragina izango duen jakiteko eta klima-aldaketara egokitzeko neurriak hartzeko.

Jarraian, nekazaritza-sektorean lortutako atariko emaitzak laburtuko ditugu:

#### EGUNGO KLIMA

- Desoreka sortzen ari da mahatsondoaren gradu probableen (azukre-edukiaren) eta uzta biltzerakoan duen heldutasun fenolikoaren artean. Hlau da, bilketa aurreratzen ari da, mahatsondoa lehenago heltzen ari delako azukre-edukiaren aldetik izan behar duen mailara (13,5 °-ra). Hori dela eta, heldutasun fenolikoa ez da nahikoa, muztioaren kalitatea arriskuan baitago gradu gehiegi izatearen ondorioz.

#### ETORKIZUNEN KLIMA

- Funtzio-taldeen erantzunak ezberdinak izango dira. Esate baterako, lehordeen eragina handiagoa izango da C3 landareen artean (adibidez, garian) C4 landareen artean (adibidez, artoan) baino. Hala ere, C4 landareek ere aurre egingo diote CO<sub>2</sub> kantitatearen hazkundeari, uraren erabileraren eraginkortasunaren aldetik batik bat.
- Klima-aldaketak neguko garian eta mahatsondoan izango duen eragina simulatzeko kateak proiektatutako ondorioak ez dira oso argiak.

- Lehorreko nekazaritza-sistemen eman-kortasunak behera egin du, eta urreztatzeke sistemen eskariak, gora.
- Izotzaldi berantiarren ondorioz, loraldia aurreratzen ari da, eta, horren ondorioz, fruta-arbolak ahulago daude.
- Nekazaritzako eta abeltzaintzako zenbait izurri eragin handiagoa izaten ari dira.

Are gehiago, ez dago garbi klima-aldaketak eraginik izango duen ala ez mahatsondoan eta, izatekotan, zer-nolakoa izango duen. Halere, EAEko urtarokak hobekien simulatzen dituzten eskualdeko klima-ereduak erabiliz egindako proiektzioek adierazten dutenez, klima-aldaketak eragin positiboak izango ditu.

- Klima-baldintzek proiektzioei jarraitzen badiete, isurialde mediterraneoan banatuta egoteko joera duten izurri-espezieek laboreak har ditzakete, eta belaunaldien kopurua handitu daiteke.
- Mahatsondoari dagokionez, tenperaturak gora egitearen ondorioz, azido tartarikoak areago degradatuko da eta guztizko azidotasunak behera egingo du. Horrek kalte egingo dio amaierako ardoaren kalitateari. Hau da, alkohol-gradu gehiago, pH altua eta guztizko azidotasun txikiagoa izango ditu ardoak.
- Lehorreko ekosistemek karbonoa husteko betetzen duten eginkizuna arrisku handian egon daiteke datozen hamarkadetan. Hori dela eta, basotze-eta basoberritze-politikek kontuan izan behar dute zer baldintza proiektatzen ari garen etorkizun hurbilerako.
- Mendiko larreen karga-ahalmenak behera egingo duela diote aurreikuspenek, eta belar gutxiago emango dutela baina ardi-aziendak hobeto ustiatzeko modukoa izango dela belarra. Baldintza horietan, behi-azienda izango da kaltetuena.

## Basogintzako baliabideak

Basogintza-sektoreari dagokionez, klima-aldaketak EAEko basoko espezieen banaketan izan dezakeen eragina aztertze aldera, sor daitekeen txokoan etorkizunean (2020an, 2050ean eta 2080an) izan daitekeen banaketaren simulazioak egin ditugu. Horretarako, txoko ekologikoen bi eredu erabili ditugu: GARP eta MAXENT —batak eta besteak algoritmo ezberdinak darabiltzate iragarpenak egiteko—. Haien bitartez, eredutarako erabili ditugun basoko espezieen populazio bideragarriak etorkizuneko zenbait alditan klima-aldaketaren ondoriozko egoeretan mantentzeko beharrezko baldintzak betetzen dituen ingurunearen mapak egin ditugu. Zehatz-mehatz, espezie hauen ereduak egin ditugu: *Q. robur*, *F. sylvatica*, *Q. petraea*, *Q. suber* eta *Q. pyrenaica* espezieenak.

Erabilitako ereduaren lagungarri, dendrokronologiaren bidez lortutako emaitzak baliatu ditugu. Hain zuzen ere, klima-aldaketak zuhaitzen hazkundean duen eragina aztertu dugu dendrokronologiaren bidez, haziera-eraztunen zabalerearen urtetik urterako hazkundearen eta klima-aldagaien arteko egokitasunari begiratu.

## EGUNGO KLIMA

- Basoko izurriak eta gaixotasunak gora egiten ari dira. Espezie zulakari edo hosto-galarazle batzuek bi ziklo biologiko ere osa ditzakete urtebetean, edo eremu handiagoa kolonizatu, neguak epelagoak izatearen ondorioz.
- Asaldu naturalek (ekaitzek, haizeteek, ziklogenesi leherkorrek...) kaltetutako egurraren bolumena nabarmen handiagoa da urtetik urtera.
- Azterketa dendrokronologikoen bidez, klima-baldintzek zuhaitzen (*Q. robur*, *Q. pyrenaica* espezieen) hazkundera duten eraginari behatzen ari gara. Hazkunde erradialaren eta aukeratutako klima-aldagaien (hileko batez besteko hezetasun erabilgarriaren eta hileko batez besteko tenperaturaren) arteko egokitasunak dioenez, klima-faktoreen eragina ezberdina da kokalekuaren eta espeziearen arabera. Adibidez, bi espezieek antzera nabari dute klima-faktoreen eragina Bertzen, baina ez, ordea, Izkin

## ETORKIZUNeko KLIMA

- Erabilitako txoko ekologikoen ereduak iragartzen dutenez, EAeko basoko zenbait espezieren banaketa ezberdina izango da.
- Berotze globalaren ondorioz, baliteke lurzoruko karbono-erreserbak galtzea epe luzean. Izan ere, lurzoruko materia organikoaren deskonposiziotasa handiagoa izango litzateke. Hala ere, pentsatzekoa da prezipitazioak behera egingo duela. Bada, kontrako ondorioa izan lezake horrek.
- Litekeena da basoen garai produktiboa aldatzea eta horrek errentagarritasun ekonomikoan eragina izatea.
- Muturreko fenomenoek (ekaitzen, haizeteen, ziklogenesi leherkorren...) maiztasuna handitzearen ondorioz, asaldu naturalek kaltetutako egurraren bolumena nabarmen handiagoa izango da urtetik urtera.
- Intsektu-izurrien (etsai naturalen) eta ostalarien arteko orekak klima-aldaketaren eragina nabaritu du.

## AUTOREAK

**Koordinatzaileak:** Miriam Pinto eta Óscar del Hierro (Neiker-Tecnalia).

**Flora eta landaretza:** EHUko Landareen Biologia eta Ekologia Saileko Javier Loidi, Gonzalo García-Baquero, Nere Amaia Laskurain, Jesús Julio Camarero, Arben Alla, Arantza Aldezabal, Estefanía Pérez, Ana Etxeberria, Juan Antonio Campos, Mercedes Herrera, Lidia Caño, Idoia Biurrun, Itziar García-Mijangos, Isabel Salcedo, Rafael Picón, Ibai Olariaga, Nerea Abrego eta Estibaliz Sarrionandia.

**Nekazaritzako ekosistemak: N2:** EHUko Landareen Biologia eta Ekologia Saileko José María Estavillo, Miren Duñabestia, Sergio Menéndez, Teresa Fuertes de Mendizabal, Igor Setién, Iskander Barrena, Unai Ortega, Joseba Sánchez Zabala, María Eréndira Calleja-Cervante, Carmen González Murua eta María Begoña González Moro; Neiker-Tecnaliako Miriam Pinto, Pilar Merino eta Ana Aizpurua; eta BC3ko Agustín del Prado.

**Landare-paisaia.** EHUko Landareen Biologia eta Ekologia Saileko Miren Onaindia, Gloria Rodríguez-Loinaz, Ibone Amezaga eta Lorena Peña.

**Nekazaritzako ekosistemak: CO2:** EHUko Landareen Biologia eta Ekologia Saileko Alberto Muñoz-Rueda, Maite Lacuesta, Amaia Mena-Petite, Usue Pérez-López eta Anabel Robredo.

**Antolamendua, lurralde-ereduak:** Neiker-Tecnaliako Óscar del Hierro, Miriam Pinto, Nahia Gartzia, Ana Aizpurua, Carla Salinas, Amaia Ortiz, Sonia Castañón, Gorka Landeras, Eugenia Iturritxa, J. Antonio González, Olatz Unamunzaga, Roberto Pérez, Carlos Garbisu, Isabel Albizu, Pilar Merino, Lur Epelde, Sorkunde Mendarte, Susana Virgel, Paloma Moncaleán, Pablo González, Ander González eta Maialen Iturbide.



.....

**Nekazaritza-sektorean**, klima-aldaketaren ondorioz etorkizunean ingurunean izango diren baldintzak direla medio, landareek lurzoruko baldintzen eta klima-baldintzen aldaketari aurre egin beharko diete, hala nola atmosferan CO<sub>2</sub> kontzentrazio handiak izateari, eskura ur gutxiago izateari prezipitazioak behera eta ebapotranspirazioak gora egitearen ondorioz, airearen tenperatura aldatzeari eta lurzorua gazitzeari. Unifformeak ez diren elkarren kontrako ondorioak izan ditzake horrek. Alegia, nekazaritza-sistema bakoitzaren araberakoa izango da ondorioak kaltegarriak ala mesedegarriak diren. Landare-espezieen erantzuna ondorio horiei aurre egiteko eta haietara egokitzeko gaitasunaren araberakoa izango da, eta zenbait aldagairen mendean egongo da: espezie barneko aldagaien (kultibarraren, ekotipoaren eta abarren) mendean, espezie arteko aldagaien mendean eta dagozkien funtzio-taldeen mendean [Pérez-López *et al.*, 2009].

Egindako azterketek diotenez, klima-aldaketak zenbait ondorio izango ditu nekazaritza-sektorean. Alde batetik, pentsatzekoa da laboreen emankortasuna handitu daitekeela, atmosferako CO<sub>2</sub> kontzentrazioa handitzearen eta, horren ondorioz, landareen fotosintesi-tasa handitzearen ondorioz. Beste alde batetik, pentsatzekoa da uraren erabilera eraginkorragoa izango dela; izan ere, CO<sub>2</sub> kontzentrazioa handitzeak transpirazioa murriztea dakar, estomak ixten baitira. Azken ondorio hori erabakigarria izango da CO<sub>2</sub> kontzentrazioa handia dela eta aldi berean lehorte dagoela hazten badira landareak [Robredo *et al.*, 2007]. Hala eta guztiz ere, tenperaturaren igoerak indargabetu dezake, laboreek ebapotranspirazio-behar handiagoa izango dutelako eta, horrenbestez, ur gehiago behar izango dutelako.

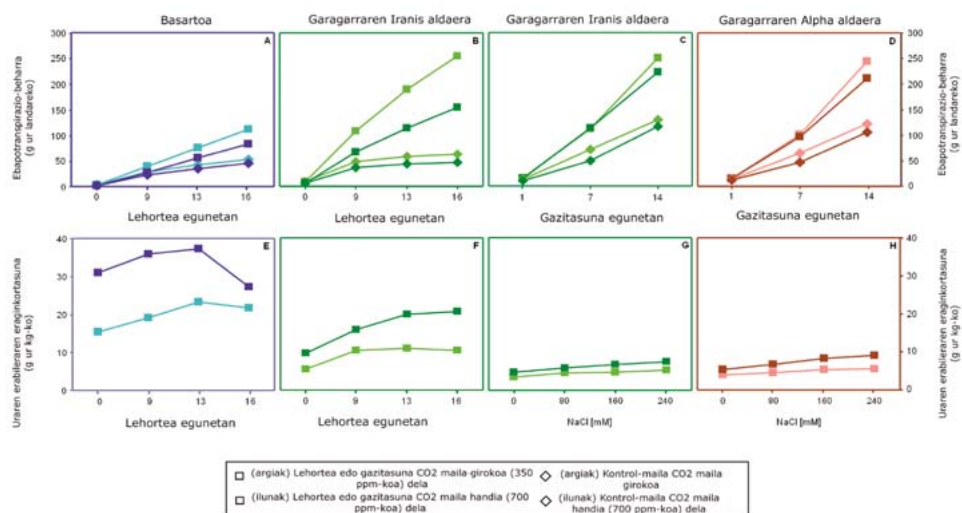
Aipatzekoa da laboreen gaineko eragina ezberdina izango dela, laboreak zer funtzio-taldetakoak diren. Esaterako, lehorteak eragin handiagoa izango du C3 landareen artean, eta CO<sub>2</sub> kontzentrazioaren hazkundera ere handiagoa izango da horien artean C4 landareen artean baino. Alabaina, C4 landareek ere egin beharko diote aurre atmosferako CO<sub>2</sub> kontzentrazioaren hazkunderari, uraren erabileraren eraginkortasunaren aldetik batik bat [26. irudia].

Guztizko prezipitazioaren eta prezipitazioaren urtaroz urtaroko banaketaren aldakuntzak erabakigarriak izango dira lehorreko sistemetan eta ureztatzeko sistemen diseinuan eta erabileran, tenperaturaren igoeraren ondorioz litekeena baita laboreek ebapotranspirazio-behar handiagoa izatea eta, horrenbestez, ur gehiago behar izatea zenbaitetan.

Ebapotranspirazio-tasa handiagoa da klima-aldaketaren ondorioz, baina, behatutakoaren arabera, lurzorua gazitzeak ez du eraginik lurzoruko ur-mailan ez landareen ur-edukian. Orobat, uraren erabilera eraginkorragoa da gazitasuna dagoenean, landareek ur gutxiago galtzen dutelako; aldi berean, baina, biomasa gutxiago ekoizten dute. Bestalde, mantenugaiak eskuratzeko eta banatzeko ahalmena galarazten die gazitzeak landareei, eta ioi toxikoak metarazten ditu, hala nola Na<sup>+</sup>. Egindako azterketekin bat, CO<sub>2</sub> kontzentrazioa handia dela hazten badira landareak, estres hidrikoaren ondorioak arinagoak dira eta geroago azaltzen dira garagarrean eta basartean, eta gazitasunaren ondorioak arinagoak dira eta geroago azaltzen dira garagarrean.

Bestalde, klima-baldintzek proiektioei jarraitzen badiete, isurialde mediterraneoan banatuta egoteko joera duten izurri-espezieek laboreak har ditzakete, eta belaunaldien kopurua handitu daiteke. Oro har, tenpera-

turaren igoerak patogenoen eta laboreen arteko elkarrekintzetan izango luke eragina, patogenoak hazteko erritmoa bizkortuko bailuke. Horren ondorioz, ziklo begetatiboaren bidez ugaltzen diren belaunaldiak ugari-tuko liriteke, eta patogenoen heriotza-tasa txikiagoa izango litzateke.



26. irudia. Lehortearen ondorioak (A, B, E eta F) eta gazitasunarenak (C, D, G eta H) basartoa (A eta E), garagarraren Iranis aldaeran (B, F, C eta G) eta garagarraren Alpha aldaeran (D eta H), CO<sub>2</sub> kontzentrazioa ohikoa dela (argiak) eta handia dela (ilunak), ebapotranspirazio-beharraren arabera (A, B, C eta D) eta uraren erabileraren eraginkortasunaren arabera (E, F, G eta H).

Lurzoruaren emankortasunaz arduratzen diren mikroorganismoei (zehazki, mikroorganismo nitrifikatzaileei) dagokienez, gure azterketek adierazten dute lurzuaren tenperaturaren igoerak aktibatuko dituela, eta amoniako nitrogenoa nitriko bihurtzeko prozesua bizkortuko duela horrek. Era berean, bi ondorio izango ditu horrek: batetik, errazagoa izango da nitratoa lurpeko uretan libxiatzea eta, bestetik, N<sub>2</sub>O (berotegi-efektua duen gas bat) gehiago isuriko da —bakterio desnitrifikatzaileek ere sorrarazten dute gas hori, sinergia bidez—. Bi mikroorganismo mota horiek berotegi-efektua handia duen gas hori isurtzeari egiten dioten ekarpenaren balantzea organismo nitrifikatzaileen aldekoa izango da udan, ( klima-aldaketaren ondorioz aurrez ikusten den lurzoruko ur-eduki txikiagoa dela-eta), eta desnitrifikatzaileen aldekoa neguan, udaberrian eta udazkenean (klima-aldaketaren ondorioz aurrez ikusten diren prezipitazio handiagoak direla-eta). Horren guztiaren ondorioz, litekeena da uraren eta airearen kutsadura areagotzea, nekazaritzako jarduna bera dela medio.

Klima-aldaketak EAEko laborantzian izango dituen ondorioetan sakontze aldera, simulazioak egin ditugu K-Egokitzaren proiektuaren esparruan, laborantza simulatzeko ereduen (DSSAT eta STICS ereduen) bitartez. CO<sub>2</sub> kontzentrazioaren hazkundeak, tenperaturaren eta prezipitazioaren aldaketek, laboreen fenotipoak, laboreen hazkuntzak, lurzoru motak... laboreetan dituzten ondorioak adierazten dituzte eredu horiek eta, ho-

retarako, *What if?* galdera darabilte. Hain zuzen ere, garrantzi ekonomiko handikoak direnez gero, neguko gariaren eta mahatsondoaren simulazioak egin ditugu, klima-aldaketaren eraginaren proiektzioa egiteko eta klima-aldaketara egokitzeko neurriak hartzeko; halaber, simulazio-katean ziurgabetasuna dakarten iturriak ebaluatu ditugu [4. taula].

**4. taula. Simulatutako egoeren eta simulazio-esperimentu bakoitzaren esparruan laboreen hazkuntzari eta lurzoruari buruz erabilitako datuen laburpena.**

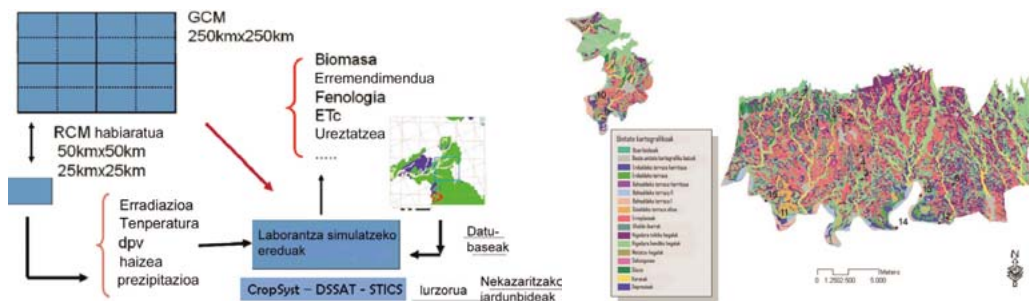
LABOREA	HAZKUNTZA	EGOERA	SIMULAZIO MOTA	ZIURGABETASUN-FAKTOREA (LURZORUA)
Neguko garia	Lehorrekoa	Kontrola, A2	Eragina	PRUDENCE proiektuko lurzorua
	Ureztatua	Kontrola, A2	Eragina	PRUDENCE proiektuko lurzorua
Mahatsondoa	Ureztatze kontrolatua	Kontrola, A2	Eragina	EAEko lurzorua
	Ureztatze kontrolatua	A2	Egokitzea	EAEko lurzorua
	Ur-mugarik gabekoa	A2	Egokitzea	EAEko lurzorua

**Neguko garia:** Marius, Soisson eta Cezanne aldaerenen antzeko ezaugarriak dituen kultibar bat aukeratu dugu adierazgarritzat. Simulazioaren arabera, urriaren 30ean ereindakoa da, ureztatutako eta lehorreko lurretan lehenik, eta ur-mugarik gabe ureztatutako lurretan ondoren. **Mahatsondoa:** tempranillo aldaera hartu dugu mahatsondoaren kultibar adierazgarritzat. Simulazioaren arabera, 4-6 egunean behin 150 mm baino gehiagorekin ureztatuta hazi da kolore-aldaketatik aurrera (uztailean eta abuztu hasieran). **Lurzorua:** PRUDENCE proiektuarena eta EAEkoa aukeratu ditugu, ereduak klima-aldaketa zenbateraino nabari dezaten jakiteko, eta, horregatik, bereizmen handiko mapak erabili ditugu, lurzoruaen profil errealean informazioa (EAEko unitate kartografikoak zehazteko erabili dugun berbera) baliatuz.

PRUDENCE proiektuaren esparruan bereizmena 50 km-koa zela sortutakoak izan dira simulazioetarako erabilitako klimari buruzko datuak. Kontrolerako erabilitako egoeraren simulazioa 1961 eta 1990 arteko aldikoa da, eta klima-aldaketaren ondoriozko egoerena, Klima Aldaketari buruzko Gobernuarteko Aditu Taldearen (SRES txostenaren) A2 eta B2 egoeren (hurrenez hurren, CO<sub>2</sub> isuriak 850 eta 600 mm-koak diren egoeren) arabera. Eskualdeko bederatzik klima-ereduak erabili ditugu<sup>6</sup>, Hadley Centre-ren *atmospheric general circulation models* direlako eruedetan (HadAM3H simulazioan) habiaratuta. Eredu multzo horri esker, *multi-model ensemble of climate* delakoa eratu dugu, proiektzioen ziurgabetasuna ebaluatzeko.

Ereduei dagokienez, ikusi dugu laboreak, klimak eta lurzorua osatzen duten sistemak eragin handia duela haiengan eta, horregatik, simulazio-ereduen irteerako bereizmena handitu dugu, lurzoruaen kartografia erabiliz. Horretarako, lehendik zegoen analitika bildu eta lurraldean kokatu dugu eta, horri esker, unitate kartografiko estandarrek (horizonteen sakonera, egitura, materia organikoaren ehunekoa...) zehaztu ditugu. 27. irudian ageri dira erabilitako metodologiaren eskema (simulazio-katearen eskema) eta Arabako Errioxako lurzoruaen barnean zehaztutako unitate kartografikoak.

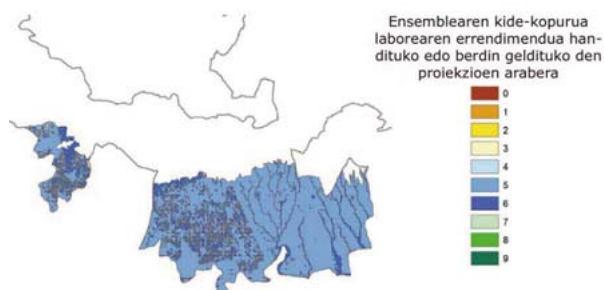
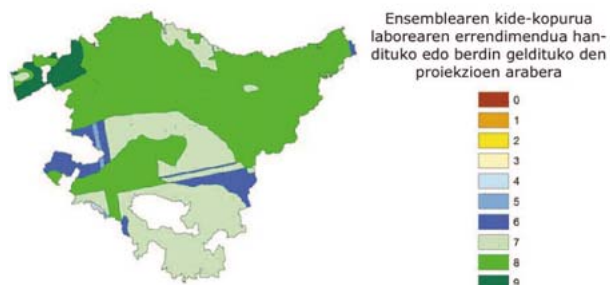
6 HIRHAM (Danish Meteorological Institute), PROMES (Universidad Complutense de Madrid, Spain), RegCM (CINECA, Italy), CHRМ (Climate Research ETH, Switzerland), CLM (GKSS Research Centre, Germany), RCO (SMHI Rossby Centre, Swedish Meteorology and Hydrology Institute), RACMO (Royal Dutch Meteorological Institute), HadRM3H (Hadley Centre, UK) and REMO (Max Planck Institute, Germany).



27. irudia. Ezkerrean, munduko klima-ereduaz, eskualdeko klima-ereduaz eta, lurzoruari buruzko informazio geografikoa biltzen duen sistema baten bidez, laboreak simulatzeko ereduaz osatutako eskema. Lurzoruko poligono bakoitzean laborantza edo eragina simulatzen duten ereduak poligono horri dagokion gelaxkako klimaren outputak darabiltzate, eta eragina edo egokitzea simulatzen dute. Iturria: Guereña *et al.* (Agronomy J., 2001); Minguez *et al.* (J. Physique, 2004). Eskuinean, Errioxako Arabako lurzoruko unitate kartografikoak. Unitatearen adierazgarritzat ditugun profilen (sakoneraren, materia organikoaren ehunekoaren, egituraren...) arabera zehaztu dugu unitate bakoitza. Iturria: Barrios, A. (1994).

Errendimenduaren aldakuntzaren mapen bidez eman ditugu proiektuaren esparruan klima-aldaketaren eraginari buruz lortutako emaitzak: 100etik gorako balioek errendimenduaren hazkundera adierazten dute, eta 100etik azpikoek, errendimenduaren beherakada. Simulazioaren ziurgabetasunari buruzko emaitzak emateko, berriz, erabilitako bederatzi ereduaren artean aldakuntzaren izaeraren aldetik dauden kointzidentzien mapa bat egin dugu. Ura erabilgarri dagoen egoeran, proiektzioen emaitzekin bat, neguko gariaren errendimenduak gora egiteko joera sendoa du —proiektzioen ziurgabetasuna oso txikia da—. Hain zuzen ere, bost klima-ereduren arabera, errendimenduaren hazkundera neurritzakoa izango da, eta, lau klima-ereduren arabera, %50etik gorakoa eta are %100ekoa eskualde batzuetan. Ura mugatuta dagoen egoeran, berriz, zera diote proiektzioek: lehorreko laborantzan, lurzorua askoz ere eragin handiagoa du erantzunean, ura atxikitze ahalmena duelako profilak —proiektzioen ziurgabetasuna handiagoa da—. Zehazki, bederatzi ereduaren lauren arabera, lehorreko laboreen eta ureztatutako erantzuna oso antzekoa da, ereduak garrantzi handiagoa ematen baitiote tenperatura prezipitazioari baino; hiru ereduaren arabera, erantzuna oso ezberdina da ur-mugarik ezartzen ez duen simulazioaren aldean, prezipitazioak baldintzatzen baitu; eta, biren arabera, erantzuna antzekoa da, baina desberdintasun jakin eta handiak daude. Bederatzi ereduaren lau lehenengo kasuan egoteak eta beste bi hirugarren kasuan egoteak iradokitzen du tenperaturak eragin handia duela, prezipitazioak baino are handiagoa agian, neguko laborantzan (hau da, azarotik ekainera bitartean hazten diren laboreetan) [28. irudia].

Bestalde, mahatsondoaren errendimenduari dagokionez, eragin-maila gariaren gainekoaren antzekoa da, baina, simulazio-ereduekin bat, ziurgabetasun handia dago Arabako Errioxaren gehiengoan. Zehazki, bost ereduak %200eko hazkundera ere iragartzen dituzte, eta hiruk, berriz, beherakada garbiak. Alde horretatik, kontuan izan beharra dago errendimenduak gora egiteko joera duela urtarok hobekien simulatzen dituzten bi ereduaren arabera [28. irudia].



28. irudia. Neguko lehorreko gariaren eta mahatsondoaren gaineko eraginaren batez besteko joeraren izaeraren ziurgabetasuna. Kolore gorriak adierazten du proiektzioak errendimenduaren beherakada bat datozela, eta berdeak, errendimenduaren hazkuntza bat datozela. Beste koloreek, berriz, adierazten dute ensemblea eratzen duten eredu batzuek errendimenduaren hazkuntza iragartzen dutela, eta beste batzuek, beherakada. Alde horretatik, 4. eta 5. itemak ez daude batere argi, ereduaren erdiaren arabera hazkuntza izango baita, eta beste erdiaren arabera, beherakada. Iturria: Herramienta de Ayuda a la Toma de Decisiones Políticas sobre los Impactos y Adaptaciones al Cambio Climático en los Sistemas Agrícolas del País Vasco / AGROCLIMA-SSP-CAPV 1.0 (Neiker-Tecnalia, Gaztela-Mantxako Unibertsitatea eta Madrilgo Unibertsitate Politeknikoa).

Mahatsondoaren parametro kualitatiboak dagokienez, tenperaturaren igoerak eta prezipitazioaren jaitsierak ondorio hauek izango dituzte besteak beste: alkohol-graduak handitzea, guztizko azidotetasuna txikitzea, aromak galtzea, azkarrago zahartzea eta indarraren eta errendimenduaren beherakada.

Batetik, alkohol-graduak handitzeari dagokionez, baiaren azukre-edukiaren aldakuntza aztertu dugu, materia freskoaren ehunekoaren bidez, eta erabilitako bederatzi ereduak azukre-edukiaren hazkuntza eman dute, txikia (%105ekoa) bada ere. Alde horretatik, zehaztu beharko litzateke zer aldakuntza-mailatik aurrera egiten duen behera kalitateak, alde txikiak eragin handia izan baitezakete parametro honen esparruan.

Hau da azken urteetan tenperaturaren izandako igoeraren ondorioz nabarmenena: gradu probableen (azukre-edukiaren) eta heldutasun fenolikoaren (antozianoen kontzentrazioaren, polifenol totalen indizearen eta kolorearen indizearen) sortzen ari den desoreka. Izan ere, bilketa aurreratzen ari da, mahatsondoa lehenago heltzen ari delako azukre-edukiaren aldetik izan behar duen mailara (13,5º-ra). Hori dela eta, heldutasun fenolikoa ez da nahikoa, muztioaren kalitatea arriskuan baitago gradu gehiegi izatearen ondorioz. Desoreka hori erronka da ardogileentzat, kontsumitzaileek nahiago dituztelako aroma sendoko, tanino helduko eta alkohol-gradu gutxiako ardoak. Aitzitik, heldutasun fenolikoaren arabera finkatzen badugu bilketa, atzeratu egingo da, eta mahatsondoak gaixotasunen bat (adibidez, botritis) harrapatzeko arrisku handiagoa izango da, mahatsa biltzeko garaian ohikoa baita prezipitazioak botatzea; hain zuzen ere, prezipitazioaren eta tenperatura altuaren ondorioz, baldintzak ezin egokiagoak dira ondoek mahatsondoari eraso egiteko.

Bestetik, guztizko azidotasunari dagokionez, tenperaturaren igoerak azido tartarikoaren degradazio handiagoa ekarriko du, eta guztizko azidotasunak behera egingo du. Horrek kalte egingo dio ardoaren kalitateari, eta Arabako Errioxako ardoek azidotasun eskasaren ondorioz duten arazoa larriagotuko du. Hau da, alkohol-gradu gehiago, pH altua eta guztizko azidotasun txikiagoa izango ditu ardoak.

Egindako azterketetan oinarrituz, klima-aldaketara egokitzeko neurri hauek proposatuko ditugu:

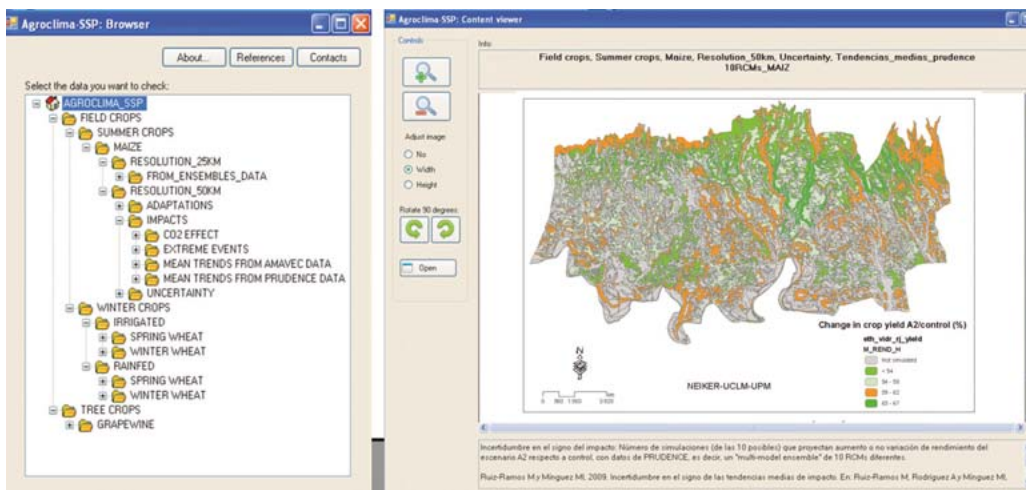
1. Muturreko klima-fenomenoen, gazitasunaren, izurrien, gaixotasunen eta ur erabilgarri gutxiago izatearen aurkako erresistentzia edo sendotasun handiagoko aldaerak eta kultibarrak bilatu edo aukeratu behar dira klima-aldaketaren eragina gehien nabari dezaketen eskualdeetarako. Azterketek argi eta garbi adierazi dute, ura modu eraginkorragoan erabiltzen duten kultibarrak (adibidez, garagarraren ***Ira-nis*** aldaera vs. ***Alpha*** aldaera) aukeratzuz gero, errazagoa dela espeziearen hazkuntza klima-aldaketara (etorkizuneko klimara) egokitzea eta, gainera, ekoizpena handiagoa dela. Bestalde, azterketek frogatu dute kultibar batzuek hobeto aurre egiten diotela gazitasunari beste batzuek baino —garagarraren ***Ira-nis*** aldaera vs. ***Alpha*** aldaera—. Baldintza horietan, kultibarrak ur gutxiago kontsumitzen duenez eta ur-kontsumoa eraginkorragoa denez gero, gatz-kontzentrazio handiagoko lurzorua erabil daiteke garagarra hazteko eta, horrenbestez, lur-eremu handiagoa balia daiteke.
2. Nekazaritzako jardunbideak hobetu behar dira, lurzoruaren emankortasun- eta hezetasun-mailei eusteko: kontserbaziorako eta gutxieneko laborantza landu behar dira, ongarrri organikoak erabili, eta hondakinak birziklatu. Lurzorua (eta atxikitako karbonoa) kontserbatzen laguntzen dute teknika horiek guztiek, lurzoruko karbono kantitatea handiagotzen, eta erregai fosilen erabilera murrizten, makineria eta organikoak ez diren ongarrri gutxiago erabili behar baitira. Proiektuaren esparruan, nitrifikazioaren inhibitzaileak eta askapen geldoa dituzten ongarrriak erabiltzea proposatu dugu zehazki. Ongarrri hauek elikadura amoniakala bultzatzen dute landareetan, baita haien nitrogeno-erabilpenaren eraginkortasuna areagotzen dute ere; izan ere, nitrato gutxiago libxiatzen da uretan, eta gas nitrogenatu gutxiago isurtzen da atmosferara. Orobat, tomatearekin eta gariarekin egindako azterketek adierazten dutenez, ongarritze mota horrek bi espezie horien ur-erabilpenaren eraginkortasuna handiagotzen du. Honek, aurrez ikusitako baldintzetara (prezipitazioaren jaitsierara eta ebapotranspirazioaren handitzera) egokitzeko abantaila emango lieke landareei. Gariarekin egindako esperimenduek ondorengoa erakutsi dute baita ere: ongarritze amoniakalak, ur-erabilpenaren eraginkortasuna handitzeaz gain, aleen nitrogeno-edukia (zehatz-mehatz, gliadinen proteina-frakzioa) handitzen duela, hartara, okintzarako irinaren kalitatea nabarmenki hobetzen du.
3. EAEko nekazaritza-eremu ekologikoak bereizi behar dira, klima-aldaketak lurraldeko eskualde bakoitzean izan dezakeen eragina kontuan hartuz. Zenbait laboreren hazkuntza egokitu behar da: ereintza eta bilketa garaiz aldatu behar dira, txandaketa aldatu behar da, ongarritzea eta landareen osasunerako produktuekiko tratamendua aldatu behar dira... Bereizketa hori eginez gero, errazagoa litzateke laboreak kudeatzeko tresna bat sortzea.
4. Labore berriak hazi behar dira. Nekazaritza ekologiko integralaren ikuspegitik egin behar da hori eta, ohiko faktore agronomiko hutsez eta faktore ekonomikoek (bideragarritasun tekniko ekonomikoaz)

gain, nekazaritza-sistemaren gaineko faktoreak (paisaia, biodibertsitatea eta lurzoruen emankortasuna), landa-eremuko biztanleriaren gainekoak eta elikagaien segurtasunaren gainekoak ere izan behar dira kontuan. Laboreak aukeratzeko, aintzat hartu behar dira funtzio-taldeen arteko desberdintasunak eta karbono harrapatzeko estrategiak (C3 landareak, hala nola garagarra, vs. C4 landareak, hala nola basartoa).

5. Labore energetikoei (energia ekoizteko espezieak hazteari) dagokionez, labore horiek ondo egokitzen dira elikagaiak ekoizteko erabiltzen ez diren lurretara, eta oso modu eraginkorrean erabiltzen dute ura. Alde horretatik, azterketek frogatu dute bideragarria dela EAEn koltza haztea biodiesela ekoizteko. Izan ere, laborea ongarriztearen ondorioz jazotzen diren  $N_2O$  isurien ondoriozko berotze globalaren eta jazotzen ez den berotzearen (biodiesela ekoizteari esker atmosferara isurtzen ez den  $CO_2$  fosilaren) arteko balantzea ona da.
6. EAEko nekazaritza-sektorea eta ingurumena klima-aldaketara egokitzeari buruzko erabaki politikoak hartzen laguntzeko tresna bat sortu behar da [29. irudia]. AGROCLIMA-SSP-CAPV 1.0 eta AGROCLIMA-SSP-CAPV 2.0 tresnak prestatu ditugu proiektuaren esparruan, orain arte lortutako emaitzak erabiliz, eta proiektuaren ondoko faseetan lortzen ditugunak ere erabil ditzakegu etorkizunean. Mahatsondoa klima-aldaketara egokitzeko proiektzioak egiteko lehenengo simulazioak sartu ditugu tresnaren barnean:
  - i. ADAPT-01. A2 egoeran, ureztatze garaia hilabete aurreratu da, ur kantitatea eta maiztasuna egungoak direla. Simulazioaren emaitzen arabera, eraginaren izaera bera da eredu guztietan, eta haren izaria okerragoa da gehienetan. Hots, ureztatzearen aurrerapena ez da egokitu egutegi fenologikora edo, besterik gabe, guztizko ur kantitatea ez da nahikoa. Arrazoia argitzeko, beste egoitzapen bat (ADAPT-02) egin dugu, ur kantitatea mugatu gabe.
  - ii. ADAPT-02. Ureztatzeak klima-aldaketaren ondorioetan duen eragina ulertzeko tresna da. Ensemblede eredu batek ere ez dio mahatsondoaren errendimenduak behera egingo duenik eskualde osoan, lurzoru mota dena delakoa ere; hilabeteen edo hilabete eta erdian ureztatutako landareen simulazioek, berriz, bai. Alde horretatik, erabilgarri dagoen ura eta, aldi berean, lurzoru mota faktore garrantzitsuak dira klima-aldaketaren eraginean.
  - iii. Proiektzioen emaitzak hobek dira abiapuntuko simulazioarenak eta ADAPT-01 simulazioarenak baino, eta horrek esan nahi du ura erabiltzeko modu gehiago aztertu behar ditugula, hala nola ureztatzearen hasiera aurreratzea baina amaiera bere horretan uztea. Hau da, ADAPT-01 eta ADAPT-02 simulazioen arteko egoerak probatu behar dira.
7. Baliabide hidrikoak hobeto erabiltzeko ureztatze-sistemak ezarri behar dira eta, horretarako, labore bakoitzaren eta ekoizpen-eremuaren arabera ureztatze-sistemak erabili behar dira, eta nekazaritza-rena eta abeltzaintzaren esparruan izan daitekeen ur-defizita murriztu.
8. Izurriak eta gaixotasunak kudeatzeko sistema bat ezarri behar da: lurzoruen eta lurrazaleko uraren kutsaduraren ondorioak txikitu behar dira. Pestizidak eta herbizidak neurrigabeki erabiltzearen ondorioa da kutsadura hori, eta, era berean, izurriek eta gaixotasunek laboreen errendimendua jaitsa-

raztearen ondorioa da pestizidak eta herbizidak erabili beharra; hots, pestizidak eta herbizidak erabili beharra dago izurrien eta gaixotasunen ondorioak aintzeko eta, horrenbestez, laboreen emankortasuna handitzeko. Horregatik, eskualde eta labore bakoitzera egokitutako sistema bat erabili behar da, hauek hartzen dituen barnean besteak beste: laboreak txandatzea, izurrien eta gaixotasunen aurkako erresistentzia duten aldaerak ereitea, egiaztatutako haziak erabiltzea eta dagokionean erabiltzea nekazaritzako produktu kimikoak.

9. Klima-aldaketara egokitzeko teknika biologikoak (mikorrizazioa, etab.) sortu behar dira.



29. irudia. K-Egokitzen proiektuaren esparruan erabaki politikoak hartzen laguntzeko sortutako tresnaren (AGROCLIMA-SSP-CAPV 1.0 tresnaren) xehetasuna (Ruiz-Ramos *et al.*, 2010).

Mahatsondoa klima-aldaketaren aurka borrokatzeko eta hartara egokitzeko, berriz, neurri hauek har daitezke:

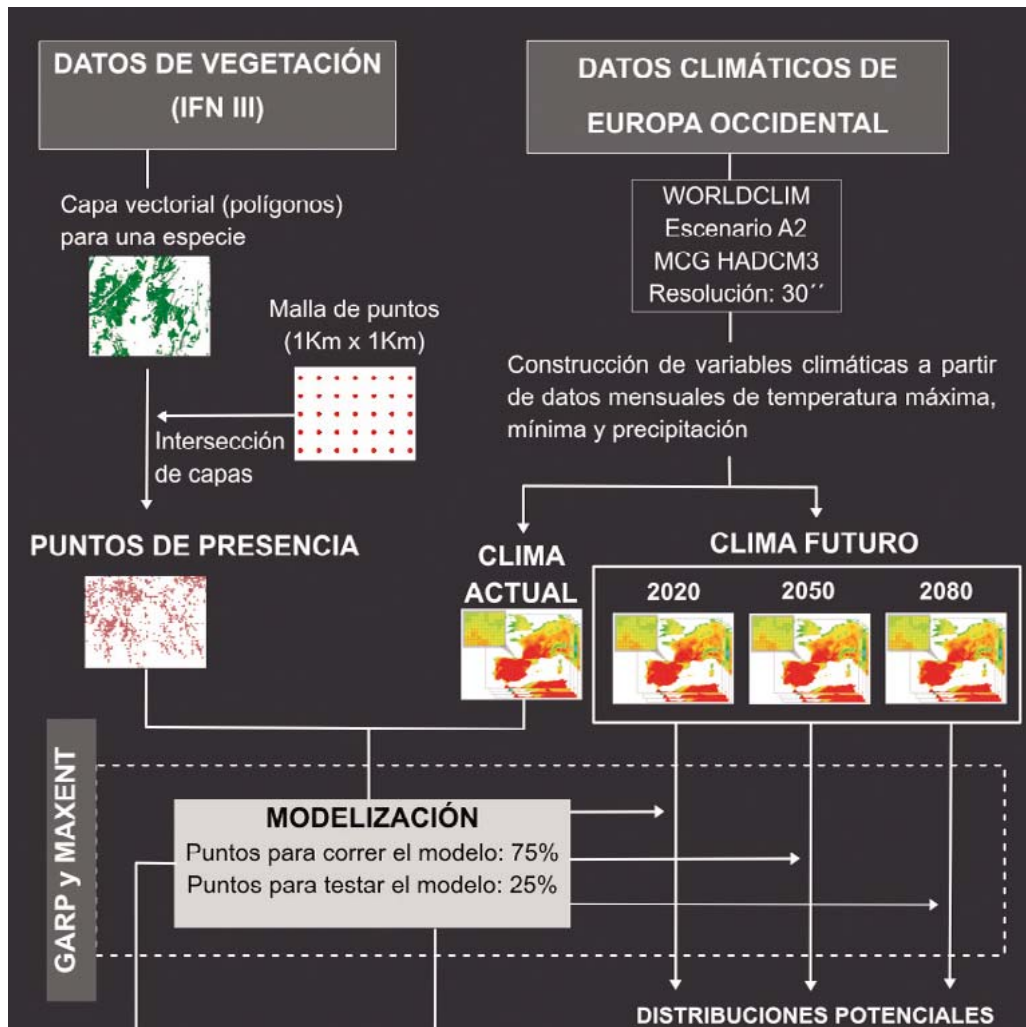
1. Aldaerak eta hazkuntza-eredua aldatu behar dira. Tenperaturaren igoerari aurre egiteko bide bat da egungo aldaeren ordez tenperatura altuagora hobeto egokitzen diren aldaerak haztea, hala nola Merlot eta Syrah [Jones *et al.*, 2006].
2. Gehiegizko tentsio hidrikoak ondoriorik ez izateko, mahatsondoaren hazkuntza aldatu beharra dago.
3. Mahastiak eremutan banatu behar dira, lurzoruaren arabera eta lurzoruaren eta ardoaren kalitatearen arteko egokitasunaren arabera. Esaterako, ura atxikitze gaitasun eskasa duen sakonera gutxiko lurzoruan, ekoizpena txikiagoa da lurzoru sakonean baino. Ildo berean, mahatsa heltzeko baldintzak hobeak dira lurzoru mota horretan, oso urte lehorretan mahastiak ureztatze sistemak badaude berriz. Azken batean, lurzoru motaren arabera finka ditzakegu ardogintzarako mahastizaintzaren helburuak. Sakonera gutxiko lurzoruan ureztatze gabeko mahastia landa dezakegu: errendimendu txikiagoa.



da, baina kalitate handiko ardoak ematen ditu; bestalde, ekoizpenaren kostua handia da, baina oso estimatua da. Lurzoru sakonean, berriz, nekazaritzaren eta industriaren arteko mahatsondo goiztiarren mahastia landa daiteke: oso gutxi ureztatu behar da, edo batere ez, eta ekoizpenaren kostua txikia da [Unamunzaga, 2010].

4. Ureztatzeari dagokionez, behar baino gutxiago ureztatu behar da, klima lehorrean ureztatuz kalitateko mahatsa ekoizteko eta, hartara, ur-gabezia larria ez izateko. Ureztatzea diseinatzeko, ostera, kontuan izan beharra dago baliabide hidrikoak mugatuak direla; ekoizpenaren kostua handiagoa dela, errendimendua mugatzeko egungo joera kontuan izanik batez ere; ureztatzea ez dagoela nekazaritza jasangarriaren barnean; eta gazitasun-arazoak sortuko direla lurzoruan. Bestalde, mahatsondoa heldzen denean ureztatzeo aplikazioek polifenolen sintesia hobetzen lagundu dezakete, eta heldutasun fenolicoa hobetzen.
5. Gidatze-sistemak aldatu behar dira. Besorako mahatsondoak aukera gehiago ematen du mahastizaintza mekanizatzeo, baina hostoek azalera handiagoa hartzen dute, eta, horren ondorioz, mahatsondoak ur gehiago behar du, iragarpenek klima-aldaketaren ondorioz aurrez ikusten duten ur-eskariaren hazkundera alde batera utzita. Hori dela eta, beste gidatze-sistema batzuk erabili beharko liriateke, hala nola basoa, ezin hobeto egokitzen baita lehortera. Landare-sare bertikala erabiltzen jarraituz gero, berriz, komeni da besora dauden landareen hostoen altuera eta errendimendua txikitzea, uraren erabilera eraginkorragoa izan dadin. Orobat, gidatze-sistema aukeratzeko, kontuan izan behar da zer kalitateko ardoa ekoizti nahi den eta, horrenbestez, ekoizpenaren kostuak zenbatekoak diren.
6. Landare-tartea. Kontuan izanik klima berotzeak ondorio ezberdinak izango dituela nekazaritzako klima-eremu bakoitzaren arabera, dagokion eremura egokituta egon behar du aplikatu beharreko estrategiak. Esate baterako, erabilgarri dagoen uraren murrizketa larria izango dela iragartzen den eskualdeetan, komenigarria litzateke mahastiaren dentsitatea eta, horrenbestez, hostoen azalera txikitzea. Ur-gabeziarik aurrez ikusten ez den tokietan (isurialde kantauriarrean), berriz, mahastiaren dentsitatea handitu behar da, unitate bakoitzaren indarra txikiagoa izan dadin eta ekoizpena kalitatekoa izateko modukoa izan dadin errendimendua.

**Basogintza-sektoreari** dagokionez, klima-aldaketak zenbait espezieen banaketan izan dezakeen eragina aztertze aldera, sor daitekeen txokoa etorkizunean (2020an, 2050ean eta 2080an) izan daitekeen banaketaren simulazioak egin ditugu. Horretarako, bi eredu erabili ditugu: GARP eta MAXENT. Batak eta besteak algoritmo ezberdinak darabiltzate iragarpenak egiteko: *genetic algorithm for rule-set production* delakoa GARPek, eta *maximum entropy algorithm* delakoa MAXENTek. Haien bitartez, eredutarako erabili ditugun basoko espezieen populazio bideragarriak etorkizuneko zenbait alditan klima-aldaketaren ondoriozko egoeretan mantentzeko beharrezko baldintzak betetzen dituen ingurune geografikoari buruzko informazioa bildu dugu. Jarraian, erabilitako metodologiaren eskema azalduko dugu [30. irudia].

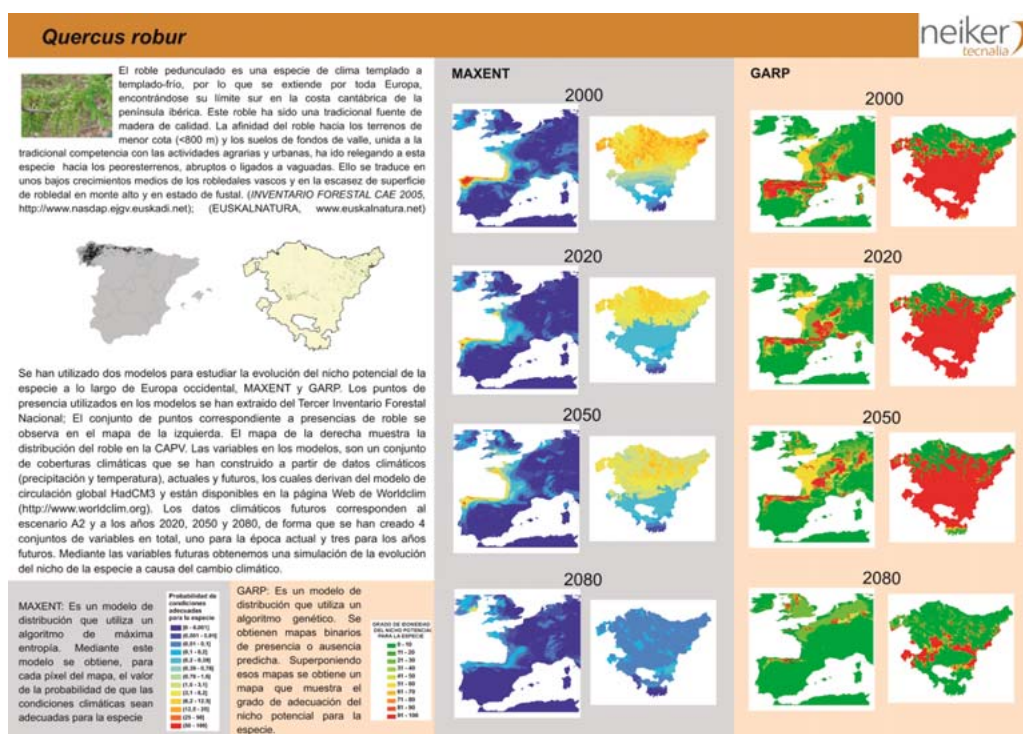


30. irudia. Basoko espezieek etorkizunean izan dezaketen txokoko banaketa jakiteko erabilgarriak erabiltzeko metodologiaren eskema. *Q. pyrenaica* espeziea izan da baliatutako adibidea.

Emaitzek diotenez, klima-aldaketak eragin esanguratsua izango du EAeko basoen egoeran. Aztertutako espezieek (*Q. robur*, *F. sylvatica* eta *Q. petraea* espezieek) lurraldean izan dezaketen habitatak txikitzeko joera du argi eta garbi, eta espezie mediterraneoak (*Q. suber*) landatzen ari dira haien ordean, baina zera ere hauteman dugu: litekeena da gaur egun EAEn hazten diren espezieek (*Q. pyrenaica* espezieak) EAEn bertan bizirik irautea, eskualde mediterraneora ere hedatu direlako. Nolanahi ere, zurrak izan behar dugu emaitza horiekin, ereduak aldagai bioklimatikoen arabera iragartzen baitute etorkizunean izan daitezkeen txokotako banaketa eta faktore gehiagok baldintzatzen baitute espezieen banaketa. Hori dela eta, etorkizunean

izan daitezkeen txokoetako banaketa ez dator bat banaketa erreale osoarekin. Hala ere, informazio baliagarria ematen dute ereduak, eta, hain zuzen ere, informazio horretan sakondu nahi dugu, espezie gehiago kontuan hartuz, ereduak eta metodologia etengabe optimizatzeko azterketak aurrera egin ahala.

Proiektuaren ondorioz, simulazioetan erabilitako espezie bakoitzaren fitxak sortu ditugu. Baliatutako metodologiaz gain, 2000n, 2020an, 2050ean eta 2080an espezie bakoitzak izan dezakeen txokoaren bilakaera azaldu dugu fitxen bitartez. 31. irudian, adibidez, *Q. robur* espeziearen fitxa ageri da —gainerakoak proiektuaren web orrialde ofizialean daude—.



31. irudia. *Q. robur* espeziari buruz egindako fitxa, erabilitako metodologia eta espezieak izan dezakeen txokoaren bilakaera azaltzen dituena. Espezie adierazgarria da *Q. robur*, eta, gainera, EAE da espezie horren hegoaldeko egungo muga Europa barnean.

Basoei dagokienez, Euskadiko basoko ekosistemak «mediterraneo bilakatzea» ekar dezakete a priori prezibatzaioan aurrez ikusten den aldakuntzak eta tenperaturaren igoerak, aldaketak sorraraz baititzakete baso, espezie eta erkidego moten banaketan eta horien guztien konposizio espezifikoa. Aldaketen eredu zehatzak egiteko beharrezko informazio zientifikoa biltze aldera, klima-faktoreen eta haritz kandudunaren (*Quercus robur* espeziearen) eta ametzaren (*Quercus pyrenaica* espeziearen) hazkundearen arteko harremana aztertu

dugu, dendrokronologiaren bidez. Analiak adierazten duenez, haritzen erantzuna ezberdina da toki bate-tik bestera, eta klima-faktoreek eragin ezberdina dute hazkundean aztertutako bi eremuetan (Bertizen eta Izkin). Bertizen, bi espezieen hazkundea egokiena da hezetasun- eta tenperatura-balio jakin batzuk daudela, baina txikiagoa da horietatik gora eta behera. Orobat, neguan erabilgarri dagoen hezetasuna handitzeak eta tenperatura igotzeak bi espezieen hazkundea mugatzen dute. Azkenik, udaberrian eta udazkenean tenperatura igotzeak on egiten dio *Q. pyrenaica* espeziearen hazkundeari, baina ez *Q. robur* espezieareneri. Izkin, berriz, lurzoruak klima-baldintzak berdintzen dituen lekuetan bakarrik hazten da *Q. robur* espeziea, eta, hori dela eta, klima-faktoreek ez dute hainbeste mugatzen haren hazkundea. *Q. pyrenaica* espeziearena, ordea, mugatu mugatzen dute: erabilgarri dagoen hezetasunaren beherakadak eta tenperaturaren igoerak oso nabarmenki mugatzen dute.

Oro har, pentsatzekoa da batez besteko tenperatura igotzeak, urteko prezipitazioak behera egiteak, muturreko klima-fenomenoak ugaritzeak eta atmosferako CO<sub>2</sub> kontzentrazioa handitzeak ondorio hauek izango dituztela basogintza-sektorean:

1. Pentsatzekoa da klima-aldaketak funtsezko eragina izango duela lurzoruaren propietateetan eta lurzoru-prozesuetan eta zuzeneko eragina izango duela baliabide hidrikoetan.
2. Berotze globalaren ondorioz, baliteke lurzoruko karbono-erreserbak galtzea epe luzean. Izan ere, lurzoruko materia organikoaren deskonposizio-tasa handiagoa izango litzateke. Hala ere, pentsatzekoa da prezipitazioak behera egingo duela. Bada, kontrako ondorioa izan lezake horrek. Horren ondorioz, basoek karbonoa husteko eginkizuna betetzeari utz diezaiokete etorkizunean, eta guztiz kontrako bete, litekeena baita atmosferara karbono gehiago igortzea harrapatzen dutena baino eta, hartara, berotze globala bera elikatzea.
3. Lehen sektorean, litekeena da basoen garai produktiboa aldatzea eta horrek espezie jakin batzuen errentagarritasun ekonomikoan eragina izatea, klima-aldaketak oso eragin handia izan baitezake basoko espezieen fisiologian. Hostoerorkorren ziklo begetatiboa luzatuko da, hau da, hosto erorkorreko zuhaitz-espezieen hostoek luzaroago iraungo dute, eta, horren ondorioz, ekoizpena handiagoa izango da. Hostoiraukorren artean, berriz, hostoak gutxiago biziko dira batez beste, eta, horren ondorioz, baliteke orbel-ekoizpena eta atmosferara itzultzen den CO<sub>2</sub> kantitatea handitzea. Orobat, espezieon hostoak eta sustrai meheak azkarrago berrituko dira, eta, horren ondorioz, landareek erreserba gutxiago izango dituzte eta ahulago egongo dira klima-aldaketaren ondorio kaltegarrirei aurre egiteko.
4. Prezipitazioaren erregimena aldatzeak lurzoruaren higadura areagotu dezake. Bestalde, aurreikuspenen arabera, uholdeak ohikoagoak izango dira neguan. Horren guztiaren ondorioz, lurzoru hezeago eta ibiltzeko zailago egongo da, eta, horren ondorioz, era berean, kalteak izateko arrisku handiagoa izango da, eta, horrenbestez, baita are higadura handiagoa izateko arriskua ere. Gainera, baliteke sustraiak gutxiago irautea eta ezegonkorragoak izatea. Azkenik, nahiko litekeena da udako lehortearen maiztasuna eta larritasuna handitzea eta, horren ondorioz, zuhaitzen osasuna eta iraupena arriskuan egotea.

5. Aurreikuspenekin bat, muturreko fenomenoek (ekaitzen, haizeteen, ziklogenesi leherkorren...) maiztasuna handituko da, eta, horren ondorioz, asaldu naturalek kaltetutako egurraren bolumena nabarmen handiagoa izango da urtetik urtera EAEn.
6. Intsektu-izurrien (etsai naturalen) eta ostalarien arteko orekan eragina izan dezake klima-aldaketak, eta, horregatik, zaila da iragartzea zer-nolako eragina izango duen intsektuek basoan egiten dituzten kalteetan. Alde horretatik, hau izan daiteke ondorioz esanguratsuenetako bat: batetik, ostalariaren eta, bestetik, izurriaren garapenaren arteko sinkronia aldatzea, udaberriaren eta udazkenean. Temperaturaren igoerak intsektua hazteari eta neguan bizirik irauteari ere on egingo lioke oro har, tenperatura gozagoa izango bailitzateke orduan.

Ondorio horiek guztiak ikusirik, neurri hauek proposatuko ditugu basogintza-sektorea klima-aldaketara egokitzeko:

1. Badirudi beharrezkoa dela basogintzaren ekoizpen-paradigma aldatzea, eta kudeaketaren helburua ez izatea etekin ekonomikoak eman izan dituzten ondasunak eta zerbitzuak bakarrik mantentzea. Aitzitik, hau finkatu behar da helburutzat: basoek gizarteari ematen dizkieten ondasunak eta zerbitzu guztiak mantentzea.
2. Oihantzearen eta basoen kudeaketaren bidez aldaketak egin daitezke lurzoruan eta uretan, eta aldaketok are handiagoak izan daitezke klima-aldaketaren ondoriozko egoerarako aurrez ikusten ditugunak baino. Horrenbestez, basoak egokiro erabiltzen baditugu eta jardunbide egokien sorta garatzen badugu, klima-aldaketaren ondorioak hobetzeko aukera dugu.
3. Basoen heterogeneotasuna handitzen badugu (espezie bakarreko eta adin bereko unadak zein adin ezberdineko unadak mistoak landatzen baditugu), basoek erresistentzia eta erresilientzia handiagoa dute klima-aldaketaren ondoriozko hondamendiei aurre egiteko.
4. Basoak egokiro erabiltzen baditugu, lurzoruak karbonoa atxikitzea bultzatu dezakegu, eta higadura izateko arriskua txikitzen lagundu dezakegu. Horretarako, klima-aldaketara egokitzen diren espezieak aukeratu behar ditugu, eta basoen produktibitatea eta babesteko gaitasuna handitzeko jardunbideak aplikatu behar ditugu, karbono-galerak txikiagoak izan daitezkeen.
5. Estres hidrikoa izateko arriskua handiagoa denez gero, arreta handiagoa jarri behar da zuhaitzen aukeraketan. Halaber, ura modu eraginkorragoan erabiltzen duten zuhaitzak aukeratu behar dira, eta ibai-arroak hobeto planifikatu behar dira.
6. Litekeena da ibar-basoak lehengoratzeko aukera gehiago izatea. Aldi berean, beste onura batzuk ekar diezazkiguke horrek, uholdeak kontrolatzen lagundu bailiezaguke.
7. Iragarpenak egiteko eta basoen kudeaketaren plangintza bideratzeko erabakiak hartzen laguntzeko ereduak sortu behar dira.

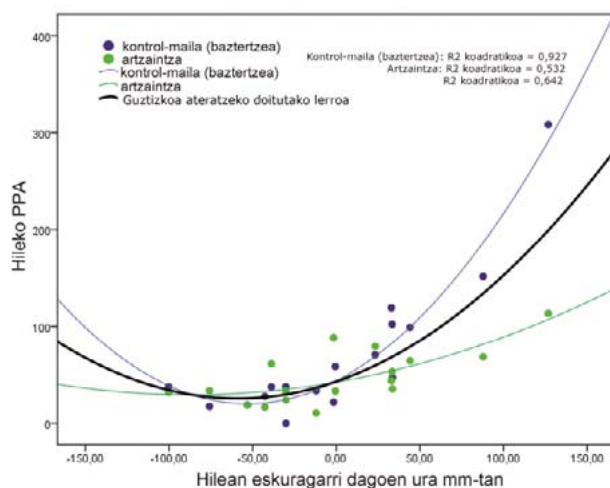
8. Karbonoa pilatzen den eremu espezifikoa (hala nola zohikaztegiak eta hezeguneak) desagertu daitezkeen saihestu behar da. Ez dute hartzen azalera handirik, baina interes naturala dute eta haien etorkizuna kolokan egon daiteke klima-aldaketaren ondorioz.
9. Kontrol-sareak sortu behar dira, klima-aldaketak arriskuan dauden espezieengan eta ekosistemetan duen eraginari modu eraginkorren behatzeko. Sare horretan oinarrituz, intereseko espezieak kontserbatzeko balio dezaketen eremuak identifikatzeko eta sortzeko aukera izan behar da, baita ekosistemak elkarrekin lotzeko plan bat gauzatzeko ere. Plan horrek kontuan hartu behar ditu klima-aldaketaren ondorioak, eta espezieak habitatez (altitudez edo latitudez) aldatu eta beren hazkundearen ikuspegitik egokiagoak diren eremuetara lekualdatu ahal izateko sareak daudela bermatu behar du.
10. Ekosistemak behar bezala garatzeko kudeaketa-tresnak (mikorrizazioa, aukeraketa genetikoak, lurzorua-ren produktibitatearen hobekuntza...) sortu eta bilatu behar dira. Zuhaitz-espezieen onddo ektomikorriziko sinbionteak erabiliz egindako saioetan, *Scleroderma citrinum* eta *Rhizopogon roseolus* onddoak aukeratu ditugu, horiek baitute aukera gehien *Pinus radiata* espeziearen hazkundera aktibatzen, ur gutxi dagoen baldintzetan batez ere. Bestalde, klima-aldaketaren ondoriozko egoeretan —aurreikuspenekin bat, onddo patogenoek sortutako gaixotasunak eragin handiagoa izango dute orduan—, *Pinus pinaster* espezieak *Fusarium circinatum* onddoaren bidezko infekzioei aurre egiteko erresistentzia hobetzen dute onddo ektomikorrizikoek. Azkenik, hobekuntza genetikoko programei dagokienez, aztertzen ari gara zein den baldintza kaltegarrien aurka hobekien moldatzen den *Pinus radiata* espezieko material hobetua.

**Mendiko larreen** ekoizpen primarioari dagokionez, zaila da ondorioztatzea zer-nolako eragina izango lukeen klima-aldaketaren ondorioz erabilgarri dagoen ur kantitatean aurrez ikusten dugun jaitsierak, landareen hazkundera (fotosintesia) ez baitago erabilgarri dagoen ur kantitatearen mendean bakarrik, inguruko CO<sub>2</sub> kontzentrazioaren mendean ere baizik. Alde batetik, artzaintza-garaian ur gutxiago izateak lur gaineko ekoizpen primarioa txikiagoa izatea (bazka gutxiago izatea eta, horrenbestez, karga-ahalmen txikiagoa izatea) ekarriko luke; bazka bizkorregi zimeltzea eta, horren ondorioz, hazkurri-kalitateak behera egitea; eta ganaduari ura emateko arazoak izatea, ur-harguneak eta uraskak lehor egongo bailirateke. Horrek guztiak, era berean, aurrez ikusi ezin ditugun aldaketak eragingo lituzke abereek lurraldea erabiltzen duten moduan eta lurraldearen aukeraketan, espezie ezberdinen arteko lehian eta lurzoruko baliabideen banaketan. Beste alde batetik, ordea, ekoizpena hobea izango litzateke CO<sub>2</sub> kontzentrazioa egungoa dela aurrez ikusten duguna dela baino, CO<sub>2</sub> kontzentrazioaren eta erabilgarri dagoen ur kantitatearen arteko elkarrekintzak mendiko larreetako egiturazko landareen (lastodun eta lekadun belarkaren) hazkundera duen eragina dela medio; izan ere, estres hidrikoak dagoen egoeretan, lur gaineko ekoizpen primarioa handitzea dakar CO<sub>2</sub> kontzentrazioaren hazkundera.

Hori guztia kontuan izanik, mendiko larreen karga-ahalmena aztertu beharko genuke. Alde horretatik, nabarmentzekoa da, 32. irudiak adierazten duenez, lur gaineko ekoizpen primarioak erabilgarri dagoen urarekiko askoz ere mendekotasun handiagoa duela bazkatarako erabili ez diren eta lastodunak nagusi diren lekuetan. Orobat, aipatzekoa da, erabilgarri dagoen ura mugatuta (-0,50–0,20) badago, ekoizpena antzekoa dela

bazkatarako erabili diren eta bazkatarako erabili ez diren lekuetan. Hori dela eta, pentsatzekoa da mendiko larreen karga-ahalmenak behera egingo duela etorkizun hurbilean, eta larreek belar gutxiago baina kalitate hobegokoa (eta, hortaz, ardi-aziendak ustiatzeko modukoagoa) emango dutela. Aitzitik, azienda larriak (batik bat, behi-aziendak) arazo handiak izango ditu baldintza horietan, eta egungo karga txikitu beharko da.

Hori guztia kontuan izanik, klima-aldaketara egokitzeko neurrien artean, gure proposamena da mendiko larreen lur gaineko ekoizpen primarioa erabilgarri dagoen ur kantitatearen eta artzaintzaren eraginaren arabera iragartzeko eredua (proiektuaren esparruan sortutakoa) erabiltzea kudeaketa-planei buruzko erabakiak hartzen laguntzeko eta planok mendiko larreen ekoizpenera, kalitatera eta karga-ahalmenera egokitzeko.



32. irudia. Ekoizpen-dinamika-  
ren eredua. Eskuragarri dagoen  
ur kantitateak eta artzaintzak lur  
gaineko ekoizpen primarioan  
duten eragina.

## ERREFERENTZIAK

*AGROCLIMA-SSP-CAPV 1.0 klima-aldaketak EAEko nekazaritza-sistemetan izango duen eraginari eta sistemok klima-aldaketara egokitzeari buruzko erabaki politikoak hartzen laguntzeko tresna* (egileak: MOMAC eta AgSystems taldeetako Margarita Ruiz-Ramos eta AgSystems taldeko M. Inés Mínguez Tudela; ikerketa-taldeko laguntzaileak: MOMAC taldeko Manuel de Castro, Marta Domínguez, Miguel Ángel Gaertner, Enrique Sánchez, Alfredo Rodríguez eta Esther Sánchez eta NEIKER-Tecnaliako Oscar Del Hierro, Miriam Pinto, Ana Aizpurua eta Gerardo Besga).

*AGROCLIMA-SSP-CAPV 2.0 klima-aldaketak EAEko nekazaritza-sistemetan izango duen eraginari eta sistemok klima-aldaketara egokitzeari buruzko erabaki politikoak hartzen laguntzeko tresna* (egileak: MOMAC eta AgSystems taldeetako Margarita Ruiz-Ramos eta AgSystems taldeko M. Inés Mínguez Tudela; ikerketa-taldeko laguntzaileak: MOMAC taldeko Manuel de Castro, Marta Domínguez, Miguel Ángel Gaertner, Enrique Sánchez, Alfredo Rodríguez eta Esther Sánchez eta NEIKER-Tecnaliako Oscar Del Hierro, Miriam Pinto, Ana Aizpurua eta Gerardo Besga).

Barrios, A.: *Mapa de Suelos de La Rioja Alavesa. E: 1/50000*, Arabako Foru Aldundiko Nekazaritza Saileko Erkidegoko Azterketen eta Harremanen Zerbitzua, Gasteiz, 1994.

Guereña, A.; Ruiz-Ramos, M.; Díaz-Ambrona, C.H.; Conde, J.R.; Mínguez, M.I.: *Assessment of climate change and agriculture in Spain using climate models*, in Agron J., 93 (2001), 237-249.

Jones, G.V.: *Climate and Terroir: Impacts of climate variability and change on wine*, in Fine Wine and Terroir - The Geoscience perspective (argit.: Macqueen, R.W.; Meinert, L.D.), Geological Association of Canada (Geoscience Canada Reprint Series, 9), St. John's (Newfoundland, Kanada).

Mínguez, M.I.; Ruiz-Ramos, M.; Díaz-Ambrona, C.H.; Quemada, M.: *Productivity in agricultural systems under climate change scenarios. Evaluation and adaptation*, in Journal de Physique IV, 121 (2004), 269-281.

Pérez-López, U.; Robredo, A.; Lacuesta, M.; Mena-Petite, A.; Muñoz-Rueda, A.: *The impact of salt stress on the water status of barley plants is partially mitigated by elevated CO<sub>2</sub>*, in Environmental and Experimental Botany, 66 (2009), 463-470.

Robredo, A.; Pérez-López, U.; Sainz de la Maza, H.; González-Moro, B.; Lacuesta, M.; Mena-Petite, A.; Muñoz-Rueda, A.: *Elevated CO<sub>2</sub> alleviates the impact of drought on barley improving water status by lowering stomatal conductance and delaying its effects on photosynthesis*, in Environmental and Experimental Botany, 59 (2007), 252-263.

Unamunzaga, O.: *Zonificación de un viñedo de Rioja Alavesa según las propiedades del suelo y su influencia sobre producción y calidad* (doktore-tesia), Zaragozako Unibertsitatea, 2010.



A series of overlapping, wavy white lines of varying thicknesses, resembling a network or data flow, set against a solid red background. The lines are concentrated in the middle section of the page.

Ondorioak eta  
etorkizuneko aukerak

A horizontal dotted line consisting of small white dots, spanning the width of the page near the bottom.



# Ondorioak eta etorkizuneko aukerak

.....

Klima Aldaketari buruzko Gobernuarteko Aditu Taldeak prestatutako klima-ereduen lehen emaitzen arabera<sup>7</sup>, Euskadiko prezipitazioak gora egingo du XXI. mendearen amaierarako neguan klima-aldaketaren ondorioz, eta behera udan. Guztira, urteko prezipitazioak behera egingo du, eta jaitsiera %15 eta %20 artekoa izango da. **Bestalde, muturreko tenperatura maximoa 1,5 °C eta 3,5 °C bitartean igo daiteke, eta muturreko minimoa, 1 °C eta 3 °C bitartean.** Tenperaturaren igoera horrek eta prezipitazioaren aldaketak giza sistemetan eta sistema naturaletan izango dute eragina aurreikuspenekin bat.

Klima-aldagaien aldaketez gain, aurreikuspenek diote batez besteko itsas maila 29 eta 49 cm bitartean igoko dela. Horren ondorioz, litekeena da hondartzek atzera egitea XXI. mendearen amaierarako eta estuarioetan uholdeak izateko arriskua handitzea.

Hautemandako ondorioetan oinarrituz, baliabide hidrikoak, kostaldea, hirigunea, itsas ekosistemak, lehorreko ekosistema naturalak eta nekazaritza-sistemak klima-aldaketara egokitzeko lehentasuneko neurriak identifikatu ditugu. Aztertutako ondorioak oso zalantzazkoak dira oraindik, eta beharrezkoa da abiatutako ikerketetan sakontzea, baina, hala eta guztiz ere, begien bistakoa da neurriak goiz hartu beharra dagoela eta horixe dela errentagarriena.

K-EGOKITZEN programaren lehen fasean egindako lanei esker, gauza berri asko jakin ditugu klima-aldaketak EAEn izango duen eraginari buruz. Izan ere, nahiz eta ikerketa-talde jakin batzuk gai jakin batzuk ikertzen hasiak ziren, programaren gaineko ikuspegi oso, sistemiko eta zeharkakoari esker eta ikerketa-taldea osatu duen diziplina-zeharkako taldeari esker, batetik, gauza esanguratsuak jakin ditugu datozen urteotan klimaren aldetik izango diren egoerei buruz, egoera horiek zuzenean eta zeharka izan ditzaketen ondorioei buruz eta klima-aldaketaren eraginaren pean dauden sistemen eta sektoreen gaineko arriskuari buruz. Bestetik, aurrerapauso handia egin dugu etorkizunean klima-aldaketara egokitzeko beharrezkoak diren ildoak eta estra-

7 Adibidez, Klima Aldaketari buruzko Gobernuarteko Aditu Taldearen III. Ebaluazio Txostenerako prestatutako (eta IV. Txostena egiteko berrerabilitako) ereduaren arabera simulatutako proiektzioak. Eredu atmosferiko ozeanikoak (HadCM3 delakoak) zenbait tamainatako gelaxkatan banatzen du lurrazala, eta eskualdeko kalkuluak egiten ditu haientan oinarrituz. Latitudearen arabera, bereizmena ezberdina da. Adibidez, latitudea 45º-koa (EAEkoa) bada, ereduaren bereizmena 300 bat kilometrokoa da (dagokion gelaxka 295 x 278 km-koa da). Klima Aldaketari buruzko Gobernuarteko Aditu Taldeak isuriaren aldetik landu dituen egoeretan zenbait (IPCC SRES direlakoak) erabiliz —datu sozioekonomikoetan (biztanleriaren hazkundera, garapen ekonomikoan eta abarretan) oinarritzen dira balizko egoera horiek—, tenperaturaren eta prezipitazioaren 2.100 proiektzio ere egin dira.

tegiak zehazteko; hain zuzen ere, aztertutako sektoreen (hirigunearen eta azpiegituren, uraren, kostaldearen, biodibertsitatearen, nekazaritzaren eta itsas baliabideen) gaineko eskumena duten erakundeek heldu behar diete ildo eta estrategia horiei [5. taula].

Lan horren bilakaerarekin aurrera jarraitu behar dugu etorkizunean, klimak etorkizunean izango dituen ondorioen iragarpenak zehatzagoak izateko eta egoera sozioekonomikoaren esparruan kokatzeko, klima-aldaketak aztertutako sistemetan izango duen eraginarekin eta sistema horien gaineko arrisku-mailarekin bat etor daitezen klima berrira egokitzeko aplikatzen ditugun estrategiak eta ildoak.

**5. taula. Klima-aldaketak eragina duen sistemen eta sektoreen egoerei eta haien gaineko eraginari eta arrisku-mailari buruzko emaitzen laburpena**

SISTEMA	EGUNGO KLIMA	ETORKIZUNeko KLIMA
KLIMA- ETA OZEANO-ALDAGAIK	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Itsasoaren gainazaleko temperatura berotu da 1946-2007 aldian: 0,26 °C hamarkadako 1977tik.</li> <li>• Itsas mailaren igoeraren abiadura urteko 1,9 mm-koa izan da XX. mendean.</li> <li>• Karbono dioxidoaren maila igotzearen ondorioz, ozeanoak azidotzen ari dira.</li> <li>• Idortasuna eta, horrenbestez, ur-defizitaren ondoriozko estresa gora egiten ari dira Iberiar penintsularen iparraldearen erdialdean, klima-aldaketaren ondorioz. 1991 eta 2008 artean, hezetasuna %30 txikiagoa izan zen 1961 eta 1990 artean baino.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muturreko temperatura minimoa eta maximoa 1-3 °C eta 3 °C igoko dira hurrenez hurren, A1B egoeran.</li> <li>• Prezipitazioa urtean %15-20 jaitsiko da (jaitsiera izango da udan, eta igoera neguan). Muturreko prezipitazioa %10 haziko da, A1B egoeran.</li> <li>• Lurruntzea eguneko 0,6-0,8 mm jaitsiko da urtean, A2 edo B2 egoeretan.</li> <li>• Haizearen abiadura 0,4-0,6 m/s jaitsiko da urtean, A2 edo B2 egoeretan.</li> <li>• Lurrazalera heltzen den erradiazioa 15-20 W/m<sup>2</sup> haziko da urtean, A2 edo B2 egoeretan.</li> <li>• Itsasoa 1,5-2,05 °C berotuko da lehen 100 m-ko sakoneran, A1B egoeran.</li> <li>• Batez besteko itsas maila 29-49 cm igoko da, A1B egoeran.</li> </ul>

SISTEMA	EGUNGO KLIMA	ETORKIZUNEN KLIMA
BALIABIDE HIDRIKOAK	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Azken 50 urteetan, neguko eta udaberriko batez besteko emariak behera egiteko joera izan da.</li> <li>• Neguko eta udaberriko emari maximoek gora egiteko joera dago.</li> <li>• Hornikuntza-sistema gehienetarako ekarpenetan aldaketak izateko arrisku ertaina edo handia dago.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neguko eta udaberriko ur-ekarpenaren beherakada %6 eta %13 artekoa izango da.</li> <li>• Egoera horretan, hornikuntza-sistemek hornituko gaituzten bermea txikiagoa izango da.</li> <li>• Puntako emaria %20 haziko da, eta, horren ondorioz, uholde eremuaren azalera %3 haziko da. Horren ondorioz, uholdeen ondoriozko galerak %15 handiagoak izan daitezke 2050erako.</li> <li>• Luiziak eta lur-koladak izateko arrisku handiagoa izango da.</li> </ul>
HIRIGUNEA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bizi-itxaropena handitu da.</li> <li>• Hirien plangintza eta kudeaketa epe motzeko etekin ekonomikoetan oinarritzen da.</li> <li>• Krisialdi ekonomikoa (eraikuntzaren krisia) dago.</li> <li>• Desberdintasun sozialak eta ekonomikoak handitu dira (talde ahulak daude).</li> <li>• Uholdeek ingurune biofisikoan, sozialean eta ekonomikoan eragina izateko arrisku handia dago.</li> <li>• Hiriek uholdeei eta bero-boladei aurre egiteko gaitasun eskasa dute.</li> <li>• Klima-aldaketari buruzko politiken ardatza arintzea da, neurri handiegian.</li> <li>• Ez dago gobernantza egokitzailerik, ez lurraldean, ez hirietan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biztanleria gehiegi zahartuko da, landa-inguruetan batez ere.</li> <li>• Probintzia-hiriburuetakoko temperatura maximoak eta minimoak 4-5 °C eta 3-4 °C igoko dira hurrenez hurren XXI. mendean.</li> <li>• Bero-boladak luzeagoak eta beroagoak izango dira.</li> <li>• EAEko biztanleriaren ia %80 40 udalerritan bizi da, eta muturreko klima-fenomenoetan bizpahiruk izan dezakete eragina haietan.</li> <li>• Erikortasun- eta heriotza-tasak gora egingo dute, bero-boladen ondorioz.</li> </ul>
KOSTALDEA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baliteke hondartzek eta padurek atzera egitea, batez besteko itsas mailaren igoeraren ondorioz.</li> <li>• Kostaldeko habitata naturalak eraldatuko dira, giza jardunaren (bereziki, urbanizazioaren) ondorioz. Adibidez, azken 50 urteotan 98 ha eraldatu dira Gipuzkoan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hondartzen higadura %25 eta %40 artekoa izango da.</li> <li>• Hiriguneak urpean geldituko dira.</li> <li>• Itsas ur gehiago sartuko da estuarioetan.</li> <li>• Itsasoaren batez besteko mailaren igoerak 110 ha-tan izango du eragina Gipuzkoan.</li> <li>• 50 urteko birgertatze-aldiko muturreko uhinaldiek 164 ha-tan izango dute eragina Gipuzkoan.</li> </ul>

SISTEMA	EGUNGO KLIMA	ETORKIZUNeko KLIMA
ITSASOKO BIODIBERTSITATEA, EKOSISTEMAK ETA BALIABIDEAK	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zenbait organismoren (muskuiluaren, ostraren, arrainen) ugalketa-zikloa moteldu da.</li> <li>Hezeguneei eta padurei dagokionez, <i>Zostera noltii</i> espezieko fanerogamoen sail gutxi daude, eta bereziki ahulak dira.</li> <li>Substratu biguneko bentosa klimaren baldintzen (bereziki, prezipitazioaren erregimenaren) mendea eta gizakiaren eraginaren mendea dago neurri batean.</li> <li>Landaretza bentikoari dagokionez, aldaketa esanguratsuak izan dira urpeko faunan: funtsezko makrofito (<i>Gelidium</i>) gutxiago dago, kare-alga gehiago dago eta harikarak eta arrotzak ugaritu dira.</li> <li>Fitoplanktonari dagokionez, azaleko klorofila-kontzentrazioa txikiagotu da 1997tik, baina sakonekoa handitu da. Espezie toxikoak ugariagoak dira.</li> <li>Zooplanktonari dagokionez, espezie termofiloak ugaritu dira eta ur hotzetako espezie gutxiago dago estuarioetan zein kostaldeko uretan. Espezie inbaditzaileak (<i>Acartia tonsa</i>) sartu dira, eta hartu dituzten erkidegoen lehengo dibertsitatea txikitu dute.</li> <li>Ura tenperaturaren igoeraren eta kutsaduraren arteko sinergiaren ondorioak nabaritu dira. Substantzia toxikoen bioakumulazio-tasa igo da eta aldaketak jazo dira klima-aldaketara egokitze-ko gaitasunean.</li> <li>Klima-aldaketak eragin-maila ezberdina izan du Euskadiko kostaldean, gizakiaren eragin-mailaren arabera.</li> <li>Baliabide ustiagarriak (<i>Gelidium</i> eta antxoak) klima-baldintzen mendea daude neurri handi batean.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Udako eguneko eguzki-erradiazioa 35-40 W/m<sup>2</sup> handitu da. Eguzki-erradiazioa errazago heltzen zaigu, prezipitazioak behera egitearen, kutsaduraren eta ur oligotrofitikoen ondorioz.</li> <li>Udako uraren tenperatura 2,1-3 °C igoko da estuarioetan. Hipoxia- edo anoxia-aldien maiztasuna eta hedadura handituko da estuarioetan. Fitoplankton gehiago sortuko da eta, horren ondorioz, ura maizago eutrofizatuko da.</li> <li>Kare-organismoen (muskuiluaren, trikuaren, kare-algaren) hazkundera izugarri txikiagoa izango da, azidotzearen ondorioz. Izan ere, litekeena da pH-a 7,7raino jaitea.</li> <li>Espezie batzuk desagertuko dira, klima-baldintza berrietan bizi-zikloa osatu ezinaren ondorioz.</li> <li>Itsasoak hezeguneei eta paduren egungo azaleraren %6,5 hartuko du. Alde horretatik, nabarmentzekoa da itsas fanerogamoen sailen murrizketa.</li> <li>Substratu biguneko bentosari dagokionez, substratu biguneko erkidego bentikoen osaera eta banaketa aldatuko da. Espezie arrotzak sartuko eta ugarituko dira.</li> <li>Landaretza bentikoari dagokionez, itsas landaretza mediterranea bilakatuko da pixkana. Ur epelera egokitutako espezieak eta sartutako espezie arrotzak gehiago haziko dira. Kare-alga ikaragarri gutxituko da.</li> <li>Fitoplanktonari dagokionez, klorofila ezberdin banatuta egongo da ur-zutabeetan, eta horrek ondorioak izango ditu ekosistemaren beste atal batzuetan. Espezie toxikoen loraldien maiztasuna eta iraupena handituko da, estuarioetan batik bat.</li> <li>Zooplanktonari dagokionez, aldaketa esanguratsuak izango dira erkidegoen osaeran, espezie arrotz gehiago (batzuk, inbaditzaileak) izango baitira.</li> <li>Sinergiaren ondorioak areagotuko dira, eta klima-baldintza berriek eragin handiagoa izan ahaliko dute biotan. Ingurumena egokitzeko irizpideak egokitu beharko dira.</li> <li>Itsas ekosistemen gaineko arrisku-maila gizakiaren eragin-mailaren araberkoa izango da. Babes-politikak aplikatu beharko dira.</li> <li><i>Gelidium</i> baliabide ustiagarria izateari utziko dio.</li> </ul>

SISTEMA	EGUNGO KLIMA	ETORKIZUNeko KLIMA
LEHORREKO BIODIBERTSITATEA ETA EKOSISTEMA ETA LURZORUKO BALIABIDEAK	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ezusteko espezie aloktonoen aberastasuna handiagoa da giza jardunetik sortutako habitatatetan, baina espezie inbaditzaile eraldatzaileen eragina handiagoa da ibaiertzeko eta kostaldeko ekosistemetan. Alde horretatik, Bilboaldean dago inbasio-mailarik handiena.</li> <li>Ibaiertzeko ekosistemen inbasio-maila handiagoa da degradazio ekologikoa badago, eta handiagoa da isurialde kantauriarrean mediterraneoan baino.</li> <li>Mikozenosiaren analisiak dioenez, 2000tik aurrera aldaketa izan da erkidego fungikoaren konposizioan.</li> <li>Behatutakoarekin bat, fruitu emateko garaia amaiera argi eta garbi (60 egun ere) atzeratu da espezie fungiko nagusien artean azken hamarkadan. Harremana sumatu da urteko batez besteko tenperaturaren eta fruitu emateko garaia luzaiztearen artean.</li> <li>Bareen ugalketa-zikloa azken hamarkadetan garaiz aldatu dela adierazten duten atariko zantzuak bildu ditugu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Neguko tenperaturak igoko balira, errazagoa litzateke eskualde beroetako espezie aloktono berriak sartzea. Udako prezipitazioak behera egiteak (udako lehortee), berriz, hori oztopatu luke, baina ona izan liteke espezie mediterraneoak sartzeko.</li> <li><i>Baccharis halimifolia</i> da estuarioetako ekosistemetako espezie aloktonorik kaltegarriena, baina haiek inbaditzeko gaitasun txikiagoa du baldin eta gazitasun- eta istiltze-maila handitzen bada. Gainera, etorkizunean, prezipitazio kantitatea eta prezipitazioaren banaketa aldatzeak eragina izan dezake gaitasun horretan.</li> <li>Degradazio ekologikoak eta giza presioa handitzeak ibaiertzeko ekosistemen inbasio-maila areagotzen dute, baina pentsatzekoa da behera egingo duela.</li> <li>Pentsatzekoa da onbrotipo lehorra eta subhezea hedatuko direla eta onbrotipo hezeko eta hiperhezeko eremuak murriztuko direla. Hala bada, espezie inbaditzaile batzuk hedatzeari kalte egingo dio horrek, eta beste batzuk hedatzeari mesede.</li> <li>Aldaketak izango dira lurraldeko dunetako ekosistemetako espezie fungikoek fruitu emateko garaian, eta <i>C. archeri</i> espezie fungiko aloktonoak atzera egingo du.</li> <li>Lurzorua berotzearen ondorioz, materia organiko gehiago deskonposatuko da, eta klima-aldaketa bera elikatuko du horrek.</li> <li>Lurzoruaren gazitasun-maila handituko da, ebanpotranspirazio-tasa handitzearen ondorioz.</li> <li>Prezipitazioaren erregimena aldatzeak lurzoruaren higadura areagotu dezake.</li> <li>Pentsatzekoa da aldaketak izango direla inguru-nearen erasoek (klimarenek zein gizakiarenek, hots, kutsadura kimikoak) biotan izan dezaketen eraginean.</li> <li>Lurzoruko materia organikoa gutxiagotzeak eta azidotzeak metaketa txikiagoa izatea ekar dezake, baina, paradoxikoa bada ere, lurzoruko organismoek metatzen dituzten metalak toxikoagoak izatea eragin dezake aldi berean.</li> </ul>

SISTEMA	EGUNGO KLIMA	ETORKIZUNeko KLIMA
<p><b>NEKAZARITZAKO, ABEL TZAINZAKO ETA BASO-GINTZAKO BALIABIDEAK</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desoreka sortzen ari da mahatsondoaren gradu probableen (azukre-edukiaren) eta uzta biltze-rakoan duen heldutasun fenolikoaren artean. Hau da, bilketa aurreratzen ari da, mahatsondoa lehenago heltzen ari delako azukre-edukiaren aldetik izan behar duen mailara (13,5 °-ra). Hori dela eta, heldutasun fenolikoa ez da nahikoa, muztioaren kalitatea arriskuan baitago gradu gehiegi izatearen ondorioz.</li> <li>• Lehorreko nekazaritza-sistemen emankortasunak behera egin du, eta ureztatzeko sistemen eskariak, gora. Izotzaldi berantiarren ondorioz, loraldia aurreratzen ari da, eta, horren ondorioz, fruta-arbolak ahulago daude.</li> <li>• Nekazaritzako eta abeltzaintzako zenbait izurri eragin handiagoa izaten ari dira. Basoko izurriak eta gaixotasunak gora egiten ari dira. Espezie zulakari edo hosto-galarazle batzuek bi ziklo biologiko ere osa ditzakete urtebetean, edo eremu handiagoa kolonizatu, neguak epelagoak izatearen ondorioz.</li> <li>• Asaldu naturalek (ekaitzek, haizeteek, ziklogenesi leherkorrek...) kaltetutako egurren bolumena nabarmen handiagoa da urtetik urtera.</li> <li>• Azterketa dendrokronologikoen bidez, klima-baldintzek zuhaitzen (<i>Q. robur</i>, <i>Q. pyrenaica</i> espezieen) hazkunde erradialaren eta aukeratutako klima-aldagaien (hileko batez besteko hezetasun erabilgarriaren eta hileko batez besteko tenperaturaren) arteko egokitasunak dioenez, klima-faktoreen eragina ezberdina da kokalekuaren eta espeziearen arabera. Adibidez, bi espezieek antzera nabari dute klima-faktoreen eragina Bertizen, baina ez, ordea, Izkin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funtzio-taldean erantzunak ezberdinak izango dira. Esate baterako, lehorteen eragina handiagoa izango da C3 landareen artean (adibidez, garian) C4 landareen artean (adibidez, artoan) baino. Hala ere, C4 landareek ere aurre egingo diote CO<sub>2</sub> kantitatearen hazkunderari, uraren erabilerearen eraginkortasunaren aldetik batik bat.</li> <li>• Klima-aldaketak neguko garian eta mahatsondoan izango duen eragina simulatzeko kateak proiektatutako ondorioak ez dira oso argiak. Are gehiago, ez dago garbi klima-aldaketak eraginik izango duen ala ez mahatsondoan eta, izatekotan, zer-nolako izango duen. Halere, EAEko urtarokak hobekien simulatzen dituzten eskualdeko klima-ereduak erabiliz egindako proiektioek adierazten dutenez, klima-aldaketak izan izango du eraginik.</li> <li>• Klima-baldintzek proiektioei jarraitzen badiete, isurialde mediterraneoan banatuta egoteko joera duten izurri-espezieek laboreak har ditzakete eta belaunaldien kopurua handitu daiteke.</li> <li>• Mahatsondoari dagokionez, tenperaturak gora egitearen ondorioz, azido tartarikoa areago degradatuko da eta guztizko azidotasunak behera egingo du. Horek kalte egingo dio amaierako ardoaren kalitateari. Hau da, alkohol-gradu gehiago, pH altua eta guztizko azidotasun txikiagoa izango ditu ardoak.</li> <li>• Lehorreko ekosistemek karbonoa husteko betetzen duten eginkizuna arrisku handian egon daiteke datozen hamarkadetan. Hori dela eta, basotze-eta basoberritze-politikek kontuan izan behar dute zer baldintza proiektatzen ari garen etorkizun hurbilerako.</li> <li>• Mendiko larreen karga-ahalmenak behera egingo duela diote aurreikuspenek, eta belar gutxiago emango dutela baina ardi-aziendak hobeto us-tiatzeko modukoa izango dela belarra. Baldintza horietan, behi-azienda izango da kaltetuena.</li> <li>• Erabilitako txoko ekologikoen ereduek iragartzen dutenez, EAEko basoko zenbait espezieen banaketa ezberdina izango da.</li> <li>• Berotze globalaren ondorioz, baliteke lurzoruko karbono-erreserbak galtzea epe luzean. Izan ere, lurzoruko materia organikoaren deskonposizio-tasa handiagoa izango litzateke. Hala ere, pentsatzeak da prezipitazioak behera egingo duela. Bada, kontrako ondorioa izan lezake horrek.</li> </ul>



- Litekeena da basoen garai produktiboa aldatzea eta horrek errentagarritasun ekonomikoan eragina izatea.
- Muturreko fenomeno (ekaitzen, haizeteen, ziklogenesi leherkorren...) maiztasuna handitzearen ondorioz, asaldu naturalek kaltetutako egurraren bolumena nabarmen handiagoa izango da urtetik urtera.
- Intsektu-izurrien (etsai naturalen) eta ostalarien arteko orekak klima-aldaketaren eragina nabaritutuko du.

## BALIABIDE HIDRIKOAK

Baliabide hidrikoei dagokienez, historiako eta egungo baldintzak aztertzearen ondorioz, ikusi dugu neguko eta udaberriko batez besteko emariak behera egiteko joera eta urtaro horiexetako emari maximoak gora egiteko joera izan dela azken 50 urteetan. Hornikuntza-sistema gehienetarako ekarpenetan aldaketak izateko arrisku ertaina edo handia dago.

Klima-aldaketaren ondoriozko egoeretan, neguko eta udaberriko ur-ekarpena %6 eta %13 bitartean txikituko dela aurrakusten da, eta puntako emaria %20 handituko dela. Horren ondorioz, urpean gera daitekeen azalera %3 handituko da, eta, era berean, horren ondorioz, uholdeen ondoriozko galerak %15 handituko dira 2050erako.

Egoera horretan, hornikuntza-sistemek hornituko gaituzten bermea txikiagoa izango da iragarpenen arabera, eta, gainera, luizi eta lur-kolada handiak izateko arrisku handiagoa izango da.

Zer ondorio aurrez ikusten ditugun ikusirik, gure ondorioa da etorkizuneko emari naturalak eta klima-aldagaien ondoriozko emariak aztertzen jarraitu behar dela, lurraldea okupatzeko moduek (lurraldearen antolamenduak) ibai-arroetako ur-balantzean betetzen duten eginkizunean sakontzeko. Orobat, basogintza- eta nekazaritza-politikak egokitu beharra aztertu behar da, ibaien gaineko arriskua txikitzeko. Bestalde, sistema horren beste lehentasun batek izan behar du urez hornitzeko sareen gaineko arriskuari buruz gehiago jakitea. Hartara, sareok egokitzeko beharrezko politikan aurrera egingo dugu, sare bakoitzaren gaineko eraginarene eta arriskuaren arabera lehentasun-irizpideei jarraituz.

Alor honetan, aurreikuspenek diotenez muturreko prezipitazio-fenomenoa handituko da eta, horrenbestez, haien ondoriozko arriskuaren hazkundera izango da. Honenbestez, klima-aldaketak uholdeetan izan dezakeen eragina aztertzea garrantzizkoa eta beharko litzateke. Batetik, lehentasunak ezartzeko irizpide gisa erabilgarri delako eta bestetik klima-aldaketara egokitzeko estrategiak egungo kudeaketa- eta plangintza-

tresnetan barneratzeko beharrezkoa delako (hala nola Uholdeak Saihesteko EAEko Osoko Planaren barnean). K-EGOKITZEN proiektuaren lehen etapan uholdeen ereduak aplikatuzetik, begien bistan geratu da hiriguneak direla arriskurik handienean aurkitzen diren guneak, bai alde sozial eta ekonomikoa kontutan hartuta. Arazo horri aurre egiteko, hiriguneetako uholdeen ereduaren aplikazioan, kalibratzean eta baliozkotzean sakondu beharra dago. K-Egokitzenen azkeneko helburu gisa, hiriguneetako arrisku-maila aztertzea eta klima-aldaketara egokitzeko neurriak kudeatzeko (haien lehentasuna ezartzeko eta haien eraginkortasuna analizatzeko) tresna egokiak diseinatzea ditugu.

---

## HIRIGUNEA

Gaur egun, zenbait ezaugarri ditu munduak: biztanleria zahartzen ari da, migrazio-mugimenduak jazotzen dira, desberdintasun sozialak eta ekonomikoak handitzen ari dira eta balioetan ere eragina duen krisialdian gaude... Bertan, Euskal Autonomia Erkidegoan ere baditugu horren aztarnak, eta, klima-aldaketaren frogekin eta eraginarekin batera, egoera kritiko batean utzi gaituzte. Muturreko fenomenoek (hala nola uholdeek) gure ingurune biofisikoetan, ekonomikoetan eta sozialetan izan dezaketen eragin handia eta horiek guztiek uholdeei eta bero-boladei aurre egiteko gaitasun eskasa dira horren adierazgarri. Era berean, faktore horien ondorioz, klima-aldaketaren ondoriozko muturreko fenomenoek oso eragin handia izan dezakete egun gure hiriguneetan.

EAEko biztanleriaren ia %80 40 udalerritan bizi da, eta EAEn aurrez ikusten ditugun muturreko klima-fenomenoetan bizpahiruk izan dezakete eragina haietan. Klima-aldaketak giza osasunean izango duen eraginari dago-kionez, pentsatzekoa da erikortasun- eta heriotza-tasak gora egingo duela, bero-boladen eta bero-uharteen ondorioz nagusiki, eta arnas arazo akutuek (bereziki, alergiak) ere gora egingo dutela, polena dagoen garaia luzatzearen eta egun bero eta lehorren kopurua handitzearen ondorioz; izan ere, giroko karga handitzen dute horiek, hegoaldean batez ere. Funtsean, biztanleriari ahulenean izango luke eragina horrek guztiak, hala nola haurrengan, adinekoengan eta mendekotasun-egoeran daudela edota ezintasunen bat dutela-eta mugitzeko arazoak dituztenengan —biztanleriaren %25 65 urtetik gorakoa izango da 2020rako—.

Froga horiek guztiak ikusirik, esku hartu egin behar dugu ezinbestean, aurreikuspenek baitiote tenperatura maximoak eta minimoak gora egingo dutela mende honetan eta igoera are nabarmenagoa izango dela gure hirigune nagusietan, bero-uharteak gehiago nabarituko baitira. Orobat, XXI. mendeko bero-boladak luzeagoak eta beroagoak izango dira, eta urteko prezipitazioa txikiagoa izango da, udan batez ere. Muturreko prezipitazioa ohikoagoa izango da, ordea, eta ohikoagoa izango da, halaber, neguan prezipitazioa botatzea. Horren ondorioz, baliteke uholdeen maiztasuna eta hedadura handitzea, baita suteena eta lehorteena ere. Esku hartu behar horri heltzeko, gobernantza egokitzaila sustatzeko zenbait tresna planteatu ditugu; hain zuzen ere, horien helburu nagusia da klima-aldaketak hiriguneetan izan dezakeen eragina txikitzea.

Hala ere, ildo hori lantzen jarraitu beharra dago, hurbillketa hobetzeko eta hura aplikatzeko esparrua handitzeko. Alde horretatik, urrututako bide nagusietako bat da, batetik, egoera soziodemografikoak eta ekonomikoak eta,

bestetik, EAeko lurzoru espeziakoaren erabilerak aldatzearen ondoriozko egoerak klima-aldaketari buruz landutako egoerekin bat egitea. Ahalegin handia egin beharko genuke horretarako, klima-aldaketak etorkizunean EAEn izan dezakeen eragina aztertu baikenezake gainera horri esker. Beste lan-ildo batek hiriguneen gaineko arrisku-maila ebaluatzeko metodologiaren hobekuntzan jarri beharko luke arreta, zuhurtsun-printzipioa hartuz oinarritzat, hura EAeko udalerrri guztietan aplikatu ahal izateko, baita informazio zehatzik ez dugunetan ere, eta beste bat izan liteke itsas mailaren igoeraren arabera egitea arrisku-mailaren analisia. Halaber, komenigarria litzateke hirien diseinuak tokiko klima-aldagaietan eta, hortaz, herritarren erosotasunean duen garrantzian sakontzea, baita haren eta airearen kalitatearen arteko harremanean ere.

Hobekuntza horiek guztiak eta klima-aldaketak ingurune berrietan izan dezakeen eragina balioztatzea dira etorkizun hurbilerako erronkak. Bestalde, etorkizunean egiten diren antzeko lanetan, arriskuan egon daitezkeen eremu-tako ondasunak eta zerbitzuak balioztatu beharko lirateke klima-aldaketaren eraginaren edo hiriguneen gaineko arrisku-mailaren analisiak egitearekin batera, baita klima-aldaketara egokitzeko neurrien kostuaren eta eraginkortasunaren arteko egokitasuna aztertu ere. Azken batean, klima-aldaketaren ondorioek kostu ekonomiko handiak ekar ditzakete, eta hartara alde aurretik egokitzeko neurrien errentagarritasuna aztertu beharra dago, ekonomikoagoa baita isuriak lehenbailehen arintzea klima-aldaketaren ondorio ekonomikoetarako etorkizunean aurre egitea baino.

---

## KOSTALDEA

Klimaren proiektzioek (berotegi-efektua duten gasak isurtzen diren egoerei buruzkoek) diotenez, Euskadiko kostaldea aldatu egingo da XXI. mendean: 2100erako, itsasoa 1,5 °C eta 2100 °C artean berotuko da lehen 100 m-ko sakoneran, batez besteko itsas maila 29 eta 49 cm bitartean igoko da 2100erako, eta eguneko muturreko prezipitazioa %10 handituko da 2050erako. Bestalde, XX. mendean Bizkaiko Golkoko itsasoaren mailan egindako behaketak bat datoz XXI. menderako aurrez ikusten dugun igoerarekin. Hain zuzen ere, Santanderreko mareografoaren arabera, igoera-tasa urteko 2,08 mm-koa izan zen 1943 eta 2004 artean. 1946 eta 2007 artean, berriz, itsasoaren azaleko tenperatura aldatu egin zen Euskadiko kostaldean (zehatz-mehatz, Donostian, Aquariumean): 1977tik aurrera, 0,026 °C igo zen urteko —antzekoa diote Bizkaiko Golkoko eskalan egindako beste azterketa batzuek—.

Mende honen amaierarako proiektatutako itsas maila maximoaren igoera 49 cm-koa da eta, iragarpenen arabera, Gipuzkoako kostaldeko 110,8 ha eta Urdaibai Biosfera Erreserbako 12 ha urpean geratzeko arriskuan utziko ditu. Lurraldea urpean geratzeko arriskuari buruz egindako mapei esker, kostaldeko hainbat sektoretan kokatu dugu igoera horren eragina. Hain zuzen ere, kostaldearen gaineko eragin nagusietako bat izango da, estuario-inguru laueta batez ere, horietako asko urbanizatuta baitaude. Hareazko hondartzek %25 eta %40 bitartean egingo dute atzera, eta horietatik izango dira itsas mailaren igoera gehien nabari dezaketen elementuetako bat. Kostalde eta portu hiritarrek ere nabarituko dute igoera: Gipuzkoan, zenbait udalerritako 34 ha-tan. Itsas mailaren igoeraren ondorioz, hesi finkoek (artifizialek zein naturalek) paduren, hezeguneen

eta marearteko beste erkidego batzuen (hala nola fanerogamo-sailen) barnealderanzko migrazioa galaraz dezakete sarri askotan. Estuarioetako espezie batzuek, berriz, leku gutxi dute txoko ekologikoaren barnean, aldatzekoak diren klima-aldagaien mendean daudelako eta sakabanatzeko ahalmen eskasa dutelako. Bada, espezie horien gaineko arrisku-maila are gehiago handitu daiteke, aldatzen diren ingurune faktoreen arteko elkarrekintzaren ondorioz; izan ere, haien habitata txikitu eta zatitu daiteke. Esate baterako, horixe gerta dakioko *Zostera noltii* itsas fanerogamoari Oka ibaiaren estuarioan: haren habitatik aiposena %40 txikitu daiteke mende honen amaierarako, itsas mailaren igoeraren ondorioz. Horrenbestez, espezie horri dagokionez, klima-aldaketa bereziki kaltegarria izan daiteke, Euskadiko hiru estuariotan bakarrik dagoelako espezie hori eta, gainera, ura eta airea berotzearen eta, pentsatzekoa denez, beste talde batzuekin bat egiteko ahalmen genetiko eskasa izatearen arteko elkarrekintzak ere izan dezakeelako eragina harengan.

Azterketa honek kostaldea klima-aldaketara egokitzeko proposatzen dituen neurrien artean, badira zenbait garrantzi handiagokoak. Lehenik, itsas eta lehorreko jabari publikoa babesteko zorpeko eremua berrikusi behar da, itsas mailaren igoerari buruzko aurreikuspenen arabera. Bigarrenik, Erkidegoaren intereseko habitatak babestu eta elkarrekin lotuta egon daitezen sustatu behar da, urbanizazioa mugatuz, eta eremu degradatuak lehengoratu behar dira, ekosistemen erresilientzia eta ekosistemak aldaketetara beren kabuz egokitzeko gaitasuna handituz. Hirugarrenik, kostaldeko biodibertsitatearen eta ingurune fisikoaren gaineko egungo presioa ahal bezainbat txikitu behar da, ematen dizkiguten ondasunak eta zerbitzuak gutxitzen baititu. Azkenik, ahal dela ez da sortu behar hesi artifizialik, dunek, hondartzak eta urpeko jalkinek eta, kasuan-kasuan, bokaleak eta ibai edo estuarioak osatzen duten sistema ez mugatzeko eta, hartara, jalkinek modu naturalean bidaiatzen jarraitzeko; izan ere, hondartzak eta hondar-metak galtzeari eta atzeratzeari aurrea hartzen dio horrek.

---

## ITSASOKO BIODIBERTSITATEA, EKOSISTEMAK ETA BALIABIDEAK

1980tik aurrera, itsasoko uraren tenperatura hamarkadako 0,26 °C igo dela sumatu dugu Euskadiko kostaldean; uraren tenperatura altua zen egunen maiztasuna handiagoa izan dela; eguneko eguzki-erradiazioa 1,1 W/m<sup>2</sup> handitu dela hamarkadako 1980tik; eta, seguru asko, mantenugai gutxiago daudela eta sistema biologikoetako organismoek (bentosak, planktonak, erkidego pelagikoek) zenbait aldetatik (banakoen aldetik, populazioen aldetik eta erkidegoen aldetik) aurre egin behar izan diotela.

Klima-aldaketaren ondorioz, uraren tenperatura 1,5-2,05 °C altuagoa izango da mende amaierarako aurrez ikusitako egoeretan, udako eguneko eguzki-erradiazioa 35-40 W/m<sup>2</sup> handiagoa izango da, itsasoko ura nabarmen azidoago egongo da eta mantenugai gutxiago egongo dira eskuragarri. Egoera horiei aurre egiteko, aldaketa biologiko eta ekologiko handiak jazoko dira Euskadiko kostaldeko ekosistemetan, eta itsasoko baliabideen ustiapena ere aldatuko da.

Itsas inguruneari zein lehorreko inguruneari buruzko azterketak hobetuko baditugu, azterketek lurralde handiagoa hartu eta espezie gehiago landu behar dituzte, gehiago jakiteko etorkizunean gertatuko de-

nari buruz. Alde horretatik, inguruneko aldaketa txikiak eragin handia dutenez gero itsas espezieengan, aurreikuspenek diote itsas erkidegoen egitura eta osaera errotik aldatuko direla etorkizunean, eta, gainera, espezie arrotzak hedatzeko arriskua izango dela, itsasoko zirkulazioaren bitartez eta, klima-baldintza berriak direla medio, bide naturalen bitartez. Itsas ingurunean gertatzen diren aldaketek iragarriko digute zer aldaketa gerta daitezkeen lehorreko ingurunean.

Bestalde, lortutako emaitzen ziurgabetasun handia dela eta —tartea ahal bezainbat murrizteko lanean ari gara—, lurralde handiagoa aztertzeaz gain, aldagaien proiektzioa eta bereizmena ere handitu behar dira, baita simulazioak ere.

---

## LEHORREKO BIODIBERTSITATEA ETA EKOSISTEMAK ETA LURZORUKO BALIABIDEAK

Flora aloktonoari dagokionez, pentsatzekoa da ugaritu egingo dela lurraldean, tenperatura igotzeak on egingo diola eta. Bestalde, udako prezipitazioak behera egiten badu, udan lehorteari aurre egin behar dioten eremuen azalera handituko da, eta zailagoa izango da egungo espezie aloktono ugari sartzea eta hedatzea, baina, aitzitik, errazagoa izan liteke espezie mediterraneok sartzea eta hedatzea.

EAEko lurraldeetan, Bilboaldean dago inbasio-mailarik handiena, baina, tenperatura (batik bat, negukoak) igotzen bada, espezie batzuk beste eskualde batzuetara heda daitezke, berentzako habitat egokiak aurkitzen badituzte betiere.

*Baccharis halimifolia* da estuarioetako ekosistemetako espezie aloktonorik kaltegarriena, baina habitat horiek inbaditzeko gaitasun txikiagoa du baldin eta gazitasun- eta istiltze-maila handitzen bada. Gainera, etorkizunean, prezipitazio kantitatea eta prezipitazioaren banaketa aldatzeak eragina izan dezake gaitasun horretan.

Flora fungikoari dagokionez, berriz, pentsatzekoa da espezieen konposizioa aldatuko dela: espezie batzuk ugaritu egingo dira, eta beste batzuk, urritu. Adibidez, klima ozeaniko epeleko espezie aloktonoen hedatzea motelagoa izango da.

Lurzoruko baliabideei dagokienez, azkenik, klima-aldaketak izango du eraginik, eta gazitzea, higadura-arriskua eta lurzoruko materia organikoaren deskonposizioa handituko dira. Bestalde, lurzoruko tenperaturaren eta ur erabilgarriaren aldaketen adierazle diren zenbait espezie (akaro oribatidoak eta onddo-espezieak) proposatu ditugu proiektuaren esparruan. Ildo berean, lurzoruko faunaren fenologian eta fisiologian izan diren aldaketak aztertu ditugu —bare arrunta hartu dugu eredutzat, funtsezkoa baita kate trofikoaren barnean—. Azkenik, barea eta zizarea hartu ditugu klima-aldaketaren eta lurzoruaren kutsaduraren arteko elkarrekintza aztertzeke eredu experimentalizat.

## NEKAZARITZAKO, ABELTZAINZAKO ETA BASOGINTZAKO BALIABIDEAK

Laboreen hazkundea simulatzeko ereduak funtsezkoak izan dira klima-aldaketak nekazaritza-sektorean duen eragina aztertzeko, K-Egokitzen-I proiektuaren esparruan finkatutako helburuak lortzen lagundu baitute. Alabaina, ikusi dugu laboreak, klimak eta lurzorua osatzen duten sistemak eragin handia duela haietan, eta, horregatik, funtsezkoa da simulazio-ereduen irteerako bereizmena are gehiago handitzea, lurzoruaren kartografia erabiliz eta etorkizuneko klimaren egoerak bereizmen handiagoaz iragarritz. Hain zuzen ere, bi hobekuntza horiek egin egiten ari gara K-Egokitzen-II proiektuaren esparruan.

Bereizmena handitzeaz eta, horrenbestez, ziurgabetasuna txikitzeaz gain, ezinbestekoa da simulazioetarako erabiltzen ditugun laboreen kopurua handitzea, gehiago jakiteko klima-aldaketak nekazaritza-sektorean izan dezakeen eraginari buruz eta hartara egokitzeko dagokion neurriak proposatzeko. Espezieek alde ekologikotik eta alde ekonomikotik duten lehenbiziko mailaren arabera izan behar du espezieen kopuruaren handitze horrek. Alde horretatik, aipatzekoa da horretarako lehenbiziko urratsak egin ditugula K-Egokitzen-II proiektuaren esparruan.

Nekazaritza-sektorearen esparruan bezalaxe, txoko ekologikoen ereduak erabiltzea oso lagungarria izan da basogintza-sektorearen esparruan ere klima-aldaketak EAEko basoko zenbait espezieen banaketan izango duen eragina aztertzeko. Ereduak adierazten dutenez, K-Egokitzen-I proiektuaren esparruan eredarako erabili ditugun basoko espezieen populazio bideragarriak klima-aldaketaren ondoriozko egoeretan mantentzeko beharrezko baldintzak betetzen dituen ingurunea txikitzeko joera dago argi eta garbi. Mendiko larreei dagokienez ere ereduak funtsezkoak izan dira eta izango dira alor ekonomikoa eta ekologikoa kudeatzeko planak gauzatzeko erabakiak hartzen laguntzeko.

Basogintza-sektorean ere beharrezkoa da simulazioetarako erabiltzen ditugun espezieen kopurua handitzea, gehiago jakiteko klima-aldaketak izan dezakeen eraginari buruz eta hartara egokitzeko dagokion neurriak proposatzeko, eta arrazoi ekologikoak eta ekonomikoak hartu behar dira kontuan espezieen kopuruaren handitze horretarako.

Azkenik, ziurgabetasuna ahal bezainbat txikitzeko, beharrezkoa da ereduetak sarrerak hobetzea. Hori dela eta, klima-inputen (ensembleen) hobekuntza aurrera egiten ari gara K-Egokitzen-II proiektuaren esparruan, baita espezieen presentzia-puntuenean ere.

---

## Eskerrak

K-Egokitzen proiektua Eusko Jaurlaritzako Ingurumen, Lurralde Plangintza, Nekazaritza eta Arrantza Sailak eta Industria, Berrikuntza, Merkataritza eta Turismo Sailak finantzatzen dute; SPRI Industriaren Sustapenerako eta Birmoldaketarako Sozietatearen ETORTEK programaren bidez finantzatzen du Ingurumen, Lurralde Plangintza, Nekazaritza eta Arrantza Sailak, eta Industria, Berrikuntza, Merkataritza eta Turismo Sailak, 2010 K-Egokitzeneko Zientzia, Teknologia eta Berrikuntza Euskal Planaren esparruan.

Argitalpen hau laburpen-dokumentu bat da, eta K-Egokitzen proiektuaren emaitzak azaltzen ditu. Tecnalía Research and Innovatióneko Ingurumen Unitateak koordinatzen du proiektua, eta Tecnalía Korporazioko beste bi zentrok hartzen dute parte: AZTI-Tecnaliako Itsas Ikerkuntzarako Unitateak eta Neiker-Tecnaliako Ingurumenerako eta Baliabide Naturaletarako Unitateak. Orobat, Euskal Herriko Unibertsitateko 12 ikertzaile-taldek ere hartzen dute parte, eta BC3 Basque Center for Climate Change erakundeak laguntza ematen du.

Zenbait erakunde lagundu digute lana aurrera eramaten, hala nola Gipuzkoako, Bizkaiko eta Arabako foru-aldundiek; AEMET Espainiako Meteorologia Agentziak; eta Eusko Jaurlaritzako Kartografia Zerbitzuak.

Eskerrak eman nahi dizkiegu guztiei, ekimen honetan laguntzeagatik eta parte hartzeagatik. 2007an sortu zen K-Egokitzen proiektua, baina elkarrekin lanean jarraituko dugu aurrerantzean ere, klima-aldaketaren aurka borrokatzen laguntzeko emaitza gehiago lortzeko.

