

Klimatek 20-21 deialdia

Klima-aldaketako bereizmen handiko agertokiak Euskal Autonomia Erkidegorako RCP 4,5 eta RCP 8,5 beg-en kontzentrazioaren bideen arabera



Klimatek 20-21 deialdia

Klima-aldaketako bereizmen handiko agertokiak Euskal Autonomia Erkidegorako RCP 4,5 eta RCP 8,5 beg-en kontzentrazioaren bideen arabera

©

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

HONEK EDITATUA:

Ihobe, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa
Garapen Ekonomiko, Jasangarritasun eta Ingurumen Saila.
Eusko Jaurlaritza

Urkixo zumarkalea, 36, 6. solairua
48011 Bilbo

Tel: 900 15 08 64

info@ihobe.eus

www.ihobe.eus

EDUKIA:

Dokumentu hau NEIKERek egin du Ihoberentzat.



Liburu honen edukiak, aurtengo edizioan, lizentzia honen pean argitaratzen dira:
Aitorpena - Ez komertziala - Creative Commons-en 3.0 Unported lan eratorririk
gabe (informazio gehiago: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es_ES)

Aurkibidea

Laburpena	7
Aurrekariak eta helburuak	9
01. Metodologia	12
1.1. Tenperaturen eta prezipitazioaren atlas klimatikoa: datu historikoak.....	12
1.2. Behaketen datu basearen hautaketa.....	13
1.2.1. Eredu orografikoa.....	14
1.2.2. Erregresio eta interpolazio ereduak.....	14
1.3. Etorkizuneko proiektzioak RCP 4.5 eta RCP 8.5 agertokietan	15
1.3.1. CORDEX ekimena.....	15
1.3.2. Klima aldaketaren proiektzioak EAEn.....	17
1.4. Tenperaturetan eta prezipitazioan oinarrituta kalkulatutako klima adierazleak.....	24
02. Klima joeren emaitzak EAE-ko esparru geografiko globalean	26
2.1. 1971-2016 emaitzak: tenperaturen eta prezipitazioaren atlas klimatikoa (datu historikoak)	26
2.2. EAE-rako 2011-2100 proiektzioak prezipitaziotik eta tenperaturetatik eratorritako RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan.....	30
2.2.1. 2011-2100 proiektzioak: prezipitazioekin lotutako adierazleak.....	31
2.2.2. 2011-2100 proiektzioak: tenperatura minimoekin lotutako adierazleak	37
2.2.3. 2011-2100 proiektzioak: tenperatura maximoekin lotutako adierazleak	41
2.2.4. 2011-2100 proiektzioak: batez besteko tenperaturekin lotutako adierazleak	45
2.2.5. 2011-2100 proiektzioak: erreferentziazko ebapotranspirazioa	49
03. Ondorioak.....	52
04. Sortutako produktuak, erabiltzailearen gida/ohiko galderak.....	54
05. Erreferentzia bibliografikoak.....	57
06. I. Eranskina: adierazle klimatikoen definizioa.....	59
A. Oinarrizko hainbat aldagai konbinatzen dituzten adierazleak (“combo”)	59
B. Erreferentziazko ebapotranspirazioa.....	60
C. Prezipitazioetatik kalkulatutako adierazleak	62
D. Batez besteko tenperaturetatik kalkulatutako adierazleak.....	64
E. Tenperatura maximoetatik kalkulatutako adierazleak	65
F. Tenperatura minimoetatik kalkulatutako adierazleak	69
07. II. Eranskina: proiektzio klimatikoak oinarrizkoak ez diren aldagaietarako	71
7.1. EURO-CORDEX ekimenaren hasierako datuak: oinarrizkoak ez diren aldagaiak	71
7.2. 1971-2100 aldirako emaitzak, hezetasun erlatiboari, haizearen abiadurari eta eguzki erradiazioari dagokienez: proiektzioak RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan	73

Akronimoak

AR5 Fifth Assessment Report

AR6 Sixth Assessment Report

EAE Euskal Autonomia Erkidegoa

CMIP5 The WCRP Coupled Model Intercomparison Project - Phase 5

CORDEX COordinated Regional Downscaling Experiment

CSV Comma Separated Values

ESGF Earth System Grid Federation

ETCCDI Expert Team on Climate Change Detection and Indices

EURO-CORDEX CORDEXen Europako adarra (COordinated Regional Downscaling Experiment)

GCM General Circulation Model

IFCA-MACC, CSIC-UC Kantabriako Fisika Institutuak (Ikerketa Zientifikoen Goi Kontseilua) eta Matematika Aplikatu eta Konputazio Zientzien Sailak (Kantabriako Unibertsitatea) osatutako taldea

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change

RCM Regional Climate Model

RCP Representative Concentration Pathway

WRCP World Climate Research Programme

Laburpena

Euskadin, klima aldaketaren agertoki erregionalizatuak egi-teko hainbat proiektu gauzatu dira, eta, horiei esker, hainbat agertokitarako espazio eta denbora bereizmen handiko datuak lortu ahal izan ditugu. Hauek izan dira dokumentu hau lantzearen aurrekariak:

- > Klimatek 2016 deialdian, bereizmen espazial handiko proiektio erregionalizatuak egin ziren (1km x 1km), “delta” metodoaren bidez, Eurocordes agertokietatik abiatuta (12km x 12km). Proiektu horrek aukera eman zuen 2100. urtera arteko adierazle anitzeko urteko datuak edukitzeko, BEG kontzentrazioko bi RCP (Representative Concentration Pathway) agertokitarako, bata RCP 4,5 moderatua eta bestea RCP 8,5 ezkorra.
- > Klimatek 2017 deialdian, espazio bereizmen handiko eta denbora bereizmen handiko agertokiak landuz egin zen aurrera, eguneroko datuekin, alborapenak zuzentzeko metodologiaren bidez. Kasu horretan, beharrezkoa izan zen 1970-2016 aldiko datu klimatiko historikoen datu base bat egitea. Hala ere, analisisa RCP 8,5 agertokira egokitu zen.
- > Aurrerago, Life IP Urban Klima 2050 proiektuaren esparruan, espazio eta denbora bereizmen handiko agertokiak egin ziren, osatzeke geratzen zen agertokirako, hau da, RCP 4,5 agertokirako.

Dokumentu hau espazio eta denbora bereizmen handiko agertokiak lantzeko bi proiektuen laburpena da, RCP 8,5 eta RCP 4,5 agertokietarako alborapenak zuzentzeko metodologiaren bidez. Horretarako, erabilitako metodologia, ondorio nagusiak eta klima informazioa behar bezala erabiltzeko gomendioak deskribatzen dira.

Era berean, joera historikoak deskribatzen dira, 1971-2016 aldirako sortutako atlas termoplubiometrikoa eta hezetasun erlatiboari, eguzki erradiazioari eta haizearen abiadurari buruzko proiektioak ikusita.

Sortutako informazio guztia lhoberen agertoki bisorean dago eskuragarri (<http://escenariosklima.ihobe.eus/>) eta Geoeuskadi bisorean hautatutako 13 aldagaien batez besteko balioak ere kontsulta daitezke, geruza kartografikoen bidez (<https://www.geo.euskadi.eus/geobisorea>).

Metodologia

Metodologiari dagokionez, nabarmendu egin behar da dokumentu honetarako erabilitako datuak EURO-CORDEX ekimenak IPCCren Bosgarren Ebaluazio Txosteneko (AR5) RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietarako emandako Europari buruzko eskualde simulazioetatik datozela. Eki-men horrek eredu globalen (GCM) eta klimaren eskualde ereduen (RCM) konbinazioekin sortutako simulazio alternatiboen multzo bat eskaintzen du sareta beraren gainean (12 km ingururen baliokidea den 0,11° -ko bereizmen horizontalarekin).

Klimari buruzko bereizmen handiko datuei dagokienez, EURO-CORDEXen eguneko prezipitazio datuetatik eta 12 simulaziotako tenperaturetatik (GCM/RCM) abiatuta, haien bereizmen espaziala hobetu zen eta haien alborapena zuzendu zen, honako hauek erabiliz:

- > EAEko bereizmen handiko oinarritzko klimatologia (~1km x 1km) behatutako klima serieetan oinarrituta.

- > Koantila doitzeko teknikak: bat enpirikoa (EQM-“Empirical Quantile Mapping”) eta bi parametrikokoak (PQM-“Parametric Quantile Mapping” eta GPQM-“Generalized Parametric Quantile Mapping”).

RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietarako prezipitazioen eta tenperaturen bereizmen handiko datu horiek erabilita, 70 klima adierazle baino gehiago kalkulatu ziren.

Oinarritzakoak ez diren aldagaietarako (hezetasun erlatiboa, eguzki erradiazioa eta haizearen abiadura), dokumentu hau argitaratzeko unean, EURO-CORDEX simulazioen proiektzioak ez dira eskualdekatu (~12km x 12km), eta ez zaizkie aplikatu alborapena zuzentzeko teknikak. Gaur egun, ildo horretan ari dira lanean eta, horregatik, eranskin batean bereizita aurkezten dira.

Emaitzak

Emaitzei dagokienez, 1971-2016 aldi historikoan joera esanguratsuak ikusi ziren EAE osoan. Dena den, joeren magnitudeak, esanguratsuak izan arren, arinak dira oro har. Honako hauek dira joera horietako batzuk:

- > Igoera: eguneko tenperatura maximoen batezbestekoak (TX), egun beroak (TX90p), tenperatura atalase jakin batzuk gainditzin diren egunak (25°C eta 35°C, adibidez), bero boladak (WSDI).
- > Igoera: eguneko tenperatura minimoak (TN), gau beroak (TN90p) eta tropikalak (TR), eta tenperatura minimoen maximoak (TNx).
- > Igoera: batezbesteko tenperaturak (TG), batez beste 10°C gainditzin diren egunak (TG10a), aire girotuaren erabilerari lotutako egunak (COLDDD).
- > Igoera: egun bero lehorrak (DW) eta egun bero hezeak (WW).
- > Jaitsiera: egun hotz lehorrak (DC), egun hotz hezeak (WC), 0°C baino gutxiagoko egunak (FTD), eguneko tenperatura tarteak (DTR), gau hotzak (TN10p) eta berokuntzaren erabilerari lotutako egunak (HEATDD).

Prezipitazioarekin (PRCPTOT, RR1, R10, R20, RX1day, SDII, etab.) lotutako adierazleek, aldiz, ez dute joera esanguratsurik 1971-2016 aldi historikoan EAE osorako.

Etorkizunerako proiektatutako joerei dagokienez, honako hau nabarmendu behar da:

- > RCP8.5 agertokirako proiektatutako aldaketaren magnitudeari buruzko ziurgabetasuna askoz handiagoa da RCP4.5 agertokiarekin lotutakoa baino eta, oro har, handiagoa izaten da denborak aurrera egin ahala.
- > Tenperaturen kasuan, joera positiboa da (tenperaturen igoera) une honetatik aurrera. Eguneko batez besteko tenperaturaren igoera hori, agertokiaren eta ereduaren arabera, 0,5°C eta 4,0°C artekoa izango litzateke, eta handiagoa mendearen amaieran eta RCP8.5 agertokirako. Aldaketa eredu nahiko homogeneoa izango litzateke EAE osoan.
- > Temperatura baxuko egunekin lotutako indizeek behera egiteko joera izango lukete etorkizunean, esaterako, izozte egunek (FD), eta temperatura altuekin lotutako adierazleek, berriz, gora egiteko joera izango lukete (SU, SU35, HWF). Hazkunde estazioaren (GSL) luzera ere pixka bat handituko litzateke, batezbesteko tenperatura moderatuak dituzten egunen kopuru handiagoarekin lotuta.
- > Prezipitazioaren kasuan, urteko prezipitazio meta-tuaren (PRCPTOT) beherakada soilik espero liteke eta mende amaieratik hurbil dauden aldietan eta are gehiago RCP8.5 agertokian. Aldi berean, prezipitazio aldien (CDD) arteko egun lehorren tarte handiagoak eta elkarren segidako euri egunen (CWD) tarte txikiagoak egongo lirateke eta egun hezeen (RR1) kopurua murriztuko litzateke, baina eguneko prezipitazioen intentsitatearen joera oso nabarmenik gabe.
- > Tenperaturen igoerak berekin ekarriko luke ebapotranspirazioa (ET0) handitzeko joera. Horrenbestez, alde batetik, landarediak ur premia handiagoa izango luke eta, bestetik, prezipitazioak beherako joera izango luke; ur eskaera handiagoa izango litzateke baina ur gutxiago erabilgarri.

Klima joerei buruzko emaitza horiek EAE osoko esparru geografikorako lortu dira, urteko datuak eta klima adierazle batzuk kontuan hartuta. Hala ere, azterketa mota hori EAEko eremu zehatzagoetarako, urtaroko edo hileko datuetarako (baita eguneko datuetarako ere oinarritzako aldagaien kasuan) eta klima adierazle gehiagotarako egin daitezke, izan ere, informazioa eskuragarri dago komunitatearentzat (bereziki, helbide honetan: <http://escenariosklima.ihobe.eus/>).

Aurrekariak eta helburuak

Txosten honetan, honako proiektu hauetan lortutako klimari buruzko informazioa biltzeko ahalegina egin da:

- > **AGERTOKIAK proiektua** (“EAERI buruzko klima aldaketaren bereizmen handiko eskualdeko agertokiak egitea”): Eusko Jaurlaritzaren 2016. urteko KLIMA-TEK I+B+G programaren (I+G proiektuak, berrikuntza eta erakustaldia klima aldaketarako egokitzapenean) finantzaketarekin. Ihoberentzat (Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa) egindako proiektu horretan, Neikerrek eta Predictia Intelligent Data Solutions S. L.k hartu zuten parte.



- > **AGERTOKIAK II proiektua** (“EAERako bereizmen handiko klima aldaketako agertokiak egitea. II. Fasea: Eguneko datuak alborapena zuzentzeko metodologia-ekin”): Eusko Jaurlaritzaren 2017. urteko KLIMATEK I+B+G deialdia (I+G proiektuak, berrikuntza eta erakustaldia klima aldaketarako egokitzapenean). Ihoberentzat (Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa)

- > egindako proiektu horretan, Neikerrek, Tecnaliak eta Santanderko Meteorologia Taldeak hartu zuten parte (IFCA-MACC, CSIC-UC).



- > **URBAN KLIMA 2050 proiektua** (“Systemic implementation of the CC action in the Basque Country for increased urban resilience as full territory enabler”): Life programaren (LIFE 18 IPC/ES/000001 LIFE-IP URBAN KLIMA 2050) lagundutako finantzaketarekin eta lhoberen (Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa) koordinazio orokorrarekin. Txosten honetan aipatzen diren klimari buruzko datuak lortzeko eta jendearen eskura jartzeko Neikerrek, Santanderko Meteorologia Taldeak (IFCA-MACC, CSIC-UC) eta Predictia Intelligent Data Solutions S. L.k hartu zuten parte eta, zehazki, LIFE-IP honetako A.2 ekintzari (“Extension of the risk analysis in the Basque Country”) dagozkio.



Europar Batasunaren LIFE Programaren finantzaketa jaso du URBAN KLIMA 2050 -LIFE 18 IPC 000001 proiektuak.
El proyecto URBAN KLIMA 2050 -LIFE 18 IPC 000001 ha recibido financiación del Programa LIFE de la Unión Europea.
The URBAN KLIMA 2050 -LIFE 18 IPC 000001 project has received funding from the European Union's LIFE Programme.

Jendearen eskura dauden informazio iturriak

AGERTOKIAK

Eusko Jurlaritzaren web orria (dokumentu metodologikoa eta emaitzena):
https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/escenarios_cc/es_def/adjuntos/03KLIMATEK.pdf

Eusko Jurlaritzaren web orria (datu deskarga):
<https://www.euskadi.eus/informacion/escenarios-proyectados-de-cambio-climatico-en-el-pais-vasco/web01-a2ingkli/es/>

Ihoberen web orria:
<https://gis.ihobe.eus/Klima2050/escenarios/index.html>

AGERTOKIAK II

Eusko Jurlaritzaren web orria (dokumentu metodologikoa eta emaitzena):
https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/escenarios_cc/es_def/adjuntos/Escenarios_cambio_climatico_pais_vasco_cast.pdf

GeoEuskadi ataria eta bere FTP (RCP8.5 agertokiko datuen parte bat bistaratzea eta deskargatzea):
<https://www.geo.euskadi.eus>
ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Medio_Ambiente/Escenarios_Cambio_Climatico/

Klimari buruzko datuetarako *ex profeso* garatutako bisorea (RCP8.5 agertokiko datuak bistaratzea eta deskargatzea):
<http://escenariosklima.ihobe.eus>

URBAN KLIMA 2050

GeoEuskadi ataria eta bere FTP (RCP4.5 agertokiko datuen parte bat bistaratzea eta deskargatzea):
<https://www.geo.euskadi.eus>
ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Medio_Ambiente/Escenarios_Cambio_Climatico/

Klimari buruzko datuetarako *ex profeso* garatutako bisorea (RCP8.5 agertokiko datuak eta RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietarako haize, hezetasun eta erradiazio aldagaiak bistaratzea eta deskargatzea):
<http://escenariosklima.ihobe.eus>

1. Taula. Agertokiak, agertokiak ii eta urban klima 2050 proiektuetan lortutako klimari buruzko datuen eta etorkizuneko proiektzioen informazio iturriak, jendearen eskura daudenak.

Laburbilduta, elkarren segidan osatu diren proiektu horiei esker, gaur egun EAEko esparru geografikorako klimari buruzko honako datu hauek daude eskuragarri:

- > Temperatura eta prezipitazio aldagaietarako: datu historikoak edo “atlas historikoa” (1971-2016; egunekoak; ~1km) eta etorkizuneko proiektzioak, alborapen zuzenketarekin, RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan (2011-2100; egunekoak; ~1km).
- > Temperaturetan eta prezipitazioetan oinarrituta kalkulatuak 70 klima adierazle baino gehiagotarako: datu historikoak eta etorkizuneko proiektzioak RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan (1971-2100; ~1km).
- > Oinarritzkoak ez diren aldagaietarako (haizearen abiadura, hezetasun erlatiboa, eguzki erradiazioa): datu simulatuak, alborapen zuzenketarik gabe, RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan (1971-2100 gutxi gorabehera; egunekoak; ~12km).

Beraz, txosten honen helburua ez da informazio berria sortzea, dokumentu bakar batean jasotzea baizik:

- > Erabilitako metodologia (~1 km bereizmen espazialeko klimatologia historikoa lortzea; EURO-CORDEX ekimenaren klima proiektzioak lortzea; EURO-CORDEXen simulazioen alborapen zuzenketarako koantila doitzeko teknikak aplikatzea eta bereizmen espazial handiko (~1km) eta denborazko (egunekoak) proiektzioak sortzea;
- > EAerako proiektatutako klima joerei buruzko emaitza orokorrak interpretatzea, kalibratutako EURO-CORDEX ekimenaren simulazioaren arabera;
- > Jendearentzat eskuragarri dauden klimari buruzko datu horiek guztiak modu egokian erabiltzeko gomendioak.

Aldia	Aldagaiak	Iturria	Bereizmen espazial maximoa	Denborazko bereizmen maximoa	Metodoa
Iragana ("atlas historikoa")	Temperaturak* Prezipitazioa	EAEko eta zona mugakideetako estazioetako serie historikoak	30" (~1km*1km)	Egunekoa: 1971-2016	Erregresio eredua, goraguneen eredu digitaletik sortutako koaldagaiak eta kriging arrunta erabiliz
Iragana	Temperaturetatik* eta prezipitaziotik eratorritako adierazleak	EAEko eta zona mugakideetako estazioetako serie historikoak	30" (~1km*1km)	30 urteko aldiei dagokiena, (adierazlearen arabera)	Atlas historikoan oinarritutako kalkuluak
Etorkizuna ("proiektzio doituak")	Temperaturak* Prezipitazioa	EURO-CORDEX ekimenaren simulazioak (0,11°)	30" (~1km*1km)	Egunekoa	Alborapen zuzenketa koantila doituak (EQM eta GPQM), atlas historikoa erreferentziatut hartuta
Etorkizuna	Temperaturetatik* eta prezipitaziotik eratorritako adierazleak	EURO-CORDEX ekimenaren simulazioak (0,11°)	30" (~1km*1km)	30 urteko aldiei dagokiena (adierazlearen arabera)	Temperaturak* eta prezipitazioaren eguneko proiektzio doituak oinarritutako kalkuluak
Iragana	Haizearen abiadura, hezetasun erlatiboa eta eguzki erradiazioa	EURO-CORDEX ekimenaren simulazioak (0,11°)	0.11° (~12km*12km)	Egunekoa	Gaur egun prozedura gehigarririk gabe
Etorkizuna	Haizearen abiadura, hezetasun erlatiboa eta eguzki erradiazioa	EURO-CORDEX ekimenaren simulazioak (0,11°)	0.11° (~12km*12km)	Egunekoa	Gaur egun prozedura gehigarririk gabe

* Taula honetan, "temperaturak" terminoak tenperatura minimoa, tenperatura maximoa eta batez besteko tenperatura adierazten ditu.

2. Taula. Agertokiak, Agertokiak II eta Urban Klima 2050 proiektuei esker, jendeak eskuragarri dituen klimari buruzko datu historikoei eta etorkizuneko proiektzioei buruzko laburpena.

Metodologia

EAEko etorkizuneko klima proiektzioak lortzeko prozesua, oro har, honako hau izan zen: EURO-CORDEX (1971-2100) ekimenaren simulazioen datuak lortzea eta, ahal zen heinean, haren bereizmen espaziala (“downscaling” edo “eskualdekatzea”) hobetzea, gutxi gorabehera, ~12km pixeletik ~1km-ra pasatuz. “Downscaling” prozesu hori oinarritzko aldagaientzako bakarrik egin zen (prezipitazioa eta tenperatura minimoa, maximoa eta batezbestekoa), baina ez hezetasun erlatiborako, haizearen abiadurarako edo eguzki erradiatziarako.

Horretarako, datu historikoen atlas bat sortu behar izan zen, estazio meteorologikoen benetako behaketetan eta luraren goraguneen eredutik sortutako koaldagaientzako oinarrituta, nahi zen bereizmenarekin (~1 km) eta eguneko datuekin (1971-2016). Atlas historiko hori, iraganeko EURO-CORDEX (1971-2000) ekimenaren eguneko balio simulatuak behar bezala kalibratzeko eta, ondoren, etorkizuneko (2011-2100) datu simulatuei alborapen zuzenketa bera aplikatzeko erreferentzia izan zen.

1.1. Tenperaturen eta prezipitazioaren atlas klimatikoa: datu historikoak

EAEko eremu geografiko osorako datu termoplubiometriko historikoak eskura izateko helburuarekin, prezipitazio eta tenperaturen datu historikoak gordetzen dituzten hiru erakunde nagusien klimari buruko datuak biltzea izan zen lehen urratsa:

- > Estatuko Meteorologia Agentzia (AEMET): 1971-2016 aldiko tenperaturen (maximoa, minimoa eta batezbestekoa) eta prezipitazioen eguneko datuak eskatu ziren, Euskal Autonomia Erkidegoko (EAE) eta inguruko estazio meteorologikoetan bildutakoak. Datu base horrek aldi horretako prezipitazioen 164 estazio eta tenperaturaren 96 baino gehiago biltzen ditu.
- > Euskal Meteorologia Agentzia (EuskalMet): prezipitazioari eta tenperaturari buruzko datu berberak eskatu ziren (174 estazio) EuskalMeten eskuragarri dagoen aldirako, hain zuzen ere, 2001-2016 aldirako.
- > Ur Agentzia (URA, Uraren Euskal Agentzia): Uraren Euskal Agentziak prezipitazio eta tenperaturen datuekin lan egiten du, aurreko bi agentzietako estazioetakoekin nahiz beste estazio batzuetakoekin. Horrenbestez, 1971-2016 intereseko aldirako erregistratutako klimari buruzko datuak eskatu zitzaizkion URARI, eta hirugarren

datu base bat sortu zen prezipitazioen 233 estazioekin eta tenperaturen 73 estazioekin. Horietatik 91 eta 42, hurrenez hurren, aurreko datu baseetako berberak dira eta akatsak aurkitzeko erabili ziren. Halaber, Uraren Euskal Agentziak kalkulaturako ebapotranspirazio potentzialeko datuak eman zituen, lortutako bereizmen handiko oinarritzko klima baloratzeko ere erabili zirenak.

1.2. Behaketen datu basearen hautaketa

Lehen aipatutako hiru Agentzien datu basea lortu ondoren, interpolazio prozesuan erabili beharreko estazioak hautatu ziren, hileko balioenak eta eguneko anomalienak. Horrela, hautatutako sarea EAEn modu homogeneoan banatzea eta behatutako aldian bere kokapeneko klimaren adierazgarri izatea lortuko zen.

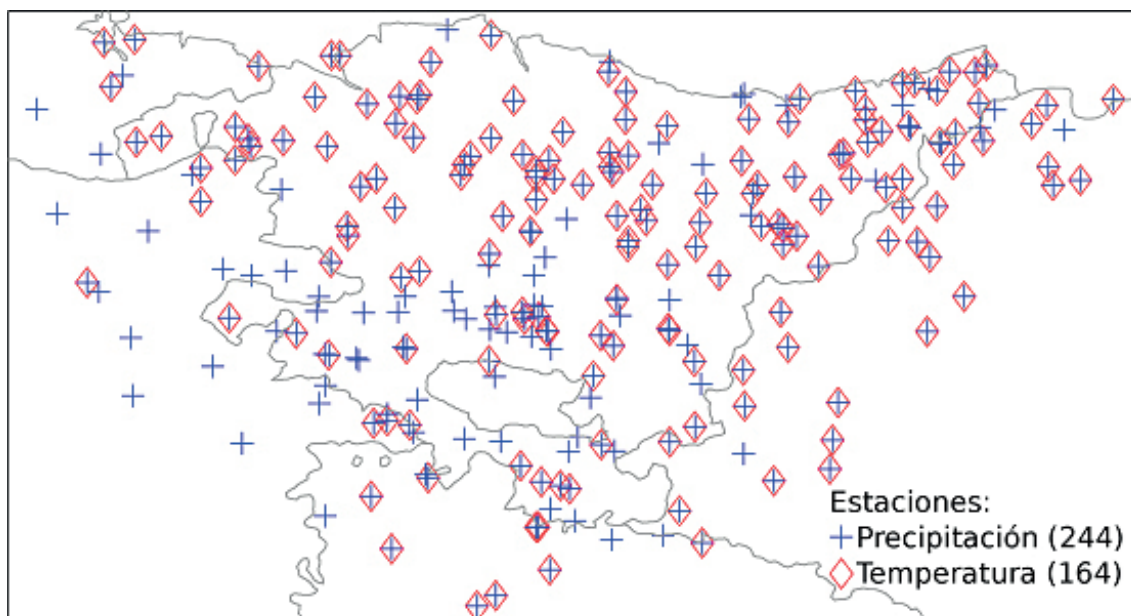
Horretarako, hainbat azterketa egin ziren datuetan egon zitezkeen akatsak aurkitzeko (Gutiérrez et al., 2010; Herrera et al., 2011; Herrera et al., 2012):

- > Balio anormaloak aurkitzea: Hasieran, balio oso altuak edo baxuak aurkitu ziren, baldin eta koartil arteko

tartea hiru aldiz gainditzen bazuten (25 pertzentila eta 75 pertzentila). Prezipitazioaren kasuan, behetik mugatutako aldagaia izanik, goiko kota gisa euri egunen 90 pertzentila 4 aldiz eta beheko kota gisa 0 ezarri ziren.

- > Hutsuneak: Gutxienez, elkarren segidako 20 urteko aldiak zituzten serieak identifikatu ziren, gutxienez datuen %80ekin. EuskalMeten serieen luzera txikiagoa zela eta, gutxienez 10 urteko serieak hartu ziren kontuan, gutxienez, datuen %80ekin.
- > Bi kasuetan, hileko seriearen %50 baino gutxiagoko estazioak ezabatu ziren, hilabete bakoitzeko datuen %80ekin gutxienez.
- > Homogeneotasuna: Azkenik, urteko serieen homogeneotasun absolutua eta erlatiboa aztertu ziren hipotesi testen bidez, eta %95eko konfiantza zuten serie ez-homogeneoak ezabatu egin ziren.

Lehen hautatutako datu basea EuskalMeteko adituekin adostu zen. Adituek estazio jakin batzuk sartzea edo kentzea aholkatu zuten. Horrela, 1. irudian erakutsitako prezipitazioak eta tenperaturak behatzeko sareak lortu ziren, horiekin interpolazioak egiteko.



1. Irudia. Ezarritako hautaketa irizpideen arabera interpolaziorako kontuan hartutako tenperatura estazioen sarea.

1.2.1. Eredu orografikoa

Hautatutako behaketa sarearekin xede bereizmena (1km) lortzeko, aldagai orografikoak sartu behar izan ziren bereizmen handiko klimari buruzko datu basea egiteko. Bereizmen espazialeko (~1km) 30"-ko, GTOPO30 (<https://lta.cr.usgs.gov/GTOPO30>) eredu orografikotik eratorritako honako aldagai hauek hartu ziren kontuan:

- > Orografia: Hirugarren mailako erregresio polinomialeko eredutzat hartu zen:

$$P_{orog}(orog) = a_3 * orog^3 + a_2 * orog^2 + a_1 * orog + a_0$$

- > Kontinentaltasuna (kostara dagoen distantzia): Puntu bakoitzetik kostara dagoen distantzia hirugarren mailako erregresio polinomialeko eredu baten bidez hartu zen kontuan:

$$P_{cont}(cont) = b_3 * cont^3 + b_2 * cont^2 + b_1 * cont + b_0$$

- > Kurbadura: Puntu bakoitzaren kurbadura globala longitudeko eta latitudeko kurbaduren emaitza gisa hartu zen kontuan.
- > Blokeoak eta esposizioak: Kontuan hartu ziren norabide edo sektore batean eremu garaia bat egote gisa definitutako blokeo orografikoak, grid puntu bakoitzaren esposizioak eta blokeo horietara dagoen distantzia. Blokeoak definitzeko, zortzi sektoreko haize-arrosa hartu zen kontuan N, NW, W, SW, S, SE, E eta NE).

Horrela, 24 aldagaiko multzo bat lortu zen eta, horren bidez, erregresio eredu definitu zen "stepwise" motako prozesu baten bidez. Prozesu horretan, ondoriozko ereduaren hondakina minimizatzen zuen koaldagaia sartzen zen urrats bakoitzean.

Kontuan hartutako hiru aldagaien artean koherentzia izateko (prezipitazioa, tenperatura maximoa eta tenperatura minimoa), alde aurreko azterketa egin zen kasu bakoitzean zer koaldagai ziren garrantzitsuenak zehazteko, aldagai bakoitzaren hileko seriea kontuan hartuta, ereduak koaldagai bakoitza hautatzen zuen aldien ehunekoan oinarrituta. Ehuneko horrek aldagai bakoitzaren aldagarritasun espazialaren gainean koaldagai bakoitzak duen azalpen ahalmenari buruzko informazioa ematen du. Nabarmendu egin behar da erregresio eredu hileko eskalan aplikatu behar dela, eguneko eskalan aldagai erregresoreen eta xede aldagaiaren arteko mendekotasuna murriztu egiten delako espazio aldakortasunaren aurrean.

Aurreko azterketaren esparruan, aldagai orografikoak eta kontinentaltasunekoak identifikatu ziren erregresio ereduaren gehien azaltzen diren aldagai gisa. Ipar eta ipar-mendebaldeko norabideetako blokeoak ere sortu ziren ereduaren, bai eta mendebaldeko blokeoekiko

distantzia ere. Beraz, oinarritzko eredu gisa honako aldagai hauetan oinarritutakoa hartu zen: orografia, kostara dagoen distantzia, blokeoak N eta NW norabideetan, eta blokeoetara dagoen distantzia NW eta SW norabideetan. Aurreko oinarritzko ereduari, interpolazio prozesuaren barruan, gainerako koaldagaiak gehitu zitzaizkion lehen deskribatutako "stepwise" prozesuaren bidez.

1.2.2. Erregresio eta interpolazio ereduak

Datu basea hautatu eta erregresio ereduaren erabili beharreko koaldagaiak definitu ondoren, interpolatu beharreko aldagaiek, sarearen bereizmena eta koaldagaiak sartzeak dituzten arazoetara egokitzen den interpolazio metodo bat hautatu behar da.

Arlo horretako artearen egoera aztertu ondoren, planteatutako arazoetara ongien egokitzen zen metodo familia Kriging-en (Krige, 1951) metodo geoestatistikoaren familia zela. Metodo horiek azterlan askotan aplikatu dira klima aldagaientarako (Herrera et al. 2012, 2016; Haylock et al., 2008; Biau et al., 1999; Atkinson and Lloyd, 1998; etab.) eta aldagai sorta zabala dute metodologia aldagai adierazleen interpolaziora, koaldagaiak sartzera eta abarrera egokitzeko. Azterlan honetan Kriging Arruntaren metodoa hartu zen kontuan, goratzeko metodo digitalarekiko mendekotasuna lehen deskribatutako erregresio ereduaren bidez lortu zelako. Metodo hori aldagaiaren mendekotasun espazialaren modelizazioan oinarritzen da, erdi-bariograma enpiriko eta ereduaren bidez

horren ondoren, $y_{ok}(x) = \sum_{i=1}^k w_i y(x_i)$ metodoko w_i

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{\|x_i - x_j\|=h}^{N(h)} (y(x_i) - y(x_j))^2$$

pisuak ekuazio sistema honen bidez lortzen dira:

$$-\sum_{i=1}^k w_i \gamma(\|x_i - x_j\|) + \mu = -\gamma(\|x - x_j\|) \sum_{i=1}^k w_i = 1$$

Azken bereizmenara iristeko, interpolazioa honako etapa hauetan banatu zen:

- > Lehenik eta behin, aldagaiaren (prezipitazioa, tenperatura maximoa edo tenperatura minimoa) hileko balioa erregresio ereduarekin hurbildu zen, lehen hautatutako koaldagaiak horretan sartuz.
- > Bigarrenik, sareta puntu bakoitzari lotutako hileko balioa (MonthlyValuereg) eta ereduak egindako hondakina edo errorea (Err) kalkulatu ziren, erregresio ereduarekin lortutako koefizienteak erabiliz.
- > Jarraian, Kriging metodoarekin interpolatu zen erregresio ereduaren (Err) hileko hondakina grid

puntuetan eta, horrela, ereduak esleitutako hileko balioa zuzendu zen ($\text{MonthlyValueok} = \text{MonthlyValuereg} + \text{Errok}$).

- > Azkenik, eguneko anomaliaren balioa (DailyAnomalyok) interpolatu zen eta aurreko urratsetan lortutako hileko balioa (MonthlyValueok) gehitu zitzaion. Prezipitazioaren kasuan, honela definitu zen eguneko anomalia: eguneko prezipitazioaren eta hileko balio metatuaren arteko zatidura ($\text{dailyValueok} = \text{MonthlyValueok} * \text{DailyAnomalyok}$); tenperaturaren kasuan, berriz, eguneko tenperaturaren eta hileko batezbesteko tenperaturaren arteko aldea ($\text{dailyValueok} = \text{MonthlyValueok} + \text{DailyAnomalyok}$).

Prezipitazioaren kasuan, izaera mistoa duenez, alde batetik maiztasuna eta bestetik kantitatea, beste prozesu bat sartu zen azken urratsean, hain zuzen ere, euria gertatzearekin lotutako aldagai bitarra interpolatu zen aldagai adierazleei lotutako Kriging metodoaren bidez (IK, Indicator Kriging). Horrela, prezipitazio kantitatea interpolatu ez ezik, maiztasuna ere doitu egin zen.

Aurreko prozesuaren ondorioz, 1km x 1km-ko gelaxkaren arearen batezbestekoa adierazten duten prezipitazioaren eta tenperaturaren eguneko datu basea sortu zen, aurretik deskribatutako azpiko datu basearen denborazko bereizmen berarekin.

Lau aldagai interpolatuen erabilgarritasunak aukera ematen du horien mendeko edo horien ondoriozko aldagaiak eta adierazleak eraikitzeke. Zehazki, **¿? atalean**, ETCCDI-*Expert Team on Climate Change Detection and Indices* edo Klima Aldaketaren Detekzio eta Indizeen Adituen Panelak definitutako muturreko adierazle batzuk aurkezten dira (<http://etccdi.pacificclimate.org/>).

Interes handiko aldagai bat erreferentziazko laborearen ebapotranspirazioa da (ET_0 , mm dia^{-1}), eta hainbat formulazioen bitartez eragin daiteke jatorrizko aldagai eskuragarrien arabera. Proiektu honen esparruan, aldi berean FAOren 56. koadernoan (Allen et al., 1998) oinarrituta dagoen URaren formulazioari jarraituz (<http://www.uragentzia.euskadi.eus>), eguneko ET_0 tenperatura maximo eta minimoetan oinarrituta kalkulatu zen.

1.3. Etorkizuneko proiektzioak RCP 4.5 eta RCP 8.5 agertokietan

Eskualdeko klima proiektzioak sortzea eskualde mailako klima aldaketari buruzko informazioa lortzeko nahitaezko lehen urratsa da, eta klima aldaketak hainbat sektoretan (adibidez, hidrologian) dituen eraginak aztertu eta ebaluatzeak aukera ematen du. Proiektu honen azterketa eremua Euskal Autonomia Erkidegoa (EAE) da. Hala ere, ereduak egindako eskualdeko proiektzioek (baita bereizmen handienekoak ere) alborapen sistematikoak dituzte (adibidez, batezbestekoan) erreferentziazko aldi historiko baterako gainazaleko behaketen datuekin alderatzen direnean (ikus, adibidez, Casanueva et al., (2015), EURO-CORDEXen Espainiari buruzko datuen alborapenen azterketarako). Alborapen horiek ereduaren eta errealitatearen arteko alde sistematikoek sortutakoak dira (orografiaren, sareta azpiko prozesuen parametrizazioaren eta beste hainbat faktoreen ondorioz). Horregatik, eskualdeko klima proiektzioak behar bezala kalibratu behar dira azterketa eremuaren behaketa datu adierazgarriekin, eredu horien alborapen sistematikoak doitzeko eta, hala, inpaktu azterlanetan erabili ahal izateko; teknika horiei alborapenak zuzentzeko teknikak esaten zaie (ikus, adibidez, Gutiérrez et al., 2017).

Azterlan horretan, alborapenak zuzentzeko teknikak aplikatu ziren jendeak eskuragarri dituen EURO-CORDEX ekimenaren simulazioei buruzko datuetan (bereizmen espazialeko $0,11^\circ$ (~ 12 km)), eta EAEko bereizmen handiko oinarritzko klimatologia erreferentziazko hartuta kalibratu zen, 1 km-ko bereizmen espazialaren behaketaren datuak jasotzen dituen (atlas klimatiko historikoa).

Erabilitako kalibratze metodoak VALUE proiektuan Europari buruz egindako barne konparazioak azterketan portaera onena erakutsi zuten alborapenak zuzentzeko teknikak izan ziren. Azterketa horretan, 20 teknika desberdin baino gehiago aztertu ziren (ikus Gutiérrez et al., 2017).

1.3.1. CORDEX ekimena

Azken hamarkadetan, klimaren etorkizuneko joeraren proiektzioak egin dira aldian-aldian, zirkulazio globaleko eredu fisiko-matematikoak erabiliz (GCM-“General Circulation Models”). Eredu horiek klima sistemaren dinamika simulatzen dute (atmosfera, hidrosfera, kriosfera, litosfera eta biosfera) klima sistemari eragiten dioten faktore antropogenikoen, esaterako, berotegi efektuko gasen isurpenaren etorkizuneko bilakaera karakterizatu nahi duten agertokietan. Jarduera hori Klima Aldaketari buruzko Adituen Gobernu arteko Taldeak (IPCC-“Intergovernmental

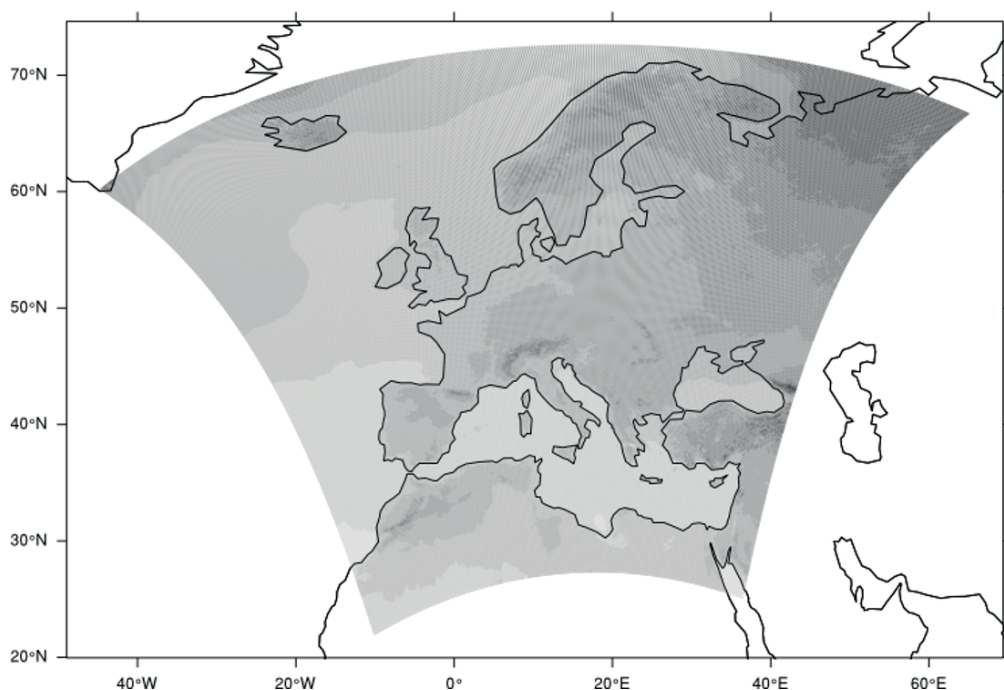
Panel on Climate Change”) koordinatzen du nazioartean. Taldeak 2014an argitaratu zuen bere bosgarren txostena (AR5-“Fifth Assessment Report”, <https://www.ipcc.ch>). Txosten horiek nahitaezko erreferentzia dira klima aldaketari buruzko azterlanetarako, orain arteko emaitza zientifiko (klima aldaketari buruzko argitalpen eta proiektzio globalak nahiz eskualdekoak) garrantzitsuenak biltzen baitituzte. 2021eko abuztuan IPCCren seigarren ebaluazio txostena argitaratu zen (AR6 - “Sixth Assessment Report”, <http://www.ipcc.ch/>). Txosten hori berriegia da azterlan honetan txertatzeko.

GCMen muga praktikoa garrantzitsuenetako bat bereizmen espaziala da (ehunka kilometro), eskualdeko klima prozesuak erreproduzitzen uzten ez duena eta, ondorioz, inpaktu azterketetan zuzenean erabiltzeko aukerarik ematen ez duena. Bereizmena handitzeko, eskualdekatze dinamikoko teknikak erabiltzen dira. Teknika horiek eskualde eredu bat (RCM, ingelesezko “Regional Climate Model”) interesezko eskualdean GCM partikular bati “habiaratzean” oinarritzen dira, hau da, RCMk GCMren balioak hartzen ditu ingurune baldintzatuta. Eskualde ereduak dozenaka kilometroko bereizmen tipikoa dute (ikus Gaertner et al., 2012, klima aldaketaren eskualdeko proiektzio metodologiaren deskribapen laburra; ikus CLIVAR Exchangesen zenbaki berezia ere, 73. zk., ‘Special Issue on climate over the Iberian Peninsula: an overview of CLIVAR-Spain coordinated’, Espainiako klima aldaketaren eskualdeko azterketari buruzko informazio eguneratua ematen duena). Europako esparruan, klima

aldaketari buruzko eskualdeko proiektzioak Europako hainbat ikerketa proiektutan ekoitzi eta eguneratu dira: PRUDENCE (2001-2004; 50 km, Christensen et al., 2007), ENSEMBLES (2004-2009; 25 km, Déqué et al., 2012), eta EURO-CORDEX (Jacob et al., 2014); hori IPCCren AR5 txostenean erabilitako eredu globaletan oinarritzen da eta Eskualdekatze Esperimentu Koordinatu edo CORDEXen (ingelesezko “Coordinated Regional Downscaling Experiment”) Europako adarra da (Giorgi et al., 2009; Jones et al., 2011) eta, ondorioz, Europa hartzen duen domeinurako simulazioak hartzen ditu 0,11°-ko bereizmenean, 12 km inguru (2. irudia). Mundu osoan, CORDEXen helburua da eskualdeko proiektzioak sortzea eta mundu osoan eskuragarri jartzea, eta klimari buruzko eskualdeko informazioa erabiltzen duen komunitatearekin ezagutza trukea sustatzea. “World Climate Research Programme” (WRCP) erakundeak babestutako proiektua da.

Jarraian, CORDEX ekimenak aurreko proiektuekin (PRUDENCE y ENSEMBLES) alderatuta dituen hobekuntza nagusiak laburbilduta:

1. Simulazioko domeinu erkide bat definitzen da kontuan hartutako eremuetarako (Afrika, Europa, Mediterraneoa, etab.). Horrela, eredu guztiek sistema koordinatu bera partekatzen dute, definitzeko hartzen duten sarea barne.
2. Mundu osoa hartzen duten domeinuak definitzen dira, agertoki globalen multzo bat lortzeko helburuarekin.



2. Irudia. EURO-CORDEXen kokatutako rcms-ak simulatzeko domeinua.

3. XXI. mendearen amaierako gas kontzentrazioen (RCP4.5 eta RCP8.5, batez ere) egonkortze balioan oinarritutako hurbilketa desberdin bateko agertokiak eguneratzen dira. IPCCren AR5ari dagokio.
Gogora dezagun AR5ean, kontzentrazio ibilbide adierazgarriak deituriko lau agertoki ezartzen direla (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 eta RCP8.5). Horien ezaugarri bat da 2100. urteko erradiazio bidezko behartze totalaren gutxi gorabeherako kalkulua egiten dutela 1750. urtearekin (industriaurrekoa) alderatuta, hau da, Lur sistemaren balantze energetikoa nola aldatuko dela uste dutenaren arabera. RCP agertoki horietarako XXI. mendeko klima politiken bariatatea kontuan hartuta egiten dira kalkuluak. Hala, RCP8.5 agertokian, onartzen da ez dela ia arintze politikarik aplikatzen eta berotegi gasen emisioen oso maila altua lortzen dela (CO_2 ren baliokideen ia 1313 ppm), 8,5 W/m²-ko erradiazio bidezko behartzea ekarriko luketenak. RCP4.5 agertokia bat etorriko litzateke egonkortze agertoki ertain batekin.
4. GCM x RCM akoplamendu matrizean oraindik ere hutsune handiak dauden arren, partzialki ebatzi da ENSEMBLESen ikusitako arazoa, eta aukera ematen du bi osagaien arteko (GCM eta RCM) aldakuntzaren banaketaren azterketa sendoagoa egiteko.
5. Bi bereizmen definitu dira, bat zakarra 0,44°-koa, lehendik zegoen bereizmena handitzen ez duena, eta beste bat Europan, 0,11°-koa, lehen garatutako agertokien bereizmena handitzen duena eta RCMren bereizmenean gehikuntzaren balio erantsia aztertzeo aukera ematen duena.

1.3.2. Klima aldaketaren proiektzioak EAEn

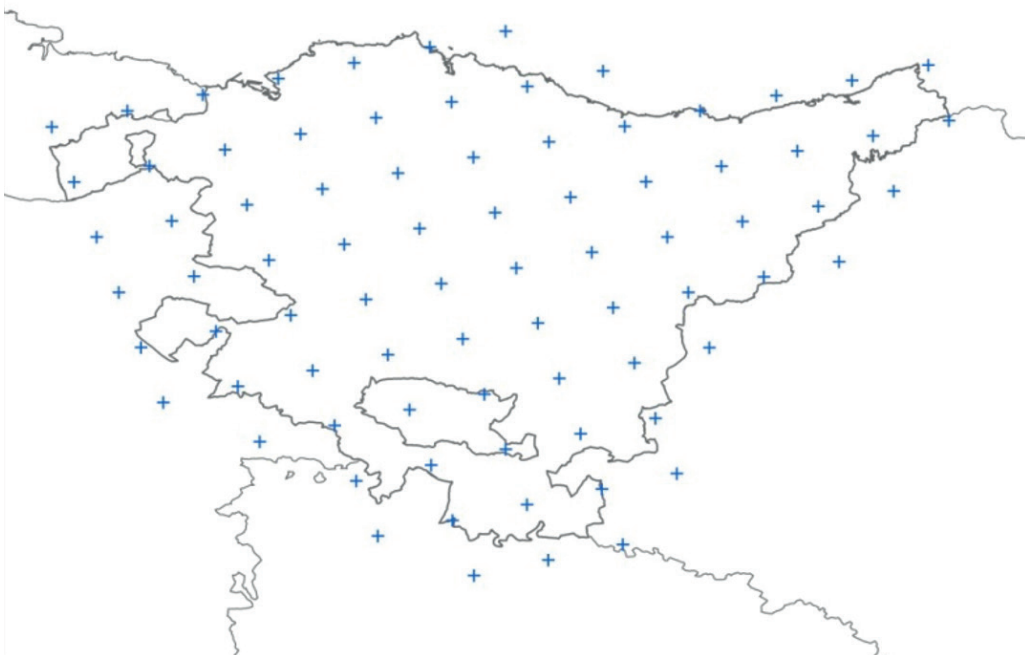
EURO-CORDEX ekimenaren hasierako datuak: oinarritzko aldagaia

EAEko etorkizuneko klima proiektzioak eta estaldura geografikoak (mapak) egiteko, EURO-CORDEX ekimenean bildutako hamabi GCM/RCMk sortutako simulazioetako datuak erabili ziren, gutxi gorabehera ~12 km-ren baliokidea den 0,11°-ko bereizmenarekin (3. taula). Erreferentzia gisa, dagozkion simulazioen “historical” (historikoa) esperimendua hartu zen kontuan.

Datuak lortzeko, Eskualdekatzeko Esperimentu Koordinatuaren (CORDEX, Giorgi et al., 2009; Jacob et al., 2014) ESGF (“Earth System Grid Federation”) azpiegituran eskuragarri dauden simulazioen bilaketa eta inbentarioa egin zen 2017an, proiektzio horien banatzaile ofizial gisa. Honako hauek izan ziren bilaketak:

- Project: CORDEX; Domain: EUR-11; Time Frequency: day; Experiment: historical, rcp45; Aldagaia: tas, tasmin, tasmax y pr.
- Project: CORDEX; Domain: EUR-11; Time Frequency: day; Experiment: historical, rcp85; Aldagaia: tas, tasmin, tasmax y pr.

2017an eskuragarri zeuden simulazioak deskargatu ondoren, prozesatu egin ziren, EAE estaltzen zuten eta 3. Irudian ageri diren 80 sareta puntuetatik hurbilen dauden GCM/RCM ereduak bakoitzaren domeinuko puntuak ateraz.



3. Irudia. EAE-rako kontuan hartutako euro-cordexen proiektzioen sareta puntuak.

Azkenik, eskuragarri zeuden 12 GCM/RCM simulazio erabili ziren, gainerakoen proiektzio espazial desberdina izateagatik bi baztertu ondoren (gorriz markatuta 3. taulan). 12 proiektzio horien alde aurretiko ebaluazioa egin zen eta, horretarako, historical esperimenduak (historikoa) eta RCP4.5 eta RCP8.5 emisioen agertokiak erabili ziren.

Sistema edo nomenklatura bat ezarri behar izan zen GCM/RCM simulazio bakoitza adiera bakarrean identifikatzeko. Horretarako, CORDEX proiektuan (http://is-enes-data.github.io/cordex_archive_specifications.pdf) definitutako "Data Reference System"-etik abiatu zen, eta dokumentu horretan ezarritako elementuak hartu ziren kontuan fitxategiaren izena eraikitzeke. 4. taulan islatzen dira ESGFn duten erabilgarritasunaren arabera har ditzaketen elementuak eta balio posibleak.

Horrela, sortutako fitxategi bakoitzaren izena sintaxi honi jarraituz eraiki zen:

Aldagaia_Domeinua_EreduGlobala_Esperimentua_Kidea_Erakundea_EskualdeEredua_bertsioa_Aldia.luzapena

Adibidez:

pr_EUR-11_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5_rcp45_r1i1p1_CCLM4-8-17_v1_1971-2100.csv

Bestalde, honako hau adierazi behar da: agertoki bakoitzetik serie jarraitu bat lortzeko eta sortutako fitxategien kopurua minimizatzeko, 2005. urtera arteko denbora seriea bat datorrela "historical" esperimenduarekin eta, 2006. urtetik aurrera, aldiz, bat datorrela RCP4.5 eta RCP8.5 esperimenduekin.

Etorkizuneko eredu eta agertoki bakoitzerako testu fitxategi bat sortu zen (CSV edo TXT formatuan). Fitxategi horretako eremu edo zutabe bakoitza bat dator datarekin (YYYYMMDD) edo sareta puntu batekin (GridXXX), eta errenkada edo lerro bakoitza bat dator egun espezifiko batekin, fitxategian sartutako eremuen goiburu edo deskribatzailea hartzen duen lehen lerroaren salbuespenarekin. Horrela, puntu espezifiko bateko balio bat eta data jakin bat, fitxategian aurki daitezke interes datari dagokion lerroa eta eskatutako grid puntuari lotutako zutabea identifikatze hutsarekin, 4. irudiko adibidean ius daitekeen bezala.

ID	Earth System Model (ESM)	Regional Climate Model (RCM)	¹ Erakundea
1	CERFACS-CNRM-CM5_r1i1p1	CCLM4-8-17_v1	CLMcom
2	CERFACS-CNRM-CM5_r1i1p1	RCA4_v1	SMHI
3	ICHEC-EC-EARTH_r12i1p1	CCLM4-8-17_v1	CLMcom
4	ICHEC-EC-EARTH_r1i1p1	RACMO22E_v1	KNMI
5	ICHEC-EC-EARTH_r3i1p1	HIRHAM5_v1	DMI
6	ICHEC-EC-EARTH_r12i1p1	RCA4_v1	SMHI
7	IPSL-CM5A-MR_r1i1p1	RCA4_v1	SMHI
8	MOHC-HadGEM2-ES_r1i1p1	CCLM4-8-17_v1	CLMcom
9	MOHC-HadGEM2-ES_r1i1p1	RACMO22E_v1	KNMI
10	MOHC-HadGEM2-ES_r1i1p1	RCA4_v1	SMHI
11	MPI-ESM-LR_r1i1p1	CCLM4-8-17_v1	CLMcom
12	MPI-ESM-LR_r1i1p1	RCA4_v1	SMHI
-	IPSL-CM5A-MR_r1i1p1	WRF331F_v1	IPSL-INERIS
-	CERFACS-CNRM-CM5_r1i1p1	ALADIN53_v1	CNRM

¹ Erakundeei buruzko xehetasun gehiago dokumentu honetan:

<http://www.euro-cordex.net/imperia/md/content/csc/cordex/20160204a-eurocordex-simulations.pdf>

3. Taula. Azterlan honetan kontuan hartutako EURO-CORDEX ekimeneko GCM/RCM akoplamenduekin lortutako eskualdeko proiektzioak. Gorriz datuen formatuarekin izandako arazoengatik baztertutako akoplamenduak.

Fitxategi horiek eskatutako multzo osoaren simulazio bakoitzean erabilgarri zeuden aldagai guztietarako sortu ziren:

- pr: prezipitazioa (mm) (“Precipitation”)
- tas: batezbesteko tenperatura (°C) (“Near-Surface Air Temperature”)
- tasmin: tenperatura minimoa (°C) (“Daily-Minimum Near-Surface Air Temperature”)
- tasmax: tenperatura maximoa (°C) (“Daily-Minimum Near-Surface Air Temperature”)

Oinarizko aldagaien (tenperaturak eta prezipitazioa) ondoriozko adierazleetarako, kontuan hartutako klima aldiak honako hauek izan ziren: 1971-2000 GCM/RCMek simulatutako behatutako klima historikorako eta 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100 GCM/RCM proiektzioei dagozkien etorkizuneko aldietarako RCP4.5 eta RCP8.5 emisio agertokien arabera. Kasu guztietan eta kontuan hartutako aldi bakoitzerako, oinarizko aldagaien balioak kalkulatu ziren egun bakoitzerako, eta oinarizko aldagaien ondoriozko klima adierazleen balioak hil bakoitzerako, klima aldaketaren ondorioak urtaroen eskalan ebaluatu ahal izateko.

Etiketa/Elementua	Balio posibleak
Aldagaia	pr, tas, tasmin, tasmax
Domeinua	EUR-11
Eredu globala	CERFACS-CNRM-CM5; ICHEC-EC-EARTH; IPSL-CM5A-MR; MOHC-HadGEM2-ES; MPI-M-MPI-ESM-LR; NCC-NorESM1-M
Esperimentua	rcp45 y rcp85
Kidea	r12i1p1; r1i1p1; r2i1p1; r3i1p1
Erakundea	CLMcom; CNRM; DMI; GERICS; ICTP; IPSL; KNMI; MOHC; MPI; SMHI
Eskualde eredu	ALADIN53; ALADIN63; CCLM4-8-17; CSC; CSC-REMO2009; ETH-COSMO-crCLIM-v1-1; HadREM3-GA7-5; HIRHAM5; RACMO22E; RCA4; RegCM4-6; REMO2015; WRF381P
Bertsioa	v1; v2; v3
Aldia	1971-2100

4. Taula. EURO-CORDEX ekimenaren aldagaiei buruzko .Csv fitxategien nomenklaturari buruzko argibideak.

YYMMDD	Grid001	Grid002	Grid003	Grid004	Grid005	Grid006	Grid007	Grid008	Grid009	Grid010
19790101	6.25152731	6.84357882	7.3927021	6.7801919	5.5679574	5.25936508	6.64808226	6.10006857	6.55562687	6.38783455
19790102	4.78387594	4.96389389	5.09319735	4.68878508	3.00622034	4.35640478	6.12406254	4.59962273	4.66264105	4.28005123
19790103	4.15088797	4.04719925	4.40792179	4.13729	3.05506587	3.49806237	5.97957134	4.20091248	3.73038244	3.83612156
19790104	4.63568401	5.72351933	5.997756	5.42810249	5.27604294	6.92291689	6.02151299	4.50863218	5.62995911	5.32385778
19790105	6.27924776	6.70869398	6.7779727	6.18177128	6.05247927	7.58325195	7.85679579	6.31450701	6.66803741	6.28980827
19790106	7.8559494	8.79880905	9.50879097	8.35644341	7.08991814	8.31073856	8.55407333	8.02637482	8.70401764	8.76053333
19790107	6.54423952	7.03579378	8.1763649	7.95825481	6.06958008	5.92267084	7.41566181	7.00701761	7.80171394	8.09123707
19790108	7.2989316	7.18677425	7.67442894	7.42956066	7.6457572	10.1524534	9.53955936	7.1416378	6.84959459	6.41350412
19790109	5.220788	4.72490406	4.6484971	5.13010073	5.66960382	7.01536322	6.74907684	4.67983961	4.8073144	4.72795486
19790110	4.46487808	5.47515106	6.29260254	6.75498724	6.81492901	7.23529196	5.17215252	4.65881157	5.52467823	5.73233938
19790111	6.72810793	6.87975025	6.8898983	6.68066835	6.08153963	5.82069921	8.45023918	6.53727961	6.78116703	6.09343147
19790112	4.6794138	5.57561207	5.89085865	6.42189026	6.35838318	6.77410507	6.69633579	5.55830002	5.82148123	5.69426155
19790113	4.72045755	4.79694462	4.93273354	4.70283461	4.39611387	4.20608377	5.67576981	5.76516581	6.41808414	5.63726187
19790114	3.59867406	3.54454112	3.42394829	3.69496679	3.30332351	4.78795719	4.6571784	3.94409394	3.95037675	3.57283092
19790115	6.37151909	6.4742403	6.31087017	6.17362118	4.77976465	4.43888474	8.28322697	6.18709612	6.49436188	5.60472584
19790116	5.46959162	5.85377169	6.28736115	6.54585981	5.44578457	5.30823135	7.3954711	5.34919834	5.82668447	5.38305998
19790117	10.79322272	10.8734703	11.8561287	11.5572548	9.93204308	9.32036114	13.2097082	10.5087261	10.9174032	10.9144487
19790118	10.728178	10.7943792	11.8186865	11.4497328	9.46949482	10.675499	13.2567987	10.449522	10.7807026	10.9128437

4. Irudia. Eredu fitxategi bateko lehen 11 zutabeak: denbora (lerroa/errenkada) eta espazio (zutabea) koordinatuen araberrako balioak.

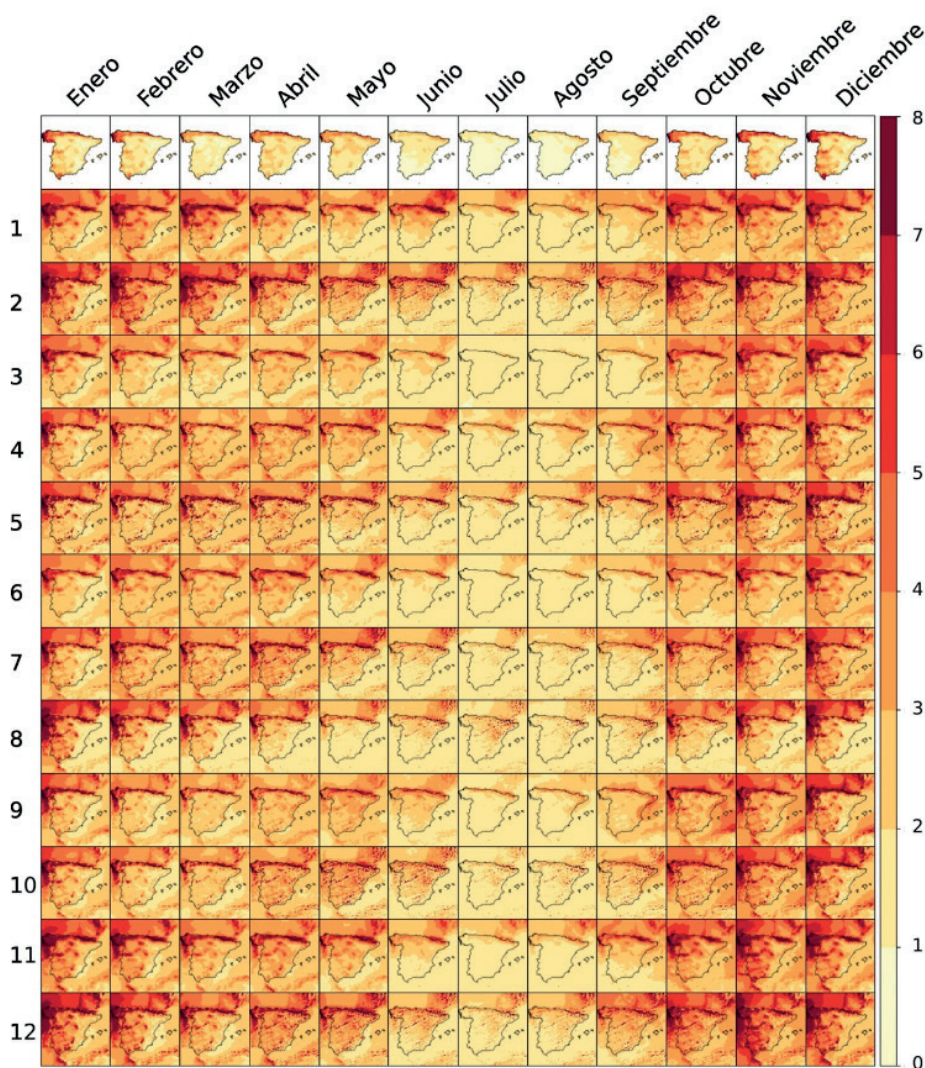
Oinarrizko aldagaietarako ereduaren ebaluazioa penintsulan

Tenperaturak (minimoa, maximoa eta batezbestekoa) eta prezipitazioa kontuan hartuta, simulatzeko aldagai zailena prezipitazioa da. Horregatik, lehenik eta behin EURO-CORDEXen ereduak Espainiako estatuko prezipitazioen batezbestekoa nahiz muturreko balioak behar bezala erreproduzitzeko duten gaitasunaren azterketa egin zen, 1971-2000 kontrol aldia (agertoki historikoa) kontuan hartuta.

Horretarako, batezbesteko eta muturreko prezipitazioari buruzko 3. taulan jasotako ereduaren hileko emaitzak aztertu (50 urteko errepikatze aldirako balioa, Muturreko Balioen Banaketa Orokortu edo hileko maximoen GEV batetik lortutakoa) eta Spain02_v5 datu sareak (sareta

honek EURO-CORDEXen datuen bereizmen bera du eta eredu hauek ebaluatzeko garatu zen; Herrera eta beste batzuk 2016, <http://www.meteo.unican.es/datasets/spain02>) emandako behaketa datuekin alderatu ziren. Azterlan horren emaitzak 5. irudian eta 6. irudian daude jasota, hurrenez hurren. Lehen lerroan behatutako balioari dagozkion hileko klimatologiak jaso dira eta gainerako lerroetan, bestalde, eredu desberdinekin lortutako klimatologiak 3. taulako zenbakien arabera.

6. irudiak erakusten du GCMs/RCMen konbinazioek, oro har, behatutakoen antzeko emaitzak eragiten dituztela, batezbesteko eta muturreko prezipitazioak goitik kalkulatzeko joera duten arren, eredu horiek berezkoak dituzten alborapen sistematikoen ondorioz (eta proiektu honetan alborapena zuzentzeko metodoekin kalibratzen direnak). Alderdirik aipagarriena RCA4 eredu da (12



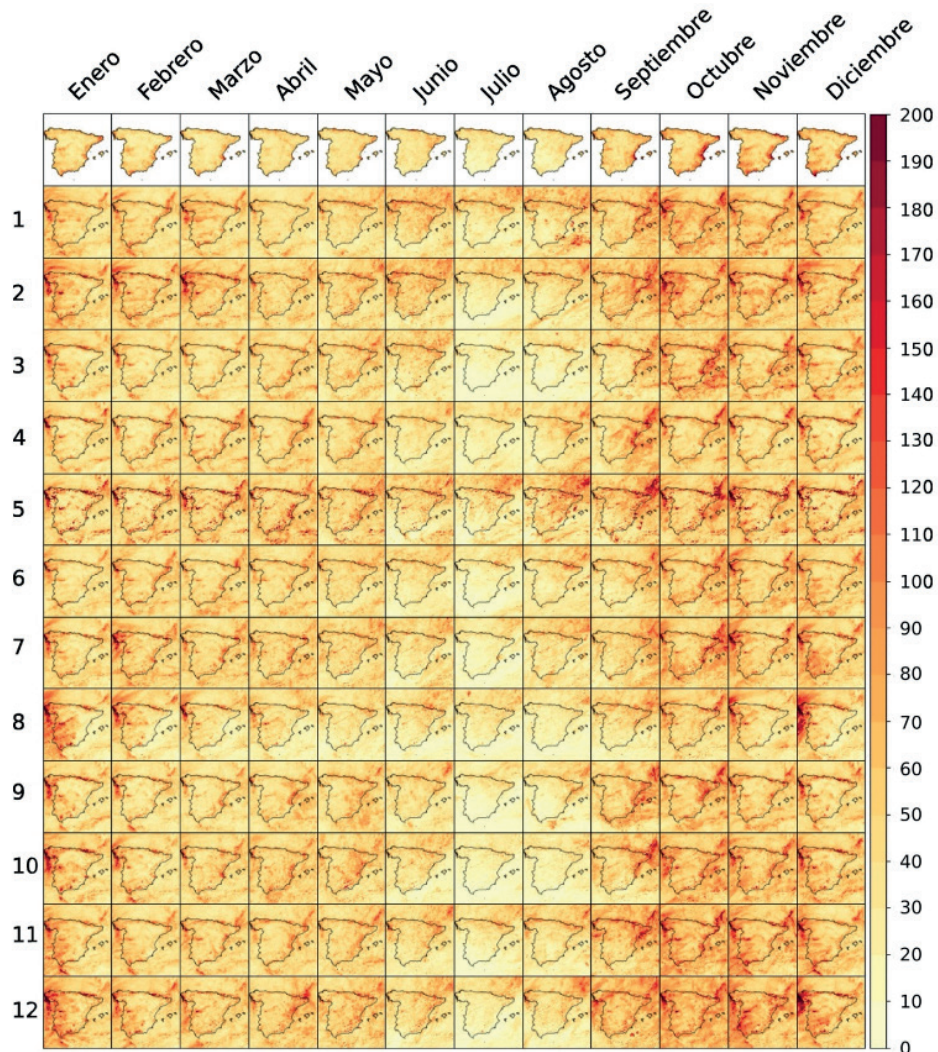
5. Irudia. Batezbesteko prezipitazioa (mm) erreferentziazko 1981-2010 aldirako, prezipitazio tarte tipikoa kontuan hartuta (0-8mm). Lehen errenkada spain02 v5 ereduaren behaketei dagokie, eta gainerakoak 3. Taulan zerrendatutako ereduak.

proiektzioetako 5etan aplikatu dena: 2, 7, 8, 10, 12 zenbakiak 3. taulan). Eredu horrek prezipitazio patroia irregularra ematen du (batez ere udako hiletan) eta ez du behar bezala erreproduzitzen behatutako prezipitazio patroia (lehen errenkada). Hala ere, ereduak erabiltzen dituen parametrizazio espezifikoek eragiten dute hori, eta bere alborapen sistematikoaren parte da. Antzeko portaera ikusten da HIRHAM5 ereduaren ere (5 zenbakiak 3. taulan).

Beraz, hasiera batean, eredu horietako bat bera ere ezin da baztertu izan ditzakeen itxurazko akatsengatik.

Alborapenak zuzentzea koantila doitzeko metodoak aplikatuta

GCM/RCMen irteerak ezin dira zuzenean erabili inpaktu azterketetarako, alborapen garrantzitsuak dituztelako behaketekin konparatzen direnean. Horren ondorioz, beharrezkoa da kalibrazio prozesu bat egitea datu horiek benetako aplikazioetan erabili aurretik. VALUE ekimenaren esparruan (ikus Gutiérrez et al., 2017) Europari buruzko alborapenak zuzentzeko tekniken interkonparazioa egin da, orain arte proposatutako metodologiak kontuan hartuta. Guztira, 20 teknika baino gehiagoren abantailak eta mugak konparatu ziren, delta metodoan (pattern scaling) oinarritutako teknika sinpleetatik hasi eta koantilen doikuntzan (*quantile-quantile mapping*) oinarritutako teknika sofistikatuetaraino.



6. Irudia. Prezipitazioaren balioa (mm) 50 urteko birgertatze aldirako, erreferentziazko 1971-2000 aldia kontuan hartuta. Lehen errenkada spain02 v5 ereduaren behaketei dagokie, eta gainerakoak 3. Taulan zerrendatutako ereduak.

Azken horiek zuzenean lan egiten dute ereduaren eguneroko irteera kalkulatzeko, ereduaren banaketaren koantilen doikuntza eta kontrol aldi baterako behaketari dagokienez oinarrituta. VALUEn egindako interkonparazio horretan agerian geratu zen mota horretako bi teknika zirela komunitate zientifikoak gehien erabiltzen zituenak, eta biek emaitza onak lortu zituztela balidazioan. Alde batetik, teknika enpirikoak, koantil kopuru arbitrario bat doitzen dutenak (adibidez, los pertzentilak) eta, bestetik, parametrikak, parametroak zenbatesteko eta, horietan oinarrituta, koantilak doitzeko erabiltzen dituztenak.

Horregatik, azterlan honetan, koantilak doitzeko hainbat teknika mota aztertu dira oinarritzko aldagaien (tenperaturak eta prezipitazioa) alborapena zuzentzeko: bat enpirikoa (EQM-*Empirical Quantile Mapping*, Wilke et al. 2013; Gutiérrez et al. 2017) eta bi parametrikoa, bata tenperatura aldagaiak zuzentzeko banaketa normala erabiltzen duena (PQM-*Parametric Quantile Mapping*) eta bestea muturretarako doikuntza espezifiko kontuan hartzen duena (GPQM-*Generalized Parametric Quantile Mapping*) prezipitazioa zuzentzeko. Azken horrek gamma motako banaketa bat eta Pareto (POT – *Peaks Over Threshold*) banaketa bat erabiltzen ditu banaketaren ilarak doitzeko (informazio gehiago, hemen: Gutjahr and Heinemann, 2013 eta Gutiérrez et al., 2017). Teknikak aplikatzeko, EAEko atlas termoplubiometrikorako (1971-2016) garatutako bereizmen handiko sareta bera erabili zen.

Prezipitazioaren kasuan, 0.1 mm-ko atalasea finkatu zen, prezipitaziorik gabeko egunak (0.1 mm baino gutxiagoko prezipitazioa) eta prezipitazio egunak bereizten zituenak. Horri esker, ereduaren eta behaketaren datuen arteko prezipitazio maiztasunen arteko aldearen ondoriozko arazoak saihestu ziren.

Gainera, EQM zuzenketaren kasuan, hileko kalibrazioko leiho bat aplikatu zen (30 egun) eta 7 eguneko zuzenketako leiho bat. Horrenbestez, datuen zuzenketa 7 egunetik behin egin zen, zuzendu beharreko seriearen zentratutako kalibrazio aldi handiagoa (30 egun) kontuan hartuta.

Horren ondorioz, EAEko ~1km-ko sareta estaltzen zuten "NetCDF" (eta "CSV") motako fitxategiak sortu ziren oinarritzko aldagai bakoitzerako. Fitxategi horietan, klima ereduaren (GCM/RCM) eguneko proiektzioak jasotzen dira, EAEko 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100 etorkizuneko aldietarako eta RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietarako bereizmen handiko klimatologiaren datuekin kalibratuta.

EQM zuzenketa metodoa asko erabiltzen da eta, behatutako eCDFn oinarrituta, ereduaren banaketa funtzio metatzaila enpirikoa (*eCDF-empirical Cumulative Distribution Function*) kalibratzean datza:

$$Y_{eqm} = eCDF_{obs}^{-1}(eCDF_{model}(Y))$$

Proiektatutako balio bakoitzerako, metodoak ereduaren banaketan zer koantili dagokion kalkulatu du eta balio zuzendua koantil horri berari dagokion behatutako balio gisa definitzen du. Metodo horren kontuan hartu beharreko abantaila bat edozein aldagairi aplikatu dakiokela da, kasu honetan prezipitazioari eta tenperaturei.

Beste modu batean esanda, kalibrazio prozesua GCM/RCM ereduak simulatutako eguneko balioen banaketa aldi historiko batean (1971-2000) estatistikoki doitzu egiten da, behatutako dagokion banaketarekin (EAEko klima atlas ~1 km-tan). Kalibrazio hori etorkizuneko aldietarako simulatutako datuei aplikatzen zaie. Modu horretan, eredu guztiak erreferentzia berarekin kalibratzen dira eta etorkizuneko aldaketak zuzenean lor daitezke, proiektzio kalibratuaren eta behatuaren arteko diferentzia bezala.

Azterlan honetan kontuan hartutako inplementazioan, 1etik 99ra arteko pertzentilak hartu dira kontuan, koantilen zuzenketa kalibrazio tartetik kanpo geratzen ziren balioetara estrapolatuz.

Dokumentu honetan, sinpletasuna dela eta, EQM metodoarekin lortutako emaitzak soilik erakusten diren arren, alborapenak zuzentzeko beste bi metodorekin sortuz ziren proiektzioak: koantilen doikuntza parametrikoa (PQM) eta muturren doikuntza espezifiko (GPQM).

PQM metodoan, banaketa funtzio teoriko bat hartzen da kontuan aldagai bakoitzerako, banaketa horren parametroak doitzen dira behaketarako eta eredurako eta, azkenean, koantilak eta horri lotutako banaketa identifikatzen dira, parametro bakar baten mendeko Gamma bat:

$$CDF(X, \theta) = \int_0^X \frac{e^{-\frac{y}{\theta}} y^{k-1}}{\Gamma(k) \theta^k} dy + cdf(0)$$

$$Y_{pqm} = CDF_{obs}^{-1}(CDF_{model}(Y, \theta_{model}), \theta_{obs})$$

Azkenik, GPQM metodoan doikuntza bat egiten da, lehen balio normaletarako deskribatutakoa bezalakoa, horiek banaketako 95 pertzentila baino txikiagoak izanik. Muturrekotzat jotzen diren gainerako balioetarako, doikuntza baliokidea egiten da, baina Paretoaren banaketa orokortua kontuan hartuz, muturreko balioetarako egokiagoa dena:

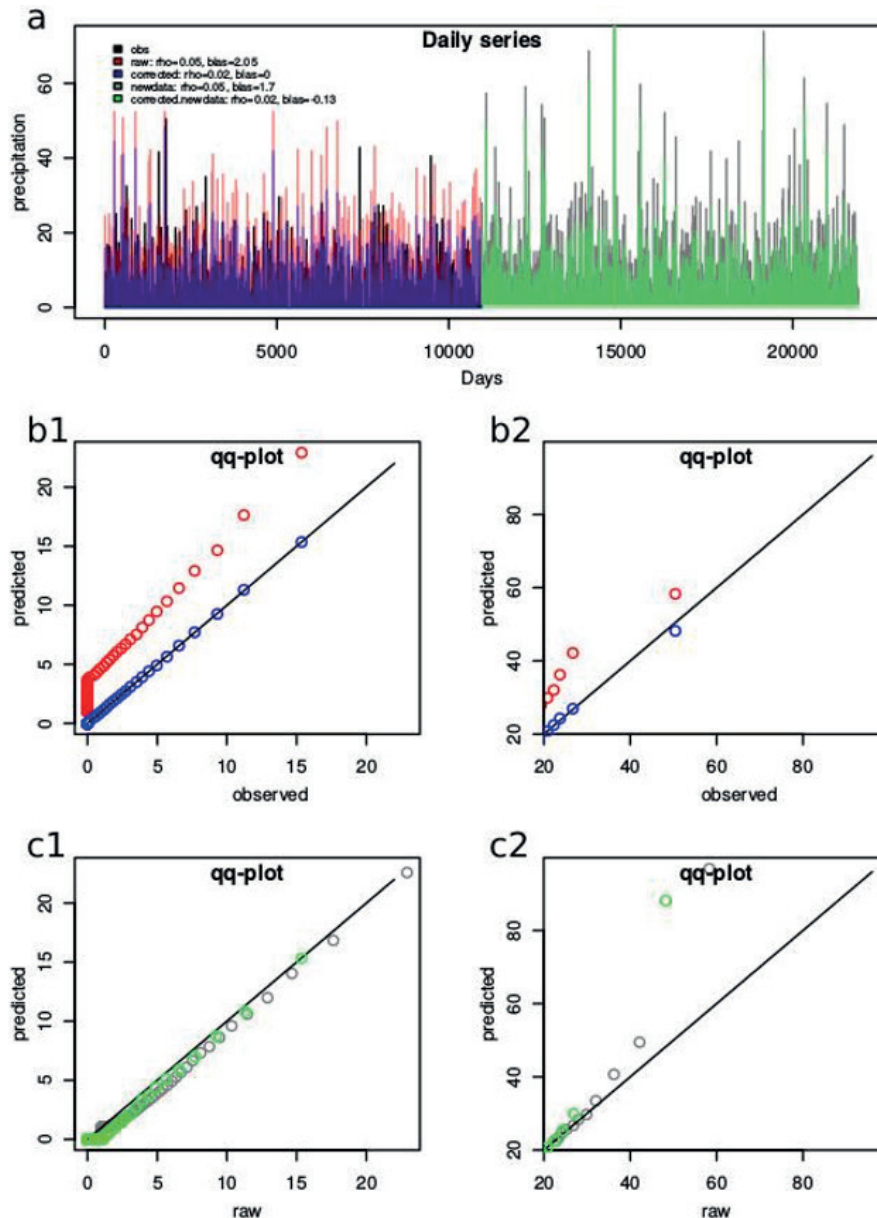
$$CDF_{GP}(X, \xi) = \begin{cases} 1 - (1 + \xi X)^{-1/\xi}, & \xi \neq 0 \\ 1 - e^{-X}, & \xi = 0 \end{cases}$$

$$Y_{gpqm} = CDF_{obs}^{-1}(CDF_{model}(Y, \xi_{model}), \xi_{obs})$$

Teknika bakoitzaren aplikaziotik lortutako datuak diagnostiko bakun baten bidez aztertu ziren. Denborazko serieak eta koantilen diagramak erakusten zituzten grafikoen bidez egin zen diagnostikoa, eta behatutako datuak irteera zuzenarekin (gordina) eta zuzenduarekin konparatzen ziren. Diagnostiko hori 19 udalerritarako egin zen laginketa geruzatu baten bidez. Laginketa

horretan, EAEko latitude zerrenda (edo geruza) bakoitzean herri bat aukeratzen zen ausaz.

7. irudiak EAEko geruza hegoaldekoeneko puntu adierazgarri baterako EQMrekin zuzendutako prezipitazioaren diagnostikoa erakusten du. Zuzenketa arrakastatsua izan zela ikus daiteke (puntu urdinak diagonaletik hurbil b1en eta b2n).



7. Irudia. EAE-ko puntu adierazgarri batean EQM zuzenketa teknikarako diagnostikoaren grafikoak, (a) denborazko serieak (b1-b2 eta c1-c2) eta koantilen diagramak (qq-plot) erakusten dituztenak. B1 eta b2 diagrametan, behaketako koantilen balioak (beltza) datu gordin historikoen (gorria) eta zuzendutako datu gordin historikoen balioekin (urdina) konparatzen dira behatutako seriearen hasierako urteetarako. Era berean, c1 eta c2 diagrametan, behaketako koantilen balioak (beltza) datu gordin historikoen (beltza) eta zuzendutako datu gordin historikoen balioekin (berdea) konparatzen dira behatutako serieko amaierako urteetarako.

1.4. Tenperaturetan eta prezipitazioan oinarrituta kalkulatutako klima adierazleak

Meteorologia Mundu Erakundearen (OMM) helburuetako bat muturreko gertaera meteorologiko edo klimatikoak monitorizatzea da. Horretarako, Klima Aldaketaren Detekzio eta Indizeen Adituen Panelak (ETCCDI-Expert Team on Climate Change Detection and Indices) (etccdi.pacificclimate.org/) tenperaturen eta prezipitazioan oinarritutako 27 adierazleren multzoa definitu zuen

muturreko klima gertaeretan aldaketak detektatzeko (etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml). ETCCDIk proposatutako adierazleak urtean hainbat aldiz gertatu ohi diren muturreko moderatuei buruzkoak dira eta maiz erabiltzen dira klimaren etorkizuneko aldaketak aztertzeko eta ebaluatzeko.

Azterlan honetan adierazle horien azpimultzo bat hartu zen kontuan, eta tenperatura eta prezipitazio konbinazioetan oinarritutako beste adierazle batzuk; guztira, 70 adierazle, gutxi gorabehera. Adierazle garrantzitsuenetako batzuk 5. taulan jasota daude. Dena den, kalkulatutako adierazleen zerrenda osoa, bere deskripzioarekin batera, "I. ERANSKINA: ADIERAZLE KLIMATIKOEN DEFINIZIOA"-n dago jasota.

Tenperatura	Deskribapena	Unit.
TG	Eguneko batezbesteko tenperatura	°C
TN	Eguneko tenperatura minimoa	°C
TX	Eguneko tenperatura maximoa	°C
COLDDD	Aire girotuaren erabilerari lotutako egunen kopurua (TG > 22 °C)	egunak
FD	TN<0°C egunen kopurua	egunak
GSL	Hazkunde estazioaren luzera	egunak
HEATDD	Berokuntzaren erabilerari lotutako egunen kopurua (TG < 15.5°C)	egunak
HWF	Beroaldien iraupena ("bero boladak")	egunak
HWN ó WSDI	Bero boladen kopuruaren indizea	gertaerak
SU	TX>25°C egunen kopurua	egunak
SU35	TX>35°C egunen kopurua	egunak
SU35ex	35°Ctik gorako tenperaturen batezbesteko magnitudea	°C
TG10a	10°Ctik gorako batezbesteko tenperatura egunen kopurua	egunak
TG10b	10°Ctik beherako batezbesteko tenperatura egunen kopurua	egunak
TN10p	Gau hotzen kopurua (minimoak < 10 pertzentila)	egunak
TN90p	Gau beroen kopurua (minimoak < 90 pertzentila)	egunak
TNn	Eguneko tenperatura minimoaren minimoa	°C
TNx	Eguneko tenperatura minimoaren maximoa	°C
TR	TN>20°C egunen kopurua	egunak
TXn	Eguneko tenperatura maximoaren minimoa	°C
TXx	Eguneko tenperatura maximoaren maximoa	°C
TX90p	Egun beroen kopurua (TX > TXen 90 pertzentila)	egunak

Prezipitazioa	Deskribapena	Unit.
PRCPTOT	Gutuzko prezipitazio metatua	mm
CDD	Bolada lehorren luzera maximoa ($RR < 1\text{ mm}$)	egunak
CWD	Bolada euritsuen luzera maximoa ($RR \geq 1\text{ mm}$)	egunak
R10mm	$RR \geq 10\text{ mm}$ egunen kopurua	egunak
R20mm	$RR \geq 20\text{ mm}$ egunen kopurua	egunak
RR1	$RR \geq 1\text{ mm}$ egunen kopurua	egunak
Rx1day	Eguneko prezipitazioaren maximoa	mm
Rx5day	5 egunetan metatutako prezipitazioaren maximoa	mm
SDII	Prezipitazioaren intentsitatea	mm
Konbinazioa	Deskribapena	Unit.
CD (DC)	egun hotz eta lehorren kopurua	egunak
CW (WC)	egun hotz eta hezeen kopurua	egunak
DTR	tenperaturaren eguneko tartea	°C
ET0	Erreferentziazko ebapotranspirazioa	mm
FTD	0°C baino gutxiagoko tenperatura egunen kopurua	egunak
WW	egun bero eta hezeen kopurua	egunak

5. Taula. Txosten honetan deskribatutako eguneko tenperaturetan eta prezipitazioan oinarrituta kalkulaturako adierazle batzuk (rr: eguneko prezipitazioa).

Klima joeren emaitzak EAE-ko esparru geografiko globalean

Atal honetan, EAE osoko esparru geografikoko klima joerei buruzko emaitzak aurkeztu dira, urteko datuak eta klima adierazle batzuk kontuan hartuta. Hala ere, lortutako emaitzen parte bat baino ez da, izan ere, azterketa mota hori EAEko eremu zehatzagoetarako, urtaroko edo hileko datuetarako (baita eguneko datuetarako ere oinarritzko aldagaien kasuan) eta klima adierazle gehiagotarako egin daitezke, izan ere, klimari buruzko datu horiek eskuragarri daude komunitatearentzat (bereziki, helbide honetan: <http://escenariosklima.ihobe.eus/>).

2.1. 1971-2016 emaitzak: eta prezipitazioaren atlas klimatiko (datu historikoak)

Atlas klimatikoaren edo klimari buruzko erreferentziatzko datu basearen garapenak aukera ematen du ondorengo ataletan azaltzen diren alborapenak zuzentzeko eta etorkizuneko klimaren eguneko datua lortzeko nahiz behatutako aldiaren (1971-2016) klimaren bilakaeraren azterketa xehatuagoa egiteko.

Atal honetan, zehaztasun handiz ez bada ere, behatutako klimaren bilakaera aztertzen da EAE osorako eskuragarri dagoen aldi historiko osoko (1971-2016) joeren bidez.

1971-2016 denborazko seriean joera esanguratsurik badagoen ala ez zehazteko helburuarekin, Mann Kendall joera testa egin da klima adierazle batzuetarako. Proba ez-parametrikoa da (ez dago probabilitate banaketa jakin

batean oinarrituta), joera bat dagoen ala ez zehazteko erabili ohi dena. Probaren p balioa garrantzi mailaren bat baino txikiagoa bada (ohiko aukerak 0,10, 0,05 eta 0,01 dira), ebidentzia estatistikoki esanguratsua dago joera bat dagoela (positiboa edo negatiboa) denborazko seriearen datuetan. Kasu honetan, estatistikoki esanguratsuak izan diren joerak deskribatzen dira, 0,05 baino p balio txikiagoa dutenak, %95eko garrantzia lortzeko.

Mann Kendall testaren bidez joera esanguratsu bat dagoela egiaztatu den adierazleetan, Sen malda kalkulatu zenbatetsi da joera horren magnitudea. Malda zenbatesle hori (lehen aldiz Theilek deskribatu zuen eta gero Senek (1968) zabaldu zuen eta, horregatik, batzuetan, "Thiel-Sen" esaten zaio) maiz erabiltzen da joera baten magnitudea kalkulatzeko aldagai bakarreko denborazko serieetan. Denbora horrek eskatzen du denbora ordinalen puntu bikote guztietarako maldak kalkulatu behar direla eta gero malda horien mediana erabili behar dela malda orokorraren zenbatespen gisa. Adibidez, aztertutako denborazko seriea urtekoa bada, Senen malda aipatutako aldagaia urtero aldatzen denerako hurbilketa da. Metodo ez-parametrikoa izateaz gain, balio atipikoekiko ia sentikortasunik ez izatearen abantaila du.

Ez zen egin lortutako adierazle guztien Mann Kendall proba, 38 adierazlerena baizik. Horietatik 14k ez zuten izan joera estatistikoki esanguratsurik.

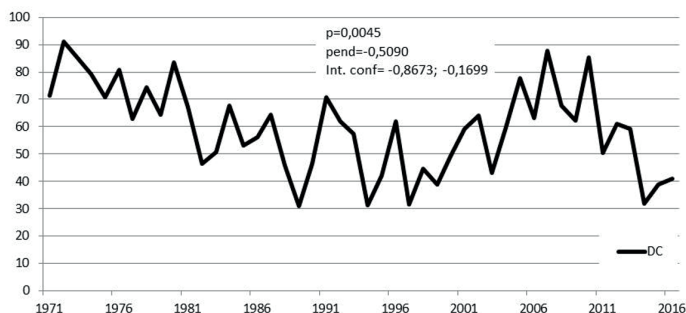
Nabarmendu egin behar da urteko prezipitazio metatuak (PRCPTOT) eta prezipitazioetan oinarritutako adierazleek (CDD, CWD, RR1, R10, R20, RX5day, SDII) ez zutela aurkeztu aldi historiko horretarako joera esanguratsurik. Ondorengo adierazleek ez zuten joera esanguratsurik izan:

ET0 (erreferentziazko ebapotranspirazioa), GSL (hazkunde estazioaren iraupena), HWA (bero boladetako temperatura maximoa), HWF (bero boladen iraupena), TNN (eguneko temperatura minimoetako minimoa), TXN (eguneko temperatura maximoetako minimoa).

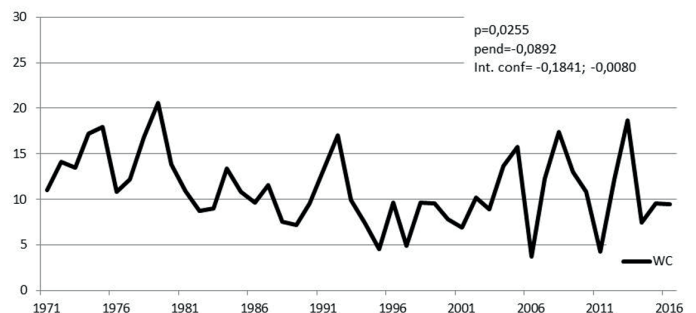
Beste adierazle batzuek, ordea, joera esanguratsua izan zuten EAE osoan, egia den arren joeren magnitudeak zerotik hurbil egon zirela estatistikoki esanguratsuak izan arren. 1971tik 2016ra bitartean joera klimatiko esanguratsuak egon ziren baina, oro har, oso arinak edo pixkanakakoak. Jarraian, Mann Kendall testaren arabera estatistikoki esanguratsuak izan ziren joerak dituzten adierazleak aurkeztuko dira modu grafikoan.

1971az geroztik, egun hotz-lehorrak (DC, 0,51 eguneko beherakada urtean), egun hotz-hezeak (WC, 0,09 eguneko beherakada urtean), 0°C gradu baino gutxiago egiten duen egunak (FTD, 0,19 eguneko beherakada urtean), eta eguneko temperatura tartea (DTR, 0,01°Cko beherakada urtean) murrizteko joera egon da; bestalde, egun bero-lehorrak (DW, 0,84 eguneko gehikuntza urtean) eta bero-hezeak (WW, 0,05 eguneko gehikuntza urtean) ugaritzeko joera ugaritzeko joera egon da (8. irudia). Nabarmentzekoa da joera handienak (edo maldak erregresio zuzenetan) DWri dagozkio (egun lehor-beroaren gehikuntza).

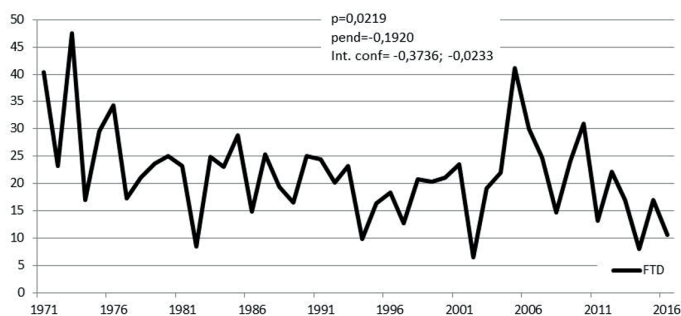
Batezbesteko temperaturekin lotutako adierazleei dagokienez (9. irudia), batezbesteko temperaturak igotzeko



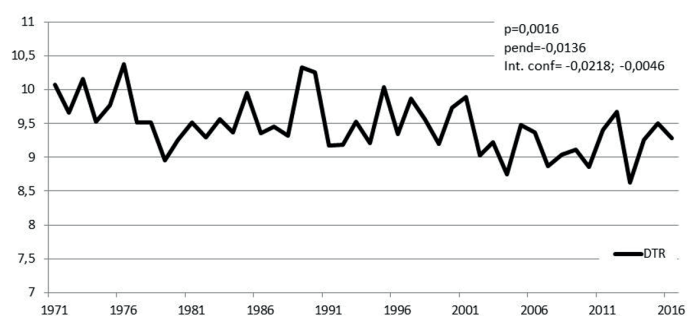
DC (CD): egun hotz eta lehorren kopurua (egunak)



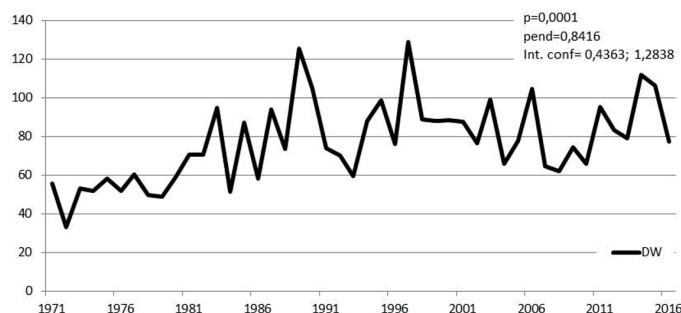
WC (CW): egun hotz eta hezeen kopurua (egunak)



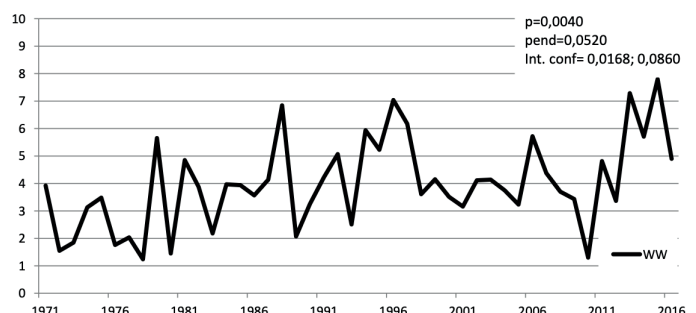
FTD: 0°Ctik beherako egunen kopurua (egunak)



DTR: temperaturaren eguneko tartea (°C)



DW (WD): egun bero lehorren kopurua (egunak)

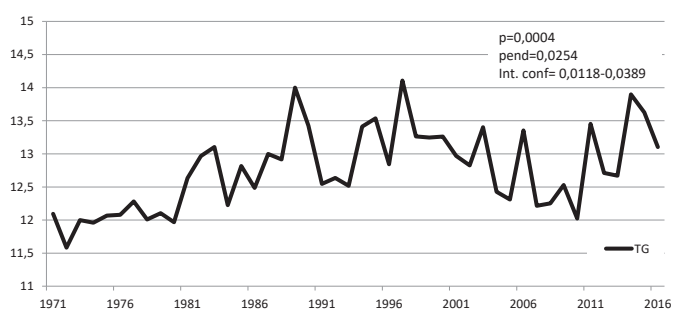


WW: egun bero eta hezeen kopurua (egunak)

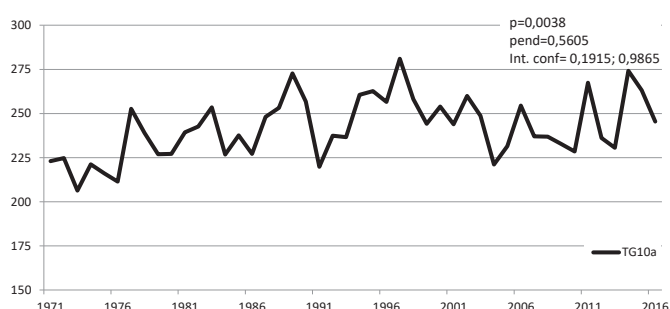
8. Irudia. Oinarrizko hainbat aldagaitatik (adierazle “konbinatuak”) lortutako adierazleen bilakaera estatistikoki esanguratsua (p -value $< 0,05$), EAE osorako eta 1971-2016 aldirako. Mann kendall testaren p balioa (p), sen malda (pen) eta konfiantza tartea (int. Conf.) Erakusten dira.

joera ikusten da (TG, 0,025 °Cko gehikuntza urtean). Hala, aztertutako aldian (1971-2016) eguneko batezbesteko tenperatura 1,0°C baino gehiago igo dela kalkulatu da. 10°Ctik gorako egunak ere ugaritu egin dira (TG10a, 0,56 eguneko gehikuntza urtean). Horren ondorioz, aire egokituaren erabilera handiagoa izango litzateke (COLDDD, 0,22 eguneko gehikuntza urtean). Hori dela eta, gutxitu egin dira 10°C baino gutxiagoko batezbestekoak dituzten egunak (TG10b, 0,57 eguneko beherakada urtean) eta berokuntzaren erabilerarekin lotutako egunak (HEATDD, 0,61 eguneko beherakada urtean).

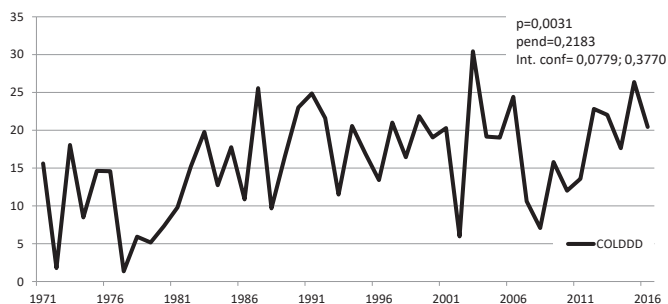
Eguneko tenperatura minimoen batezbestekoek igotzeko joera izan dute (TN, 0,04 °Cko igoera urtean). Bai eta tenperatura minimo horien maximoak (TNx, 0,05 °Cko igoera urtean) eta eguneko tenperatura maximoek ere (Tx, 0,05 °Cko igoera urtean). Horrekin lotuta, ugaritu egin dira gau beroak (TN90p, 1,06 eguneko gehikuntza urtean) eta tropikalak (TR, 0,03 eguneko gehikuntza urtean); azpimarratzekoa da gau beroen malda edo joera positiboaren magnitudea (TN90p). Bestalde, gutxitu egin dira gau hotzak (TN10p, 0,65 eguneko beherakada urtean) (9. irudia).



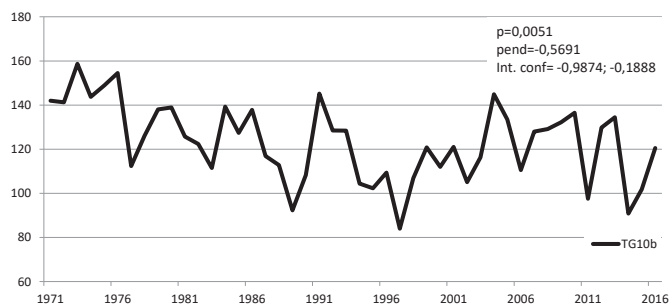
TG: eguneko batezbesteko tenperaturen batezbestekoa (°C)



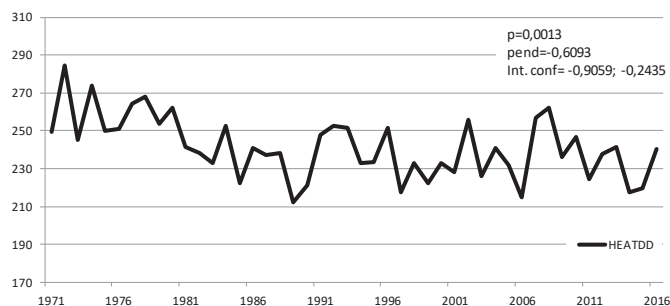
TG10a: 10°Ctik gorako batezbesteko tenperatura egunen kopurua (egunak)



COLDDD: aire girotuaren erabilerari lotutako egunen kopurua (22,0°Ctik gorako batezbesteko tenperaturekin) (egunak)



TG10b: 10°Ctik beherako batezbesteko tenperatura egunen kopurua (egunak)

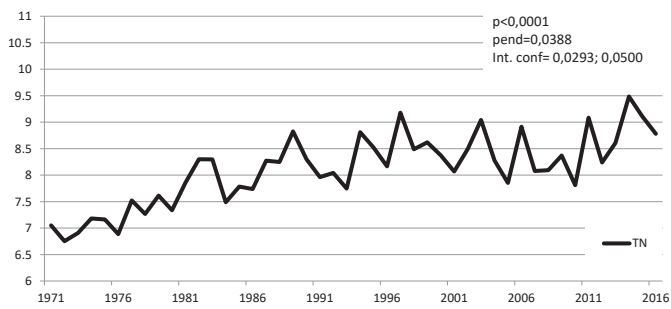


HEATDD: berokuntzaren erabilerarekin lotutako egunen kopurua (15,5°Ctik beherako batezbesteko tenperaturekin) (egunak)

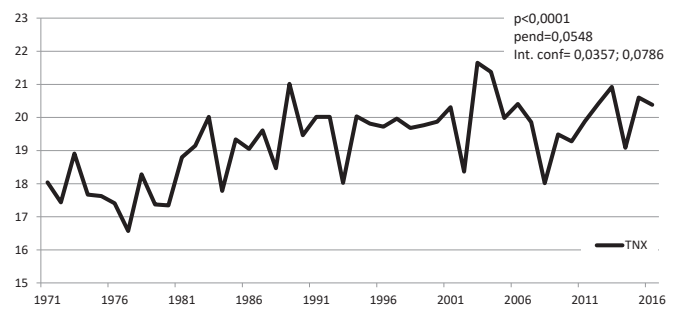
9. Irudia. Batez besteko tenperaturetatik lortutako adierazleen bilakaera estatistikoki esanguratsua (p -value < 0,05), EAE osorako eta 1971-2016 aldirako. Mann kendall testaren p balioa (p), sen malda (pen) eta konfiantza tartea ($int. Conf.$) Erakusten dira.

Esanahi estatistikoa duten tenperatura maximoetan oinarrituta kalkulaturako adierazle guztiek joera positiboa dute (10. irudia), hau da, igotzeko joera dute: eguneko tenperatura maximoen batezbestekoek (TX, 0,03 °Cko gehikuntza urtean), egun beroek –joeraren magnitudeagatik ere nabarmentzen dira- (TX90p, 0,62 eguneko gehikuntza urtean), 25°C eta 35°C gainditzen diren egunek (0,57 eta 0,03 eguneko gehikuntza urtean, hurrenez hurren,

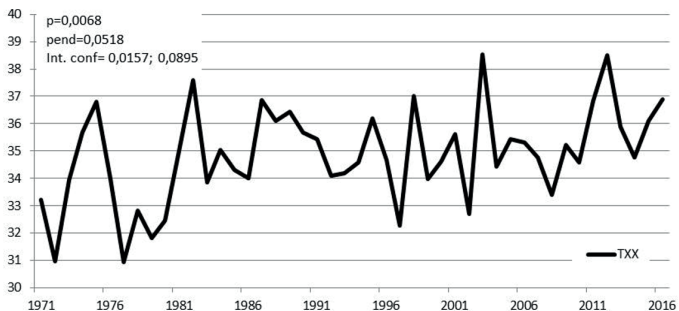
SUra eta SU35erako), 35°Ctik gorako tenperaturen batezbesteko magnitudeak (SU35ex, 0,01 °Cko igoera urtean) eta bero boladek (WSDI, 0,016 gertakari gehikuntza urtean). Beste adierazle batzuen goranzko joerak ere esanguratsuak dira baina ez dira modu grafikoan errepresentatzen ez luketelako informazio gehiago emango.



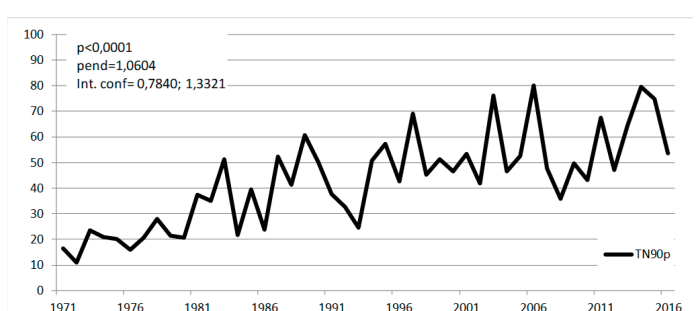
TN: eguneko tenperatura minimoen batezbestekoa (°C)



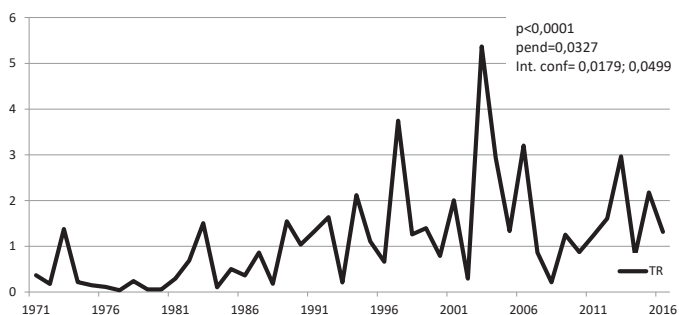
TNx: eguneko tenperatura minimoen maximoa (°C).



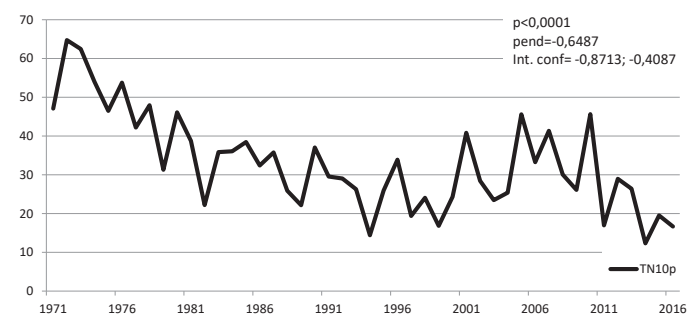
TXx: eguneko tenperatura maximoen maximoa (°C)



TN90p: gau beroen kopurua (minimoak > 90 pertzentila) (egunak)

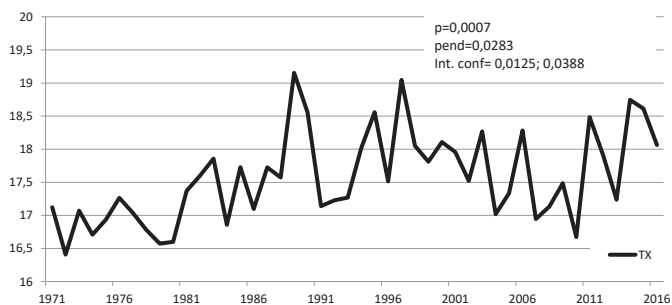


TR: gau tropikalen kopurua (minimoak > 20°C) (egunak)

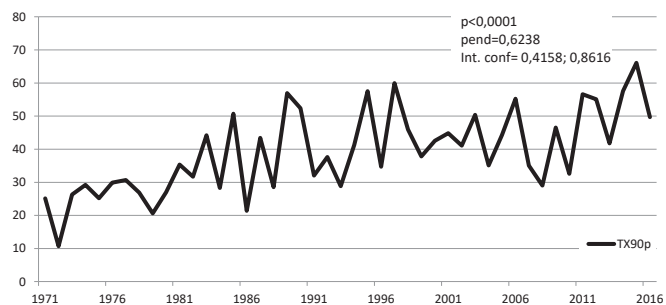


TN10p: gau hotzen kopurua (minimoak > 10 pertzentila) (egunak)

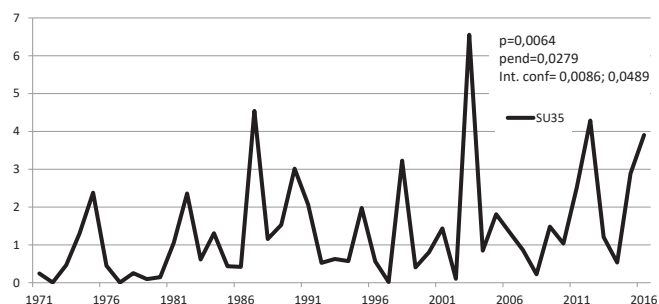
10. Irudia. Tenperatura minimoetatik lortutako adierazleen bilakaera estatistikoki esanguratsua (p -value < 0,05), EAE osorako eta 1971-2016 aldirako. Mann kendall testaren p balioa (p), sen malda (pen) eta konfiantza tartea ($int. Conf.$) Erakusten dira.



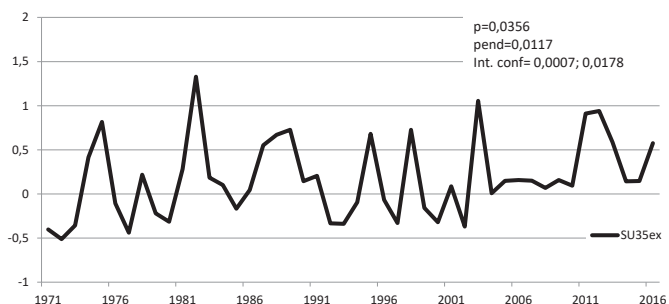
TX: eguneko tenperatura maximoen batezbestekoa (°C)



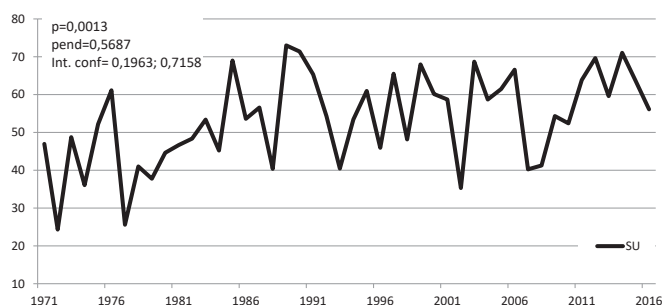
TX90p: egun beroen kopurua (maximoak > 90 pertzentila) (egunak)



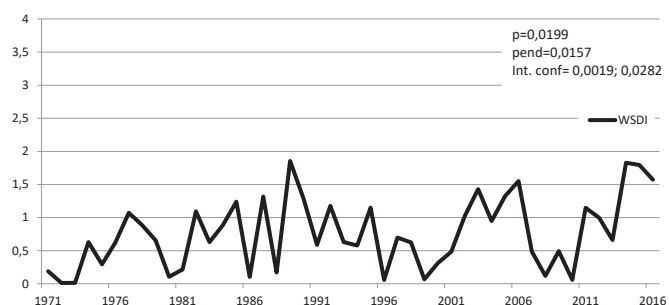
SU35: 35°C gainditzen dituzten egunen kopurua (egunak)



SU35ex: 35°C gainditzen dituzten tenperaturen batezbesteko magnitudea (°C)



SU: 25°C gainditzen dituzten egunen kopurua ("udako egunak") (egunak)



WSDI: bero boladen kopuruaren indizea (gertaerak)

11. Irudia. Tenperatura maximoetatik lortutako adierazleen bilakaera estatistikoki esanguratsua ($p\text{-value} < 0,05$), EAE osorako eta 1971-2016 aldirako. Mann kendall testaren p balioa (p), sen malda (pen) eta konfiantza tarte (Int. Conf.) Erakusten dira.

2.2. EAE-rako 2011-2100 proiektzioak prezipitaziotik eta tenperaturetatik eratorritako RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan

Atal honetan, prezipitazioaren eta tenperaturen gaineko eta RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan proiektatutako oinarritzko aldagai horien ondoriozko adierazleen gaineko emaitzak

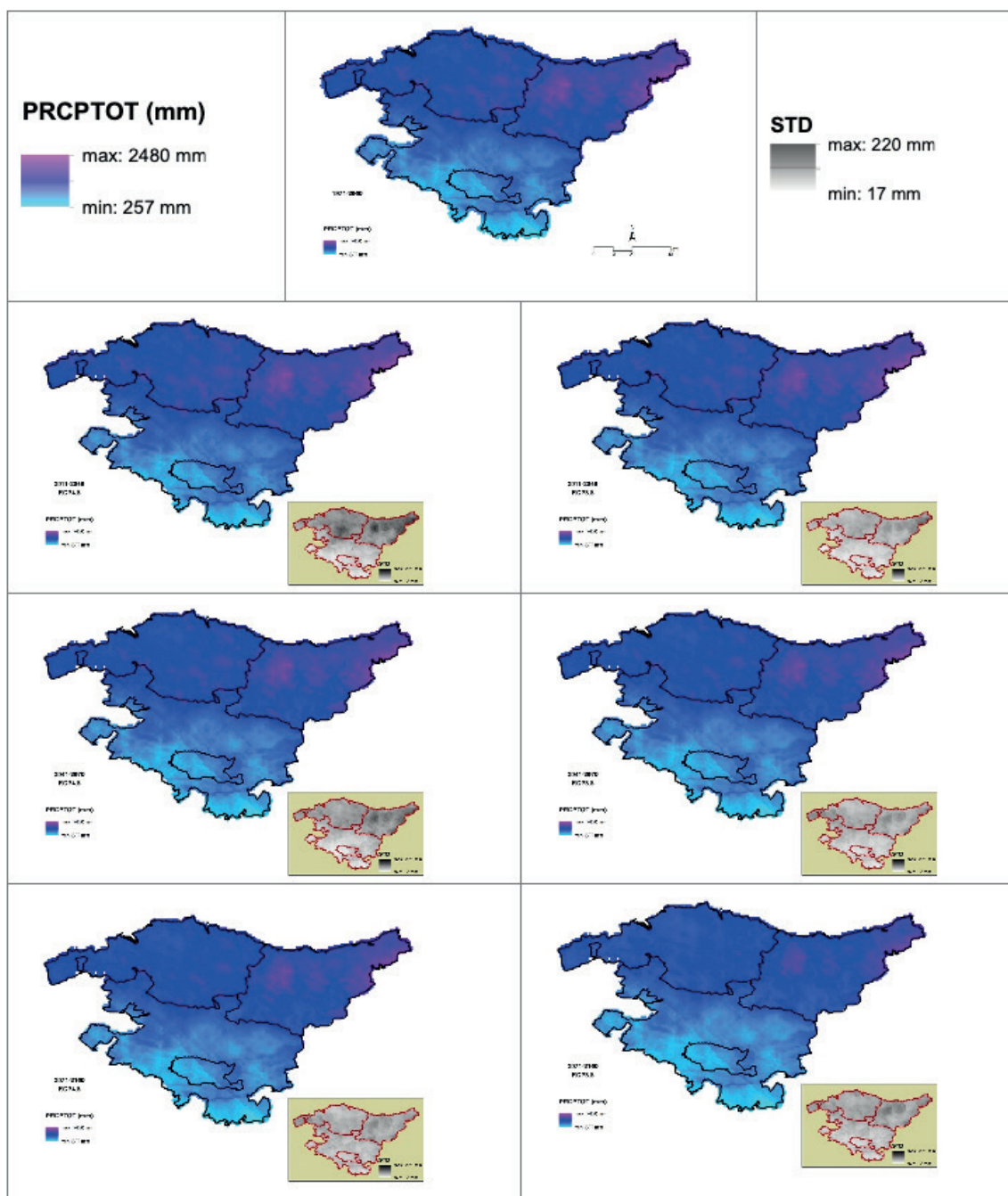
aztertzen dira, behin bere eskualdekatze edo *downscaling*-erako (1km*1km arte, gutxi gorabehera) eta simulazioen alborapenak zuzentzeko eraldaketak egin eta gero.

Batzuetan, etorkizuneko urtaro klimatologien eredu anitzeko batezbestekoak eta desbideratzeak erakusten dira (2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100 aldiak), hainbat simulazio erabiltzeak (GCM/RCM) aukera ematen duelako etorkizuneko aldietarako proiektatutako batezbesteko klimatologiak nahiz simulazioek definitutako ensemblearen desbideratze estandarren ondoriozko ziurgabetasunak lor daitezkeelako.

2.2.1. 2011-2100 proiektzioak: prezipitazioekin lotutako adierazleak

Urteko prezipitazio metaturako proiektatutako aldaketa (PRCPTOT) oso arina izango litzateke azken aldira arte. Klimatologietan ia nabaritzen ez den beherakada arina egongo litzateke (12. irudia).

Hala ere, aldaketaren ehunekoa adierazten badugu (13. irudia), batezbesteko aldaketa %5 baino txikiagoa izango litzatekeela ikusten da, azken aldian izan ezik, agertokiaren arabera %5 eta %20 artekoa izango bailitzateke. EAEko eredia, gutxi gorabehera, berdina izango litzateke aldi eta agertoki guztietan, ipar eta hegoaldeko eskualdeek gainerakoek baino aldaketa txikiagoak jasango lituzkete



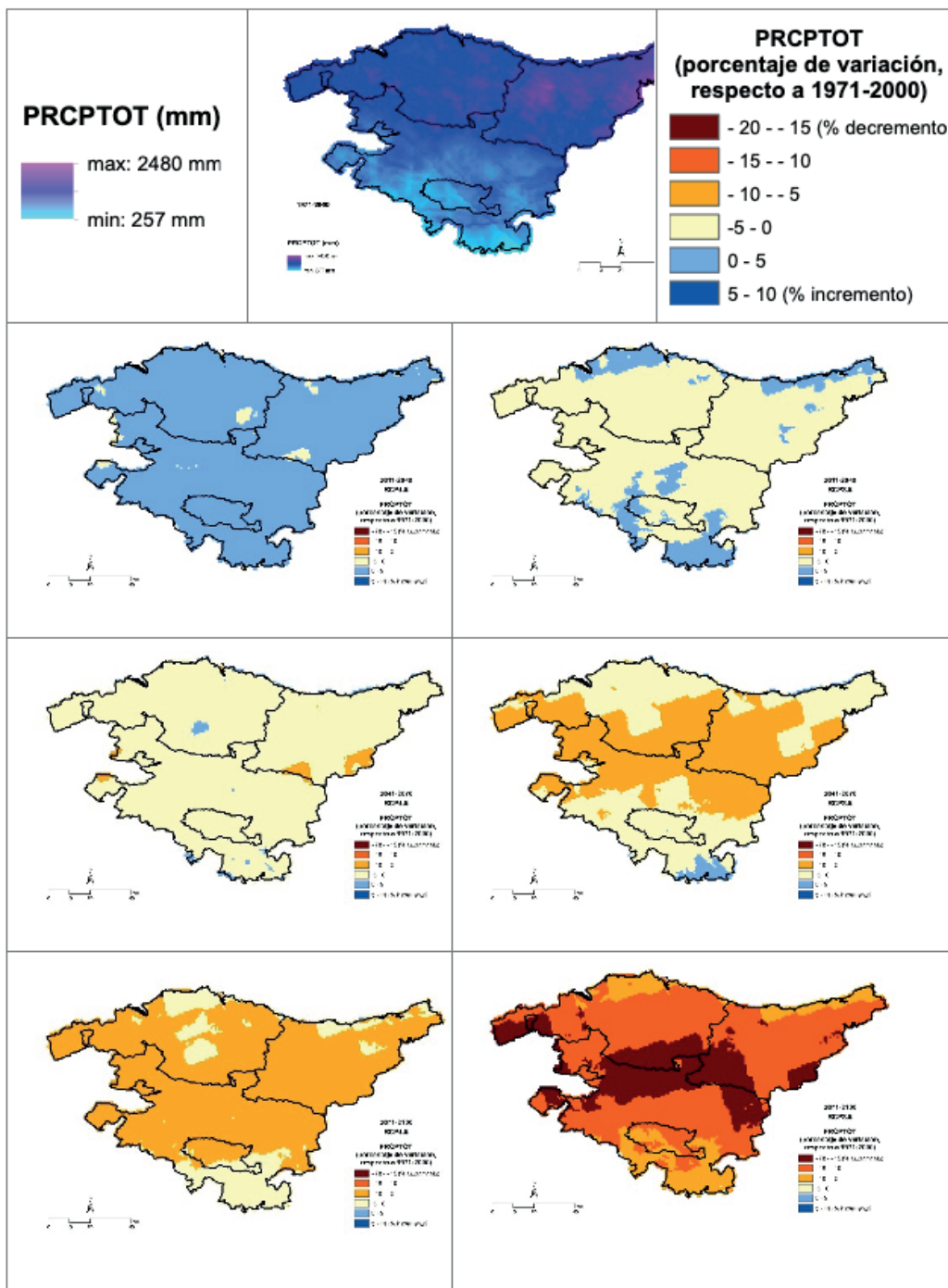
12. Irudia. Urteko prezipitazioa: EURO-CORDEXen GCM/RCM-ek proiektatutako klimatologiak EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 (Ezkerrean) eta RCP8.5 (Eskuinean) agertokietan, etorkizuneko hiru alditarako: 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100.

eta erdiko zerrendan aldaketa ehuneko handiagoak egongo lirarteke.

14. irudian ikusten da XXI. mendeak aurrera egin ahala elkarren segidako egun lehorren maximoa (CDD) gora egiten ari dela eta, are gehiago, RCP8.5 agertokian.

15. irudian, bestalde, elkarren segidako euri egunen

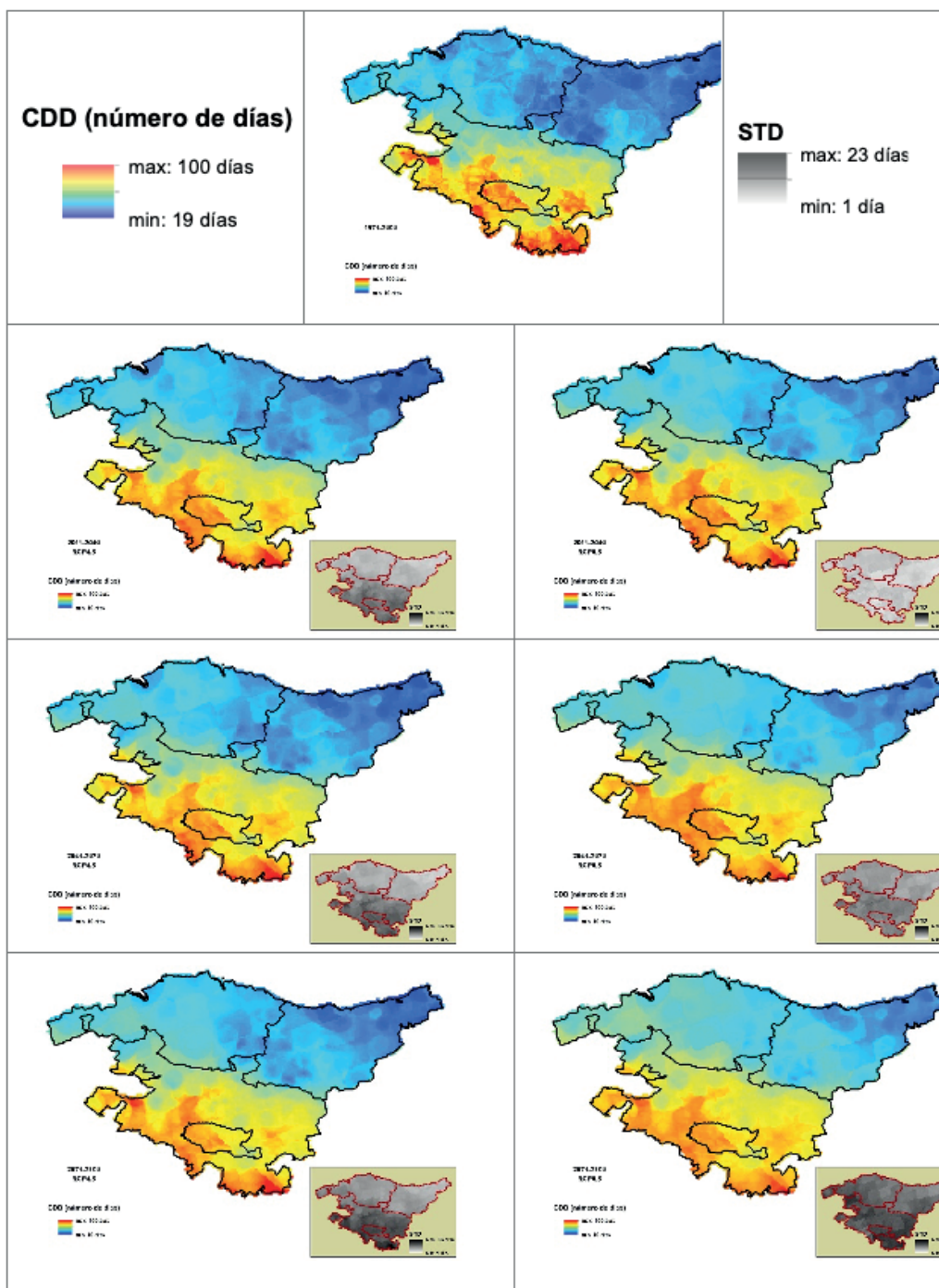
kopuruaren maximoa behera egiten ari dela ikusten da. Gainera, irudi horietan ikusten da gradiente bat dagoela ipar-ekialde norabidean, Arabako Errioxako eskualderantz CDD balio handiagoak eta Bidasoa Beherea eskualderantz CWD balio handiagoak dituen; gradiente hori hiru aldietan eta bi agertokietan dago.



13. Irudia. Urteko prezipitaziorako deltax, 1971-2000 aldiarekiko aldakuntza ehuneko gisa adierazita: EURO-CORDEXen GCM/RCM-en proiektzioak EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 (Ezkerrean) eta RCP8.5 (Eskuinean) agertokietan, etorkizuneko hiru alditarako: 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100.

PRCPTOT, CDD eta CWD adierazleen gainean mapa bidez deskribatutakoa modu kuantitatiboagoan erakusten da 16. irudian eta 17. irudian. Irudi horietan prezipitaziotik eratorritako beste adierazle batzuk sartu dira (RR1, R10, R20, SDII). 16. irudian “spread” edo “luma” grafiko gisa aurkezten da, adierazle bakoitzerako eta urtez urte, EAE

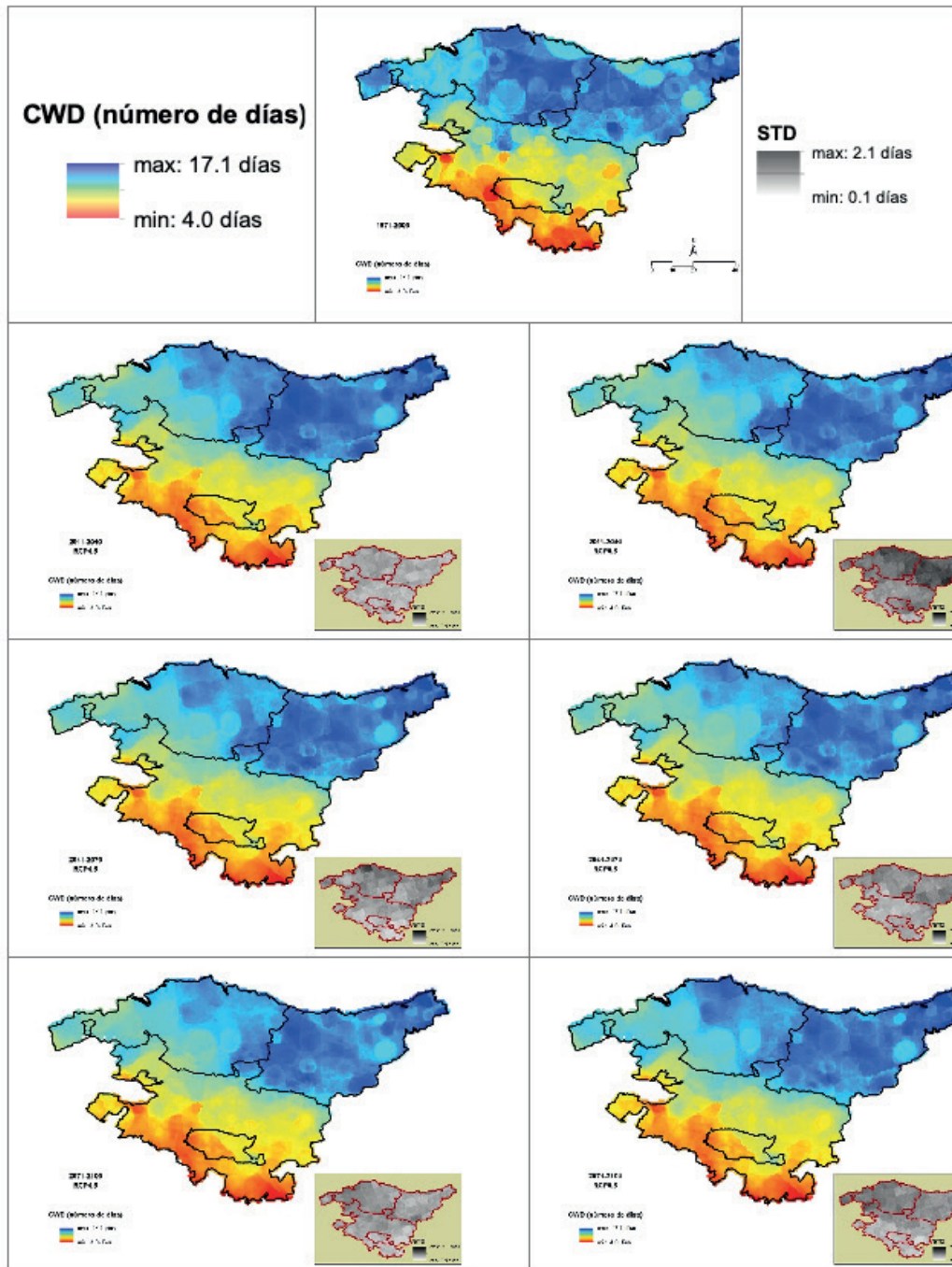
osoaren gaineko batez besteko bilakaera espaziala, aldi historikoa (1971-2016) eta simulazioen ensemble edo multzo guztiak simulatutako aldia (2011-2100). 17. irudian modu sintetikoan aurkezten dira datu horiek beraiek 30 urteko aldietan (1971-2000; 2011-2040; 2041-2070; 2071-2100).



14. Irudia. Elkarren segidako egun lehorren indizea (cdd): EURO-CORDEXen GCM/RCMs-ek proiektatutako klimatologiak EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 (Ezkerrean) eta RCP8.5 (Eskuinean) agertokietan, etorkizuneko hiru alditarako: 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100.

Etorkizunean, XXI. mendeak aurrera egin ahala, egun hezeen kopuruak behera egitea espero liteke (RR1, ≥ 1 mm prezipitazio egunak), eta are gehiago RCP8.5 agertokian; eta agian baita prezipitazio handiko egunen kopurua murriztea ere (R10, ≥ 10 mm-ko prezipitazio

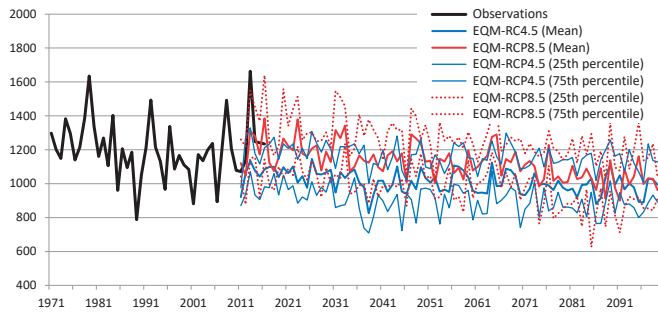
egunak). Bestalde, ez dirudi joera handirik dagoenik prezipitazio oso handiak dituzten egunen kopuruari dagokionez (R20, ≥ 20 mm-ko prezipitazio egunak), eta eguneko intentsitateari dagokionez ere (SDII, egun heze bakoitzeko prezipitazioa) (16. irudian eta 17. irudian).



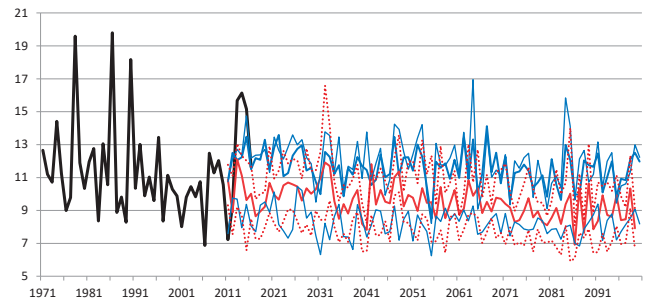
15. Irudia. Elkarren segidako euri egunen indizea (cwd): EURO-CORDEXen GCM/RCMs-ek proiektatutako klimatologiak EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 (Ezkerrean) eta RCP8.5 (Eskuinean) agertokietan, etorkizuneko hiru alditarako: 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100.

Laburbilduta, urteko prezipitazio metatuaren beherakada espero liteke, handiagoa mende amaiera hurbiltzen doan heinean eta RCP8.5 agertokian. Aldi berean, prezipitazio aldien (CDD) arteko egun lehorren tarte handiagoak eta

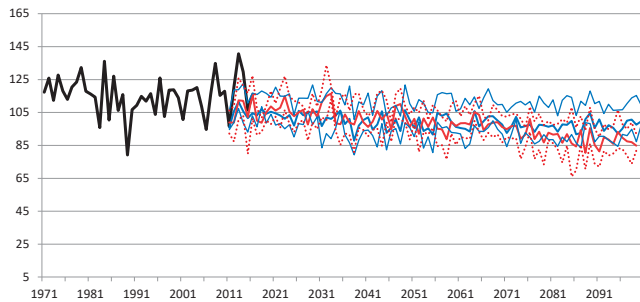
elkarren segidako euri egunen (CWD) tarte txikiagoak egongo lirateke eta egun hezeen (RR1) kopurua murriztuko litzateke, baina eguneko prezipitazioen intentsitatearen joera oso nabarmenik gabe.



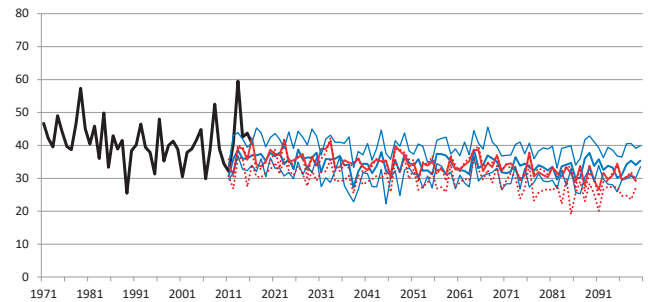
PRCPTOT: Egund hezeetako urteko prezipitazio metatua (RR ≥ 1 mm) (mm)



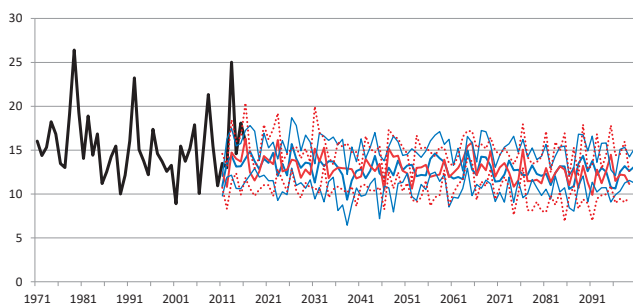
CWD: Elkarren segidako egund hezeen kopuru maximoa (egundak)



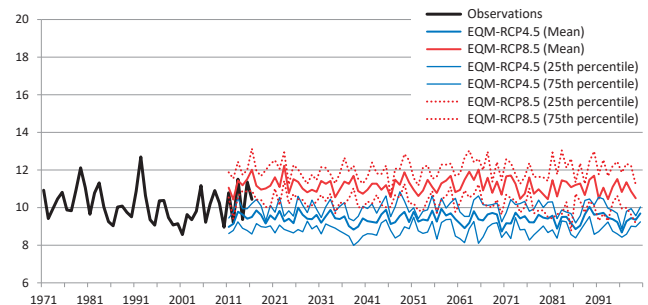
RR1: Egund hezeen kopurua (RR ≥ 1 mm) (egundak)



R10: Prezipitazio handiko egund kopurua (prezipitazioa ≥ 10 mm) (egundak)

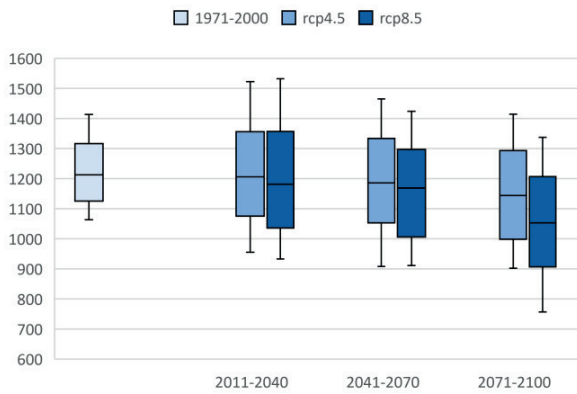


R20: Prezipitazio oso handiko egund kopurua (prezipitazioa ≥ 20 mm) (egundak)

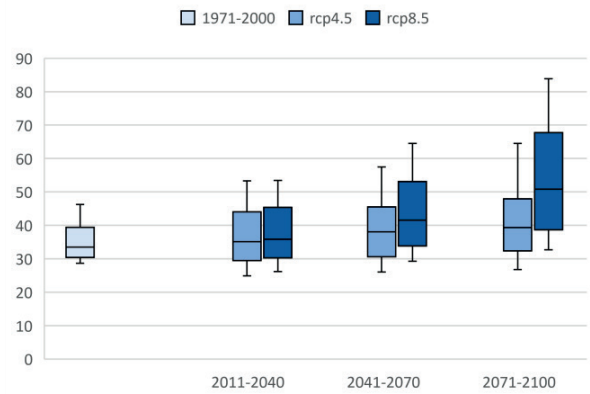


SDII: Egundeko intentsitate indize sinplea (mm/egund hezeko)

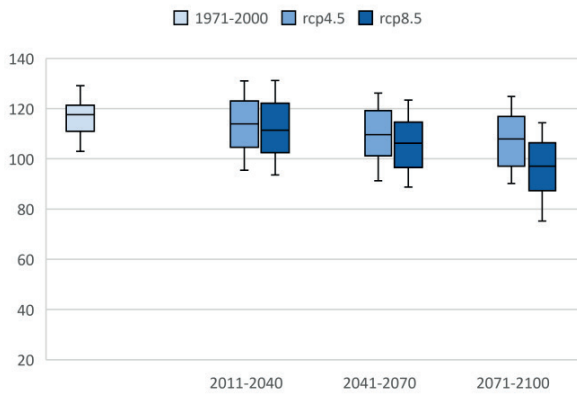
16. Irudia. Aldi historikoan (1971-2016) izandako prezipitazioaren ondoriozko adierazleen eta 2100 arteko proiektzioaren (EURO-CORDEX-en GCM/RCM-en simulazioak EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 eta RCP8.5 Agertokietan) urteko bilakaera EAE osorako. Honako hauek aurkezten dira: agertoki bakoitzeko batezbestekoa, 25 pertzentila eta 75 pertzentila.



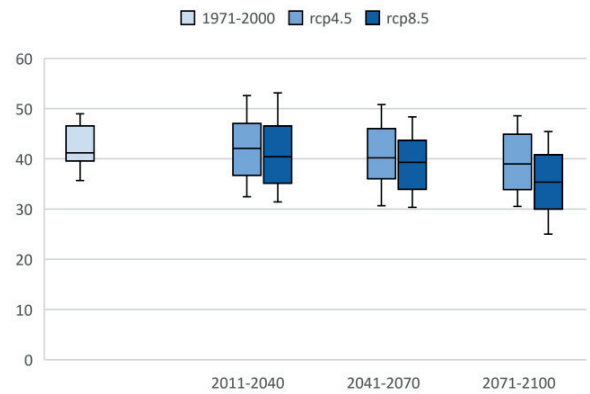
PRCPTOT: Egun hezeetako urteko prezipitazio metatua ($RR \geq 1$ mm) (mm)



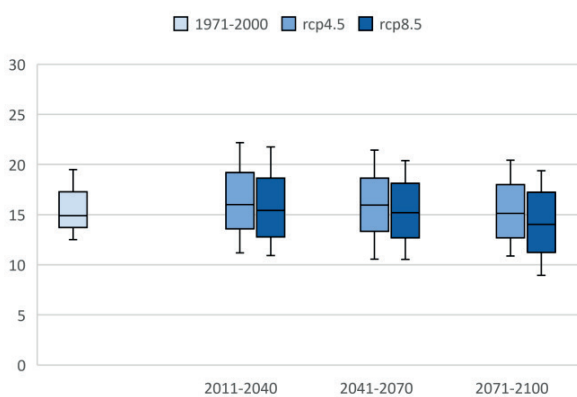
CDD: Elkarren segidako egun lehorren kopuru maximoa ($RR < 1$ mm) (egunak)



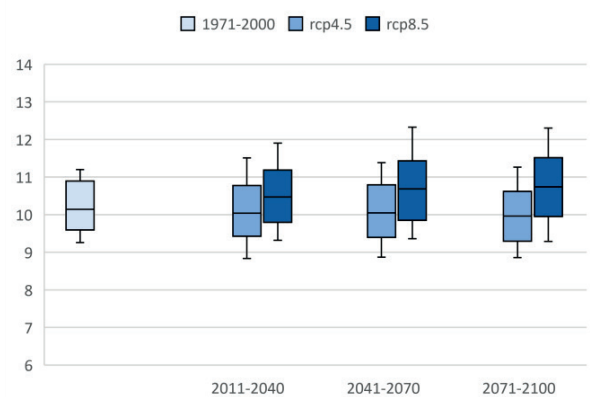
RR1: Egun hezeen kopurua ($RR \geq 1$ mm) (egunak)



R10: Prezipitazio handiko egunen kopurua (prezipitazioa ≥ 10 mm) (egunak)



R20: Prezipitazio oso handiko egunen kopurua (prezipitazioa ≥ 20 mm) (egunak)



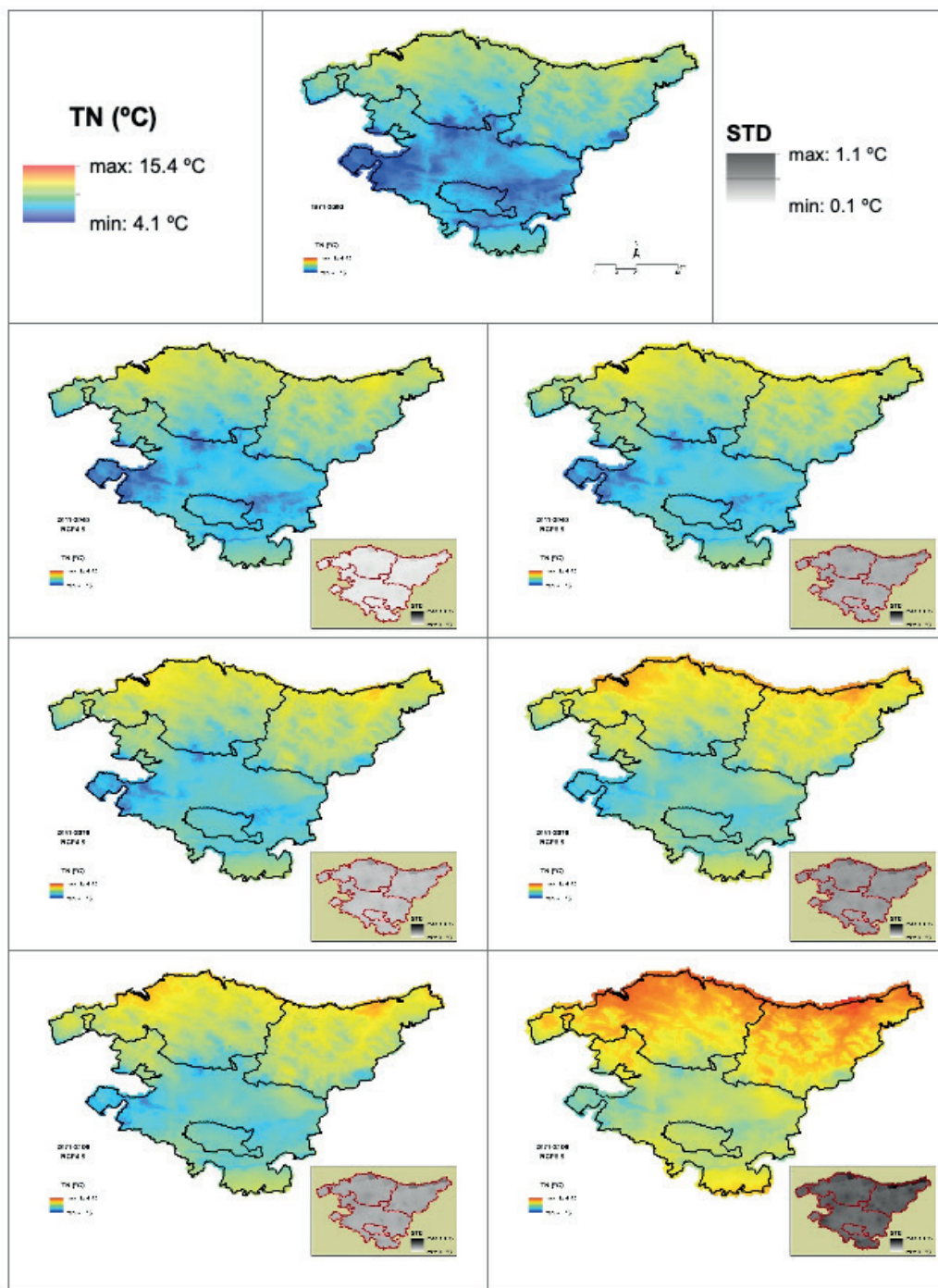
SDII: Egunekeo intentsitate indize sinplea (mm/egun hezeko)

17. Irudia. 30 Urteko serieetarako (1971-2000; 2011-2040; 2041-2070; 2071-2100) prezipitazioaren ondoriozko urteko adierazleen balioak eae osorako: batezbestekoa eta 10, 25, 75 eta 90 pertzentilak. Proiektatutako serieak (2011-2040; 2041-2070; 2071-2100) EURO-CORDEXen GCM/RCM-en simulazioei dagozkie EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 eta RCP8 agertokietan.5.

2.2.2. 2011-2100 proiektzioak: temperatura minimoekin lotutako adierazleak

18. irudiak eguneko temperatura minimoaren joera positibo argia islatuko luke azterlanaren aldi osoan. Bai klimatologietan (18. irudia) eta bai aldaketa seinaleetan (19. irudia) ikusten da anomalia hazi egingo zela garaiko

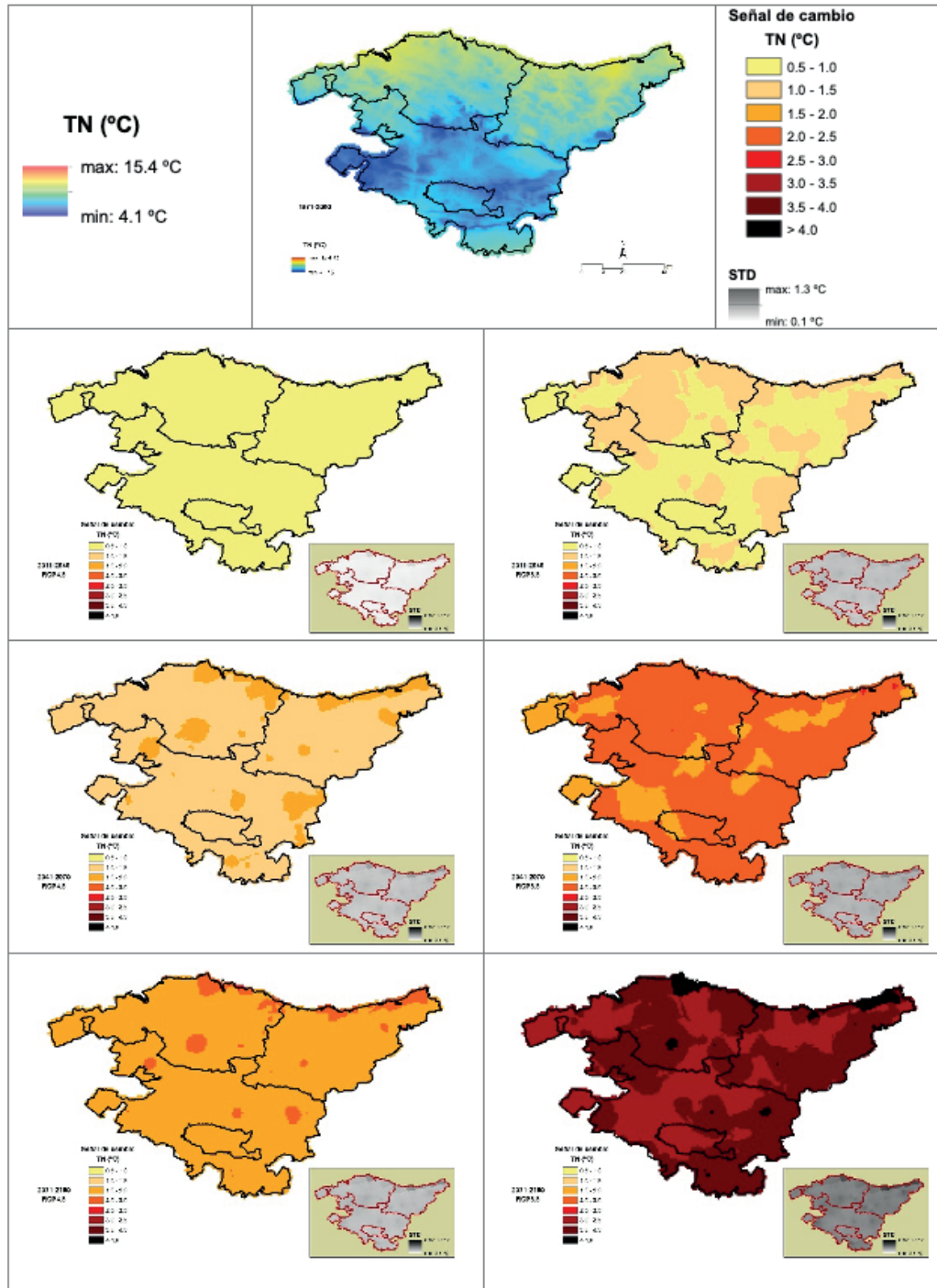
klimatologiarekiko (1971-2000) XXI. mendeak aurrera egin ahala. Aldaketa nabarmenagoa izango litzateke RCP8.5 agertokirako eta mende amaierarako (2071-2100); aldi berean, ziurgabetasuna –simulazio multzoaren desbideratze estandarrak adierazitakoa- areagotu egingo litzateke zentzu horretan.



18. Irudia. Temperatura minimoa: EURO-CORDexen GCM/RCM-ek proiektatutako klimatologiak EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 (Ezkerrean) eta RCP8.5 (Eskuinean) agertokietan, etorkizuneko hiru alditarako: 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100.

Eguneko temperatura minimoaren igoeraren eredu espaziala nahiko homogeneoa izango litzateke EAEko lurralde osoan, batez ere RCP4.5 agertokian (19. irudia); RCP8.5 agertokian, badirudi temperatura minimoen igoera

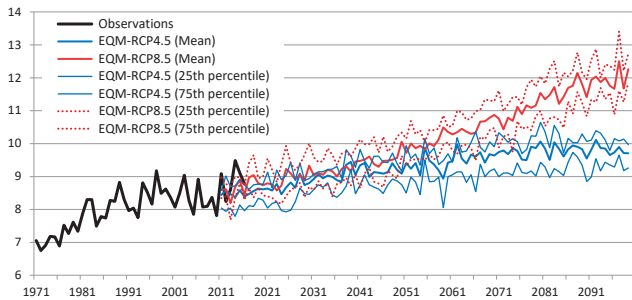
pixka bat txikiagoa izan dezaketen eremuak egon litezkeela (Enkartzioak, Gorbeialdea, Añana, Durangaldea, Urola Kosta).



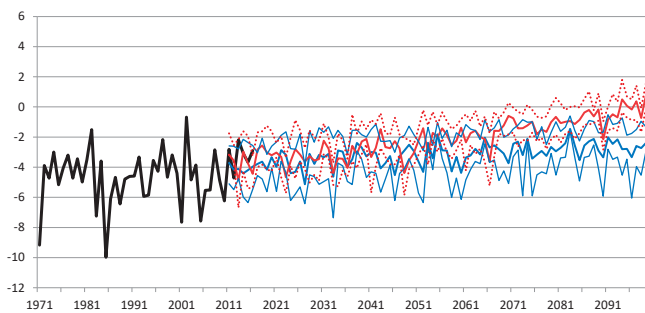
19. Irudia. Temperatura minimorako deltak: EURO-CORDEXen GCM/RCM-ek proiektatutako klimatologiak EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 (Ezkerrean) eta RCP8.5 (Eskuinean) agertokietan, etorkizuneko hiru alditarako: 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100.

20. irudian eta 21. irudian ikusten da XXI. mendean EAEn goranzko joera bat egongo zela, baina ez eguneko tenperatura minimoarena bakarrik, baita horrekin lotutako hainbat adierazlerena ere, esaterako, tenperatura minimoen minimoarena eta maximoarena (TNn eta TNx, hurrenez hurren) eta gau tropikalena edo minimoa 20°Ctik jaisten ez den egunena (TR). Tenperatura minimoak igotzearen

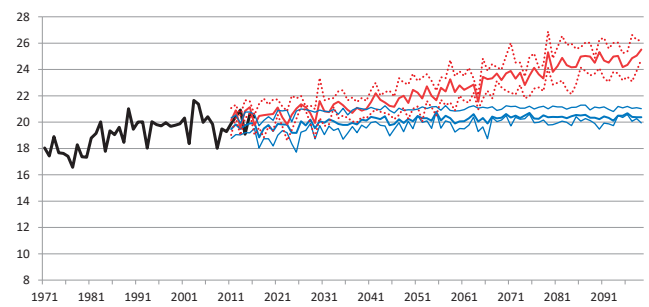
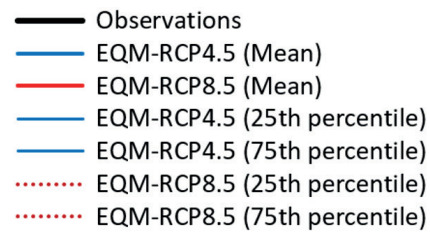
ondorioz, tenperatura 0°Ctik beherakoa den egunen kopurua, hau da, izozte egunen kopurua (FD) gero eta txikiagoa izango litzateke azterlanaren aldian. Joera horiek nabarmenagoak dira RCP8.5 agertokian eta agertoki horretan, oro har, ziurgabetasun handiagoa dute batez ere mendearen amaieran.



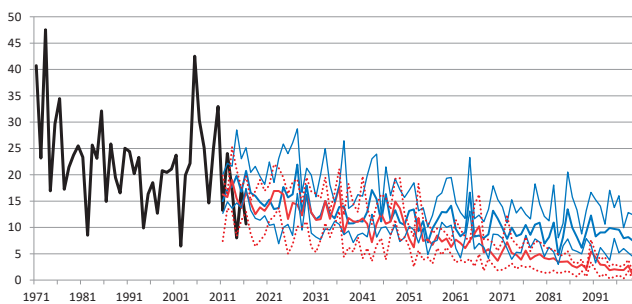
TN: eguneko tenperatura minimoen batezbestekoa (°C)



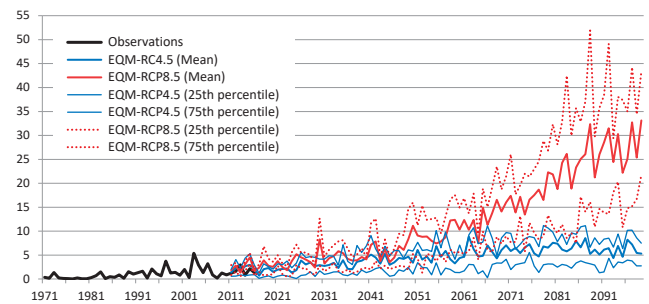
TNn: Eguneako tenperatura minimoen minimoa (°C)



TNx: eguneko tenperatura minimoen maximoa (°C)

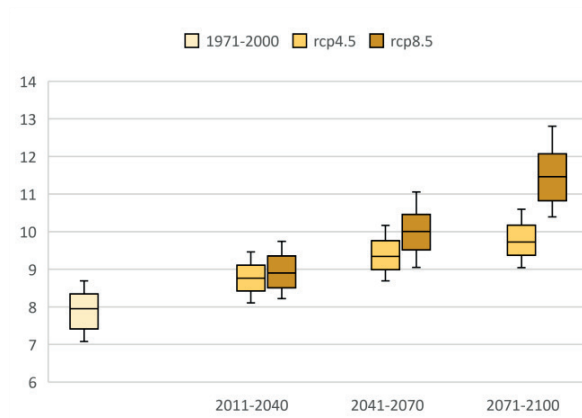


FD: Izozte egunen kopurua (TN < 0°C) (egunak)

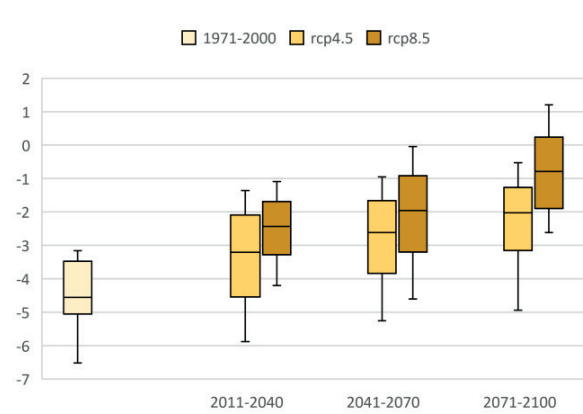


TR: gau tropikalen kopurua (TN > 20°C) (egunak)

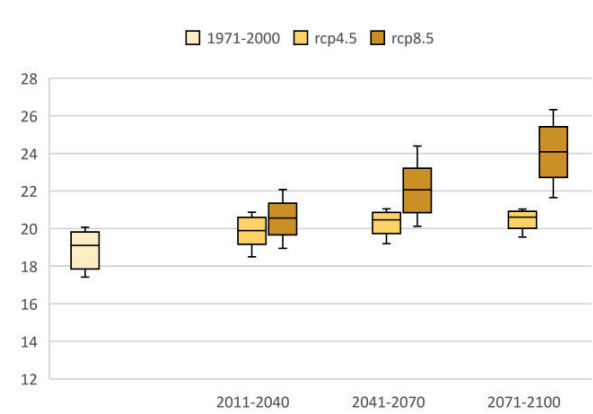
20. Irudia. Aldi historikoan (1971-2016) izandako tenperatura minimoaren ondoriozko adierazleen eta 2100 arteko proiektzioaren (EURO-CORDEX-en GCM/RCM-en simulazioak EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 eta RCP8.5 Agertokietan) urteko bilakaera eae osorako. Honako hauek aurkezten dira: agertoki bakoitzeko batezbestekoa, 25 pertzentila eta 75 pertzentila.



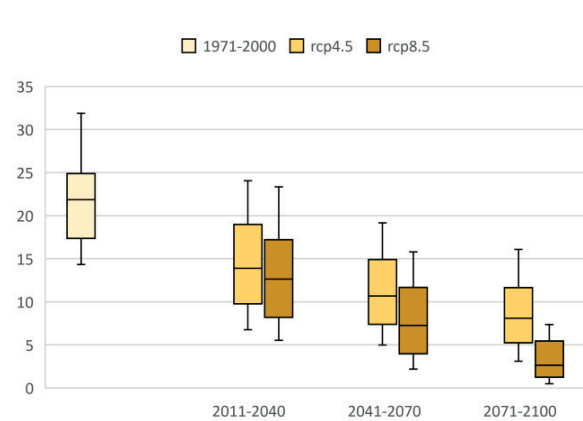
TN: eguneko tenperatura minimoen batezbestekoa (°C)



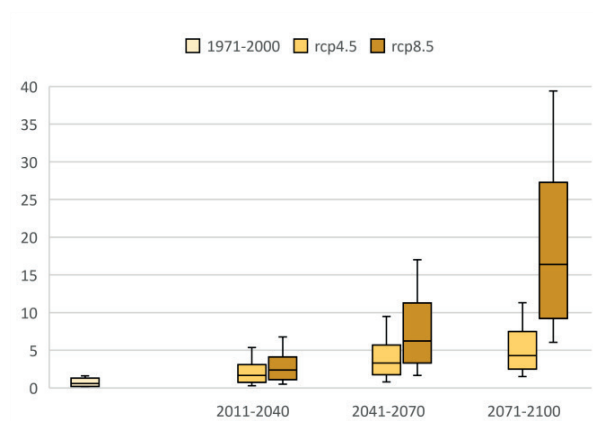
TNn: Eguneko tenperatura minimoen minimoa (°C)



TNx: eguneko tenperatura minimoen maximoa (°C)



FD: Izozte egunen kopurua (TN < 0°C) (egunak)



TR: gau tropikalen kopurua (TN > 20°C) (egunak)

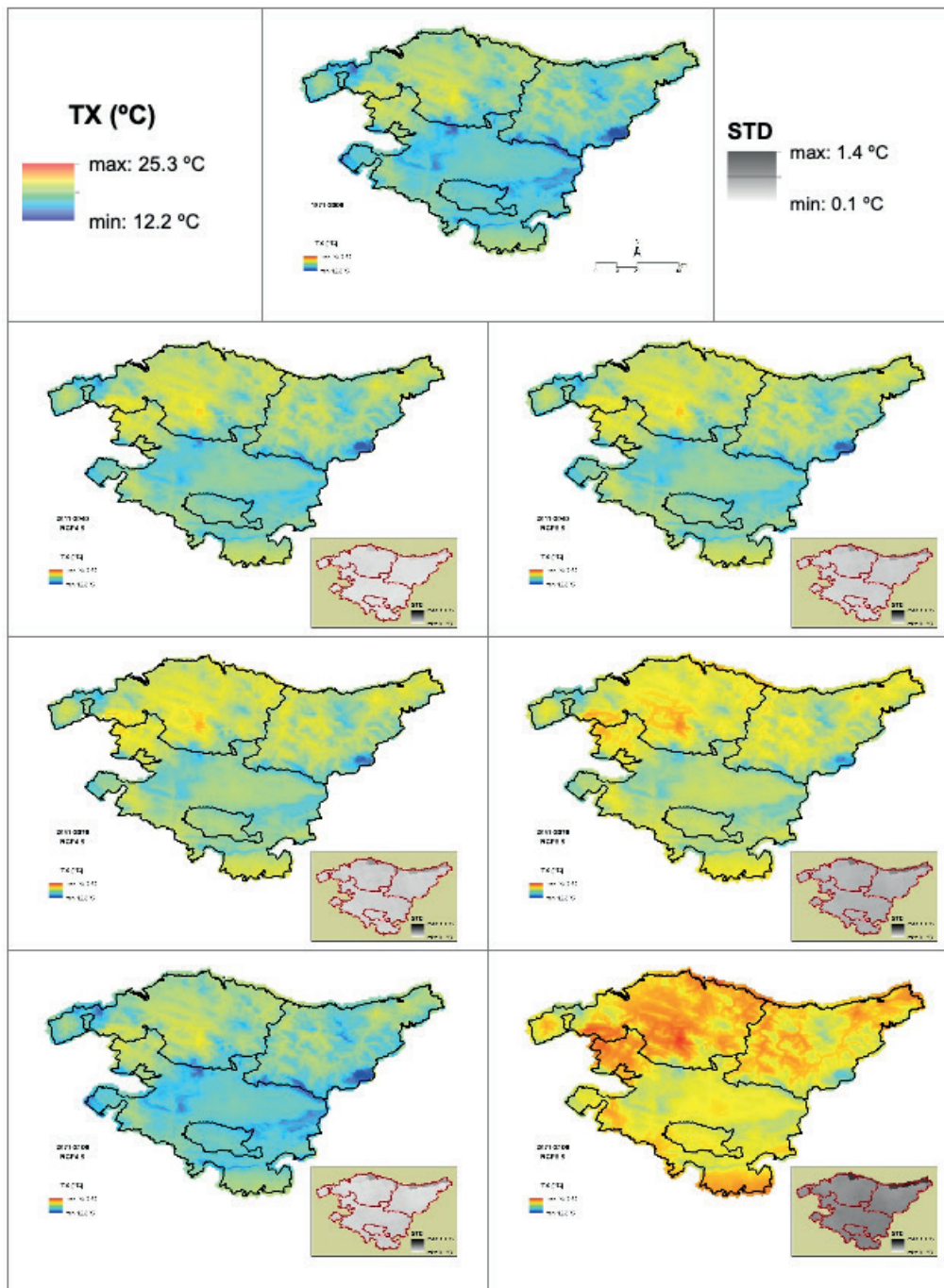
21. Irudia. 30 Urteko serieetarako (1971-2000; 2011-2040; 2041-2070; 2071-2100) tenperatura minimoaren ondoriozko urteko adierazleen balioak EAE osorako: batezbestekoa eta 10, 25, 75 eta 90 pertzentilak. Proiektatutako serieak (2011-2040; 2041-2070; 2071-2100) EURO-CORDEXen GCM/RCM-en simulazioei dazgokie EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan.

2.2.3. 2011-2100 proiektzioak: temperatura maximoekin lotutako adierazleak

22. irudian eta 23. irudian ikus daitekeenez, ereduak eguneko temperatura maximoek gaur egungo aldikoekin (1971-2000) alderatuta, gora egingo dutela iragartzen dute, eta igoera handiagoa izango dela RCP8.5 agertokian eta mendeak aurrera egin ahala.

Eguneko temperatura maximoaren igoera horren patroia espaziala (22. irudia) nabarmenagoa izango litzateke kostaldeko eremu jakin batzuetan eta Araban, batez ere hego-ekialdeko zerrendan.

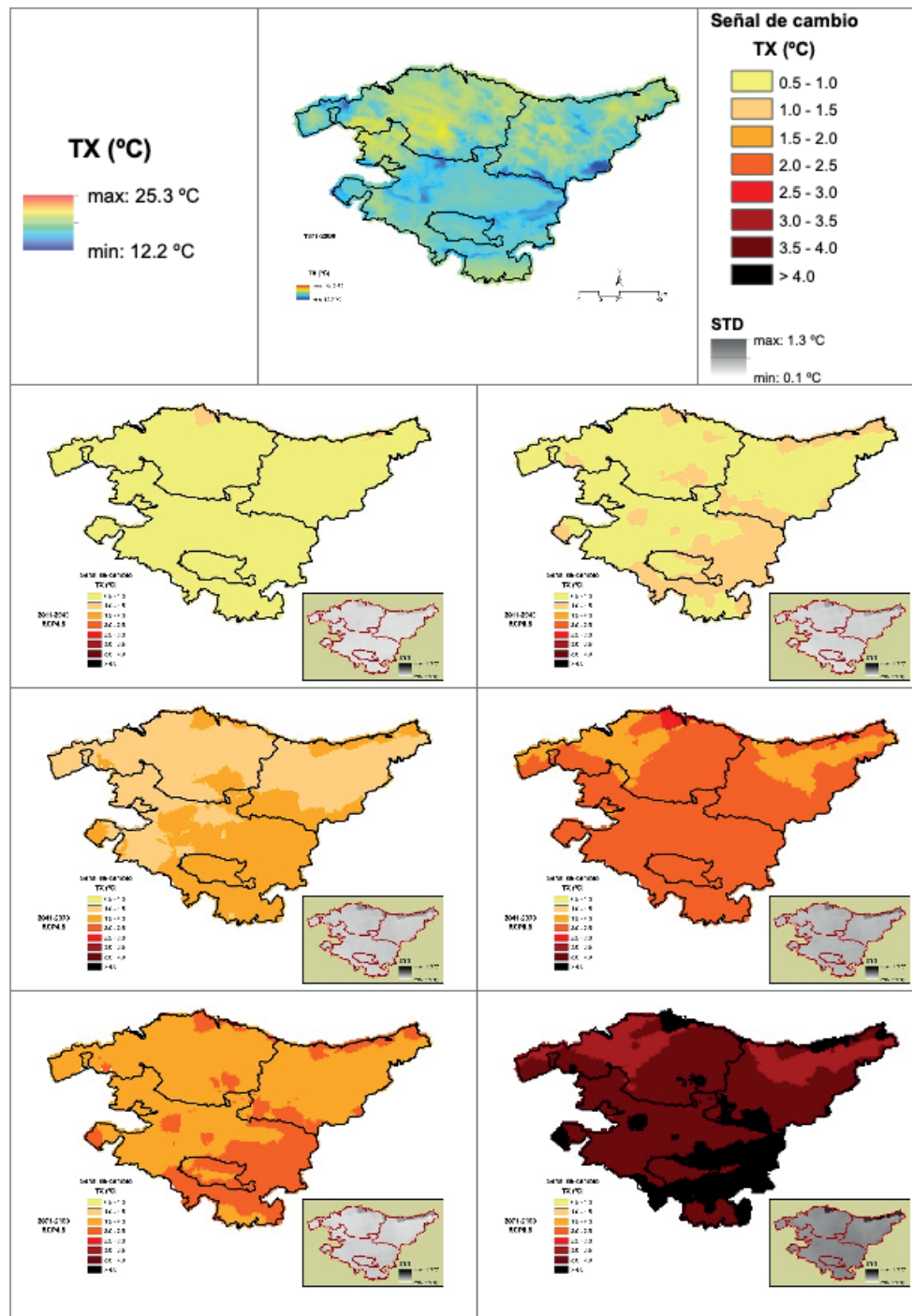
Tenperatura maximoen ondoriozko adierazleen azterketak ere eguneko temperatura maximoak igotzeko joera



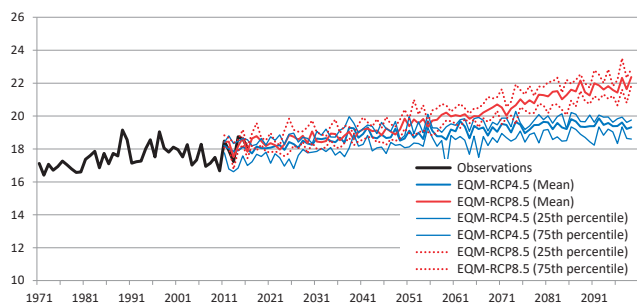
22. Irudia. Tenperatura maximoa: EURO-CORDEXen GCM/RCMek proiektatutako klimatologiak, EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 (Ezkerrean) eta RCP8.5 (Eskuinean) agertokietan, etorkizuneko hiru alditarako: 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100.

bera erakusten du. 23. irudia eta 24. irudian modu grafikoan azaldu dira adierazle horietako batzuk. Eguneko tenperatura maximoen balio minimoak eta maximoak (TXn y TXx) igoko liratekeela ikusten da, baina maila handiagoan maximoak (TXx); udako egunen kopuruak (SU), 35 °Cko atalasea gaindituko luketen urteko egunen kopuruak

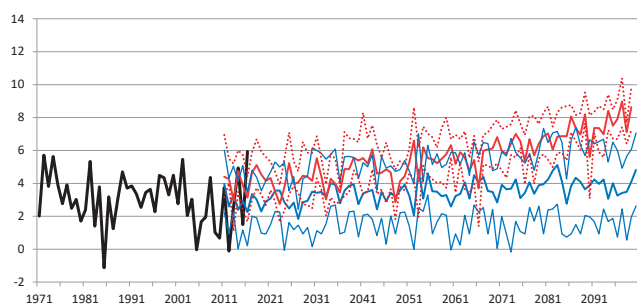
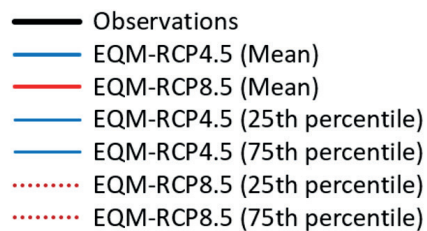
(SU35) eta egun beroen kopuruak (TX90p) ere igotzeko joera izango lukete eta iraupen handiagoko bero boladak (HWF) esperoko lirateke.



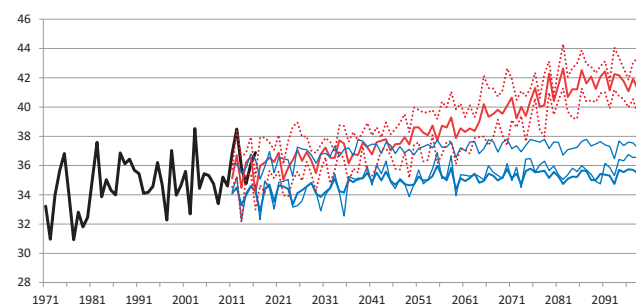
23. Irudia. Tenperatura maximoetarako deltak: EURO-CORDEXen GCM/RCMek proiektatutako klimatologiak, EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 (Ezkerrean) eta RCP8.5 (Eskuinean) agertokietan, etorkizuneko hiru alditarako: 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100.



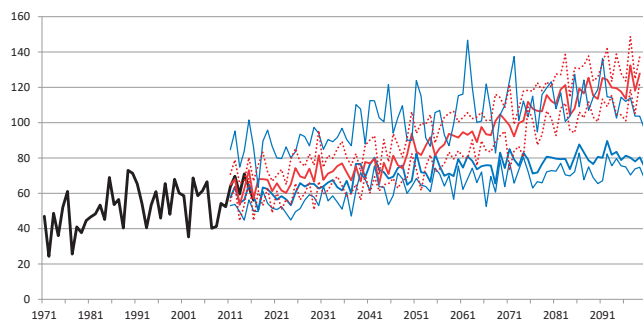
TX: eguneko tenperatura maximoen batezbestekoa (°C)



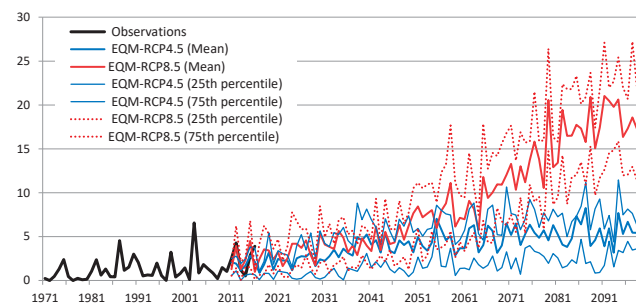
TXn: eguneko tenperatura maximoen minimoa (°C)



TXx: eguneko tenperatura maximoen maximoa (°C)

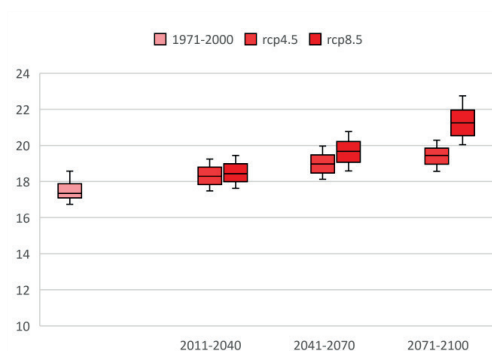


SU: udako egunen kopurua (TX > 25°C) (egunak)

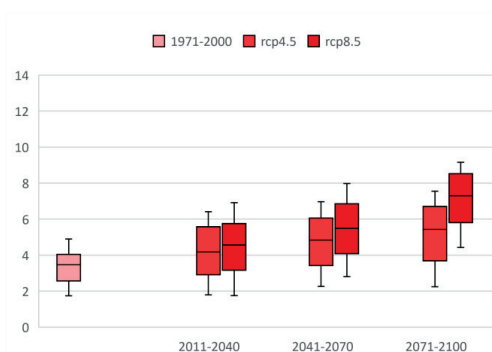


SU35: TX > 35°C egin duen egunen kopurua (egunak)

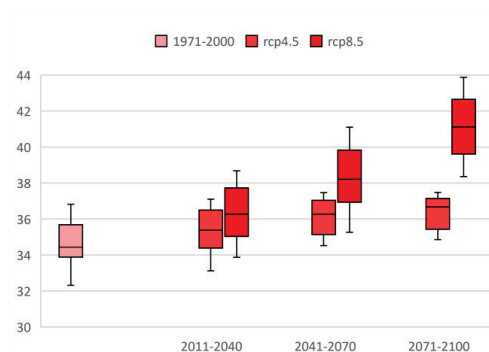
24. Irudia. EAE osorako aldi historikoko (1971-2016) tenperatura maximotik eta 2100 arteko proiektioetik eratorritako adierazleen urteko bilakaera (EURO-CORDEXen GCM/RCM simulazioak, RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan, EQM alborapen zuzenketarekin). Hauek aurkezten dira: batezbestekoa, 25 pertzentila eta 75 pertzentila agertoki bakoitzean.



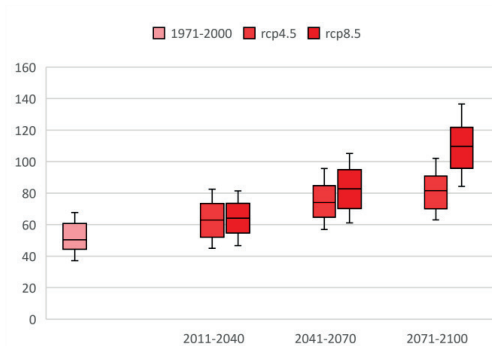
TX: eguneko tenperatura maximoen batezbestekoa (°C)



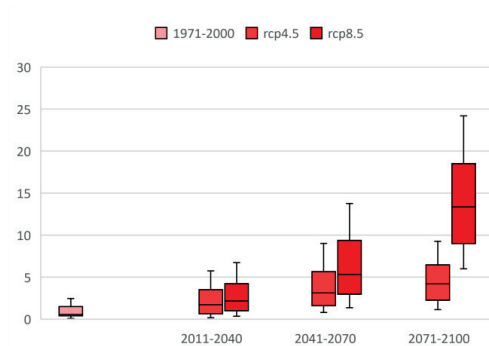
TXn: eguneko tenperatura maximoen minimoa (°C)



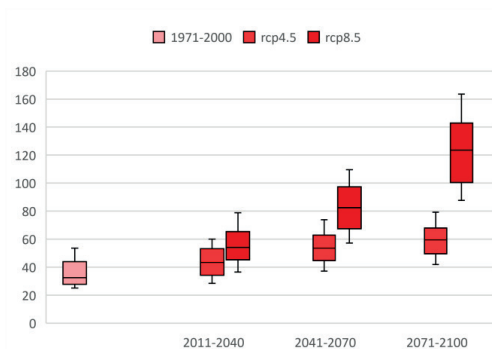
TXx: eguneko tenperatura maximoen maximoa (°C)



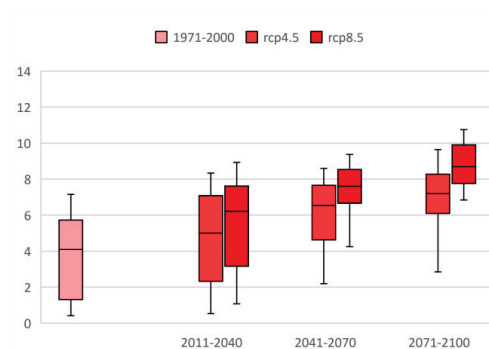
SU: udako egunen kopurua (TX > 25°C) (egunak)



SU35: TX > 35°C egin duen egunen kopurua (egunak)



TX90P: Egun beroen kopurua (TX > TXetako 90 pertzentila)



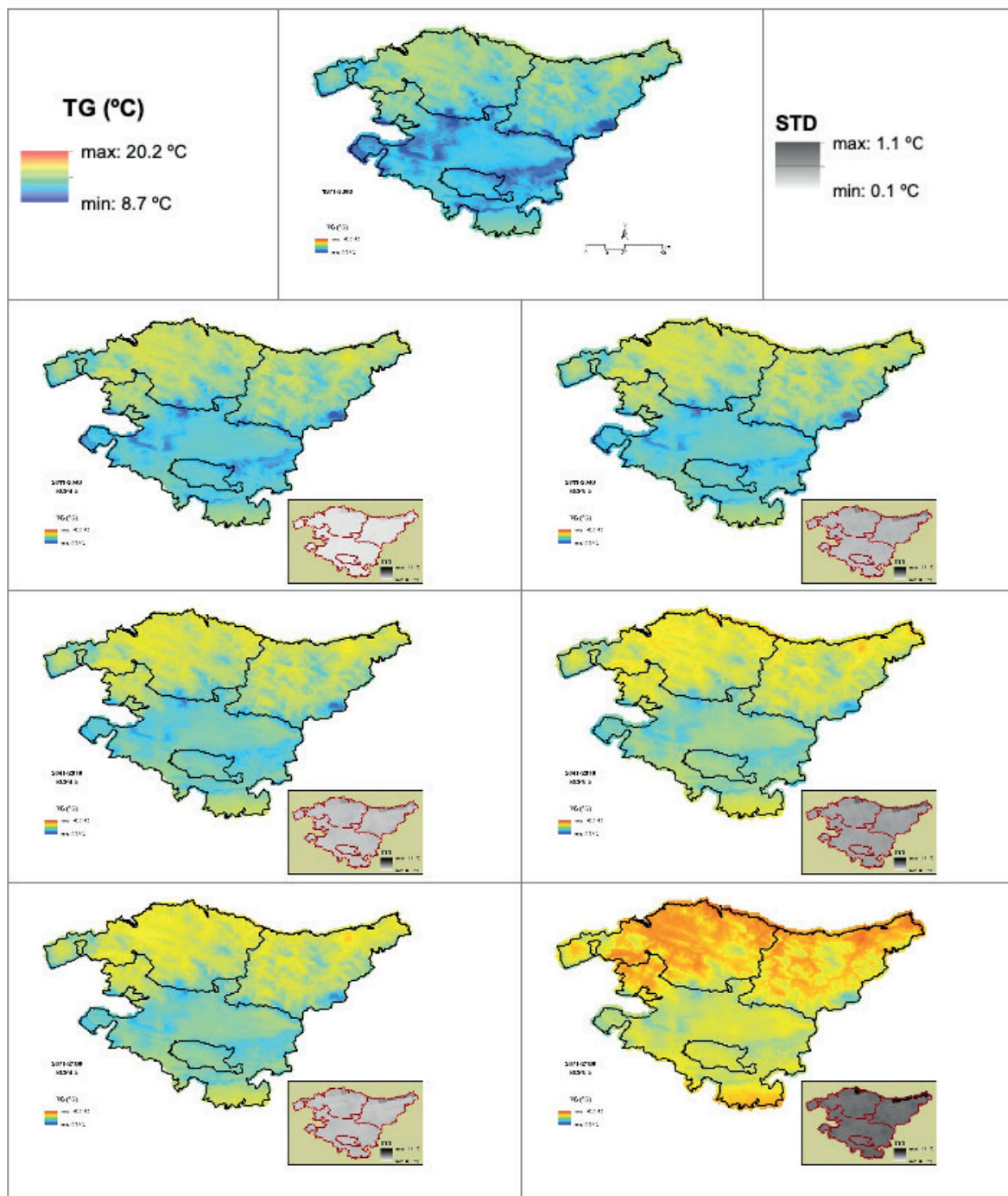
HWF: Bero boladen iraupena (egunak/bero boladak)

25. Irudia. 30 Urteko serieetarako tenperatura maximoaren ondoriozko urteko adierazleen balioak, eae osorako (1971-2000; 2011-2040; 2041-2070; 2071-2100): batezbestekoa eta 10, 25, 75 eta 90 pertzentilak. Proiektatutako serieak (2011-2040; 2041-2070; 2071-2100) EURO-CORDEXen GCM/RCM simulazioei dagozkie, RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan EQM alborapen zuzenketarekin.

2.2.4. 2011-2100 proiektzioak: batez besteko temperaturekin lotutako adierazleak

Eguneko temperatura minimo eta maximoetarako adierazitakoa errepikatzen da eguneko batez besteko temperaturetarako ere. Ereduek XXI. mendean zehar

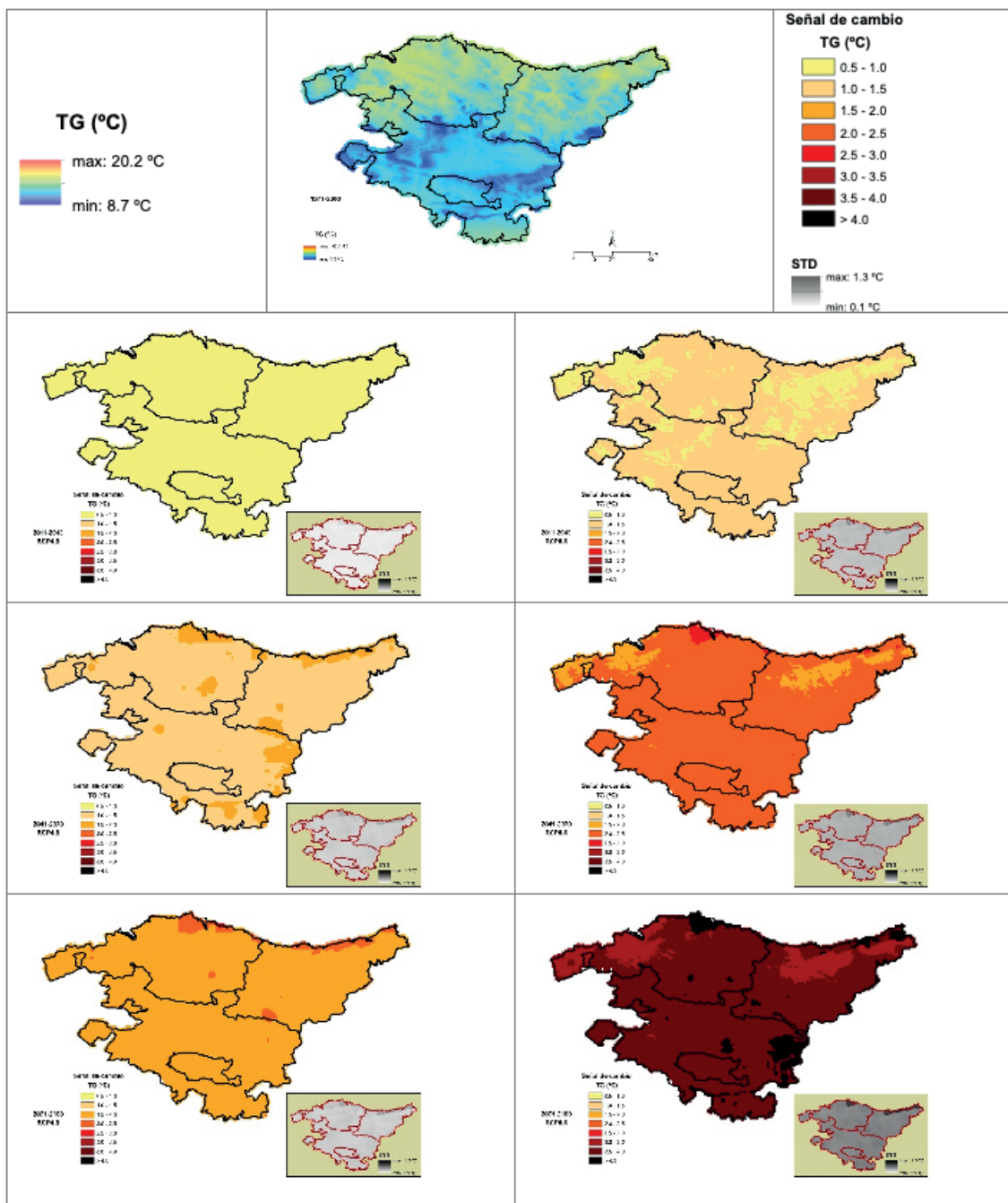
etengabeko igoera aurreikusten dute, eta RCP8.5 agertokian are nabarmenagoa izango litzateke. Proiektzio horien ziurgabetasuna –desbiderapen estandar gisa adierazita– handiagoa izango litzateke RCP8.5 agertokirako eta, bereziki, mendeak aurrera egin ahala (26. irudia eta 27. irudia).



26. Irudia. Batez besteko temperatura: EURO-CORDEXen GCM/RCMek proiektatutako klimatologiak, EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 (Ezkerrean) eta RCP8.5 (Eskuinean) agertokietan, etorkizuneko hiru aldietarako: 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100.

Eguneko batez besteko tenperaturaren igoera hori espazioan nahiko homogeneoa izango litzateke EAEko eremu geografiko osoan (27. irudia), eta, RCP4.5 agertokian, mende amaierarako (2071-2100), 1,5-2,0°C igoko litzateke, egungo aldiarekin alderatuta (1971-2000); RCP8.5 agertokian, berriz, 2,0-2,5°C igoko litzateke, 2041-2070rako. Gogora dezagun, "Industriaurreko mailekin

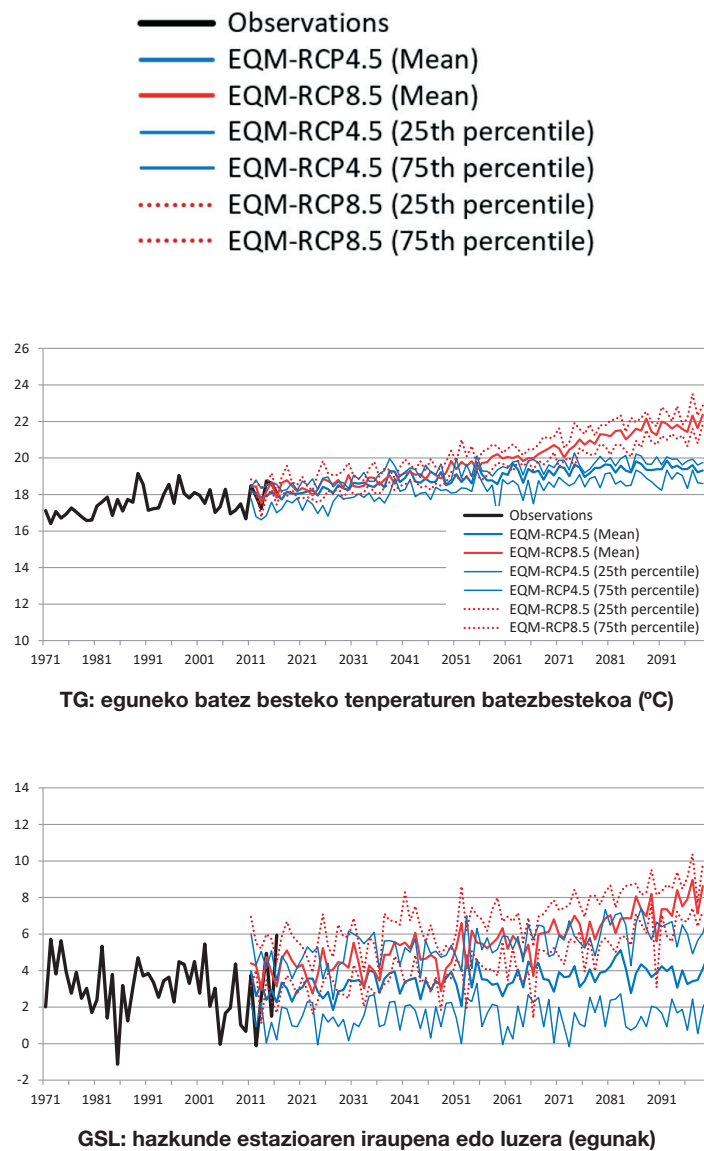
alderatuta 1,5°C-ko beroketa globalaren inpaktuei buruzko txosten bereziaren" arabera (IPCCren txosten berezia, 2018), tenperatura globalaren igoera 1,5°C-ra mugatu beharko genuke, alde handia legokeelako tenperaturak 2,0°C gora egitetik eratorritako inpaktuen eta 1,5°C igotzetik eratorritakoen artean.



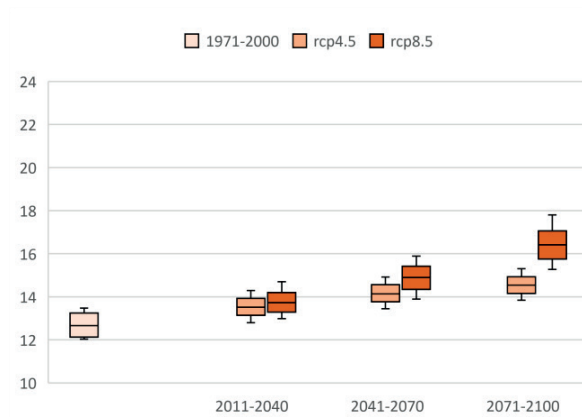
27. Irudia. Batez besteko tenperaturarako deltak: EURO-CORDEXen GCM/RCMen proiektzioak, EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 (Ezkerrean) eta RCP8.5 (Eskuinean) agertokietan, etorkizuneko hiru aldietarako: 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100.

Batez besteko tenperaturaren igoerarekin lotuta, hazkunde estazioaren iraupena (GSL) luzatzea espero liteke, batez besteko tenperatura moderatuko egun gehiago

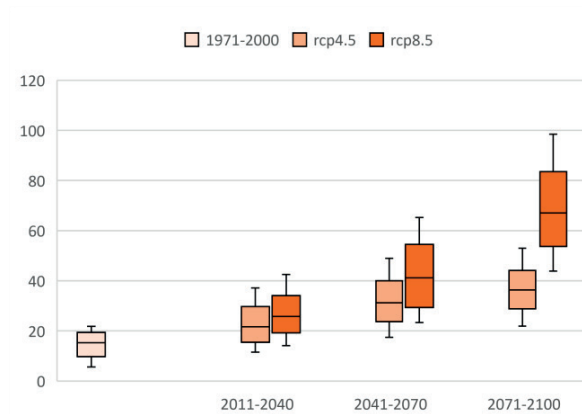
espero litezkeelako, bai eta aire girotua (COLDDD) erabili beharreko egunen kopurua handitzea ere (28. irudia eta 29. irudia).



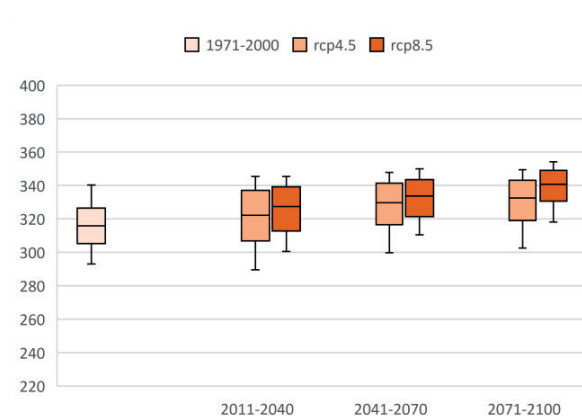
28. Irudia. EAE osorako aldi historikoko (1971-2016) batez besteko tenperaturatik eta 2100 arteko proiektioetik eratorritako adierazleen urteko bilakaera (euro-cordexen GCM/RCM simulazioak, RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan, EQM alborapen zuzenketarekin). Hauek aurkezten dira: batezbestekoa, 25 pertzentila eta 75 pertzentila, agertoki bakoitzean.



TG: eguneko batez besteko tenperaturen batezbestekoa (°C)



COLDDD: aire girotua erabiltzearekin lotutako egunen kopurua (batez besteko tenperaturak 22,0°C baino altuagoak) (egunak)



GSL: hazkunde estazioaren iraupena edo luzera (egunak)

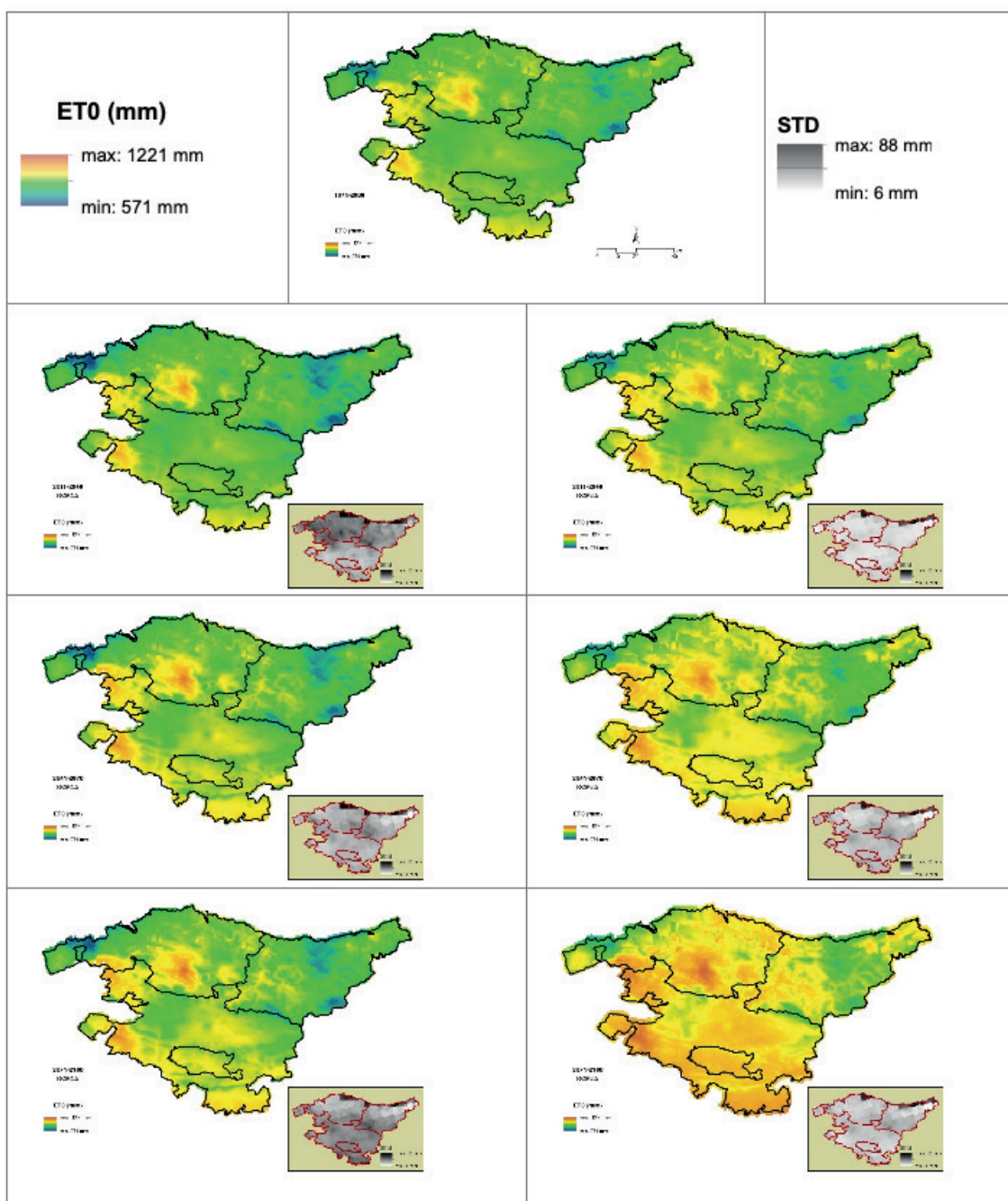
29. Irudia. 30 Urteko serieetarako batez besteko tenperaturaren ondoriozko urteko adierazleen balioak, EAE osorako (1971-2000; 2011-2040; 2041-2070; 2071-2100): batezbestekoa eta 10, 25, 75 eta 90 pertzentilak. Proiektatutako serieak (2011-2040; 2041-2070; 2071-2100) EURO-CORDEXen GCM/RCM simulazioei dagozkie, RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan EQM alborapen zuzenketarekin.

2.2.5. 2011-2100 proiektzioak: erreferentziazko ebapotranspirazioa

Erreferentziazko ebapotranspirazioak (ET0) lurruntzen eta transpiratzen den ura adierazten du, hazkunde aktiboan eta uraren eskuragarritasunean mugarik ez duen labore espezifiko batekin erabat estalitako gainazal batean; hau da, klima jakin baten pean labore estandar horrek baldintza optimoetan dituen eskakizunen antzeko zerbait izango litzateke.

Azterlan honetan, eguneko tenperatura maximo eta minimoetatik abiatuta kalkulatu da ET0a, eta, beraz, oro har, ET0ak ere gora egiteko joera izan beharko luke mendeak aurrera egin ahala, eta batez ere RCP8.5 agertokian eta mende amaieran (30. irudia, 31. irudia, 32. irudia eta 33. irudia).

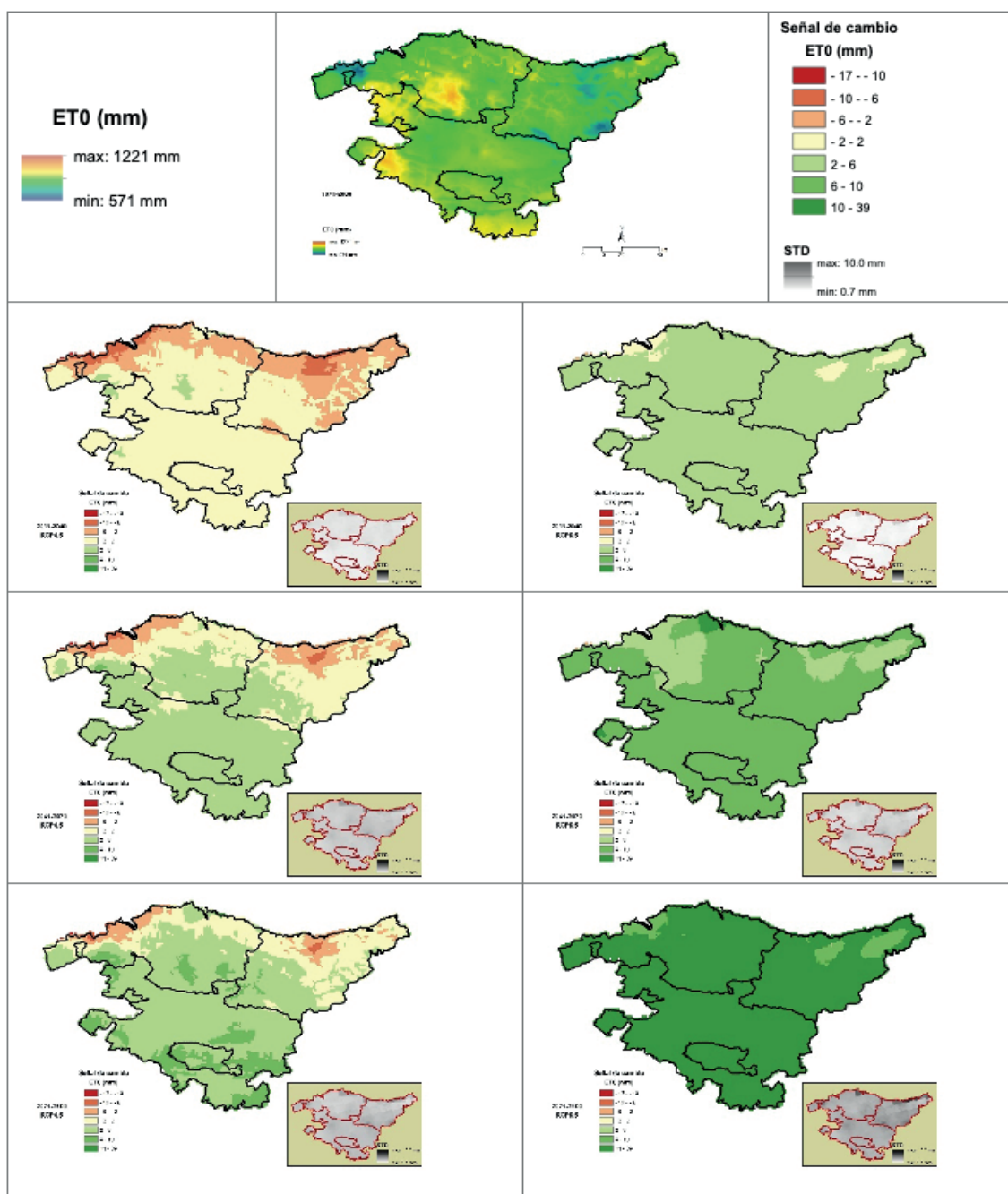
Hala ere, aldaketa edo delten seinaleei erreparatuz gero (31. irudia), ET0a handitzeko joera orokor hori ez da ikusten



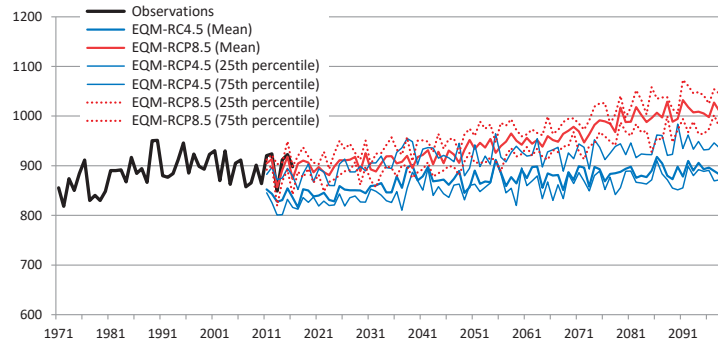
30. Irudia. Erreferentziazko ebapotranspirazioa (et0): EURO-CORDEXen GCM/RCMek proiektatutako klimatologiak, EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 (Ezkerrean) eta RCP8.5 (Eskuinean) agertokietan, etorkizuneko hiru alditarako: 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100.

RCP4.5 agertokian 2011-2040 aldirako, baina bai ondoren, eta iparraldetik hegoaldera doan patroia espazial gero eta handiagoarekin; hau da, barnealdean ET0a gehiago handituta eta kosta aldera gutxiago. RCP8.5 agertokian, aldaketa espazialaren patroia askoz homogeneoagoa izango litzateke EAE osoan, eta handitzeko joera askoz argiagoa.

Beraz, temperatura igotzeak landaretzaren ur beharrak handitzeko joera txiki bat ekarriko luke (ET0), eta, aldi berean, prezipitazioek (PRCPTOT) zertxobait murrizteko joera izango lukete. Beraz, garrantzitsua litzateke azterketa xehatuago bat egitea (urte sasoiaren arabera, hilero), urtean zehar ebapotranspirazioa eta prezipitazioa nola gertatuko liratekeen aztertzeke, landare espezie bakoitzaren ur eskari handieneko garaiak euri garaiak diren edo ez ikusteko.

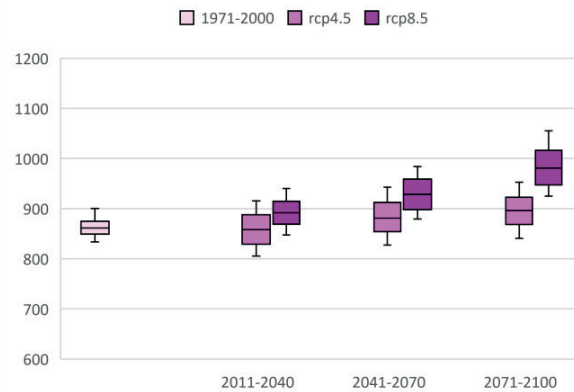


31. Irudia. Erreferentziazko ebapotranspiraziorako deltak: EURO-CORDEXen GCM/RCMen proiektzioak, EQM alborapen zuzenketarekin RCP4.5 (Ezkerrean) eta RCP8.5 (Eskuinean) agertokietan, etorkizuneko hiru aldirako: 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100.



ET0: erreferentziako ebapotranspirazioa (mm)

32. Irudia. EAE osorako aldi historikoko (1971-2016) hainbat oinarrizko aldagairen konbinaziotik eta 2100 arteko proiektiotik eratorritako adierazleen urteko bilakaera (euro-cordexen gcm/rcm simulazioak, RCP4.5 eta RCP8.5 Agertokietan, EQM alborapen zuzenketarekin). Hauek aurkezten dira: batezbestekoa, 25 pertzentila eta 75 pertzentila, agertoki bakoitzean.



ET0: erreferentziako ebapotranspirazioa (mm)

33. Irudia. 30 Urteko serieetarako hainbat oinarrizko aldagairen konbinazioaren ondoriozko urteko adierazleen balioak, EAE osorako (1971-2000; 2011-2040; 2041-2070; 2071-2100): batezbestekoa eta 10, 25, 75 eta 90 pertzentilak. Proiektatutako serieak (2011-2040; 2041-2070; 2071-2100) EURO-CORDEXen GCM/RCM simulazioei dagozkie, RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan EQM alborapen zuzenketarekin.

Ondorioak

1971-2016 aldi historikoan, dagoeneko ikusten dira joera esanguratsuak EAE osoan. Hala ere, joeren tamainak, esanguratsuak izan arren, zerotik hurbil daude, hau da, joera arinak dira, oro har. Hona hemen joera horietako batzuk:

- > Hauen hazkundera: eguneko tenperatura maximoen batezbestekoak (TX), egun beroak (TX90p), zenbait tenperatura atalase gainditzen diren egunak (25°C eta 35°C, adibidez), bero boladak (WSDI).
- > Hauen hazkundera: eguneko tenperatura minimoak (TN), gau beroak (TN90p) eta tropikalak (TR), bai eta tenperatura minimoen maximoak ere (TNx).
- > Hauen hazkundera: batez besteko tenperaturak (TG), batez beste 10°C gainditzen diren egunak (TG10a) eta aire girotuaren erabilerari lotutako egunak (COLDDD).
- > Hauen hazkundera: egun bero eta lehorrak (DW) eta egun bero eta hezeak (WW).
- > Hauen murrizketa: egun hotz eta lehorrak (DC), egun hotz eta hezeak (WC), 0°C (FTD) zeharkatzen duten egunak, eguneko tenperatura tarteak (DTR), gau hotzak (TN10p) eta berogailuaren erabilerarekin lotutako egunak (HEATDD).

Hala ere, prezipitazioari lotutako adierazleek (PRCPTOT, RR1, R10, R20, RX1day, SDII, etab.) ez dute joera nabarmenik erakusten EAE osorako 1971-2016 aldi historikoan.

Proiektutako datuei dagokienez, komeni da hau azpimarratzea:

- > RCP8.5 agertokirako proiektutako aldaketaren tamainari buruzko ziurgabetasuna askoz handiagoa da RCP4.5 agertokiari dagokiona baino, eta, oro har, handiagoa izaten da denborak aurrera egin ahala.
- > Tenperaturen kasuan, joera oso positiboa da (tenperaturen igoera) gaur egunetik bertatik. Eguneko batez besteko tenperaturaren igoera hori 0,5°C-tik 4,0°C-ra bitartekoa izango litzateke, agertokiaren eta ereduaren arabera, eta handiagoa izango litzateke mende bukatu eta RCP8.5 agertokirako. Aldaketa patroia nahiko homogeneoa izango litzateke EAE osoan.
- > Tenperatura baxuko egunekin lotutako indizeek behera egingo lukete etorkizunean; esaterako, izotz egunak (FD); tenperatura altuekin lotutako adierazleek, berriz, gora egingo lukete (SU, SU35, HWF). Hazkunde estazioaren luzera ere pixka bat handituko litzateke (GSL), batez besteko tenperatura moderatuko egunen kopuru handiagoarekin lotuta.
- > Prezipitazioaren kasuan, urteko prezipitazio metatua (PRCPGG) mende amaieratik gertuen dauden aldietan baino ez litzateke jaitsiko, eta modu argiagoan RCP8.5 agertokian. Prezipitazio gertaeren (CDD) eta elkarren segidako euri egunen (CWD) tarte txikiagoen artean elkarren segidako egun lehorren tarte handiagoak izango lirateke, eta egun hezeen kopurua (RR1) murriztu egingo litzateke, baina eguneko prezipitazioen intentsitatean ez da joera nabarmenik sumatzen.

- > Tenperaturak igotzeak ebapotranspirazioa handitzeko joera ekarriko luke (ETO).

Beraz, alde batetik, landareak ur gehiago beharko luke eta, bestetik, prezipitazioak gutxitzeko joera izango luke; hau da, badirudi ur gehiago beharko genukeela, baina ur gutxiago eskura.

Klima joerei buruzko emaitza horiek EAE osorako lortu dira, urteko datuak eta zenbait adierazle klimatiko kontuan hartuta.

Nolanahi ere, era honetako analisiak EAEko eremu zehatzago batzuetan egin ahalko lirateke, urtaro edo hilabeteko datuekin (bai eta egunekoekin ere, oinarrizko aldagaien kasuan), eta klima aldagai gehiagotarako; izan ere, informazio guztia eskuragarri dago komunitatearentzat (bereziki, honen bidez: <http://escenariosklima.ihobe.eus/>).

Sortutako produktuak, erabiltzailearen gida/ohiko galderak

Proiektu honen ondorioz, hainbat produktu sortu dira, horien erabilera eta askotariko erabiltzaile profiletan aplikatzeko modua erraztearren, espezializazioa handiagoa edo txikiagoa izanda ere. Oinarrizko aldagaietatik (tenperaturak eta prezipitazioa) eratorritako produktuei dagokienez:

- > **Oinarrizko klimatologia:** bereizmen espazial handiko (1km*1km) eguneko sareta bat sortu da, 1971-2016 aldirako, prezipitazio eta tenperatura maximo, minimo eta batezbestekoekin.

Aurreko aldagaietatik abiatuta ET_0 aldagaia ere lortu zen (1971-2016 eguneko seriea, 1km*1km-ko bereizmen espaziala duena).

Oinarrizko klimatologiaren eguneko datua bi formatutan sortu da:

- NetCDF formatua, formatu horrekin ohitutako erabiltzaileentzat, klima komunitatean estandar bat delako, eta
- CSV formatua, EAEko unitate hidrologikoak kontuan hartuta.

- > **EURO-CORDEX proiektzioak:** CSV formatuan, proiektzioak gauzatzeko (ikusi 6. taula) aintzat hartu diren

eta EAE barne hartzen duten 4. irudiko 80 puntutan (~12km) EURO-CORDEXen eskualde ereduak prezipitazioaren eta tenperaturaren eguneko datuak (maximoa, minimoa eta batezbestekoa) eman dira.

- > **Indicadores:** EURO-CORDEXen proiektzioen eguneko datuetatik abiatuta (~12km) eta oinarrizko klimatologiatik abiatuta (~1km), proiektuaren esparruan zehaztutako adierazleen proiektzioak sortu dira (ikus "I. ERANSKINA: ADIERAZLE KLIMATIKOEN DEFINIZIOA").

Alde batetik, CSV formatuan eta 12km*12km-ko ebazpen espazialean (3. irudian erakutsitako 80 puntuatarako), adierazleen hileko, urtaroko eta urteko serieak sortu dira EURO-CORDEXen eskualde eredu bakoitzerako (ikus 3. taula).

Bestalde, ASCII formatuan eta 1km*1km-ko ebazpen espazialean, proiektuaren esparruan zehaztutako adierazleen erreferentzia aldirako eta etorkizuneko aldiatarako klimatologiak eta aldaketa seinalea (anomalia edo delta) sortu dira (ikus "I. ERANSKINA: ADIERAZLE KLIMATIKOEN DEFINIZIOA"). 3. taulako RCM guztien batezbestekoa da, nola urtekoa, hala hilekoa, baita haien dispersioa adierazten duten estatistikena ere¹.

¹ Proiektu honen testuinguruan, hau ulertzen da:

- STD (desbiderapen estandarra): aldagaiaren bariantzaren erro karratua da. STDa zenbat eta handiagoa izan, orduan eta handiagoa da ereduak ematen duten aldaketa seinaleari buruzko ziurgabetasuna.
- CV (aldakuntza koefizientea) = $100 \cdot \text{STD} / \text{batezbestekoa}$. CVa zenbat eta handiagoa izan, orduan eta txikiagoa da seinaleak azaldutako aldakortasuna, eta handiagoa ziurgabetasuna.
- NSZ (seinale/zarata ratioa, signal-to-noise ratio) = $100 \cdot \text{batezbestekoa} / \text{STD}$. NSZa zenbat eta handiagoa izan, orduan eta konfiantza handiagoa dago aldaketa seinalean.

CVk eta SNRk, zatidurak direnez, batzuetan oso balio baxuekin (0tik gertu dauden datuekin) arazoak izan ditzakete.

Gainera, GCM/RCM simulazioei alborapena zuzentzeko metodoak aplikatu ondoren, oinarritzko aldagaietarako (prezipitazioa eta tenperaturak) etorkizuneko eguneko proiektzioak sortu dira, 1km*1km-ko ebazpen espazial batekin (atlas klimatikoaren erreferentziazko behaketetako berdina).

Azkenik, oinarritzkoak ez diren aldagaiak ere eman dira:

- > **Oinarritzkoak ez diren aldagaien EURO-CORDEX proiektzioak:** TXT formatuan, hezetasun erlatiboaren (batezbestekoa), eguzki erradiazioaren (uhin motzekoa eta luzekoa) eta haizearen abiaduraren (batezbestekoa eta maximoa) eguneko datuak ematen dira, EURO-CORDEXen eskualde ereduak EAE barne hartzen duten 3. irudian erakutsitako 80 puntuetan (~12km). Datu horiek ez dira eskualdekatu, ez eta haien alborapenak zuzendu ere.

Sarbide libreko datu horiek guztiak kontsultatu eta deskargatu daitezke horretarako prestatutako ikusgailutik:

- > <http://escenariosklima.ihobe.eus/>

Gainera, informazioaren zati bat ataritik ere ikus eta deskarga daiteke:

- > <https://www.geo.euskadi.eus/>

Oinarritzko aldagaiei eta horietatik eratorritakoei dagokienez, oro har, klima aldaketaren eskualdekako proiektzioak lortu dira EAEn, eta proiektzio horiek egokiak dira klima aldaketaren ondorioen ebaluazio azterlanak egiteko tokiko eskalan. Zeregin horren emaitza gisa sortutako datu termoplubiometrikoak eta hortik eratorritakoak etorkizuneko hiru alditarako (2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100) eguneko prezipitazio eta tenperatura serieak dira, klimaren eskualdeko simulazioetatik lortzen direnak, eredu alborapenek txertatutako arazoak saihesteko behaketa historikoetan oinarrituta behar bezala kalibratuak. Kalibrazio prozesua egiteko, ereduak simulatutako eguneko balioen banaketa estatistikoki doitzen da aldi historiko batean (1971-2000) behatutako banaketarekin. Kalibrazio hori etorkizuneko agertokiko datuei aplikatzen zaie ondoren. Horrela, eredu guztiak erreferentzia berarekin kalibratzen dira, eta etorkizuneko aldaketak zuzenean lor daitezke, proiektzio kalibratuaren eta behaketaren arteko alde gisa. EAEn kalibratutako serie horiek klima aldaketak ondorengo etapetan duen inpaktuaren azterketetan erabil daitezke.

Txosten honetan jasotako proiektuetarako erabiltzen diren datuak Europan eskualde proiektzioak sortzetik datoz, EURO-CORDEX proiektuak ematen baititu, hori egiteko uneen eskuragarri zegoenak. Oro har, 12 simulazio alternatiboko multzoa da, eta 5 eredu global eta klimaren 4 eskualde eredu konbinatzen dira sareta berean (0,11°-

ID	Global Model (GM)	Regional Climate Model (RCM)	Erakundea
1	CERFACS-CNRM-CM5_r1i1p1	CCLM4-8-17_v1	CLMcom
2	CERFACS-CNRM-CM5_r1i1p1	RCA4_v1	SMHI
3	ICHEC-EC-EARTH_r12i1p1	CCLM4-8-17_v1	CLMcom
4	ICHEC-EC-EARTH_r1i1p1	RACMO22E_v1	KNMI
5	ICHEC-EC-EARTH_r3i1p1	HIRHAM5_v1	DMI
6	ICHEC-EC-EARTH_r12i1p1	RCA4_v1	SMHI
7	IPSL-CM5A-MR_r1i1p1	RCA4_v1	SMHI
8	MOHC-HadGEM2-ES_r1i1p1	CCLM4-8-17_v1	CLMcom
9	MOHC-HadGEM2-ES_r1i1p1	RACMO22E_v1	KNMI
10	MOHC-HadGEM2-ES_r1i1p1	RCA4_v1	SMHI
11	MPI-ESM-LR_r1i1p1	CCLM4-8-17_v1	CLMcom
12	MPI-ESM-LR_r1i1p1	RCA4_v1	SMHI

6. Taula. Lan honetan kontuan hartutako EURO-CORDEX ekimeneko gcm/rcmren hamabi akoplamendurekin lortutako eskualde proiektzioak, eta berdez azpimarratuta aukera tartearen adierazgarri izango litzatekeen multzo txikiago baten adibide bat (5 simulazio).

ko ebazpen horizontalarekin, hots, 12 km ingururen baliokidea). Ondoriozko multzoak modelizazio global (GCM) eta eskualdekako (RCM) prozesuak eragindako ziurgabetasuna ezaugarritzen du, eta, era berean, etorkizuneko erradiazio behartuaren agertokiak eragindako ziurgabetasuna ematen laguntzen du, bi agertoki txertatzen baititu (RCP4.5 eta RCP8.5).

Gomendatzen da 12 simulazioekin lan egitea. Hala ere, simulazio multzo horretako kideak ez dira parekagarriak, eredu batzuek besteek baino ordezkartza handiagoa dutelako (erreplikatuak). Beraz, 12 proiektzioekin lan egiterik ez dagoen eta lagin murriztua kontuan hartu behar den kasuetan, garrantzitsua da laginaren aldakortasuna maximizatzen saiatzea, ahal den neurrian ereduaren pisua orekatuz. Azterlan askok erakutsi dute ziurgabetasun iturri nagusia eredu globalek ematen dutela.

Proiektzio kopurua murriztu behar izanez gero, lan honetan 5 proiektzioko lagin bat erabiltzea proposatzen dugu, bost eredu globalen erreplika bakarrarekin (GCM), eskualde ereduaren erreplikak minimizatuz (RCM); esate baterako, 6. taulako 1, 5, 7, 9 eta 11 zenbakiei dagozkienak (berdean azpimarratuak). Kasu horietan, lagina erabateko ziurgabetasunaren adierazgarria izango litzateke, eta, gainera, kideak parekidetzat har litezke. Beraz, balio minimoa eta maximoa duten proiektzioak har litezke aukera sorta osoa erakusten duten azterlan puntualak egiteko agertoki onentzat eta txarrentzat.

Erreferentzia bibliografikoak

- AEMET. 2011. Atlas Climático Ibérico, Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino – Instituto de Meteorología de Portugal, ISBN: 978-84-7837-079-5.
- Allen R.G., Pereira L. S., Raes D. and Smith M. 1998. FAO, Irrigation and Drainage Paper 56. Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements). Rome, Italy, 300 pp.
- Atkinson P.M. y Lloyd C.D. 1998. Mapping precipitation in Switzerland with ordinary and indicator kriging, J. Geogr. Inf. Decis. Anal., 2, 65–76.
- Biau G., Zorita E., von Storch H. y Wackernagel H. 1999. Estimation of precipitation by kriging in the EOF space of the sea level pressure field. J. Climate, 12, 1070–1085.
- Casanueva A., Herrera S., Fernández J. y Gutiérrez J.M. 2016. Towards a fair comparison of statistical and dynamical downscaling in the framework of the EURO-CORDEX initiative. Climate Change, 137 (3), 411–426, doi: 10.1007/s10584-016-1683-4.
- Casanueva A., Kotlarski S., Herrera S., Fernández J., Gutiérrez J.M., Boberg F., Colette A., Christensen O.B., Goergen K., Jacob D., Keuler K., Nikulin G., Teichmann C. y Vautard R. 2015. Daily precipitation statistics in a EURO-CORDEX RCM ensemble: added value of raw and bias-corrected high-resolution simulations. Climate Dynamics, 47 (3), 719–737, doi: 10.1007/s00382-015-2865-x
- Christensen, J. H., T. R. Carter, M. Rummukainen and G. Amanatidis. 2007a. Evaluating the performance and utility of regional climate models: The PRUDENCE project, Clim. Change, 81, 1–6, doi:10.1007/s10584-006-9211-6.
- Christensen, J. H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kolli, W. T. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C. G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr and P. Whetton. 2007b. Regional Climate Projections. 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 [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Collins M, Knutti R, Arblaster J, Dufresne JL, Fichet T, Friedling-stein P, Gao X, Gutowski W, Johns T, Krinner G, Shongwe M, Tebaldi C, Weaver A and Wehner M (2013) Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility, book section 12, page 1029–1136. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Déqué, M., Somot, S., Sanchez-Gomez, E., Goodess, C.M., Jacob, D., Lenderink, G. and Christensen, O.B. 2012. The spread amongst ENSEMBLES regional scenarios: regional climate models, driving general circulation models and interannual variability. Climate Dynamics, 38(5-6):951–964.

- Gaertner, M.A., Gutierrez, J.M., Castro, M. 2012. Escenarios regionales de cambio climático. Revista Española de Física, 26, pp. 34-42.
- Giorgi F., Jones C. y Asrar G. 2009. Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. WMO Bulletin 58(3), 175-183.
- Gutiérrez, J. M., et al. 2010. Escenarios Regionales Probabilísticos de cambio climático en Cantabria: Termopluviometría. Gobierno de Cantabria-Consejería de Medio Ambiente y Universidad de Cantabria, Santander, Spain, URL. Hemen eskuragarri: <http://www.meteo.unican.es/projects/escenariosCantabria>.
- Gutiérrez, J.M. et al. 2017. An intercomparison of a large ensemble of statistical downscaling methods over Europe: Results from the VALUE perfect predictor cross-validation experiment. International Journal of Climatology, in press (see also <http://www.value-cost.eu>).
- Gutjahr, O. and Heinemann, G. 2013. Comparing precipitation bias correction methods for high-resolution regional climate simulations using COSMO-CLM, Theoretical and Applied Climatology, 114, 511-529
- Haylock, M., N. Hofstra, A. Klein-Tank, E. J. Klok, P. Jones and M. New M. 2008. A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. J. Geophys. Res., 113, D20119, doi: 10.1029/2008JD010201.
- Herrera, S. 2011. Desarrollo, validación y aplicaciones de Spain02: Una rejilla de alta resolución de observaciones interpoladas para precipitación y temperatura en España. PhD thesis, Kantabriako Unibertsitatea, Cantabria, Espainia. <http://www.meteo.unican.es/tesis/herrera>
- Herrera, S., J. M. Gutiérrez, R. Ancell, M. R. Pons, M. D. Frías and J. Fernández. 2012. Development and analysis of a 50-year high-resolution daily gridded precipitation dataset over Spain (Spain02). Int. J. Climatology, 32, 74-85, doi: 10.1002/joc.2256.
- Herrera, S., J. Fernández and J. M. Gutiérrez. 2016. Update of the Spain02 Gridded Observational Dataset for Euro-CORDEX evaluation: Assessing the Effect of the Interpolation Methodology. Int. J. Climatology, 36, 900-908, doi: 10.1002/joc.4391
- Jacob, D., et al. (2014): EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. Regional Environmental Change, 14(2):563-578.
- Krige, D. G. 1951. A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. J. Chem. Metallurg. Mining Soc. S. Afr., 52 (6), 119-139.
- Panofsky, H.A. and Wilson, B.G. 1968. Some applications of statistics to meteorology. University Park : Penn. State University, College of Earth and Mineral Sciences.
- Ruane, A.C., and McDermid, S.P. 2017. Selection of a Representative Subset of Global Climate Models That Captures the Profile of Regional Changes for Integrated Climate Impacts Assessment. Earth Perspectives 4 (1):1. <https://doi.org/10.1186/s40322-017-0036-4>
- van der Linden, P. and J. F. B. Mitchell. 2009. ENSEMBLES: Climate change and its impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160pp.
- Weigel, A.P., Knutti, R., Liniger, M.A., and Appenzeller, C. 2010. Risks of Model Weighting in Multimodel Climate Projections. Journal of Climate 23 (15):4175–4191. <https://doi.org/10.1175/2010JCLI3594.1>
- Wilcke, R.A.I., Mendlik, T., and Gobiet, A. 2013. Multi-variable error correction of regional climate models. Climatic Change, 120, 871-887.
- Zahn, M. and H. von Storch. 2010. Decreased frequency of North Atlantic polar lows associated with future climate warming. Nature, 467, 309–312.

I Eranskina:

Adierazle klimatikoen definizioa

Ondoren, azterlan honetan kalkulaturako adierazle guztiak definitzen dira.

Kalkulaturako adierazle asko ETCCDI - Expert Team on Climate Change Detection and Indices-en definizioei dagozkie, eta horien deskribapen zehatza webgune honetan aurki daiteke: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>. Hala ere, indize batzuk EAEko ikerketa taldeek berariaz eskatu dituztelako kalkulatu dira.

A. Oinarritzko hainbat aldagai konbinatzen dituzten adierazleak (“combo”)

CD

Deskribapena: egun hotz eta lehorren kopurua ($TG < 25$ pertzentila eta $RR < 25$ pertzentila) (egunak).

Bi baldintza hauek aldi berean betetzen diren egunen kopurua:

- Eguneke batez besteko tenperatura (TG) $<$ eguneke batez besteko tenperaturaren 25 pertzentila, eta
- Eguneke prezipitazio kuantitatea (RR) $<$ eguneke kuantitateen 25 pertzentila.

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

CW

Deskribapena: Egun hotz eta lehorren kopurua ($TG < 25$ pertzentila eta $RR < 75$ pertzentila) (egunak).

Bi baldintza hauek aldi berean betetzen diren egunen kopurua:

- Eguneke batez besteko tenperatura (TG) $<$ $T_{Gen} 25$ pertzentila, eta
- Eguneke prezipitazioa (RR) $>$ $RR_{en} 75$ pertzentila.

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

DTR

Deskribapena: eguneke tenperatura tarteak ($^{\circ}C$) j aldi baterako, eguneke tenperatura maximoaren (TX_j) eta eguneke tenperatura minimoaren (TN_j) arteko aldearen batez besteko balioa da.

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

ETR

Deskribapena: Aldi barneko muturreko tenperatura tarteak ($^{\circ}C$).

TX_j eta TN_j eguneke tenperatura maximoa eta minimoa j aldiko i egunean izanik, orduan, j aldiko muturreko tenperatura tarteak hau da:

$$ETR_j = \max(TX_j) - \min(TN_j)$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

FRD

Deskribapena: Euri izoztua egiten duen egun kopurua ($TX < 0^{\circ}\text{C}$ eta $RR > 0,5 \text{ mm}$).

Bi baldintza hauek aldi berean betetzen diren egunen kopurua:

- Egunekeo tenperatura maximoa (TX) $< 0^{\circ}\text{C}$, eta
- Egunekeo prezipitazio kantitatea (RR) $> 0,5 \text{ mm}$.

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

FTD

Deskribapena: Tenperaturak 0°C gurutzatzen dituen egunen kopurua ($TN < 0^{\circ}\text{C}$ eta $TX > 0^{\circ}\text{C}$) (egunak).

Egunean zehar 0°C -ko muga gainditzen den egunak dira, honako arrazoi hauengatik:

- egunekeo gutxieneko tenperatura (TN) 0°C baino txikiagoa da, eta
- egunekeo tenperatura maximoa (TX) 0°C baino handiagoa da.

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

WD

Deskribapena: Egun bero eta lehorren kopurua.

Bi baldintza hauek aldi berean betetzen diren egunen kopurua:

- egunekeo batez besteko tenperatura (TG) $>$ egunekeo batez besteko tenperaturaren 75 pertzentila, eta
- egunekeo prezipitazio kantitatea (RR) $<$ egunekeo kantitateen 25 pertzentila.

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

WW

Deskribapena: Egun bero eta hezeen kopurua ($TG > 75$ pertzentila eta $RR > 75$ pertzentila) (egunak).

Bi baldintza hauek aldi berean betetzen diren egunen kopurua:

- Egunekeo batez besteko tenperatura (TG) $>$ T_{gen} 75 pertzentila, eta
- Egunekeo prezipitazioa (RR) $>$ R_{Ren} 75 pertzentila.

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

B. Erreferentziazko ebapotranspirazioa

ET0

Deskribapena: erreferentziazko ebapotranspirazioa (mm). Ur Agentziak proposatutako formulazioaren bidez kalkulaturako erreferentziazko ebapotranspirazioa da, FAO Penman-Monteith (¹Allen *et al.*, 1998) metodoan oinarrituta eta honako ekuazio honetan laburbilduta (6. ekuazioa, Allen *et al.*, 1998):

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

Non:

ET_0 = erreferentziazko ebapotranspirazioa (mm egun⁻¹).

Δ = lurrunezko presio kurbaren malda (kPa $^{\circ}\text{C}^{-1}$) (13. ekuazioa, Allen *et al.*, 1998).

T = airearen batez besteko tenperatura 2 m-ko altueran ($^{\circ}\text{C}$).

u_2 = airearen abiadura 2 m-ko altueran (m s^{-1}), 2 m s^{-1} -ren parekotzat onartu zen.

e_s = saturazio lurrunaren presioa (kPa) (11. ekuazioa, Allen *et al.*, 1998).

e_a = lurrunezko presio erreala (kPa). Allen *et al.*-en 14. ekuazioa aplikatzean (1998), ihintzaren tenperatura tenperatura minimoaren berdina dela onartu zen.

$e_s - e_a$ = lurrun presioaren gabezia (kPa).

γ = konstante psikrometrikoa (kPa $^{\circ}\text{C}^{-1}$) (16. ekuazioa, Allen *et al.*, 1998).

G = lurzoruaen beroaren fluxua ($\text{MJ m}^{-2} \text{egun}^{-1}$). Onartu zen arbuia garria zela R_n -rekin alderatuta.

R_n = erradiazio garbia laborearen gainazalean ($\text{MJ m}^{-2} \text{egun}^{-1}$). Uhin laburreko erradiazio garbiaren (R_{ns}) eta uhin luzeko erradiazio garbiaren (R_{nl}) arteko aldea da (40. ekuazioa, Allen *et al.*, 1998).

Erradiazio garbia kalkulatzeko (R_n), hau aplikatu zen:

- Allenen *et al.*-en 38. ekuazioa (1998), R_{ns} kalkulatzeko (albedo bat = 0,25 dela onartuz).

1 Allen R.G., Pereira L. S., Raes D. and Smith M. 1998. FAO, Irrigation and Drainage Paper 56. Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements). Rome, Italy, 300 pp.

- Allenen et al.-en 39. ekuazioa (1998), R_{ni} kalkulatzeko (Stefan-Boltzmann-en konstantea = 4.903×10^{-9} MJ K⁻⁴ m⁻² eguna⁻¹ dela onartuz).

Bi kasuetan, beharrezkoa da eguzki erradiazio intzidentea kalkulatzeko (R_s), Hargreavesek eta Samanik garatutako ekuazioaren bidez kalkulatu (50. ekuazioa, Allen *et al.*, 1998):

$$R_s = k_{RS} \times R_a \times \sqrt{TX - TN}$$

Non,

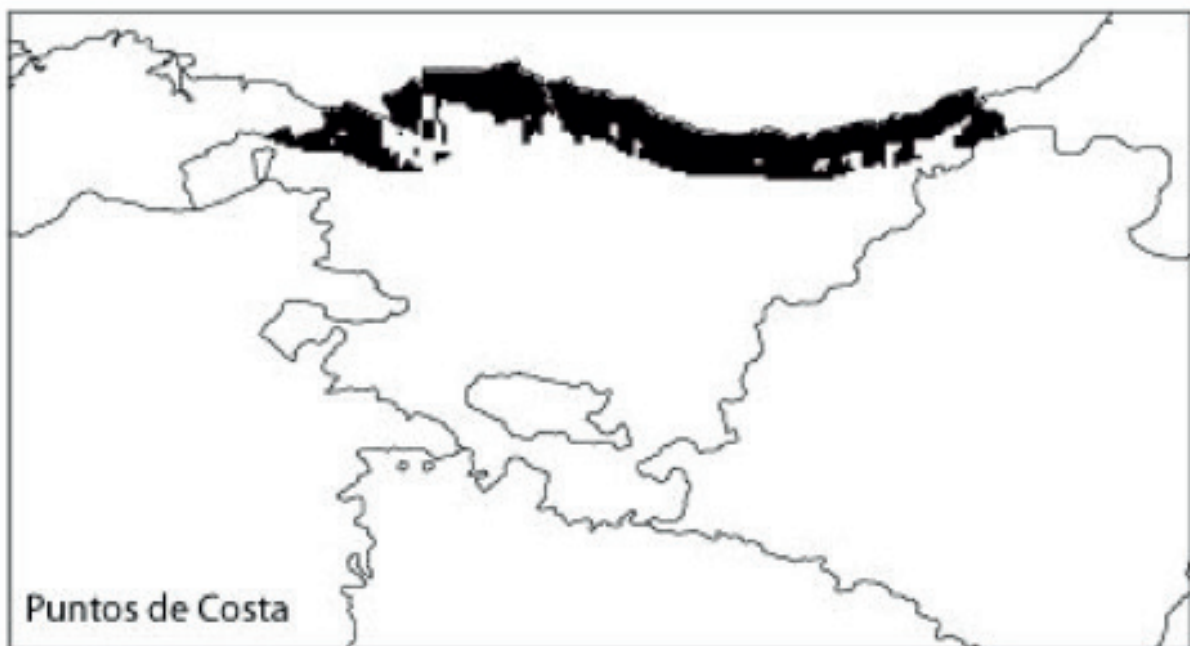
R_s = eguneko eguzki erradiazioa (MJ m⁻² d⁻¹).

R_a = Lurretik kanpoko eguneko erradiazioa (MJ m⁻² d⁻¹) (21. ekuazioa, Allen *et al.*, 1998).

TX = airearen tenperatura maximoa (°C).

TN = airearen tenperatura minimoa (°C).

k_{RS} = doikuntza koefizientea (°C^{-0.5}). Koefiziente empirikoa da, 0,162 eta 0,19 artean dagoena. Barnealdeko eremuetan $k_{RS} = 0.16$ balioa erabili zen, eta kostaldeko eremuetan, berriz, $k_{RS} = 0.19$ balioa. Ur Agentziak proposatutako formulazioari dagokionez, aldaketa bat sartu zen, barnealdeko eta kostaldeko kokapentzat hartzei dagokionez. Kokapen horiek, hain zuzen, kostaldearekiko distantzian eta iparralderantz blokeo orografikoak izan edo izatean oinarrituta definitu ziren, Kantauri itsasotik etorritako aire masen eragina mugatzen zutenak. Aurreko irizpideen arabera, “kosta” gisa definitutako ondoriozko sareta puntuak erakusten dira 34. irudian.



34. Irudia. EAE-n kostaldekotzat hartzen den eremua, erreferentziazko ebapotranspirazioa kalkulatzeko, fao-k proposatutako metodologiaren jarraibideei jarraituz (56. Koaderno, Allen *et al.*, 1998).

C. Prezipitazioetatik kalkulaturako adierazleak

CDD

Deskribapena: Elkarren segidako egun lehorren kopuru maximoa ($RR < 1$ mm) (egunak).

Bolada lehorren luzera maximoa da. Elkarren segidako egun gehien dira, non:

$RR_{ij} < 1$ mm (RR_{ij} izanik j aldiko i egunerako eguneko prezipitazio kantitatea).

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

CWD

Deskribapena: Elkarren segidako egun hezeen kopuru maximoa (egunak).

Adierazleak, j aldirako, elkarren segidako egun gehien kontabilizatzen ditu, non:

$RR_{ij} \geq 1$ mm (RR_{ij} izanik j aldiko i egunerako eguneko prezipitazio kantitatea).

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

PRCPR95

Deskribapena: Prezipitazioaren 95 pertzentila ($RR > 1,0$ mm) (mm).

Prezipitaziotzat hartzen da eguneko 1 mm baino gehiagoko prezipitazioa ($RR > 1,0$ mm), hau da, egun hezeetako prezipitazioa.

PRCPR99

Deskribapena: Prezipitazioaren 99 pertzentila ($RR > 1,0$ mm) (mm).

Prezipitaziotzat hartzen da eguneko 1 mm baino gehiagoko prezipitazioa ($RR > 1,0$ mm), hau da, egun hezeetako prezipitazioa.

PRCPTOT

Deskribapena: Egun hezeetako prezipitazioa, guztira ($RR \geq 1$ mm) (mm).

j aldiko egun hezeetan gertatutako prezipitazioen batura da.

Egun hezetzat hartzen da prezipitazioa 1 mm edo gehiagokoa denean ($RR \geq 1,0$ mm).

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R10mm

Deskribapena: Prezipitazio handiak (prezipitazioa ≥ 10 mm) izan dituzten egunen kopurua (egunak).

Egun horietan:

$RR_{ij} \geq 10$ mm (RR_{ij} izanik j aldiko i egunerako eguneko prezipitazioa).

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R20mm

Deskribapena: Prezipitazio oso handiak (prezipitazioa ≥ 20 mm) izan dituzten egunen kopurua (egunak).

Egun horietan:

$RR_{ij} \geq 20$ mm (RR_{ij} izanik j aldiko i egunerako eguneko prezipitazioa del periodo).

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R95p

Deskribapena: Egun oso hezeen kopurua (egunak).

Prezipitazio (RR) izan duten egunen kopurua $>$ eguneko kantitateen 95 pertzentila.

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R95pTOT

Deskribapena: Egun oso hezeek eragindako prezipitazioaren proportzioa (> 95 pertzentila) (%).

95 pertzentila baino prezipitazio handiagoa duten egunei lotutako prezipitazio osoaren ehunekoa (%).

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R99pTOT

Deskribapena: Egun oso hezeek eragindako prezipitazioaren proportzioa (> 99 pertzentila) (%). 99 pertzentila baino prezipitazio handiagoa duten egunei lotutako prezipitazio osoaren ehunekoa (%).

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

RR1

Deskribapena: Egun hezeen kopurua ($RR \geq 1$ mm) (egunak).

1 mm edo gehiagoko prezipitazioa izan duten egunen kopurua:

$RR_j \geq 1$ mm (RR_j izanik j aldiko i egunerako eguneko prezipitazioa).

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

RV10year

Deskribapena: 10 urteko itzultze denborari lotutako batez besteko prezipitazio maximoa (mm).

Muturreko balioen banaketa orokorra (GEV) urteko prezipitazio maximo baliotara egokituta kalkulatzen da. Doikuntza horrek onartzen du prezipitazioaren urteko balio maximoak independenteak eta berdin banatuak direla. Puntu bakoitzerako (behaketa, grid puntua edo EURO-CORDEX sarearen puntua), urteko prezipitazio maximoen seriea kalkulatzen da, eta GEV-en hiru parametroak lortzen dira: kokapena, eskala eta forma. Forma parametroaren arabera, hiru banaketa mota bereizten dira: Gumbel (forma=0), Fréset (forma>0) eta Weibull (forma<0), balio altuen probabilitatea modu esponentzialean, polinomialean edo, hortik aurrera, gertatzeko probabilitatea 0 den kotan, hurrenez hurren.

Parametroak doitu egiten dira, sinesgarritasuna maximizatzeko. Forma parametroaren %95eko konfiantza tarteak 0 balioa badu, parametro hori 0 gisa definitzen da, eta murrizketa hori kontuan hartuta, gainerakoak berriz balioetsi behar dira.

Azkenik, GEV banaketa funtzioaren parametroak kalkulatu ondoren (F), funtzio hori edozein alditara itzulitako balioak kalkulatzeko erabil daiteke (T), eta soilik $1/T$ probabilitatez gainditzen den kuartila (q) lortu beharko da, hau da, $F(q)=1-1/T$. Kasu horretan, T balioa urteetan ematen da, eta $T=10$ izango da.

RV25year

Deskribapena: 25 urteko itzultze denborari lotutako batez besteko prezipitazio maximoa (mm).

(Informazio gehiago behar izanez gero, ikusi "RV10year").

RV50year

Deskribapena: 50 urteko itzultze denborari lotutako batez besteko prezipitazio maximoa (mm).

(Informazio gehiago behar izanez gero, ikusi "RV10year").

RV100year

Deskribapena: 100 urteko itzultze denborari lotutako batez besteko prezipitazio maximoa (mm).

(Informazio gehiago behar izanez gero, ikusi "RV10year").

Rx1day

Deskribapena: Egun batean pilatutako prezipitazioaren maximoa (mm).

j aldirako egun batean metatutako prezipitazio maximoa da:

$$RX1day_j = \max(RR_{ij})$$

Non, RR_{ij} j aldiko i egunerako eguneko prezipitazioa den.

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

Rx5day

Deskribapena: 5 egunetan pilatutako prezipitazioaren maximoa (mm).

j aldirako 5 egunetan metatutako prezipitazio maximoa da:

$$RX5day_j = \max(RR_{kj})$$

Non, RR_{kj} den j aldiko bost egunetako k tarterako prezipitazio kantitatea, eta azken egunak k definitzen duen.

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

SDII

Deskribapena: Eguneke intentsitate sinplearen indizea (mm/egun hezeko).

j aldiko egun hezeetan ($RR \geq 1,0$ mm) izandako prezipitazioen batura da.

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

D. Batez besteko tenperaturetatik kalkulaturako adierazleak

COLD (Cooling degree days)

Deskribapena: Aire girotua erabiltzeari lotutako egunen kopurua, atalase estandarra 22,0°C dela aintzat hartuta; esan nahi baita, 22,0°C-tik gorako batez besteko tenperaturekin.

GSL

Deskribapena: Hazkunde estazioaren iraupena edo luzera (egunak).

Honako hauen artean igarotako egunak dira:

- lehen gertakaria, gutxienez elkarren segidako 6 egunetan, baldintza hauekin:

$$TG_{ij} > 5 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (TG}_{ij} \text{ izanik } j \text{ aldiko } i \text{ egunerako eguneke batez besteko tenperatura)}$$

- eta lehen gertakaria uztaillaren 1aren ondoren, gutxienez elkarren segidako 6 egunetan, baldintza hauekin:

$$TG_{ij} < 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

HEATDD (Heating degree days)

Deskribapena: Berogailua erabiltzeari lotutako egunen kopurua, atalase estandarra 15,5°C dela aintzat hartuta; esan nahi baita, 15,5°C-tik beherako batez besteko tenperaturekin.

TG

Deskribapena: Eguneke batez besteko tenperaturen batezbestekoa (°C).

j aldiko eguneke batez besteko tenperaturen (TG_{ij}) batez besteko balioa da.

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TG05A

Deskribapena: Batez besteko tenperatura 5°C baino altuagoa duten egunen kopurua ($TG_{ij} > 5$) (egunak).

TG05B

Deskribapena: Batez besteko tenperatura 5°C baino txikiagoa duten egunen kopurua ($TG_{ij} < 5$) (egunak).

TG10A

Deskribapena: Batez besteko tenperatura 10°C baino altuagoa duten egunen kopurua ($TG_{ij} > 10$) (egunak).

TG10B

Deskribapena: Batez besteko tenperatura 10°C baino txikiagoa duten egunen kopurua ($TG_{ij} < 10$) (egunak).

E. Tenperatura maximoetatik kalkulaturako adierazleak

HWA

Deskribapena: Bero boladako batez besteko tenperatura maximoa (°C).

Bero bolada batean eguneko izaten diren tenperatura maximoen batezbestekoa da.

Bero bolada WSDI gisa definitzen da, hau da, gutxienez elkarren segidako 6 egun $TX > 90$ pertzentileko boladak (non, TX eguneko tenperatura maximoa den).

HWF

Deskribapena: Bero boladen iraupena (egunak/bero bolada).

Bero boladen luzera da, zehazki, bero bolada bat osatzen duten egunen kopuruaren batezbestekoa.

Bero bolada WSDI edo HWN gisa definitzen da, hau da, gutxienez elkarren segidako 6 egun $TX > 90$ pertzentileko boladak (non, TX eguneko tenperatura maximoa den).

HWN (o WSDI)

Deskribapena: Bolada beroen edo "bero boladen" kopuruaren indizea (gertaerak).

Adierazle horrek honela definitzen du bero bolada: gutxienez elkarren segidako 6 egunetan 90 pertzentiletik ($TX_{in,90}$) gorako eguneko tenperatura maximoekin (TX_{ij}):

$$TX_{ij} > TX_{in,90}$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

HWN edo WSDIz gain (urtean zehar gertatzen diren bero boladen kopurua), bero boladekin lotutako beste adierazle batzuk zehaztu dira: HWF (bero bolada bakoitzaren batez besteko iraupena) edo HWA (bero boladako egunetan eguneko lortzen diren tenperatura maximoen batezbestekoa).

ID

Deskribapena: Izotz egunen kopurua ($TX < 0^{\circ}\text{C}$) (egunak).

j aldirako, eguneko temperatura maximoa (TX_j) 0°C baino txikiagoa duten egunen kopurua da:

$$TX_j < 0^{\circ}\text{C}.$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

PRCTX10

Deskribapena: Eguneko temperatura maximoen 10 pertzentila (TX) ($^{\circ}\text{C}$).

Eta TX_j da j aldiko i egunean egiten duen eguneko temperatura maximoa.

PRCTX90

Deskribapena: Eguneko temperatura maximoen 90 pertzentila (TX) ($^{\circ}\text{C}$).

Eta TX_j da j aldiko i egunean egiten duen eguneko temperatura maximoa.

PRCTX95

Deskribapena: Eguneko temperatura maximoen 95 pertzentila (TX) ($^{\circ}\text{C}$).

Eta TX_j da j aldiko i egunean egiten duen eguneko temperatura maximoa.

SU

Deskribapena: Udako egunen kopurua ($TX > 25^{\circ}\text{C}$) (egunak).

Hau da, 25°C gainditzen diren egunak:

$TX_j > 25^{\circ}\text{C}$ (TX_j izanik j aldiko i egunean egiten duen eguneko temperatura maximoa)

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

SU30

Deskribapena: $TX > 30^{\circ}\text{C}$ egin duen egunen kopurua (egunak).

Hau da, 30°C gainditzen diren egunak:

$TX_j > 30^{\circ}\text{C}$ (TX_j izanik j aldiko i egunean egiten duen eguneko temperatura maximoa).

SU30EX

Deskribapena: $TX = 30^{\circ}\text{C}$ -tik gorako tenperaturen batez besteko magnitudea.

TX izanik eguneko temperatura maximoa. Adierazle hori 30°C -ko atalaseko TX aren eta atalase hori (30°C) gainditzen den egunetako TX aren arteko aldearen batez besteko balioa da.

SU33

Deskribapena: $TX > 33^{\circ}\text{C}$ egin duen egunen kopurua (egunak).

Hau da, 33°C gainditzen diren egunak:

$TX_j > 33^{\circ}\text{C}$ (TX_j izanik j aldiko i egunean egiten duen eguneko temperatura maximoa).

SU33EX

Deskribapena: $TX = 33^{\circ}\text{C}$ -tik gorako tenperaturen batez besteko magnitudea.

TX izanik eguneko temperatura maximoa. Adierazle hori 33°C -ko atalaseko TX aren eta atalase hori (33°C) gainditzen den egunetako TX aren arteko aldearen batez besteko balioa da.

SU34

Deskribapena: $TX > 34^{\circ}\text{C}$ egin duen egunen kopurua (egunak).

Hau da, 34°C gainditzen diren egunak:

$TX_j > 34^{\circ}\text{C}$ (TX_j izanik j aldiko i egunean egiten duen eguneko temperatura maximoa).

SU34EX

Deskribapena: $TX = 34^{\circ}\text{C}$ -tik gorako tenperaturen batez besteko magnitudea.

TX izanik eguneko temperatura maximoa. Adierazle hori 34°C -ko atalaseko TX aren eta atalase hori (34°C) gainditzen den egunetako TX aren arteko aldearen batez besteko balioa da.

SU35

Deskribapena: $TX > 35^{\circ}\text{C}$ egin duen egunen kopurua (egunak).

Hau da, 35°C gainditzen diren egunak:

$TX_j > 35^{\circ}\text{C}$ (TX_j izanik j aldiko i egunean egiten duen eguneko temperatura maximoa).

SU35EX

Deskribapena: TX = 35°C-tik gorako tenperaturen batez besteko magnitudea.

TX izanik eguneko tenperatura maximoa. Adierazle hori 35°C-ko atalaseko TXaren eta atalase hori (35°C) gainditzen den egunetako TXaren arteko aldearen batez besteko balioa da.

SU36

Deskribapena: TX > 36°C egin duen egunen kopurua (egunak).

Hau da, 36°C gainditzen diren egunak:

$TX_j > 36^\circ\text{C}$ (TX_j izanik j aldiko i egunean egiten duen eguneko tenperatura maximoa).

SU36EX

Deskribapena: TX = 36°C-tik gorako tenperaturen batez besteko magnitudea.

TX izanik eguneko tenperatura maximoa. Adierazle hori 36°C-ko atalaseko TXaren eta atalase hori (36°C) gainditzen den egunetako TXaren arteko aldearen batez besteko balioa da.

SU37

Deskribapena: TX > 37°C egin duen egunen kopurua (egunak).

Hau da, 37°C gainditzen diren egunak:

$TX_j > 37^\circ\text{C}$ (TX_j izanik j aldiko i egunean egiten duen eguneko tenperatura maximoa).

SU37EX

Deskribapena: TX = 37°C-tik gorako tenperaturen batez besteko magnitudea.

TX izanik eguneko tenperatura maximoa. Adierazle hori 37°C-ko atalaseko TXaren eta atalase hori (37°C) gainditzen den egunetako TXaren arteko aldearen batez besteko balioa da.

SU38

Deskribapena: TX > 38°C egin duen egunen kopurua (egunak).

Hau da, 38°C gainditzen diren egunak:

$TX_j > 38^\circ\text{C}$ (TX_j izanik j aldiko i egunean egiten duen eguneko tenperatura maximoa).

SU38EX

Deskribapena: TX = 38°C-tik gorako tenperaturen batez besteko magnitudea.

TX izanik eguneko tenperatura maximoa. Adierazle hori 38°C-ko atalaseko TXaren eta atalase hori (38°C) gainditzen den egunetako TXaren arteko aldearen batez besteko balioa da.

SU39

Deskribapena: TX > 39°C egin duen egunen kopurua (egunak).

Hau da, 39°C gainditzen diren egunak:

$TX_j > 39^\circ\text{C}$ (TX_j izanik j aldiko i egunean egiten duen eguneko tenperatura maximoa).

SU39EX

Deskribapena: TX = 39°C-tik gorako tenperaturen batez besteko magnitudea.

TX izanik eguneko tenperatura maximoa. Adierazle hori 39°C-ko atalaseko TXaren eta atalase hori (39°C) gainditzen den egunetako TXaren arteko aldearen batez besteko balioa da.

SU40

Deskribapena: TX > 40°C egin duen egunen kopurua (egunak).

Hau da, 40°C gainditzen diren egunak:

$TX_j > 40^\circ\text{C}$ (TX_j izanik j aldiko i egunean egiten duen eguneko tenperatura maximoa).

SU40EX

Deskribapena: TX = 40°C-tik gorako tenperaturen batez besteko magnitudea.

TX izanik eguneko tenperatura maximoa. Adierazle hori 40°C-ko atalaseko TXaren eta atalase hori (40°C) gainditzeko den egunetako TXaren arteko aldearen batez besteko balioa da.

TX

Deskribapena: eguneko tenperatura maximoen batezbestekoa (°C).

j aldiko eguneko tenperatura maximoen (TX_j) batez besteko balioa da.

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TX10p

Deskribapena: Egun hotzen kopurua ($TX < TX_{etako\ 10}$ pertzentila).

j aldiko eguneko tenperatura maximoa (TX_j) 10 pertzentila baino txikiagoa ($TX_{in\ 10}$) den egunen kopurua da:

$$TX_j < TX_{in\ 10}$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TX90p

Deskribapena: Egun beroen kopurua ($TX > TX_{etako\ 90}$ pertzentila).

j aldiko eguneko tenperatura maximoa (TX_j) 90 pertzentila baino handiagoa ($TX_{in\ 90}$) den egunen kopurua da:

$$TX_j > TX_{in\ 90}$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TXn

Deskribapena: Eguneko tenperatura maximoen minimoa (°C).

Eguneko tenperatura maximoek (TX_j) j aldirako duten balio minimoa da:

$$TXn_j = \min(TX_j)$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TXx

Deskribapena: Eguneko tenperatura maximoen maximoa (°C).

Eguneko tenperatura maximoek (TX_j) j aldirako duten balio maximoa da:

$$TXx_j = \max(TX_j)$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

WSDI (o HWN)

Deskribapena: Bolada beroen edo “bero boladen” kopuruaren indizea (gertaerak).

Adierazle horrek honela definitzen du bero bolada: gutxienez elkarren segidako 6 egunetan 90 pertzentiletik ($TX_{in\ 90}$) gorako eguneko tenperatura maximoekin (TX_j):

$$TX_j > TX_{in\ 90}$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

WSDI edo WSDIz gain (urtean zehar gertatzen diren bero boladen kopurua), bero boladekin lotutako beste adierazle batzuk zehaztu dira: HWF (bero bolada bakoitzaren batez besteko iraupena) edo HWA (bero boladako egunetan eguneko lortzen diren tenperatura maximoen batezbestekoa).

F. Temperatura minimoetatik kalkulaturako adierazleak

CFD

Deskribapena: Elkarren segidako izotz egunen kopuru maximoa ($TN < 0^{\circ}\text{C}$) (egunak).

j aldirako, eguneko temperatura minimoa (TN_j) 0°C baino txikiagoa duten elkarren segidako egunen kopuru maximoa da:

$$TN_j < 0^{\circ}\text{C}$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

CSDI (o CWN)

Deskribapena: Bolada hotzen edo "hotz boladen" iraupenaren indizea (egunak).

j aldirako egun kopurua da, eta, gutxienez elkarren segidako 6 egun bitarteko tarteetan, eguneko gutxieneko temperatura (TN_j) 10 pertzentila (TN_{in10}) baino txikiagoa da.

$$TN_j < TN_{in10}$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

CWA

Deskribapena: Hotz boladako batez besteko temperatura minimoa ($^{\circ}\text{C}$).

Hotz bolada batean eguneko izaten diren temperatura minimoen batezbestekoa da.

Hotz bolada CSDI edo CWN gisa definitzen da, hau da, gutxienez elkarren segidako 6 egun $TN < 10$ pertzentila izanda (non, TN eguneko temperatura minimoa den).

CWF

Deskribapena: Hotz boladen iraupena (egunak/hotz bolada).

Hotz boladen luzera da, zehazki, hotz bolada bat osatzen duten egunen kopuruaren batezbestekoa.

Hotz bolada CSDI edo CWN gisa definitzen da, hau da, gutxienez elkarren segidako 6 egun $TN < 10$ pertzentila izanda (non, TN eguneko temperatura minimoa den).

FD

Deskribapena: Izotz egunen kopurua ($TN < 0^{\circ}\text{C}$) (egunak).

j aldirako, eguneko temperatura minimoa (TN_j) 0°C baino txikiagoa duten egunen kopurua da:

$$TN_j < 0^{\circ}\text{C}$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

PRCTN10

Deskribapena: Eguneko temperatura minimoen 10 pertzentila (TN) ($^{\circ}\text{C}$).

Eta TN_j da j aldiko i egunean egiten duen eguneko temperatura minimoa.

TN

Deskribapena: guneko temperatura minimoen batezbestekoa ($^{\circ}\text{C}$).

j aldiko eguneko temperatura minimoen (TN_j) batez besteko balioa da.

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TN10p

Deskribapena: Gau hotzen kopurua ($TN > TNetako$ 10 pertzentila duten egunak) (egunak)

j aldirako, eguneko temperatura minimoa (TN_j) 10 pertzentila (TN_{in10}) baino txikiagoa duten egunen kopurua:

$$TN_j < TN_{in10}$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TN90p

Deskribapena: Gau beroen kopurua ($TN > TNetako$ 90 pertzentila duten egunak) (egunak)

j aldirako, eguneko temperatura minimoa (TN_j) 90 pertzentila (TN_{in90}) baino handiagoa duten egunen kopurua:

$$TN_j > TN_{in90}$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TNn

Deskribapena: Egunekeo tenperatura minimoen minimoa (°C).

j aldirako, egunekeo tenperatura minimoen (TN_{ij}) balio minimoa da:

$$TNn_j = \min(TN_{ij})$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TNx

Deskribapena: Egunekeo tenperatura minimoen maximoa (°C).

j aldirako, egunekeo tenperatura minimoen (TN_{ij}) balio maximoa da:

$$TNx_j = \max(TN_{ij})$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TR

Deskribapena: Gau tropikalen kopurua ($TN > 20^{\circ}\text{C}$) (egunak).

j aldirako, egunekeo tenperatura minimoa (TN_{ij}) 20°C baino handiagoa duten egunen kopurua da:

$$TN_{ij} > 20^{\circ}\text{C}$$

(ikus: <https://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

I Eranskina:

Proiekzio klimatikoak oinarritzkoak ez diren aldagaietarako

7.1. EURO-CORDEX ekimenaren hasierako datuak: oinarritzkoak ez diren aldagaiak

EAEko etorkizuneko proiektzio klimatikoak eta estaldura geografikoak (mapak) lantzean, EURO-CORDEX ekimenaren bildutako hamabi GCM/RCMk sortutako simulazioen datuak erabili ziren, 0,11°-ko bereizmenarekin, hau da, ~12 km gutxi gorabehera. Erreferentzia gisa, dagozkien simulazioen esperimientuen historikoa hartu zen kontuan.

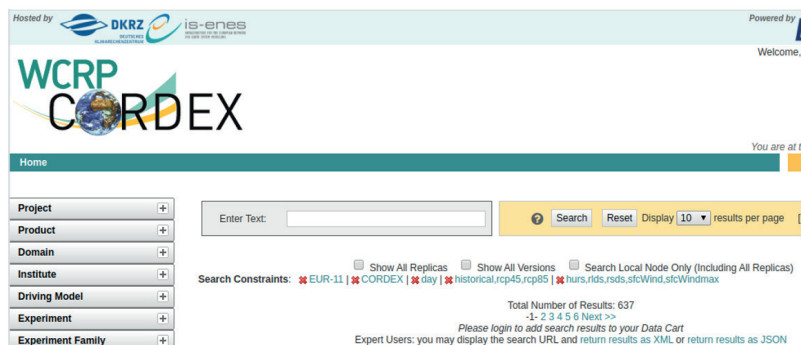
Oinarritzko aldagaiak lortzeko erabilitako prozeduraren antzera, oinarritzkoak ez diren aldagaien kasuan ere (hezetasun erlatiboa, haizearen abiadura eta eguzki erradiazioa), Eskualdekatze Esperimentu Koordinatuaren

(CORDEX, Giorgi et al., 2009; Jacob *et al.*, 2014) ESGF azpiegituran eskuragarri zeuden simulazioen bilaketa eta inbentarioa ere egin zen, proiektzio haien banatzaile ofiziala zelako. 35. irudian, oinarritzkoak ez diren aldagaietarako (haizearen abiadura, hezetasun erlatiboa eta eguzki erradiazioa) egindako bilaketaren emaitza aurkezten da, eta bat dator honako bilaketa honekin:

Project: CORDEX; Domain: EUR-11; Time Frequency: day; Experiment: historical, rcp45 y rcp85; Variable: hurs, rlds, rsds, sfcWind y sfcWindmax.

Oinarritzkoak ez diren aldagaien kasuan, bai RCP8.5rako bai RCP4.5rako, EURO-CORDEX datuen bilaketa eta deskarga 2020an egin zen.

Eskuragarri zeuden simulazioak deskargatu ondoren, horiek prozesatu egin ziren, EAE estaltzen zuten 80



35. Irudia. DKRZ zentroari dagokion ESGF nodoan bilatzea (<https://esgf-data.Dkrz.De/search/cordex-dkrz/>).

sareta puntuetatik hurbileneko GCM/RCM eredu bakoitzeko domeinu puntuak aterata, hau da, oinarritzko aldagaientarako erabiltzen ziren puntu berberak (ikus 3. irudia).

35. irudian ikus daitekeenez, oinarritzkoak ez ziren aldagaientarako simulazioak bilatzearen ondoriozko 637 konbinazio ere bazeuden. Horregatik, beharrezkoa izan zen fitxategi izenak eraikitze sistemak ezartzea, CORDEX proiektuan definitutako "Data Reference System"-ean oinarritua (http://is-enes-data.github.io/cordex_archive_specifications.pdf), oinarritzko aldagaientarako erabilitakoaren antzekoa. 4. taulan, elementu guztiak ikus daitezke, bai eta ESGFn duten erabilgarritasunean oinarrituta har ditzaketen balioak ere.

Era horretan, sortutako fitxategi bakoitzaren izena honako sintaxi honi jarraituz eraiki zen:

Aldagaia_Domeinua_EreduGlobala_Esperimentua_Kidea_Erakundea_EskualdeEredua_bertsioa_aldia.luzapena

Adibidez:

hurs_EUR-11_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5_rcp45_r1i1p1_CNRM-ALADIN53_v1_1979-2100.txt

sfcWindmax_EUR-11_NCC-NorESM1-M_rcp85_r1i1p1_IPSL-WRF381P_v1_1979-2100.txt

Hasieran proiektzioak 2099. edo 2100. urteetara iritsi beharko liratekeen arren, kasu batzuetan ESGFko datuen eskuragarritasunak aldi hori 2075. urtera arte mugatu zuen, eta, beraz, simulazio bakoitzaren aldi maximoa ematea erabaki zen. Bestalde, adierazi behar da agertoki bakoitzetik serie jarraitua lortzeko eta sortutako fitxategien

kopurua minimizatzeko, 2005era arteko denbora seriea bat datorrela esperimendu historikoarekin, eta 2006az geroztikoa, berriz, RCP4.5 eta RCP8.5 esperimenduetekin.

Oinarritzko aldagaien kasuan bezala, etorkizuneko eredu eta agertoki bakoitzerako testu fitxategi bat sortu zen (CSV edo TXT formatuan). Bertan, eremu edo zutabe bakoitza bat dator datarekin (YYYYMMDD) edo sareta puntu batekin (GridXXX), errenkada edo lerro bakoitza egun jakin bati dagokio, fitxategiko eremuen goiburua edo deskribatzailea barne hartzen duen lehenengo lerroa izan ezik. Horrela, balio bat puntu espezifiko batean eta data jakin batean, fitxategian aurki daiteke, interes datari dagokion lerroa eta eskatutako grid puntuari lotutako zutabea identifikatuta, besterik gabe (ikus horren adibidea 4. irudian).

Fitxategi horiek eskatutako guztizko multzoaren simulazio bakoitzean eskuragarri zeuden aldagai guztietarako sortu ziren:

- > **hurs:** hezetasun erlatiboa gainazalean (%) (*"Near-Surface Relative Humidity"*)
- > **rlds:** uhin luzeko erradiazioa (longwave) (W m^{-2}) (*"Surface Downwelling Longwave Radiation"*)
- > **rsds:** uhin laburreko erradiazioa (shortwave) (W m^{-2}) (*"Surface Downwelling Shortwave Radiation"*)
- > **sfcWindax:** haizearen abiadura maximoa (m s^{-1}) (*"Daily Maximum Near-Surface Wind Speed"*)
- > **sfcWind:** eguneko batez besteko haizearen abiadura (m s^{-1}) (*"Near-Surface Wind Speed"*)

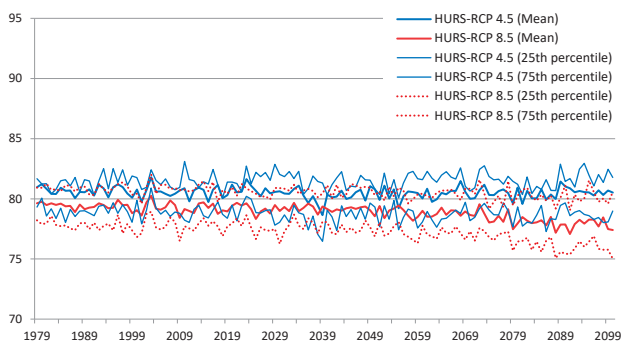
"Near-Surface" terminoa gainazalarekiko 1,5 eta 10,0 m bitarteko altuerari dagokio.

Etiketa/elementua	Balio posibleak
Aldagaia	hurs, rsds, rlds, sfcWind eta sfcWindmax
Domeinua	EUR-11
Eredu globala	CERFACS-CNRM-CM5; ICHEC-EC-EARTH; IPSL-CM5A-MR; MOHC-HadGEM2-ES; MPI-M-MPI-ESM-LR; NCC-NorESM1-M
Esperimentua	rcp45 eta rcp85
Kidea	r12i1p1; r1i1p1; r2i1p1; r3i1p1
Erakundea	CLMcom; CNRM; DMI; GERICS; ICTP; IPSL; KNMI; MOHC; MPI; SMHI
Eskualde eredua	ALADIN53; ALADIN63; CCLM4-8-17; CSC; CSC-REMO2009; ETH-COSMO-crCLIM-v1-1; HadREM3-GA7-5; HIRHAM5; RACMO22E; RCA4; RegCM4-6; REMO2015; WRF381P
Bertsioa	v1; v2; v3

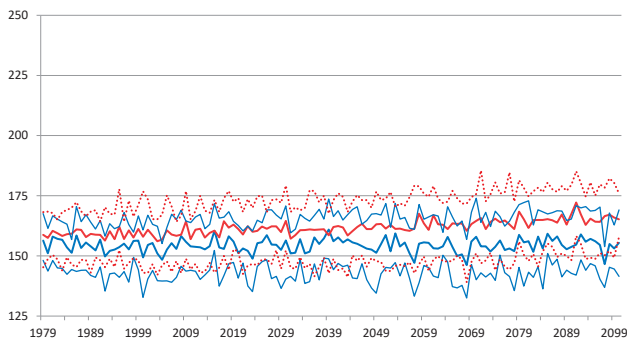
7. Taula. TXT artxiboen nomenklaturari buruzko argibideak, EURO-CORDEX ekimenaren aldagaiei dagokienez.

7.2. 1971-2100 aldirako emaitzak, hezetasun erlatiboari, haizearen abiadurari eta eguzki erradiazioari dagokienez: proiektzioak RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan

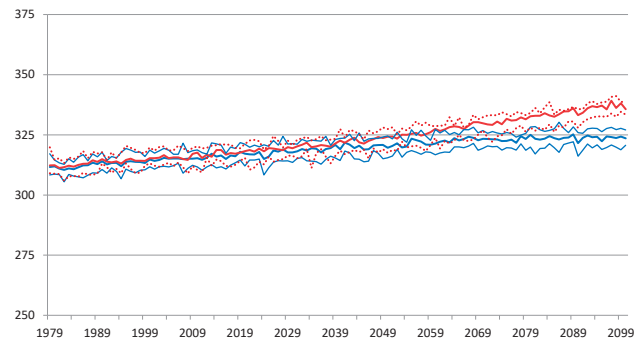
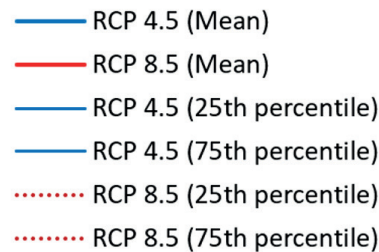
Atal honetan EAEko eremu geografikoan EURO-CORDEX ereduarekin simulatutako proiektzio klimatikoak aurkezten dira, eta dokumentu hau idazteko unean, horien gainean *downscaling* arekin (eskualekatzea) edo alborapen zuzentzearekin lotutako eraldaketak aplikatu gabe. Beraz, EAE osoaren proiektzioak dira, 12km*12km inguruko ebazpenetik abiatuta eta inguruko estazio meteorologikoetan behatutako datuekin inolako konparaziorik egin gabe.



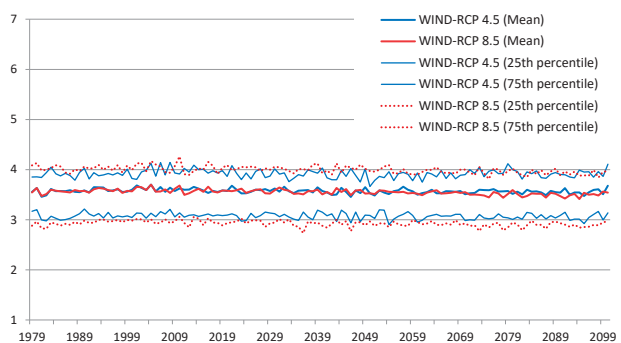
HURS: hezetasun erlatiboa gainazalean (%)



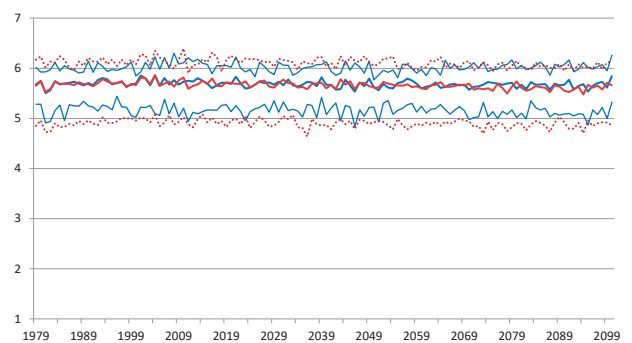
RSDS: uhin laburreko eguneko erradiazioa (W/m²)



RLDS: uhin luzeko eguneko erradiazioa (W/m²)



SCFWIND: eguneko batez besteko haizearen abiadura (m/s)



SCFWINDAX: eguneko haizearen abiadura maximoa (m/s)

36. Irudia. EAE osorako, hezetasun erlatiboaren, eguzki erradiazioaren (uhin luzekoa eta uhin laburrekoa) eta haizearen abiaduraren (eguneko batezbestekoa eta maximoa) urteko bilakaera, 1979-2100 aldirako proiektatua (euro-cordexen GCM/RCM simulazioak, eskualekatze/ownscalingik gabe eta RCP4.5 eta RCP8 agertokietarako alborapen zuzenketarik gabe). Hauek aurkezten dira: batezbestekoa, 25 pertzentila eta 75 pertzentila, agertoki bakoitzean.

Badirudi hezetasun erlatiboak ez duela joera garbirik erakusten RCP4.5 agertokian, eta mende amaierara arte nahiko konstante mantenduko litzateke. Hala ere, RCP8.5 agertokian, simulazioek agian balio baxuagoetara jo lezakete 2100. urtea hurbiltzen ari den heinean, baina ziurgabetasuna ere handiagoa izango da denborak aurrera egin ahala (36. irudia).

RSDS aldagaiak ("surface solar radiation downward") uhin laburreko eguzki erradiazio intzidentea adierazten du, eta ez luke joera positibo edo negatibo garbirik izango, simulazioen arabera; nolana ere, agian joera positibo txiki bat izango luke RCP8.5 agertokian. Aitzitik, erradiazio termikoak edo uhin luze intzidentekoak (RLDS, "Surface longwave radiation downward") joera positiboa izango luke aztertutako bi agertoki klimatikoetan, eta goranzko joera hori nabarmenagoa izango litzateke RCP8.5 agertokian (36. irudia). RLDSren joera positibo hori oinarritzkoak ez diren aztertutako bost aldagaietatik nabarmenena da.

Azkenik, ereduak ez lukete goranzko ez beheranzko joerarik erakutsiko haizean, ez eta eguneko batez besteko abiaduran (SFCWIND) eta bolada maximoetan ere (SFCWINDAX), oso antzekoak diren bi agertokietan (36. irudia).

Laburbilduz, aztertutako oinarritzkoak ez diren aldagaietatik (HURS, RLDS, RSDS, SCFWINF, SCFWINMAX), goranzko joera argia izango lukeen bakarra uhin luzeko erradiazioa izango litzateke (RLDS); eta aintzat hartutako bi agertokietan egingo luke (RCP4.5 eta RCP8.5).



www.ihobe.eus

Dokumentu honek ondoko proiektu hauen informazioa laburbiltzen du:

- > **Agertokiak II, Klimatek 2017 proiektua (Ihobe)**
- > **LIFE IP Urban Klima 2050, A2 ekintza (Neiker)**