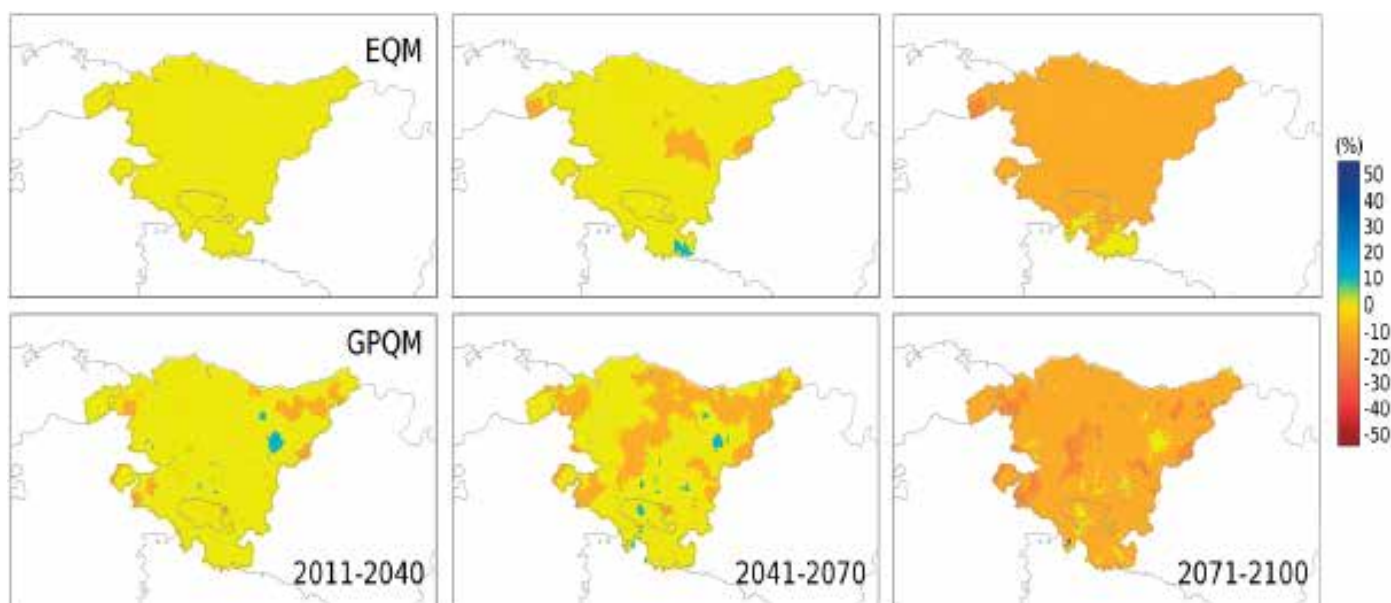


Klima-aldaketako bereizmen handiko agertokiak Euskal Autonomia Erkidegorako

II. Fasea: Eguneroko datuak, alborapena zuzentzeko metodologiak aplikatuta





Klimatek proiektua 2017-2018

Klima-aldaketako bereizmen handiko agertokiak Euskal Autonomia Erkidegorako

II. Fasea: Eguneroko datuak, alborapena zuzentzeko metodologiak aplikatuta



©

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

ARGITARATZAILEA:

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

Urkixo zumarkalea 36, 6. solairua
48011 Bilba

info@ihobe.eus

www.ihobe.eus

www.ingurumena.eus

EDIZIOA:

2019ko iraila

EDUKIA:

Dokumentu hau NEIKER-Tecnalia, Tecnalia eta Grupo de Meteorología de Santander (IFCA-MACC, CSIC-UC) taldeek egin dute Ihoberentzat.

aurkibidea

| | |
|--|-----------|
| 01. Hitzaurrea eta ikerketaren aurrekariak | 05 |
| 02. Bereizmen handiko oinarrizko klima eguneratzea (1km x 1km) | 09 |
| 2.1. Behaketen datu-basearen hautaketa | |
| 2.2. Orografia-eredua | |
| 2.3. Erregresio-ereduak eta interpolazioa | |
| 2.4. Datu-basea baliozkotzea | |
| 2.5. Atlas klimatikotik ondorioztatzen diren emaitzak: gaur egungo joeren azterketa | |
| 2.6. Atlas klimatikoaren gaineko ondorioak | |
| 03. Klima-agertokiaren garapena, alborapena zuzentzeko teknikak erabilia | 25 |
| 3.1. CORDEX (Euro-CORDEX) ekimena | |
| 3.2. Klima-aldaketako eskualde-proiektzioak | |
| 3.3. Emaitzak | |
| 3.4. Ondorioak | |
| 04. Ondorio globalak | 41 |
| 05. Erreferentziak | 42 |
| Eranskina. Klima-adierazleen deskribapena | 44 |
| A. Oinarrizko zenbait aldagai konbinatzen dituzten adierazleak (“COMBO”) | |
| B. Evapotranspiración de referencia | |
| C. Indicadores calculados a partir de precipitaciones | |
| D. Indicadores calculados a partir de temperaturas medias | |
| E. Indicadores calculados a partir de temperaturas máximas | |
| F. Indicadores calculados a partir de temperaturas mínimas | |

irudien eta taulen indizea

Irudiak

| | |
|--|----|
| 1. irudia. Eredu global baten sareta (beltza) eta eskualdeko eredu batena (gorria), Europan habiaratua; Iberiar penintsulako orografia..... | 06 |
| 2. irudia. Euskal Autonomia Erkidegoaren kokapena eta aztertutako eremu geografikoaren orografia..... | 06 |
| 3. irudia. Kontuan hartu diren prezipitazio- eta tenperatura-estazioak, ezarritako hautaketa-irizpideetan oinarrituta..... | 10 |
| 4. irudia. Prezipitazio-indizeen hileko serieen batezbesteko espaziala..... | 12 |
| 5. irudia. Tarteko tenperatura-indizeen hileko serieen batezbesteko espaziala..... | 12 |
| 6. irudia. Tenperatura maximoaren indizeen hileko serieen batezbesteko espaziala..... | 13 |
| 7. irudia. Tenperatura minimoaren indizeen hileko serieen batezbesteko espaziala..... | 13 |
| 8. irudia. Prezipitazio-indizeen klimatologiaren barreiadura-grafikoak..... | 14 |
| 9. irudia. Tenperatura-indizeen klimatologiaren barreiadura-grafikoak..... | 14 |
| 10. irudia. Prezipitazio-indizeen klimatologia..... | 15 |
| 11. irudfia. Tarteko tenperatura-indizeen klimatologia..... | 15 |
| 12. irudia. Tenperatura maximoaren indizeen klimatologia..... | 16 |
| 13. irudia. Tenperatura minimoaren indizeen klimatologia..... | 17 |
| 14. irudia. EAE osorako, 1971-2016 aldian, oinarritzko zenbait adagaitatik abiatuta lorturiko adierazleen (adierazle "konbinatuak") bilakaera estatistikoki esanguratsua (p -value < 0.05)..... | 18 |
| 15. irudia. EAE osorako, 1971-2016 aldian, tarteko tenperaturetatik abiatuta lorturiko adierazleen bilakaera estatistikoki esanguratsua (p -value < 0.05)..... | 19 |
| 16. irudia. EAE osorako, 1971-2016 aldian, tenperatura minimoetatik abiatuta lorturiko adierazleen bilakaera estatistikoki esanguratsua (p -value < 0.05)..... | 19 |
| 17. irudia. EAE osorako, 1971-2016 aldian, tenperatura maximoetatik abiatuta lorturiko adierazleen bilakaera estatistikoki esanguratsua (p -value < 0.05)..... | 20 |
| 18. irudia. RR1, R10, R20, RX1DAY, SDII eta PRCPTOT prezipitazio-adierazleentarako behatutako joerak, 1981-2010 erreferentziako aldirako..... | 20 |
| 19. irudia. tg05a, tg10a, tg05b, tg10b eta GSL tarteko tenperaturaren adierazleentarako behatutako joerak, 1981-2010 erreferentziako aldirako..... | 21 |
| 20. irudia. tn05p, tn10p, fd, tr eta tn tenperatura minimoaren adierazleentarako behatutako joerak, 1981-2010 erreferentziako aldirako..... | 21 |
| 21. irudia. txn, tx, txx, wsdi, hwa eta tx90p tenperatura maximoaren adierazleentarako behatutako joerak, 1981-2010 erreferentziako aldirako..... | 22 |
| 22. irudia. su33, su34, su35, su36, su37 eta su40 tenperatura maximoaren adierazleentarako behatutako joerak, 1981-2010 erreferentziako aldirako..... | 22 |
| 23. irudia. su33ex, su34ex, su35ex, su36ex, su37ex eta su40ex tenperatura maximoaren adierazleentarako behatutako joerak, 1981-2010 erreferentziako aldirako..... | 22 |
| 24. irudia. ET0rako (erreferentziako ebapotranspirazioa) behatutako joerak 1981-2010 erreferentziako aldirako..... | 23 |
| 25. irudia. dw eta dc adierazle konbinatuentarako behatutako joerak, 1981-2010 erreferentziako aldirako..... | 23 |
| 26. irudia. RCMen simulazio-eremua, Euro-CORDEXen esparruan..... | 25 |
| 27. irudia. Batez besteko prezipitazioa (mm) 1981-2010 erreferentziako aldirako, prezipitazio-hein tipiko bat kontuan hartuta (0-8 mm)..... | 28 |
| 28. irudia. 50 urtetarako prezipitazioaren errepikatze-balioa (mm), 1971-2000 erreferentzia-aldia kontuan hartuta..... | 29 |
| 29. irudia. EQM zuzenketa-teknikarako diagnostiko-grafikoak EAEko puntu erakusgarri batean..... | 31 |
| 30. irudia. Euskal Autonomia Erkidegoko urteko erreferentziako klimatologia (behatutakoa), 1971-2000 aldian..... | 32 |
| 31. irudia. SGCM/RCMen urteko alborapena, 1971-2000 aldirako 2 taulan zerrendatua..... | 32 |
| 32. irudia. EQM zuzenketa etorkizuneko hiru aldiarako ematen duen urteko prezipitazio guztizkoaren proiektzioak (goian) eta seinalean signal-to-noise ratioa (behean)..... | 33 |
| 33. irudia. GPQM zuzenketa etorkizuneko hiru aldiarako ematen duen urteko prezipitazio guztizkoaren proiektzioak (goian) eta seinalean signal-to-noise ratioa (behean)..... | 33 |
| 34. irudia. Etorkizuneko hiru aldiarako urteko prezipitazioan proiektatutako aldaketa..... | 34 |
| 35. irudia. EQM zuzenketa etorkizuneko hiru aldiarako ematen duen urteko batez besteko tenperaturaren guztizkoaren proiektzioak (goian) eta seinalearen SNR (behean)..... | 34 |
| 36. irudia. GPQM zuzenketa etorkizuneko hiru aldiarako ematen duen urteko batez besteko tenperaturaren proiektzioak (goian) eta seinalearen SNR (behean)..... | 34 |
| 37. irudia. Etorkizuneko hiru aldiarako urteko batez besteko tenperaturaren proiektatutako aldaketa..... | 35 |
| 38. irudia. EQM zuzenketa etorkizuneko hiru aldiarako ematen duen urteko batez besteko tenperatura maximoaren proiektzioak (goian) eta seinalearen SNR (behean)..... | 35 |
| 39. irudia. GPQM zuzenketa etorkizuneko hiru aldiarako ematen duen urteko batez besteko tenperatura maximoaren proiektzioak (goian) eta seinalearen SNR (behean)..... | 35 |
| 40. irudia. Etorkizuneko hiru aldiarako urteko batez besteko tenperatura maximoarako proiektatutako aldaketa..... | 36 |
| 41. irudia. EQM zuzenketa etorkizuneko hiru aldiarako ematen duen urteko batez besteko tenperatura minimoaren proiektzioak (goian) eta seinalearen SNR (behean)..... | 36 |
| 42. irudia. GPQM zuzenketa etorkizuneko hiru aldiarako ematen duen urteko batez besteko tenperatura minimoaren proiektzioak (goian) eta seinalearen SNR (behean)..... | 36 |
| 43. irudia. Etorkizuneko hiru aldiarako urteko batez besteko tenperatura minimoarako proiektatutako aldaketa..... | 37 |
| 44. irudia. Etorkizuneko hiru aldiarako RX5DAY adierazlerako proiektatutako aldaketa..... | 38 |
| 45. irudia. Etorkizuneko hiru aldiarako RR1 adierazlerako proiektatutako aldaketa..... | 38 |
| 46. irudia. Etorkizuneko hiru aldiarako CDD adierazlerako proiektatutako aldaketa..... | 38 |
| Figura 47. Cambio proyectado para el HWF para los tres periodos futuros..... | 39 |
| Figura 48. EAEko kostatzat hartzen den eremua, erreferentziako ebapotranspirazioa kalkulatzeko orduan, FAOk proposatutako metodologiako jarraibideen arabera..... | 46 |

Taulak

| | |
|---|----|
| 1. taula. Baliozkozeari begira kontuan hartu diren adierazleak. Argibide gehiago, Eranskinean..... | 07 |
| 2. taula. Lan honetan kontuan hartu diren Euro-CORDEX ekimeneko GCM/RCM akoplamendu zenbaitekin lortutako eskualde-proiektzioak. Gorriz erakusten dira datuen formatuarekin arazoak izateagatik baztertu diren RCMak..... | 27 |
| 4. taula. Adierazle sektorialak..... | 37 |

01

Hitzaurrea eta ikerketaren aurrekariak

Zirkulazio globalaren ereduak (GCM-*General Circulation Models*) eskuera dugun tresna nagusia dira klima-aldaketa aztertzeko eta aldaketa horrek sektore sozioekonomikoetan duen inpaktua aztertzeko. Hori dela eta, eredu horiek erabili izan dira azken hamarkadetan, aldiro-aldiro, klimaren etorkizuneko joeraren inguruko proiektzioak egiteko. Ereduon bitartez, sistema klimatikoaren dinamika irudikatzen da ordenagailu batean, bai eta haren osagaiena ere (atmosfera, hidrosfera, kriosfera, litosfera eta biosfera), eta alegiazko zenbait agertokiren mende jarri, zeinetan islatu nahi baita sistema klimatikoari eragiten dioten bortxamendu-faktore antropogenikoen etorkizuneko eboluzioa, hala nola berotegi-efektuko gasen emisioarena.

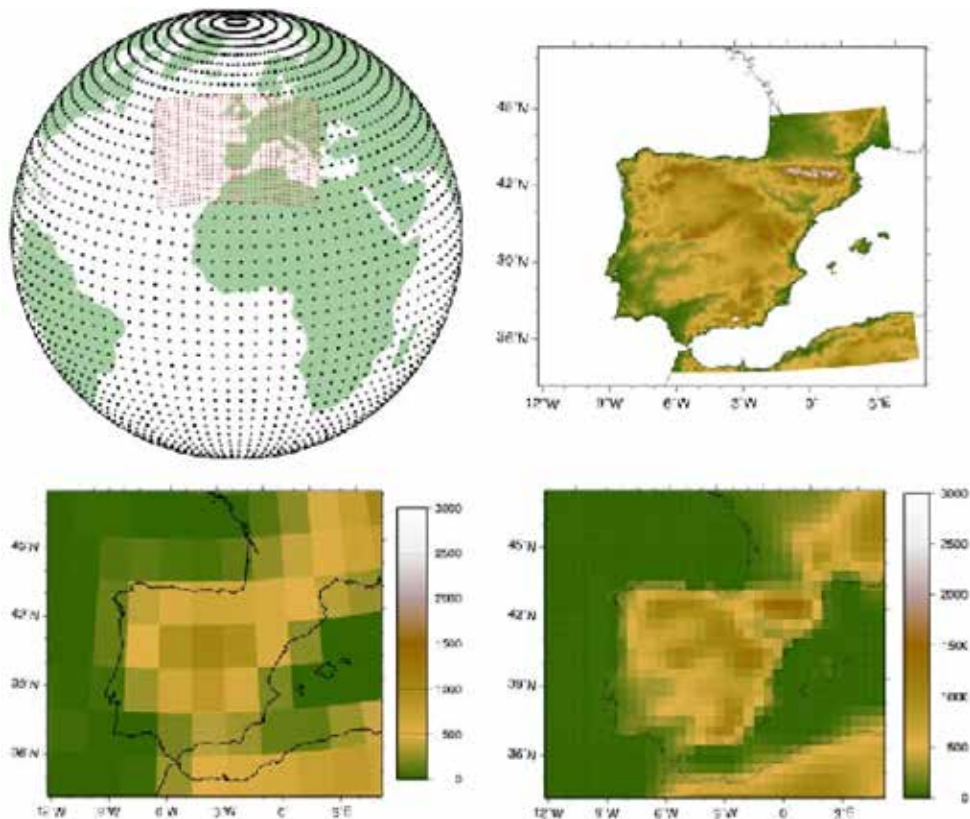
Jarduera hau IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) erakundeak koordinatzen du nazioarte mailan, zeinaren txostenak — azkena 2014koa: *Fifth Assessment Report*, AR5, <http://www.ipcc.ch/> — ezin baztertuzko erreferentzia baitira klima-aldaketari buruzko ikerketan; izan ere, egundainoko emaitza zientifiko garrantzitsuenak jasotzen dituzte (bai argitalpen zientifikoak, bai klima-aldaketako agertokien proiektzio globalak eta eskualde-mailakoak).

GCMen bereizmena ehunka kilometrotakoa izan ohi da (1 irudia); beraz, ezin du analizatu klima-aldaketak toki-mailan izan ditzakeen inpaktuen magnitudea, hala ekosistemetan nola nekazaritzan, hidrojogian eta abarretan, zeren bereizmen hori ez baita nahikoa eskualde mailako heterogeneotasunak ebazteko. Ondorioz, eskualde-mailako klima-aldaketaren agertokiak lortzeko, harantzago jo beharra dago, eta eskualdekatzea (*downscaling*) deritzona erdietsi, zeinak tokiko eskalan proiektatzen baititu eskala

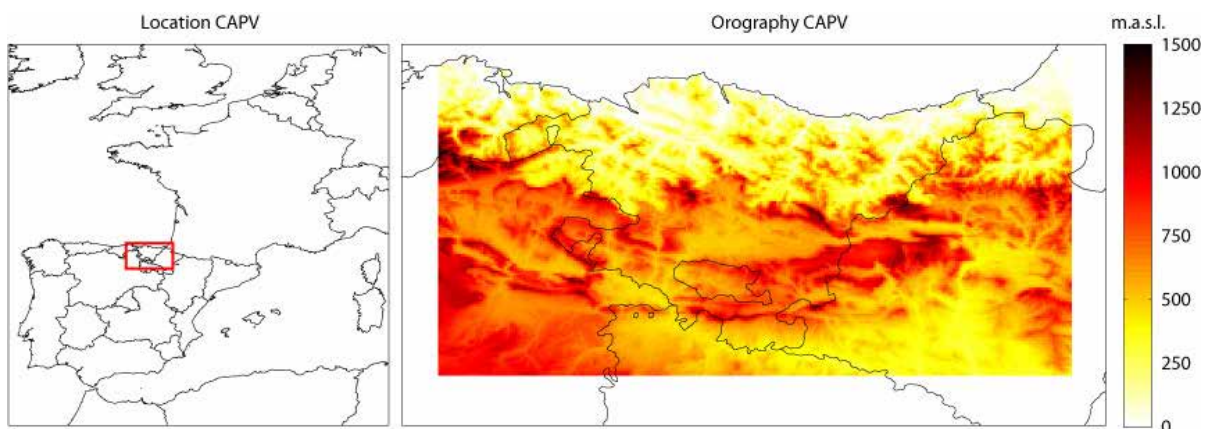
globaleko ereduak irudikatzen dituen aldaketak. Gai honek interes handia piztu du azken urteotan, eta lehentasunezko helburuetako bat da klima-aldaketaren inguruko nazio mailako eta nazioarteko proiektu eta ekimenetan (adibidez **VALUE** edo **CORDEX**) zeren inpaktu-komunitateen edo egokitzapen-planen eskakizunek bereizmen handiko (edo oso handiko) informazioa behar baitute.

Eredu klimatiko globalen bereizmena handitzeko erabili ohi diren tekniketako bat oinarritzen da eskualde-ereduetan (eskualdekatze klimatikoa) edo eremu mugatuko ereduetan (RCM-*Regional Climate Model*), zeinetan hamarka kilometrotako bereizmenak erabiltzen baitira, gero eredu globaleko interesguneetan “habiaratzeko” (ikusi 2 irudia). Horretarako, eredu globalak integrazio osoan dituen balioak hartzen dira mugatze-baldintzat (ikusi *Gaertner* eta kolab. 2012, klima-aldaketaren eskualde-mailako proiektzioarako metodologiaren deskribapen laburra), eta eredu globalekoa baino bereizmen handiago batez ebazten dira atmosferako ekuazioak; alegia, eredu globalak (GCM) aintzat hartu ezin dituen mesoeskalako prozesuak barne hartzen ditu.

Europar, ikerketa-proiektu europar zenbaiten bitartez sortu eta eguneratu dituzte klima-aldaketaren eskualdeetako proiektzioak: PRUDENCE (2001-2004), ENSEMBLES (2004-2009) (ikusi Christensen eta kolab. 2007a; 2007b, eta *van der Linden* eta Mitchell 2009 eskualde-mailako klima-proiektzioei buruzko informazioa eskuratzeko). Proiektuotan, produktu horien bereizmena arian-arian handituz joan da (50 km, PRUDENCE izenekoan; 25 km, ENSEMBLESen); proiektzioei loturiko ziurgabetasun-iturriak sartuz joan dira (GCM, agertokia, RCM eta abar),



1. irudia. (Goian, ezkerrean) Eredu global baten sareta (beltza) eta eskualdeko eredu batena (gorria), Europan habiaratua; (eskuinean) Iberiar penintsulako orografia. Beheko irudietan, eredu global batek (250 km) darabilen saretako orografia eta eskualdeko eredu baten orografia (25 km).



2. irudia. (Ezkerrean) Euskal Autonomia Erkidegoaren kokapena eta (eskuinean) aztertutako eremu geografikoaren orografia.

IPCCren txostenetako eredu globaletako emaitzak erabiliz (AR3 PRUDENCERako eta AR5 ENSEMBLESerako), eta eskualdeetako ereduak baliozkotzea eta elkarrekin konparatzea posible egiten duten esperimenduak sartu dira. Gaur egun, Europan, jarduera horiek Euro-CORDEX ekimenaren babesean zertzen dira, zeina CORDEX (COordinated Regional Downscaling EXperiment) ekimenaren Europako adarra baita; ekimena oinarritzen

da IPCCren azken AR5 txostenean erabilitako eredu globaletan, eta, bi emaitza diferente hartzen dituen aintzat (12 eta 50 km), bereizmen handiagoaren balio erantsia ebaluatzea posible egiten du.

Espainiaren eskalan, Klima-aldaketara Egokitze Plan Nazionalak (PNACC) Espainiako eskualde-mailako klima-aldaketaren agertokiak azken belaunaldia garatu zuen

(*Escenarios-PNACC 2012*) ESTCENA (<http://meteo.unican.es/en/projects/estcena>) eta ESCENA (<http://meteo.unican.es/en/projects/escena>) proiektuen esparruan, eta horretarako eskualdekatze-teknika estatistikoak eta dinamikoak erabili zituen, IPCCren 4. txosteneko (IPCC-AR4) klima-aldaketaren agertoki globaletatik abiatuta, azkenean, 0.2° x 0.2°-ko bereizmena lortzeko. Horrenbestez, kontuan hartu diren emisioei buruzko agertokietan oinarrituta eta klimari buruzko eredu globalen eta eskualdeetako bertsioetan oinarrituta, horiek ENSEMBLES proiektuaren esparruan garatu direnekin konparatzeko modukoak dira.

Escenarios-PNACC 2012 garatzen, estatu-mailako talde nagusiek parte hartu zuten. Batetik, aplikaturiko

eskualdekatze-teknika estatistikoak eta dinamikoak baliozkotu eta elkarrekin konparatu zituzten, eta, bestetik, teknika horiek IPCC-AR4-ko agertokiei aplikatu zizkieten, eta horrela proiektzioen halako *ensemble* bat sortu zuten, zeinak islatzen baititu klima-aldaketari buruzko ikerlanetako ziurgabetasun-iturri nagusiak: etorkizuneko emisioen agertokia, klimaren eredu globala eta aplikaturiko eskualdekatze-teknika.

Escenarios-PNACC 2012 agertokietan lortzen diren proiektzioak jendaurrean zabaltzen dira Meteorologiako Estatu Agentziako Klima Zerbitzuen bitartez (<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/>). Klima Zerbitzuen atari horren barruan, AEMET Meteorologiako Estatu Agentziak proiektzio-multzo berri bat sartu du, aintzakotzat hartuz

| Akronimoa | Deskribapena | Unitateak |
|----------------------|---|-----------|
| Prezipitazioa | | |
| RR.5 | Metaturiko prezipitazioa | mm |
| RX1day | Prezipitazioaren maximoa egunean | mm |
| RR1 | Euri-egunak Pr >= 1 mm | egunak |
| R10 | Prezipitazio handiko egunak Pr >= 10 mm | egunak |
| R20 | Prezipitazio oso handiko egunak Pr >= 20 mm | egunak |
| Tenperatura | | |
| TG | Batez besteko tenperatura | °C |
| TGx | Batez besteko tenperaturaren balio maximoa | °C |
| TGn | Batez besteko tenperaturaren balio maximoa | °C |
| TX | Tenperatura maximoa | °C |
| TXx | Batez besteko tenperaturaren balio maximoa | °C |
| TXn | Batez besteko tenperaturaren balio minimoa | °C |
| ID | Izotz-egunak Tx < 0 °C | egunak |
| SU | Uda-egunak Tx < 25 °C | egunak |
| HW | Bero-boladak egunak Tx > 35 °C | egunak |
| TN | Tenperatura minimoa | °C |
| TNx | Tenperatura minimoaren balio maximoa | °C |
| TNn | Tenperatura minimoaren balio minimoa | °C |
| TR | Gau tropikalak Tn > 20 °C | egunak |
| FD | Izozte-egunak Tn < 0 °C | egunak |

1. taula. Baliozkotzeari begira kontuan hartu diren adierazleak. Argibide gehiago, Eranskinean.

emisioei buruzko eredu globalen eta agertokien azken belaunaldia. Baina proiektzio horiek, izatez, AEMETen eskualdekatze-tekniken aplikazio hutsez lortutakoak direnez, horrek emaitza lerratuak sor ditzake, erabilitako teknikaren bereizgarritasunen ondorioz edo teknikaren beraren akatsen ondorioz.

Testuinguru honetan, eskualdeko klima-agertokiak sortzea lehen urratsa da, behar-beharrezkoa, eskualde mailan klima-aldaketari buruzko ezagutza hobetzeko eta eraginak, ahultasunak eta moldatzeko bideak zehazten eta ebaluatzen aurrera egiteko. Proiektu honen xedea da Euskal Autonomia Erkidegorako (EAE) prezipitazio eta tenperaturen bereizmen handiko klima-atlasa lantzea (~1 km) (2 irudia) eta XXI. menderako klima-aldaketako eskualde-agertokiak sortzea. Horretarako, Euro-CORDEX (~12 km) proiektuan eginiko simulazioak hartuko dira oinarritzat, eta intereseko aldagaien bereizmen handiko egunez eguneko serieak lortzea posible egingo duten alborapenak zuzentzeko teknikak aplikatuko dira.

Hasteko eta bat, planteatzen da eguneratzea (*"Klima-aldaketaren bereizmen handiko agertokiak egitea Euskadirako"*)¹ (KLIMATEK 2016 deialdiko AGERTOKIAK akronimoa) proiektuaren I. fasearen esparruan egindako bereizmen handiko mapa klimatikoak, bai eta plana baliozkotzea ere, egindako oharrak aintzat hartuta eta aurreko bertsioarekin alderatuta. Datu-base berria edukita, alborapenak zuzentzeko teknikak aplikatu ahalko zaizkie CORDEXen garatutako bereizmen handiko proiektzioei, horrela prezipitazio eta tenperaturen egunez eguneko serieak lortzeko behaketen bereizmen handiko saretan (1 km), horren beharra azpimarratu baitzen 2017ko apirileko KLIMATEK foroan, proiektuaren I. fasea (AGERTOKIAKI) garatu ondoren.

Txosten honek osatu egiten du "Agertokiak I" proiektuko informazioa: <https://www.euskadi.eus/documentacion/2017/klimatek-elaboracion-de-escenarios-de-cambio-climatico-de-alta-resolucion-para-el-pais-vasco/web01-a2ingkli/es/>

¹ Dokumentu honetan, hemendik aurrera, "AGERTOKIAK I" deituko zaio *"Klima-aldaketaren bereizmen handiko agertokiak egitea Euskadirako"* proiektuari (KLIMATEK 2016 deialdiko AGERTOKIAK akronimoa).

Bereizmen handiko oinarrizko klima eguneratzea (1km x 1km)

Proiektu honen lehenengo helburua da eguneratzea 2016. urtera arteko bereizmen handiko datu termoplubiometrikoen datu-basea, barne hartuta AEMET Meteorologiako Estatu Agentziako eta Euskalmet-eko estazioetako informazioa. Txostenean, bai behaketekin eta bai aurreko bertsioarekin konparatzen da AGERTOKIAK proiektuaren esparruan eta 1 taulan² definituriko klima-indizeen arabera lortutako datu-basea.

2.1. Behaketen datu-basearen hautaketa

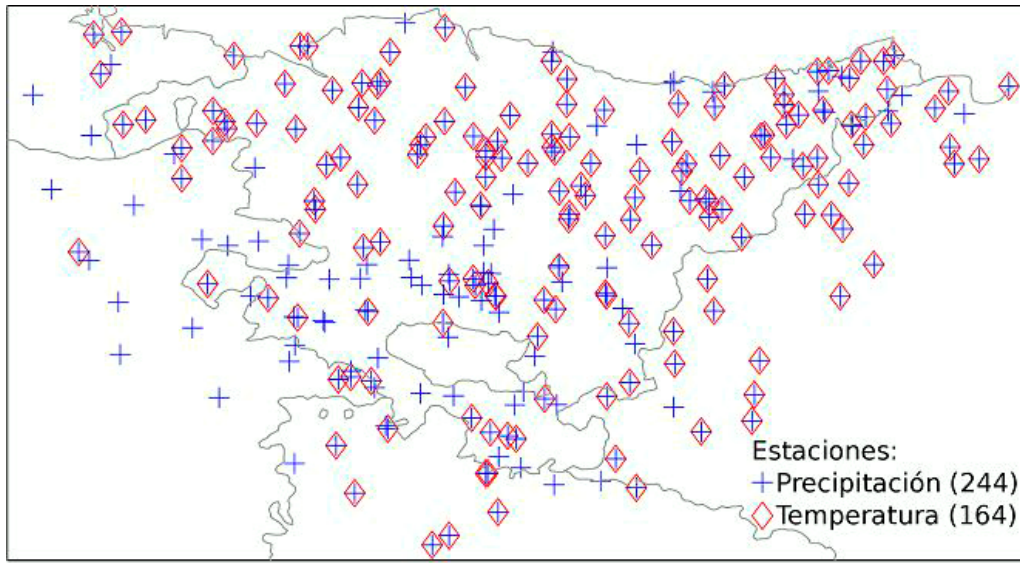
Proiektuan, lehenik eta behin, AEMETeko datuak eguneratu ziren, 1971-2016 tartean; EAEko eta inguruko eskualdeetako estazio berriak sartu ziren, eta Euskalmet-eko datu-basea eguneratu zen, 2016an erregistraturiko behaketekin. Estazio berri horien barruan, oso serie laburrak zituzten behatokiak zeuden, zeinak ez baitzetozen bat serie historiko baten "jarraitutasunarekin". Horregatik, AGERTOKIAK I proiektuan aplikatutako hautaketa-irizpideei beste irizpide murriztaileago batzuk gehitu behar izan zitzaizkien, azken interpolazioan erabilitako serieetan zeuden hutsuneei begira [Gutiérrez eta kolab.

2010 (Kantabriako Gobernua), Herrera eta kolab. 2011 eta 2012):

- **Balio anomaloak detektatzea:** Hasieran, ohi baino balio nabarmenki altuagoak edo apalagoak detektatu ziren, kuartilarteko heina hiru aldiz gainditzen zutenak (25 pertzentila eta 75 pertzentila). Prezipitazioaren kasuan, nola aldagai behetik bornatua baita, borne hauek definitu ziren: goikoa, euri-egunen 90 pertzentila halako lau, eta behekoa, 0.
- **Hutsuneak:** Gutxienez 20 urte elkarren segidan eta datuen % 80 dituzten serieak identifikatu ziren. Euskalmet-eko serieak laburragoak direnez, haren kasuan gutxienez 10 urte eta datuen % 80 dituzten serieak hartu ziren aintzakotzat. Bigarren fase honetan (AGERTOKIAK II), bi kasuotan kendu ziren hileko serieko % 50etik behera eta hileko datuen % 80 gutxienez zituzten estazioak.
- **Homogeneotasuna:** Azkenik, urteko serieen homogeneotasun absolutua eta erlatiboa analizatu ziren hipotesi-testen bidez, eta % 95eko konfiantza zuten serie ez-homogeneoak ezabatu egin ziren.

Aurreko irizpide horietan oinarrituta, 3 irudiak erakusten dituen behaketa-sareak lortu ziren, eta haiekin egin zen interpolazioa.

² Informazio gehiago <http://www.ecad.eu/indicesextremes/indicesdictionary.php>



3. irudia. Kontuan hartu diren prezipitazio- eta temperatura-estazioak, ezarritako hautaketa-irizpideetan oinarrituta.

2.2. Orografia-eredua

Hautatu den behaketa-sarearen bitartez xede-bereizmena (1 km) lortzeko, beharrezkoa da aldagai orografikoak sartzea, bereizmen handiko datu-base klimatikoa landu ahal izateko. Ikerlan honetan, GTOPO30³ (<https://lta.cr.usgs.gov/GTOPO30>) orografia-eredutik eratorritako 30"-ko bereizmen espazialeko aldagai hauek hartu dira kontuan (1 x 1 km² gutxi gorabehera):

- **Orografia:** Hirugarren mailako erregresio polinomialeko eredua hartu da kontuan:

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

- **Kontinentaltasuna (kostarainoko distantzia):** Puntu bakoitzak kostaraino duen distantzia hartzen da kontuan, hirugarren mailako erregresio polinomialeko eredu baten bitartez:

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

- **Kurbadura:** Puntu bakoitzaren kurbadura globala hartzen da kontuan, luzetarako kurbaduraren eta kurbadura latitudinalaren emaitza gisa.
- **Blokeoak eta esposizioak:** Kontuan hartzen dira blokeo orografikoak —norabide edo sektore batean dagoen gune garaiago baten moduan definitua— eta sare-puntu bakoitzaren esposizioak, eta orobat blokeo horietaraino dagoen distantzia. Blokeoak definizeko,

zortzi sektore besarkatzen dituen haize-arrosa hartzen da kontuan (N, NW, W, SW, S, SE, E eta NE).

Horrela, 24 aldagai lortzen dira. Aldagaiok erregresio-eredu bat definitzen dute, “stepwise” erako prozesu baten bidez, non urrats bakoitzean emaitzako ereduko hondarra murrizten duen koaldagaia sartzen baita.

Kontuan hartzen diren hiru aldagaien arteko koherentzia atxikitzeko (prezipitazioa, temperatura maximoa eta temperatura minimoa), alde aurretiko analisi bat egin zen jakiteko zer koaldagai diren kasu bakoitzean esanguratsuenak, ikusirik ereduak zenbat aldiz hautatzen duen koaldagai bakoitza, aldagai bakoitzaren hileko seriea aintzakotzat hartuta. Ehuneko horrek informazio ematen digu koaldagai bakoitzaren aldagai bakoitzak aldakortasun espaziala azaltzeko duen ahalmenari buruz. Azpimarratu behar da erregresio-eredua hilean-hilean aplikatu behar dela; eguneroko eskalan aplikatuko balitz, aldagai erregresiboen eta xede-aldagaiaren arteko mendekotasuna murriztu egingo litzateke aldakortasun espazialaren aldean.

Aurreko analisi horren esparruan, orografia- eta kontinentaltasun-aldagaiak identifikatu ziren, erregresio-ereduetan agertzen direnen moduan. Blokeoak ere agertu ziren ereduari, iparrerantz eta ipar-mendebalderantz, eta mendebalderantzko blokeoekiko distantzia ere bai. Beraz, oinarritzko ereduari aldagai hauek hautatu ziren: orografia, kostarekiko distantzia, N eta NW norabideekiko

³ GTOPO30 da U. S. Geological Survey (USGS) erakundeak sortutako munduko goraguneen eredu digitala, haren EROS (*Earth Resources Observation and Science*) zentroan eskuragarri dagoena (<https://lta.cr.usgs.gov/GTOPO30>). Haren bereizmenak markatu du ikerlan honetako kartografia klimatikorako erabili dugun bereizmen espaziala: 30 segundo (~ 0.00833°, ~ 1 x 1 km²).

blokeoak, eta NW eta SW norabideekiko blokeoetaraino dagoen distantzia. Oinarritzko eredu horri, interpolazio prozesuan, gainerako aldagaiak gehitu zitzaizkion, arestian deskribatutako "stepwise" prozesuen bidez.

2.3. Erregresio-ereduak eta interpolazioa

Behin datu-basea aukeratu gero eta erregresio-ereduan erabili beharreko koaldagaiak definituz gero, interpolazio-metodo bat hautatu beharra dago, egokia izango dena interpolatuko diren aldagaien arazoei eta sarearen bereizmenari aurre egiteko eta koaldagaiak sartzeko.

Alor honetako gaur egungo ezagutza aztertu ondoren, ondorioa izan zen arazoei irtenbide egokiena ematen dien metodo moldea krige-kuntza metodo geoestatistikoaren familiakoa dela (Krige, 1951). Metodo hauek maiz erabili izan dira ikerlan askotan aldagai klimatikoetarako (Herrera et al. 2012, 2016; Haylock et al., 2008; Biau et al., 1999; Atkinson and Lloyd, 1998; etab.), eta aldaera sorta handi samarra eskaintzen dute metodologia egokitu ahal izateko aldagai-adierazleen interpolaziora, koaldagaiak sartzeko eta abarretarako. Ikerlan honetan "krige-kuntza arrunta" deritzona hautatu da, zeren goragune-eredu digitalarekiko mendekotasuna lehen deskribaturiko erregresio-eredutik atera baitzen. Metodo hori aldagaiaren mendekotasun espazialaren modelizazioan funtsatzen da, honako **erdibariograma empiriko eta modeloaren** honen bitartez:

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

horren ondoren, $y_{ok}(x) = \sum_{i=1}^k w_i y(x_i)$ metodoaren w_i pisuak ekuazio-sistema hau ebatziz lortzen baitira:

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

Azken emaitza lortzeko, etapa hauetan zatitu zen interpolazioa:

- Lehenik eta behin, aldagaiaren hileko balioa (prezipitazioa, temperatura maximoa edo temperatura minimoa) erregresio-eredurantz hurbildu zen, ereduaren sartuz aurretik hautaturiko koaldagaiak.
- Bigarrenik, kalkulatu ziren sareta-puntu bakoitzari lotutako hileko balioa ($MonthlyValue_{reg}$) eta ereduak

izandako hondarra edo errakuntza (Err), erregresio-ereduarekin lortutako koefizienteak erabiliz.

- Gero, krige-kuntza metodoarekin interpolatu zen erregresio-ereduko hileko hondarra (Err) sare-puntuetara, horrela zuzentzen baitzen ereduak emandako hileko balioa ($MonthlyValue_{ok} = MonthlyValue_{reg} + Err_{ok}$).
- Azkenik, eguneko anomaliaren balioa interpolatu zen ($DailyAnomaly_{ok}$) eta aurreko etapetan lortutako hileko balioari ($MonthlyValue_{ok}$) gehitu. Prezipitazioaren kasuan, honela definitu zen eguneko anomalia: eguneko prezipitazioaren eta hilean metatutako balioaren arteko zatidura ($dailyValue_{ok} = MonthlyValue_{ok} * DailyAnomaly_{ok}$). Temperaturaren kasuan, aldiz: eguneko temperaturaren eta hileko batezbestekoaren arteko aldea ($dailyValue_{ok} = MonthlyValue_{ok} + DailyAnomaly_{ok}$).

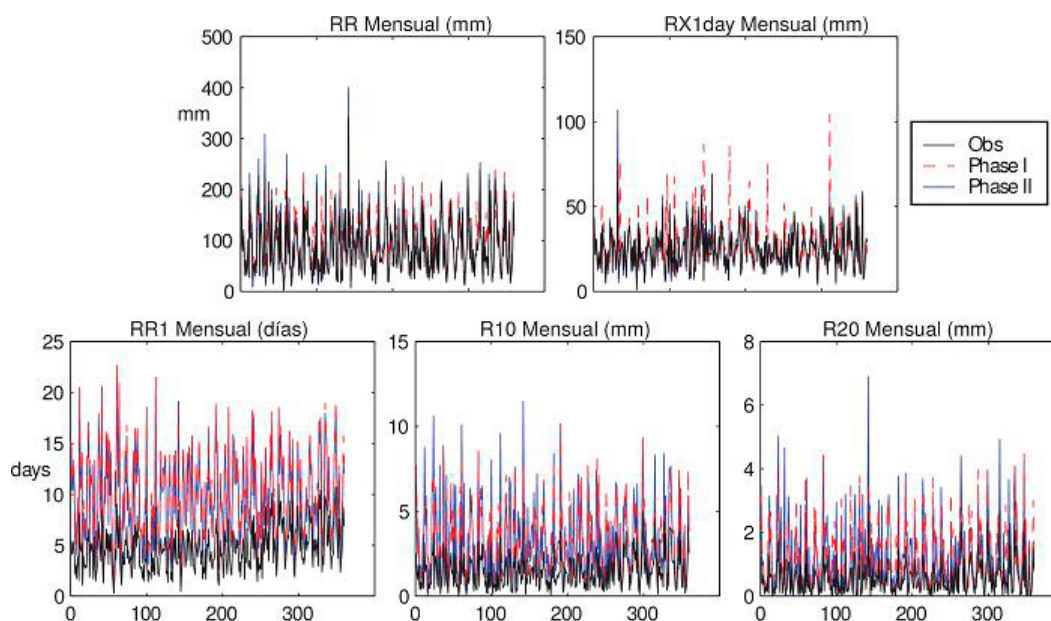
Prezipitazioa, izatez, mistoa denez gero —batetik, gertaldiak, eta bestetik, kopurua—, beste prozesu bat sartu zen azken urratsean: euri-gertaldiari loturiko aldagai binarioa interpolatu zen, aldagai-adierazleei loturiko krige-kuntza metodoaren bitartez (IK-Indicator Kriging). Horretara, prezipitazio-kopurua interpolatzeaz gainera, haren maiztasuna doitu egin zen.

Aurreko prozesu horrek egunez eguneko prezipitazio eta temperaturaren datu-base bat eman zuen, 1 km x 1 km-ko gelaxkaren eremuaren batezbestekoa islatzen duena eta azpian den lehen deskribatutako datu-basearen denbora-bereizmen bera duena.

2.4. Datu-basea baliozkotzea

Baliozkotzea zenbait dimentsio eta adierazletan oinarritu zen. Lehendabizi aztertu ziren sortutako lau aldagaietarako (prezipitazioa, tarteko temperatura, maximoa eta minimoa) hileko seriearen batezbesteko espazialaren denboran zeharreko eboluzioa eta kontuan hartutako hiru datu-baseak: bi faseetan (AGERTOKIAK I eta AGERTOKIAK II) sorturiko behaketak eta klimatologiak).

4 irudiak prezipitazio-adierazleen emaitzak erakusten ditu. Korrespondentzia handia ikusten da behaketen eta RR eta RX1day adierazleen artean, esanguratsua goa baita datu-base berrian (AGERTOKIAK II) aurreko bertsioan baino (AGERTOKIAK I). Prezipitazio-gertaldiei dagokienez (RR1, RR10 eta RR20), denbora-korrespondentzia ona ikusten da, baina baita ere adierazleen gehiegizko balioespen argia, zeina lotuta baitago prezipitazio-maiztasun handiena duten Euskal Autonomia Erkidegoko



4. irudia. Prezipitazio-indizeen hileko serieen batezbesteko espaziala.

eskualdeetako bereizmen handiko saretan duten ordezkaritasun handiagorekin.

Batez besteko tenperaturaren kasuan (5 irudia), korrespondentzia handia dago kontuan hartu diren datu-baseen artean (AGERTOKIAK I eta AGERTOKIAK II).

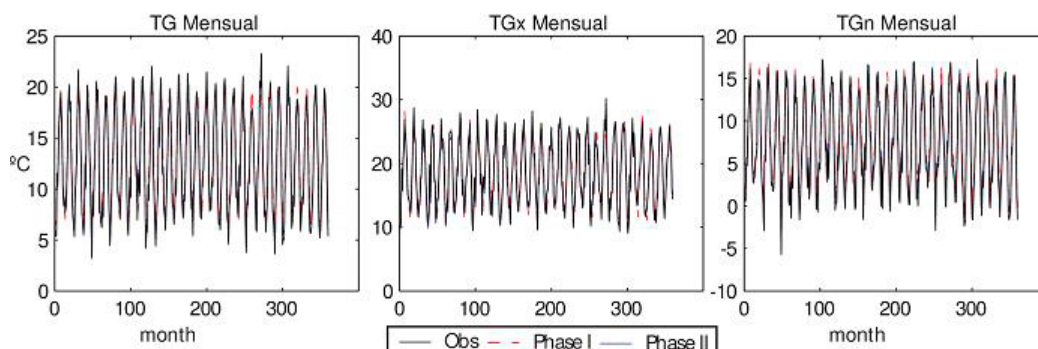
Emaizta bera ateratzen da tenperatura maximoei (6 irudia) eta minimoei (7 irudia) dagozkien indizeetan.

Temperatura minimo eta maximoen muturreko gertaldien indizeen kasuan (6 eta 7 irudietako beheko lerroa), sortutako datu-baseek behatu diren maximoak erakusten badituzte ere, adierazle horien gehiegizko balioespen orokortua ikusten da, zeina lotuta baitago indize horietan ageri diren balio altuko sare-puntuen kopuru handiagorekin.

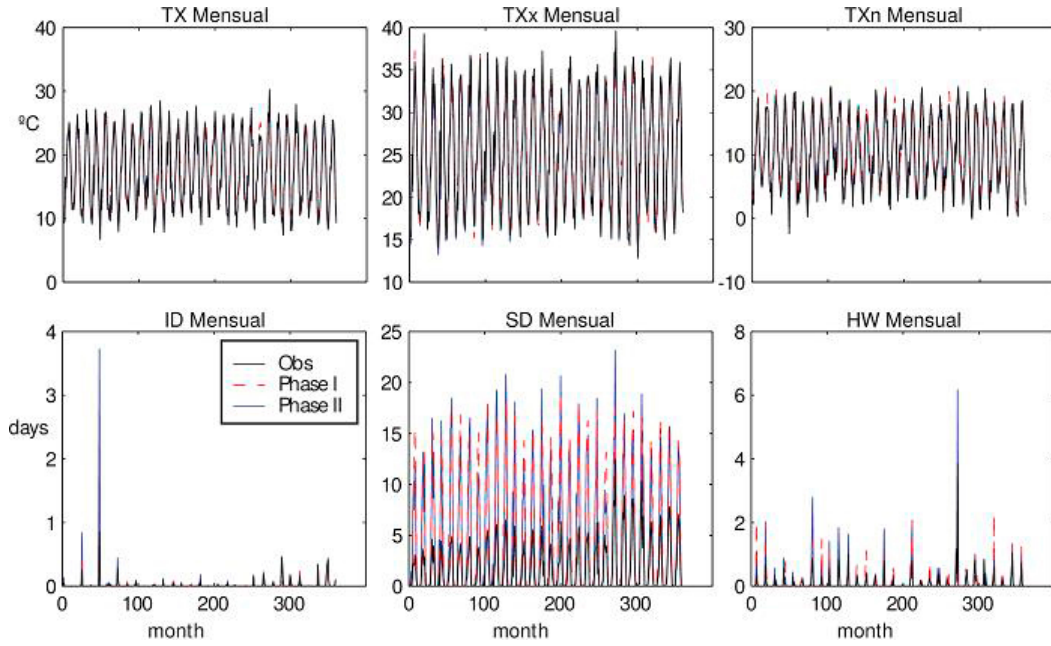
8 irudiak eta 9 irudiak erakusten dituzte 1 taulan 1981-2010 aldirako definitutako indizeen klimatologia-balioak, kontuan hartuta interpolazio-prozesuan erabilitako estazioetatik gertuen dauden grid box-ak. Erreferentzia gisa, behaketei (puntu beltzak) loturiko barreiadura-diagrama ageri da.

Oro har, 8 irudiak erakusten du nola AGERTOKIAK II datu-baseak zuzentzen duen AGERTOKIAK I datu-basean behatutako prezipitazio-indize batzuen gehiegizko balioespena.

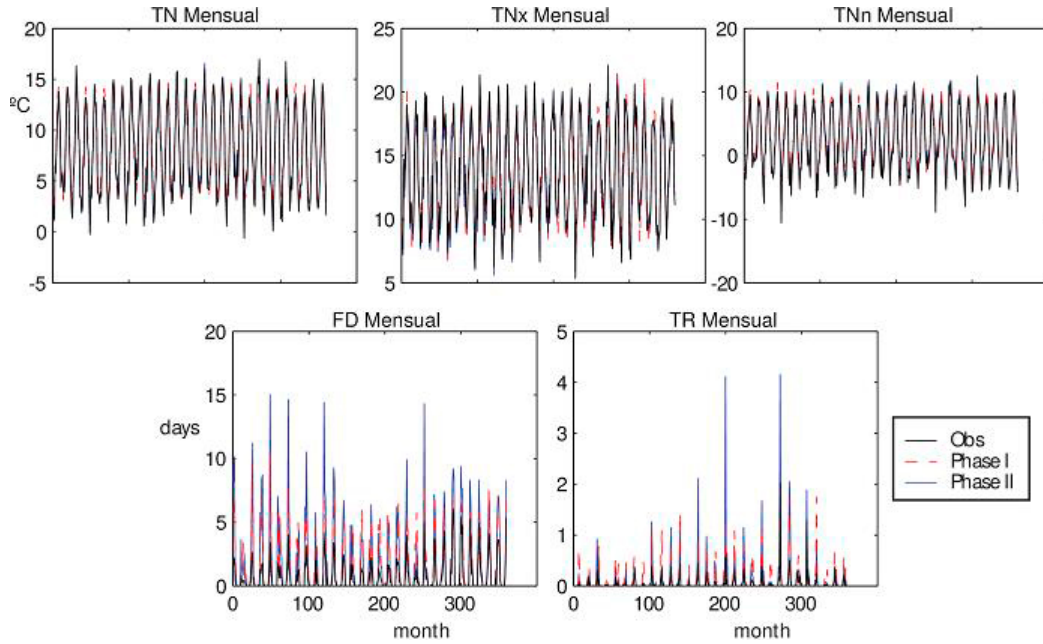
Temperaturaren kasuan (9 irudia), indizeen gehiegizko balioespena ikusten da berriz, baina bigarren fase honetan zuzenduta dago: tarteko tenperaturaren kasuan, partez; tenperatura maximoen eta minimoen kasuetan, gehiago. TNx indizearen kasuan, gehiegizko balioespena zuzenduta dago, eta banaketa zentratuago dago behaketan aldetik.



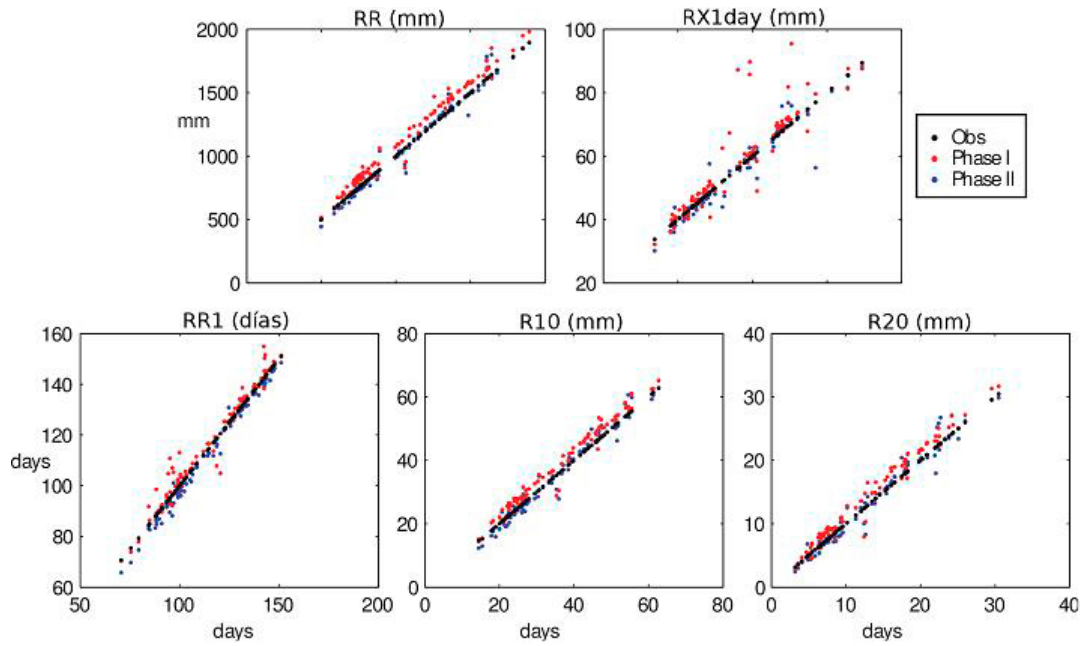
5. irudia. Tarteko tenperatura-indizeen hileko serieen batezbesteko espaziala.



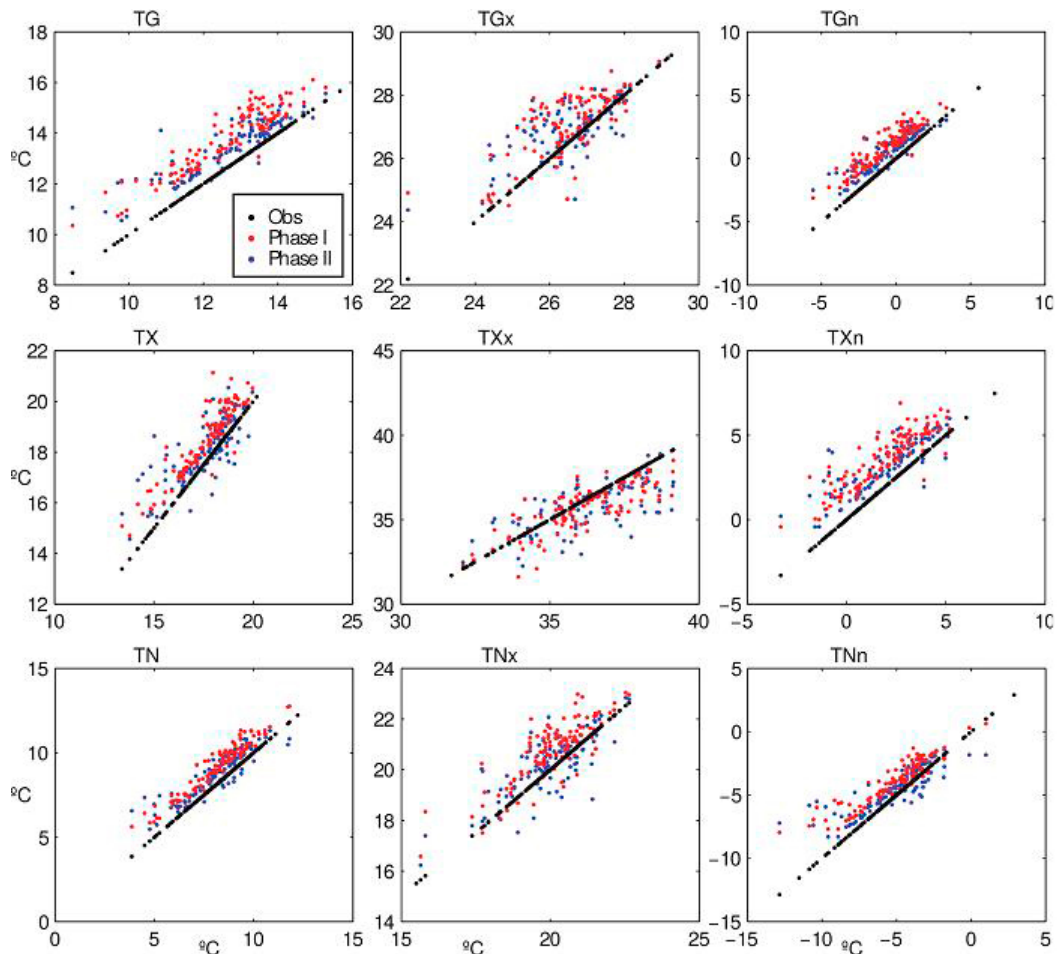
6. irudia. Temperatura maximoaren indizeen hileko serieen batezbesteko espaziala.



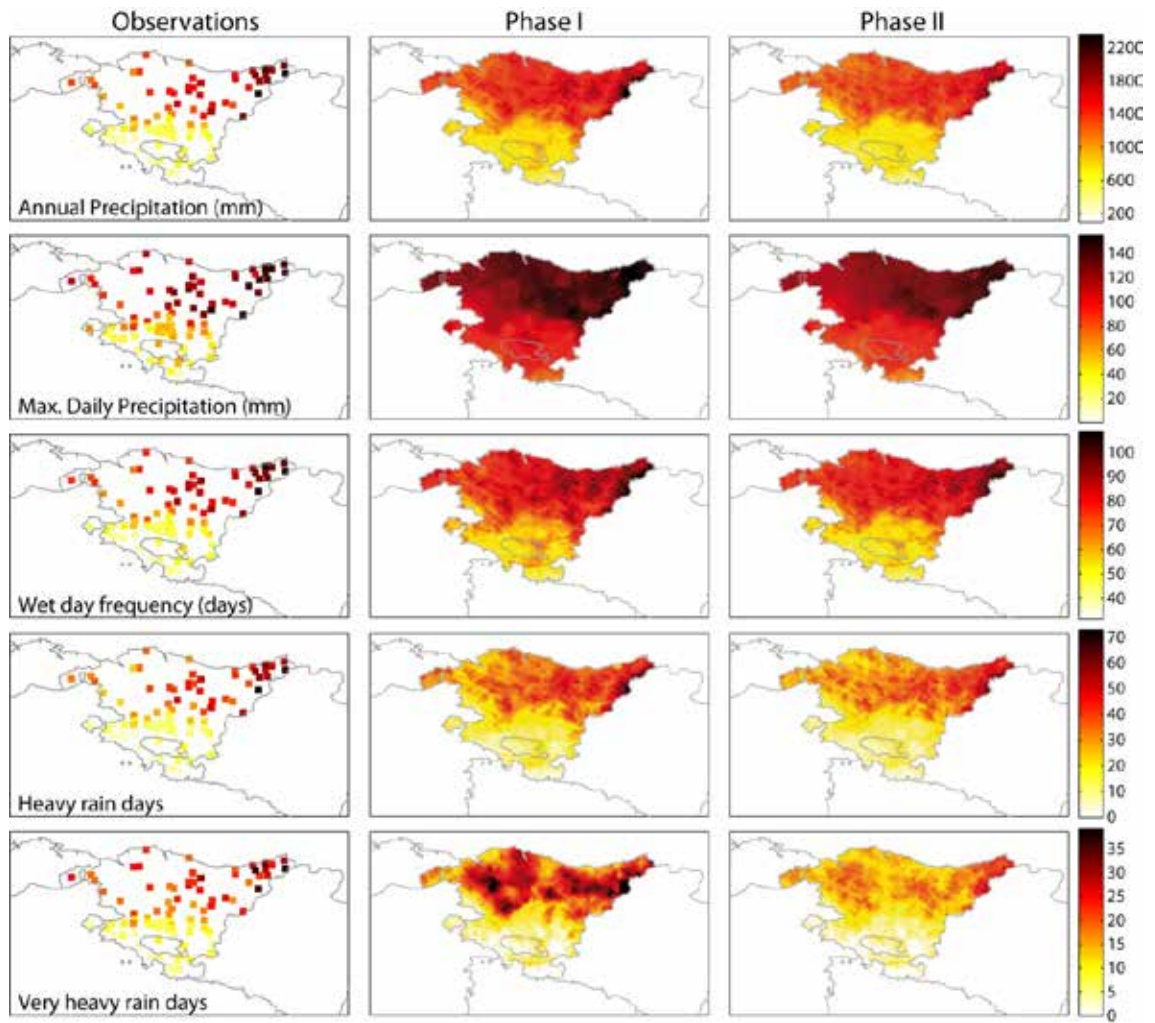
7. irudia. Temperatura minimoaren indizeen hileko serieen batezbesteko espaziala.



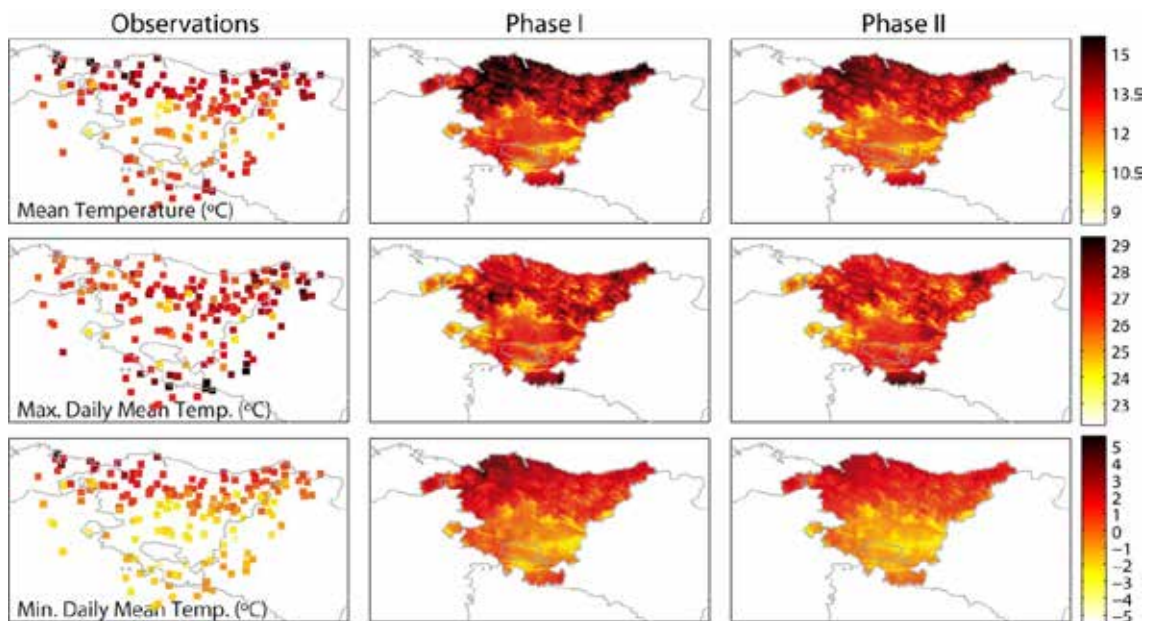
8. irudia. Prezipitazio-indizeen klimatologien barreiadura-grafikoak.



9. irudia. Temperatura-indizeen klimatologien barreiadura-grafikoak.



10. irudia. Prezipitazio-indizeen klimatologia.



11. irudia. Tarteko temperatura-indizeen klimatologia.

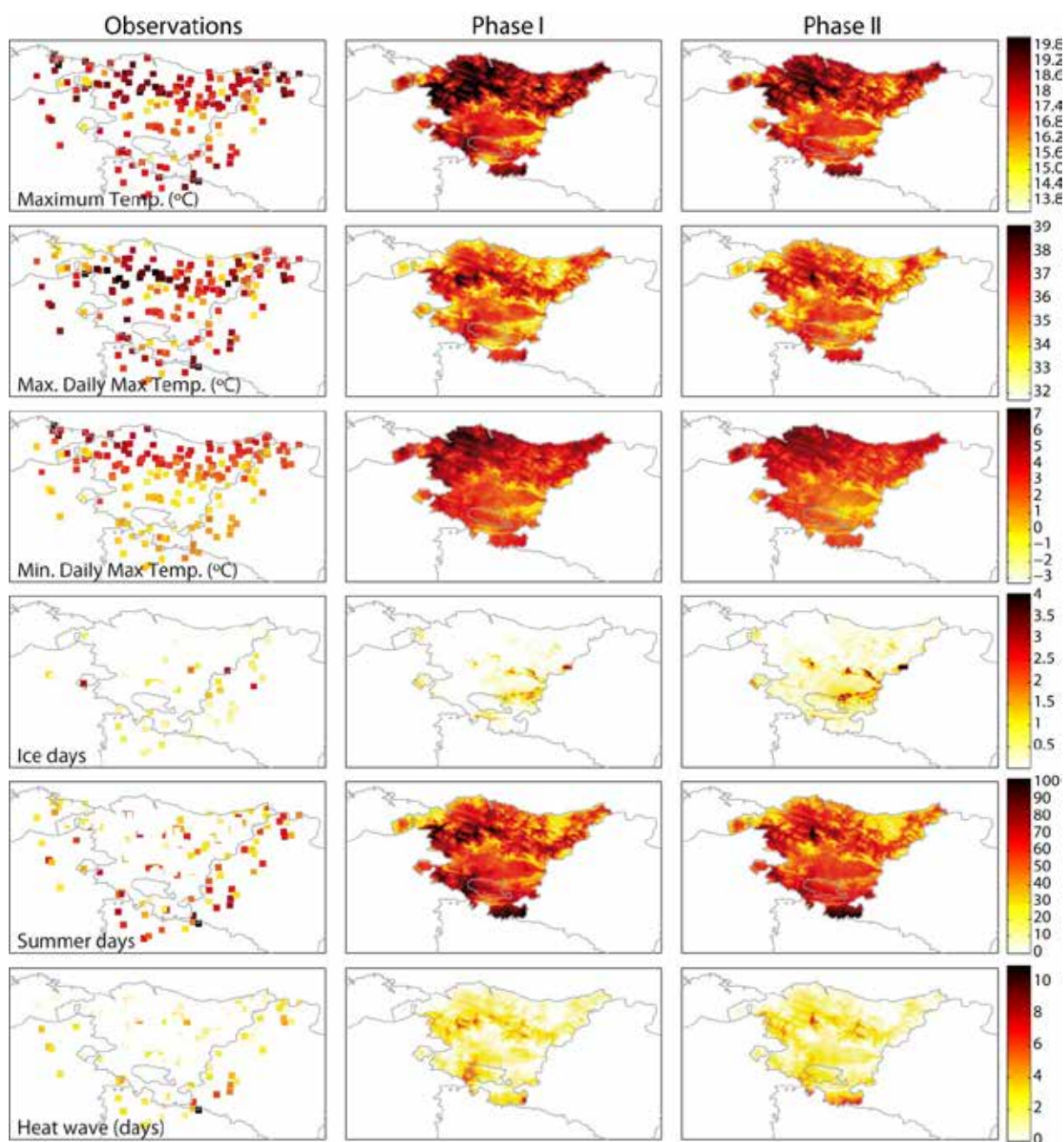
Maila espazialean, 10 irudiak, 11 irudiak, 12 irudiak eta 13 irudiak proiektuko fase bietan behatutako eta interpolatutako klimatologiak erakusten dituzte, 1 taulan prezipitazio, tarteko temperatura, maximo eta minimoetan definitutako adierazleetarako, hurrenez hurren.

Prezipitazioaren kasuan, 10 irudian azaldutako emaitzak bat datoz aurreko irudietan erakutsitakoekin; AGERTOKIAK I bertsioak baino balio leunagoak dituen eredu bat ikusten da. Era berean, oraingo bertsioan (AGERTOKIAK II), ezabatu egin dira tresna metodologikoekin ustez loturiko

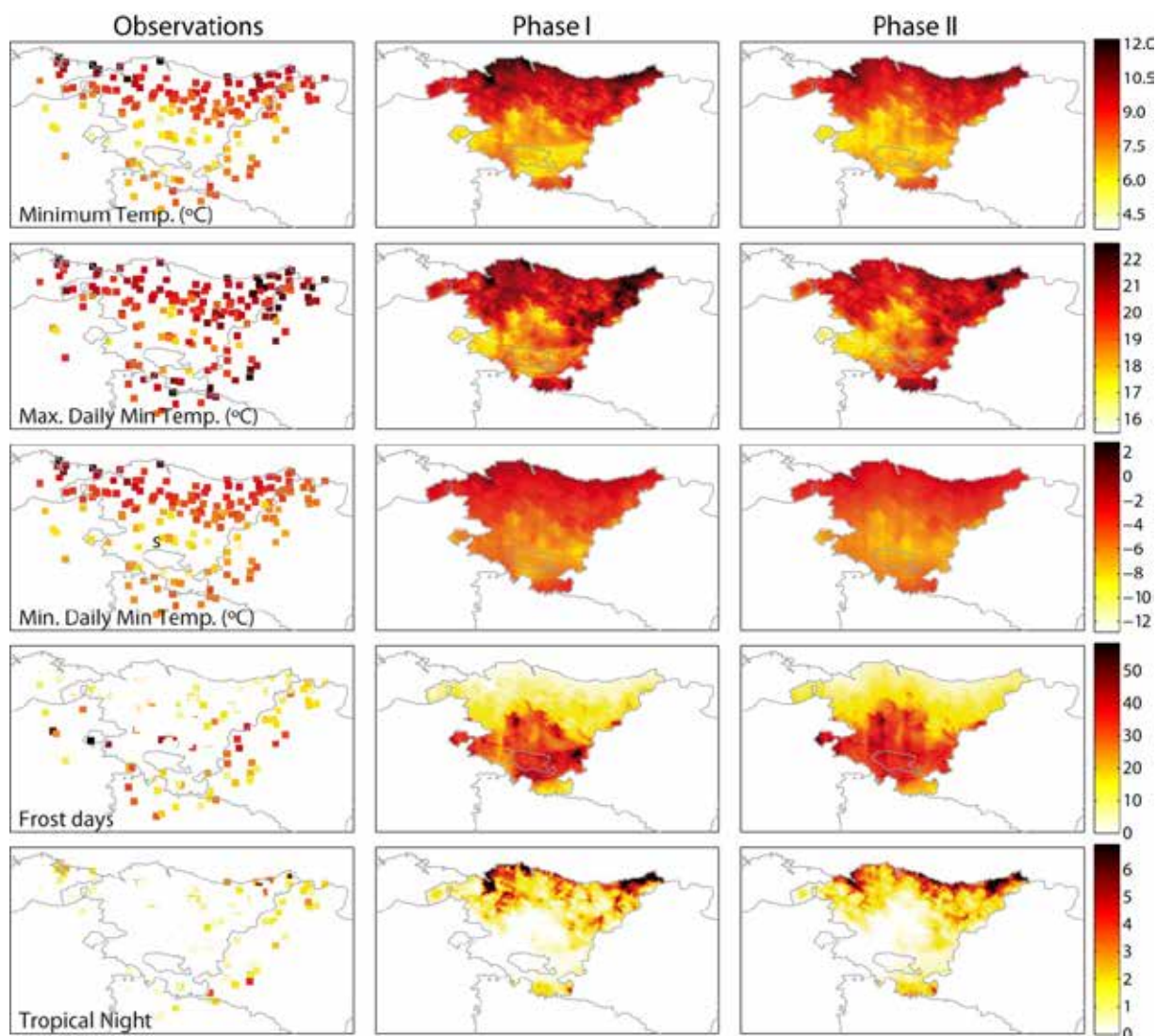
tokiko ereduak (idi-begiak eta abar), eta eredu espazial homogeneagoa lortu da.

Tarteko temperaturen kasuan (11 irudia), AGERTOKIAK II datu-base berriak leundu egiten ditu AGERTOKIAK I aurreko bertsioak, eta egokiago jasotzen ditu EAEko erdialde-hegoaldean behatutako temperaturak.

Temperatura maximoaren indizeek ere (12 irudia) EAEko ipar-erdiko datuen leuntzea islatzen dute, nahiz eta hego-erdian aurreko bertsioak baino balio altuagoak erakutsi.



12. irudia. Temperatura maximoen indizeen klimatologia.



13. irudia. Temperatura minimoen indizeen klimatologia.

Azkenik, atlas klimatikoaren bertsio berriak (AGERTOKIAK II) erakusten dituen temperatura minimoak (13 irudia) aurreko bertsioak (AGERTOKIAK I) erakusten zituenak baino apalagoak dira, eta hobeto azaltzen dute EAEn behatutako temperaturen gradientea. Bertsio berrian, nabarmen altuegiak ziren datu batzuk zuzendu dira; esaterako, EAEko erdi-ekialdeko izotz-egunen kopurua.

EAtal honetan erakutsitako emaitzetan oinarrituta, bereizmen handiko (1 km) egunez eguneko prezipitazio eta temperaturen atlas klimatikoa lortu da AGERTOKIAK II berrian, zeinak zuzendu egiten baitu zenbait indize klimatikoren gehiegizko balioespena, batez ere temperaturena; hartara, ematen duen sailkapen klimatikoa gertuago dago behaketetan jasotakotik.

2.5. Atlas klimatikotik ondorioztatzen diren emaitzak: gaur egungo joeren azterketa

Erreferentziako atlas klimatikoaren edo datu-base klimatikoaren garapenak aukera ematen du bai alborapenak zuzentzeko eta gero azalduko den etorkizuneko eguneko klima-datuak lortzeko, bai eta 1971-2016 aldian behatutako klimaren eboluzioaren analisi xehea egiteko ere. Analisi horretarako, aurreko proiektuan (AGERTOKIAK, KLIMATEK-2016) erabilitako adierazle berak erabil daitezke (ikusi eranskina), klimaren

geroko bilakaeraren ezaugarriak emateko, edo ETCCDI Klima-aldaketari eta Adierazleei buruzko Adituen Mahaia garatutakoak erabili: <http://etccdi.pacificclimate.org/>.

Atal honetan, behatutako klimaren joerak aztertzen dira, baina ez xehe-xehe. Joera hauxe besterik ez da: erregresio-zuzenaren malda, denbora-serieari doitu; alegia, malda zero baldin bada, horrek esan nahi du zuzena "laua" dela, alde batera utzita urtearteko aldakortasuna, ez duela erakusten hazkunde edo desazkunde esanguratsurik adierazlean. Zuzenaren malda oso txikia denean, oro har, pentsatu behar da joera positiboak edo negatiboak ez direla esanguratsuak, nahiz eta ez duten beti-beti horrela zertan izan.

2.5.1 EAEren eremu geografiko globaleko joeren analisia, 1971-2016 aldian

Klima-datu historikoen barruan, EAE osorako eskura dagoen aldi osoko joerak aztertu dira (1971-2016). Jarraian, estatistikoki esanguratsuak izan diren joera batzuk deskribatuko dira, hau da, p-balioa 0.05etik behera dutenak % 95eko esangura lortzeko.

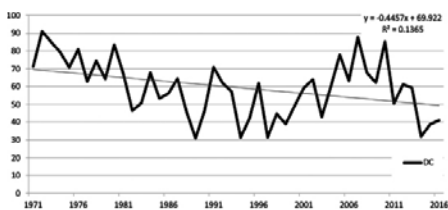
Lehenik eta behin, esan behar da prezipitazioak (PRCPTOT) eta prezipitazioetatik abiatuta kalkulaturiko adierazleek (hala nola RR1, R10, R20, RX1day, SDII eta abar) ez zutela erakutsi joera esanguratsurik aldi historikoan, eta, beraz, haien grafikoak ez dira sartu.

Beste adierazle batzuek, aitzitik, joera estatistikoki esanguratsua erakutsi zuten EAEren osotasunean, nahiz eta joera horien magnitudea zerotik gertu egon, esanguratsuak izanik ere. Alegia, 1971tik 2016ra klima-joera esanguratsuak egon, egon ziren, baina, oro har, oso apalak edo mailakatuak izan ziren.

1971tik murriztu egin dira egun hotz-lehorrak (DC), egun hotz-hezeak (WC), 0 °C-ko muga igarotzen duten egunak (FTD), eta tenperaturaren eguneko-heina (DTR), eta ugaritu egin dira egun bero-lehorrak (DW) eta bero-hezeak (WW) (14 irudia). Azpimarratzekoa da joera markatuenak (hots, erregresio-zuzenetako maldak) DW egun lehor-beroen hazkundeari lotuta egotea.

1971tik murriztu egin dira egun hotz-lehorrak (DC), egun hotz-hezeak (WC), 0 °C-ko muga igarotzen duten egunak (FTD), eta tenperaturaren eguneko-heina (DTR), eta ugaritu egin dira egun bero-lehorrak (DW) eta bero-hezeak (WW) (14 irudia). Azpimarratzekoa da joera markatuenak (hots, erregresio-zuzenetako maldak) DW egun lehor-beroen hazkundeari lotuta egotea.

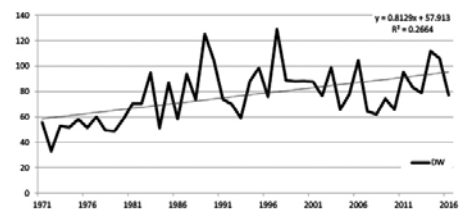
Egunez eguneko tenperatura minimoek (TN) goranzko joera izan dute, eta tenperatura minimo horien balio maximoek (TNx) ere bai, Horrekin batera, gau beroak (TN90p) eta tropikalak (TR) ere ugaritu dira. Bestaldetik, gau hotzen kopurua (TN10p) jaitsi egin da. Azpimarratzekoa da gau beroen (TN90p) malda edo joera positiboaren magnitudea (16 irudia).



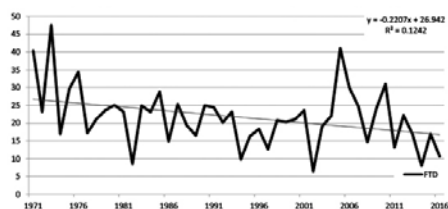
DC (CD): egun hotz lehorren kopurua (egunak)



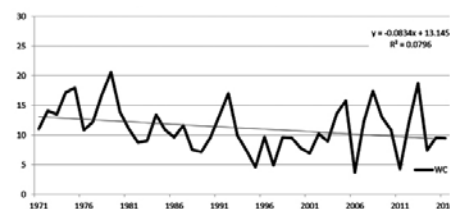
DTR: tenperaturaren eguneko heina (°C)



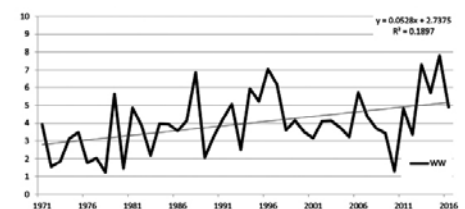
DW (WD): egun bero lehorren kopurua (egunak)



FTD: 0 °C-ko muga igarotzen duten egunen kopurua (egunak)

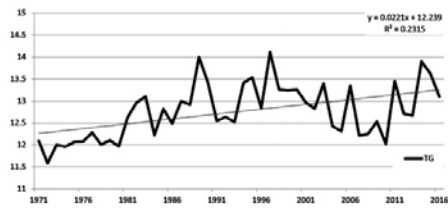


WC (CW): egun hotz hezeen kopurua (egunak)



WW: egun bero hezeen kopurua (egunak)

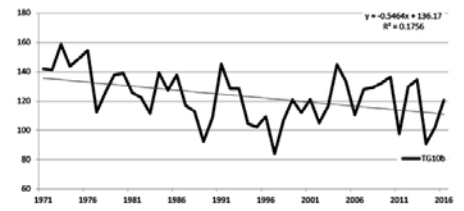
14. irudia. EAE osorako, 1971-2016 aldian, oinarizko zenbait aldagaitatik abiatuta lorturiko adierazleen (adierazle "konbinatuen") bilakaera estatistikoki esanguratsua (p-value < 0.05).



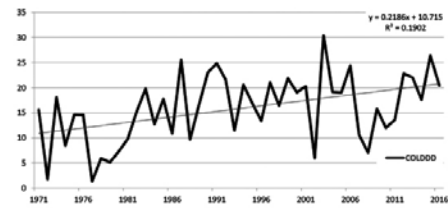
TG: eguneko tarteko temperaturaren batez bestekoa (°C)



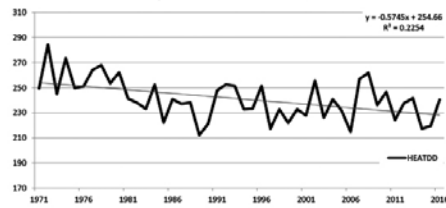
TG10a: 10 °C gainditzen duten egunen kopurua (egunak)



TG10b: 10 °C-tik beherako egunen kopurua (egunak)

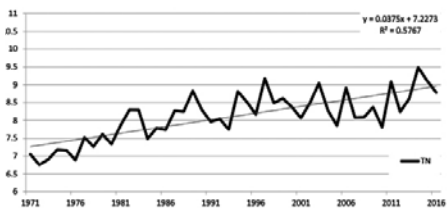


a COLDDD: aire girotuaren erabilerarekin (22.0 °C-tik gorako tarteko temperaturak) loturiko egunen kopurua (egunak)

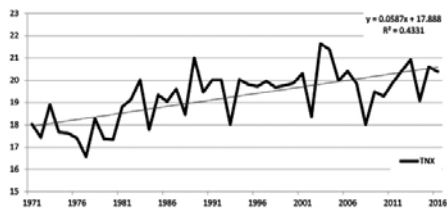


HEATDD: bero-kuntzaren erabilerarekin (15.5 °C-tik beherako tarteko temperaturak) loturiko egunen kopurua (egunak)

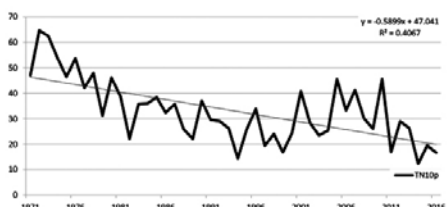
15. irudia. EAE osorako, 1971-2016 aldirian, tarteko temperaturetatik abiatuta lorturiko adierazleen bilakaera estatistikoki esanguratsua (p -value < 0.05).



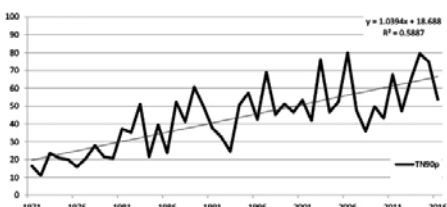
TN: eguneko tenperatura minimoen batez bestekoa (°C)



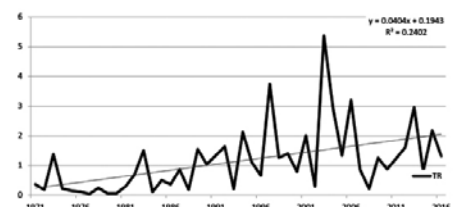
TNx: eguneko tenperatura minimoen balio maximoa (°C)



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



TN90p: gau beroan kopurua (minimoak < 90 pertzentila) (egunak)

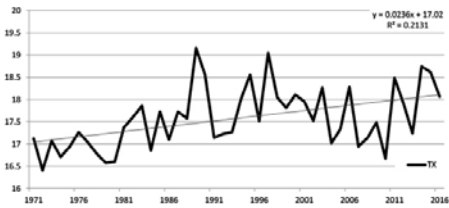


TR: gau tropikalen kopurua (minimik > 20 °C) (egunak)

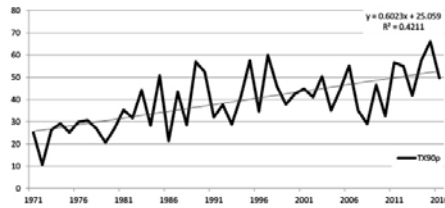
16. irudia. EAE osorako, 1971-2016 aldirian, tenperatura minimoetatik abiatuta lorturiko adierazleen bilakaera estatistikoki esanguratsua (p -value < 0.05).

Esangura duten tenperatura maximoetatik abiatuta kalkulaturako adierazle guztiek joera positiboa dute (17 irudia), hau da, handitu egin dira: eguneko tenperatura maximoen batezbestekoak (TX), egun beroak (TX90p) — nabarmena da joeraren magnitudea —, 25 °C eta 35 °C gainditzen diren egunak (SU eta SU35, hurrenez hurren),

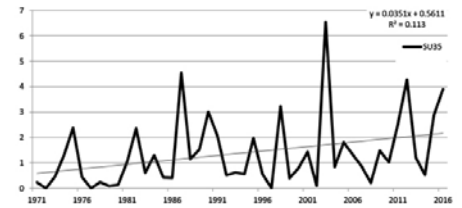
35 °C-tik gorako tenperaturen magnitudea, eta bero-boladen gertaldiak (WSDI). Halaber dira esanguratsuak beste adierazle batzuen goranzko joerak, baina ez dira grafikoetan jaso ez bailukete informazio gehiago emango.



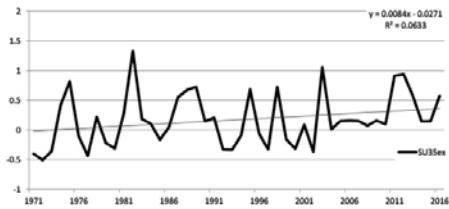
TX: eguneko temperatura maximoen batezbestekoa (°C)



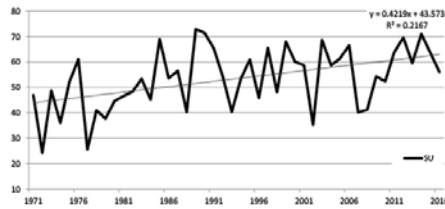
TX90p: gau beroan kopurua (maximoak < 90 pertzentila) (egunak)



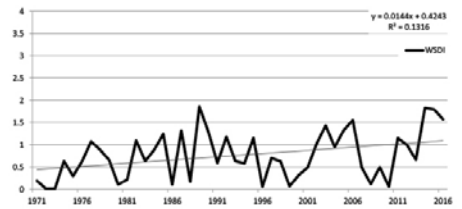
SU35: 35 °C gainditzen diren egunen kopurua (egunak)



SU35ex: 35 °C-tik gorako temperaturen batez besteko magnitudea (°C)



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



WSDI: bero-boladen kopuruaren indizea (gertaldiak)

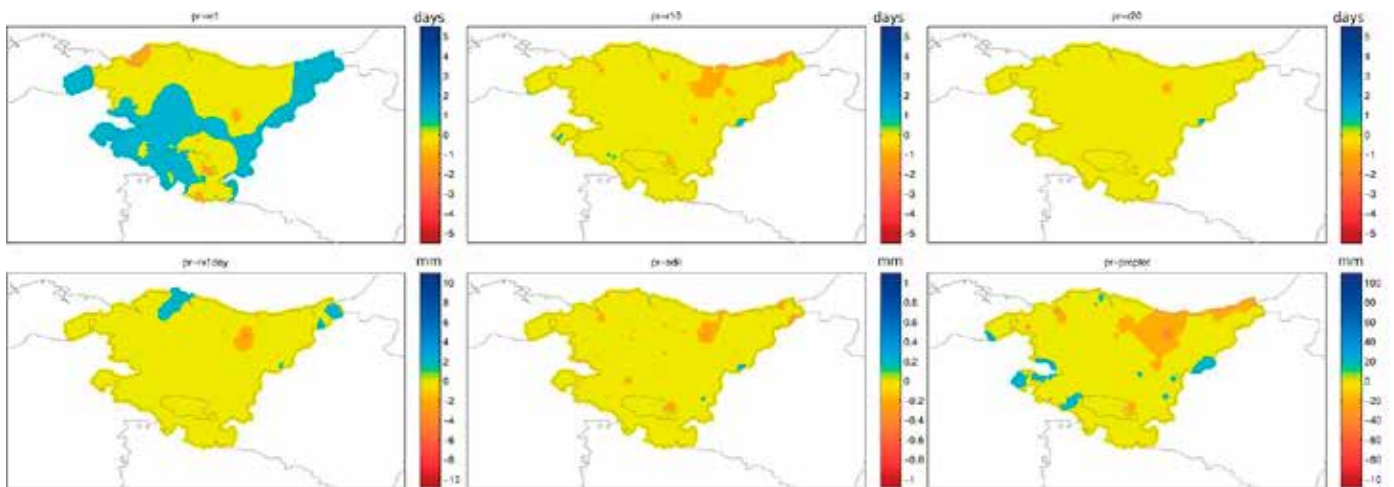
17. irudia. EAE osorako, 1971-2016 aldian, temperatura maximoetatik abiatuta lorturiko adierazleen bilakaera estatistikoki esanguratsua (p -value < 0.05).

2.5.2. Joeren analisia geografia-eremuen arabera: 1981-2010

Atal honetan, gugandik hurbilago dagoen 30 urteko aldi historiko baten joerak deskribatzen dira (1981-2010); ez bakarrik joerak behatzeko asmo hutsez, baizik eta erakusteko joerak (30 urteko serie honi doitutako erregresio-zuzenaren maldak) ez direla geografikoki homogeneoak EA Eren barruan.

2.5.2.1. Prezipitazioa

Erreferentziako azken aldi estandarrean (1981-2010), ez da aldaketako joera garbirik ikusten EAEko prezipitazio-erregimenaren aldetik, joeraren balioak hutsaren hurrengoa baitira (18 irudia). Datuek prezipitazio apalak dituzten egunen goranzko joera txiki bat erakusten dute, baina horrek ez du ondorio garbirik urteko kopuru osoan edo egunez eguneko prezipitazioaren intentsitatean. EAEko erdialdeko kostaldean, aldiz, badirudi prezipitazioaren



18. irudia. RR1, R10, R20, RX1DAY, SDII eta PRCPTOT prezipitazio-adierazleerako behatutako joerak, 1981-2010 erreferentziako aldirako.

jaitsiera apal bat gertatzen dela aztertutako adierazle guztietan. Erakusten den analisia azken aldi klimatiko estandarrean oinarritzen bada ere, emaitzak koherenteak dira 1971-2016 aldi osoa kontuan hartuta lortutakoekin edo 1971-2000 aurreko aldi klimatologiko estandarrekin.

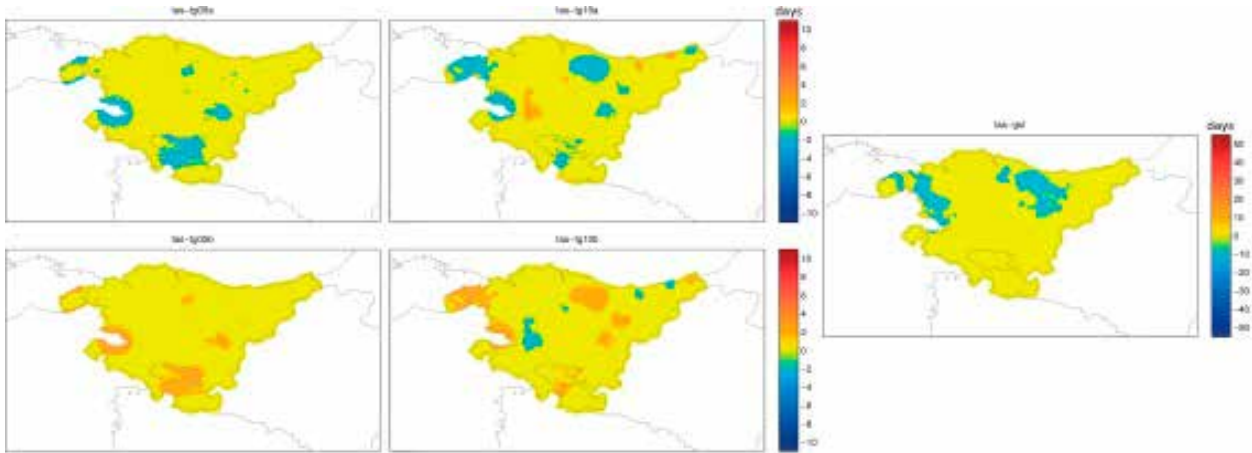
2.5.2.2. Temperatura

Prezipitazioekin bezala, ez da joera garbik ikusten tarteko tenperaturaren analisia kontuan hartu diren adierazleetan, bakartutako tokietan izan ezik (19 irudia).

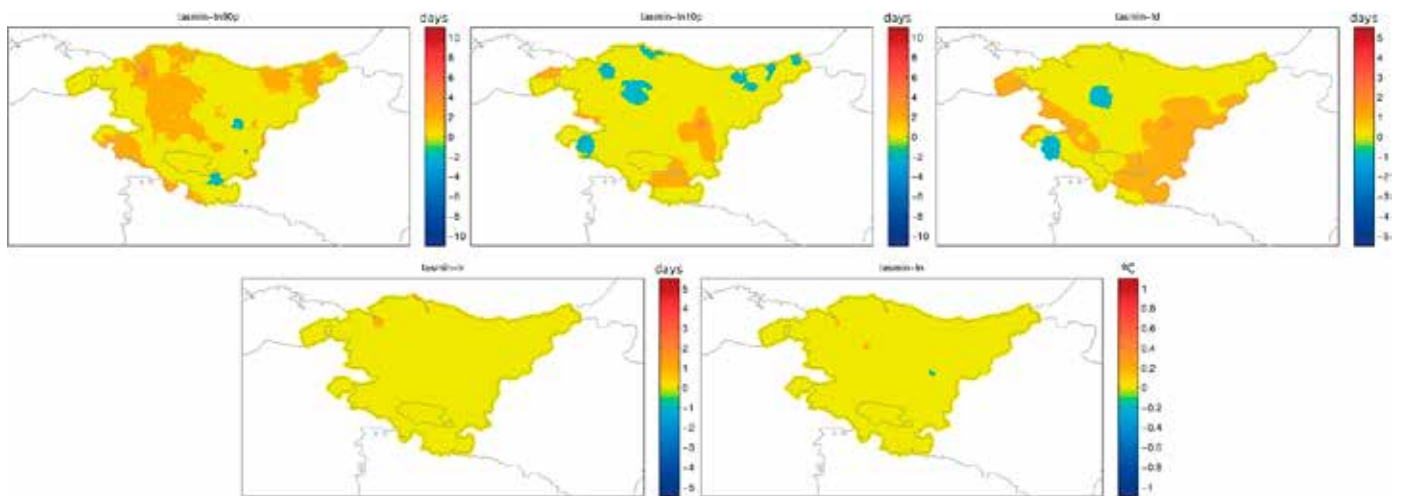
Temperatura minimoei dagokienez (20 irudia), goranzko joera apal bat ikusten da tenperatura minimo altuen

gertaldietan (tn90p) EAEko erdialdean eta mendebaldean, EAEko kostalderaino iristen dena. EAEko hego-erdian eta eki-erdian, aldiz, gertaldi hotzen hazkunde txiki bat islatzen da (tn10p eta fd). Hala ere, batez bestekoari begira, EAEn ez da joera garbik antzematen, norabide batean edo bestean.

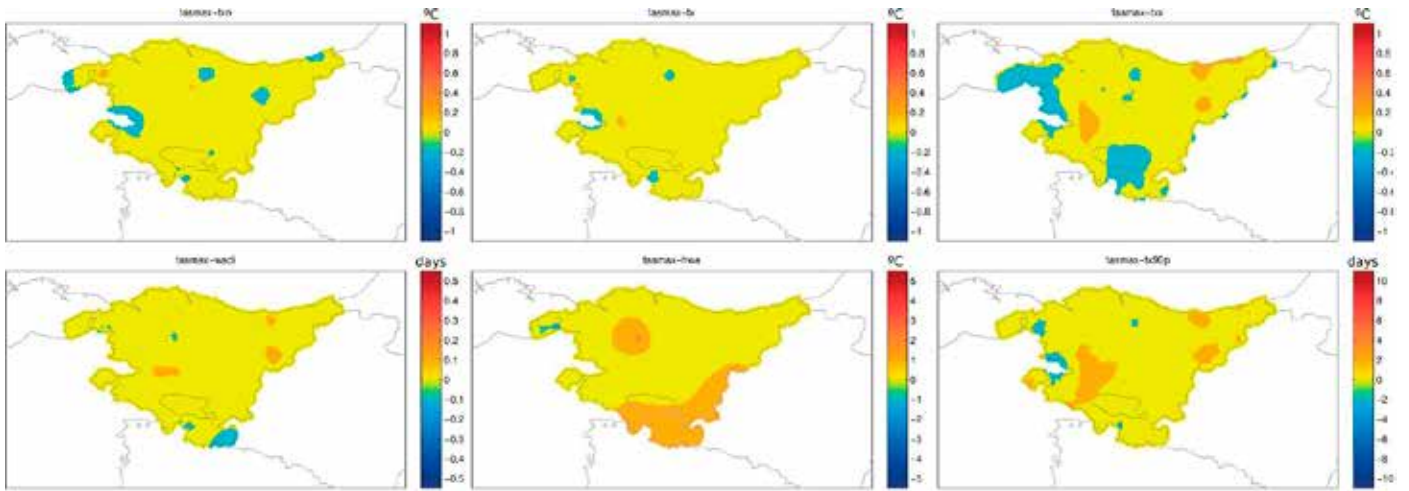
Temperatura maximoei dagokienez, nola interes handikoak izaten baitira inpaktu-azterlanetan (adibidez, osasun eta bero-boladei buruzkoak), zabaldu egin zen ETCCDIk definitutako adierazle-zerrenda, eta EAEko intereseko gertaldiei loturiko zenbait atalase gehitu ziren. Beheko irudiek (21 irudia, 22 irudia, 23 irudia) indize horien azpimultzo baterako emaitzak erakusten dituzte.



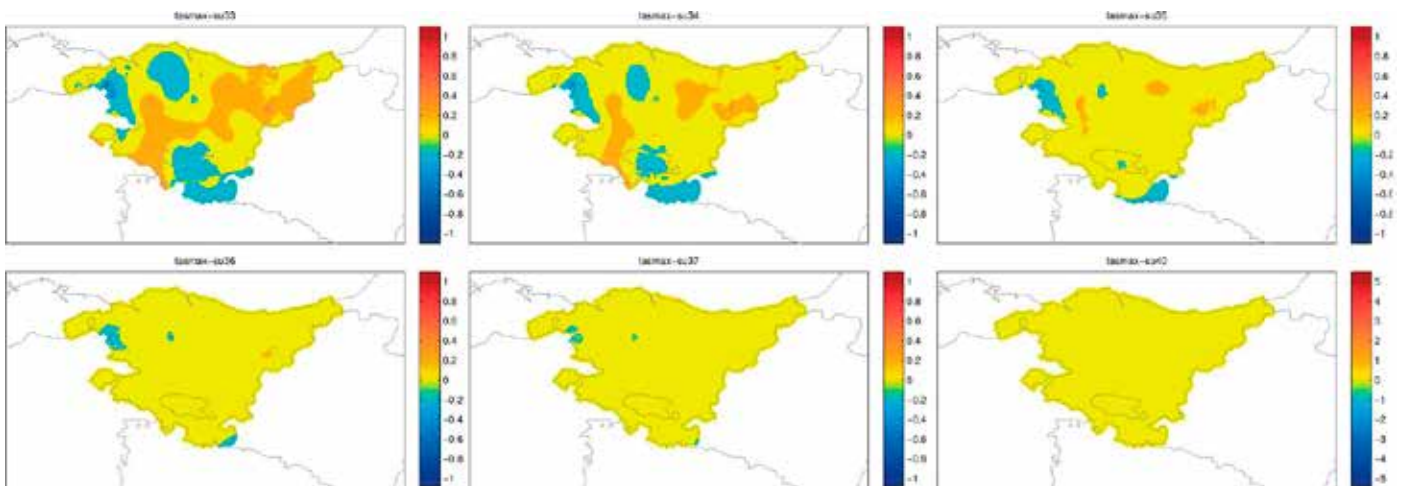
19. irudia. tg05a, tg10a, tg05b, tg10b eta GSL tarteko tenperaturaren adierazleetarako behatutako joerak, 1981-2010 erreferentziako aldirako.



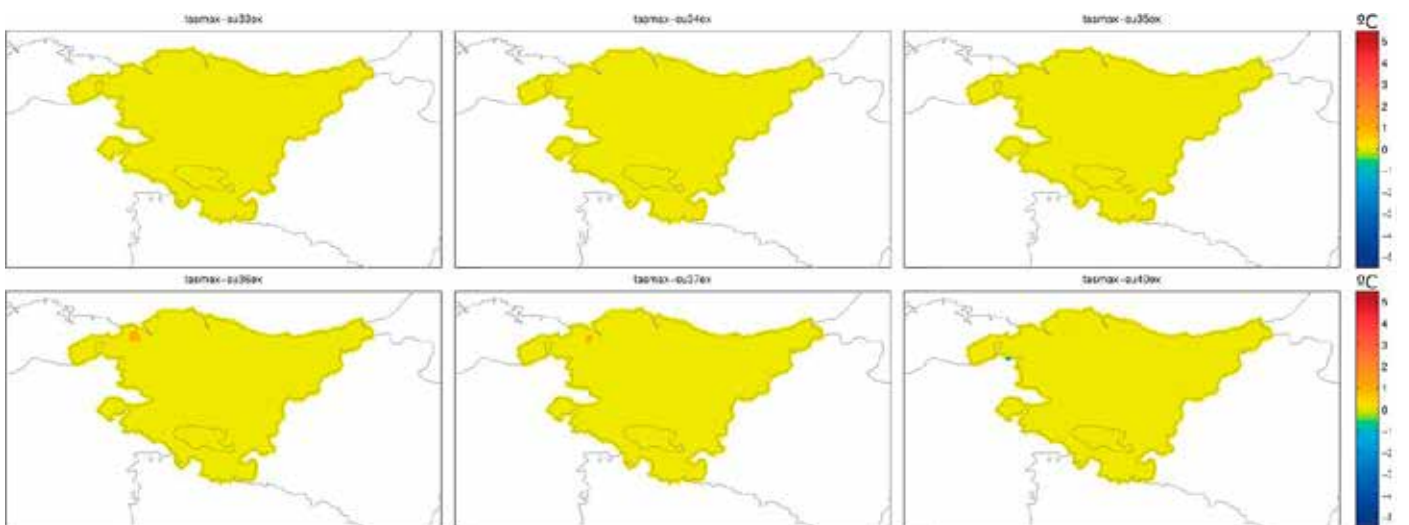
20. irudia. tn05p, tn10p, fd, tr eta tn tenperatura minimoen adierazleetarako behatutako joerak, 1981-2010 erreferentziako aldirako.



21. irudia. txn, tx, txx, wsdi, hwa eta tx90p temperatura maximoen adierazleentarako behatutako joerak, 1981-2010 erreferentziako aldirako.



22. irudia. su33, su34, su35, su36, su37 eta su40 temperatura maximoen adierazleentarako behatutako joerak, 1981-2010 erreferentziako aldirako.



23. irudia. su33ex, su34ex, su35ex, su36ex, su37ex eta su40ex temperatura maximoen adierazleentarako behatutako joerak, 1981-2010 erreferentziako aldirako.

21 irudian, bero-bolada gertaldien hazkundera EAEko hego-ertzean islatzen da bakarrik, baina hazkundera ez da hedatzen gertaldi horien luzeran edo maiztasunean.

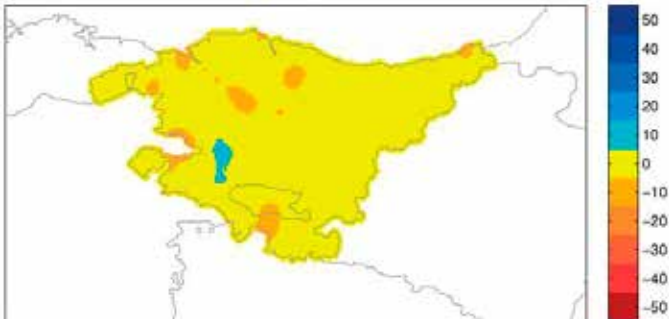
Proiektuaren esparruan ezarritako atalaseak gainditzen dituzten gertaldien maiztasunari dagokionez, gertaldi horien hazkundera apal bat baino ez da islatzen EAEko erdialdean, kasu bakan batzuetan (su33 eta su34), eta haien gutxitzea EAEko ipar eta hegoaldeko zenbait tokitan (22 irudia).

Azkenik, atalase jakin bat gainditzen duten temperatura maximoko gertaldien intentsitateari dagokionez, ez da joera garbirik ikusten EAE osoan (23 irudia).

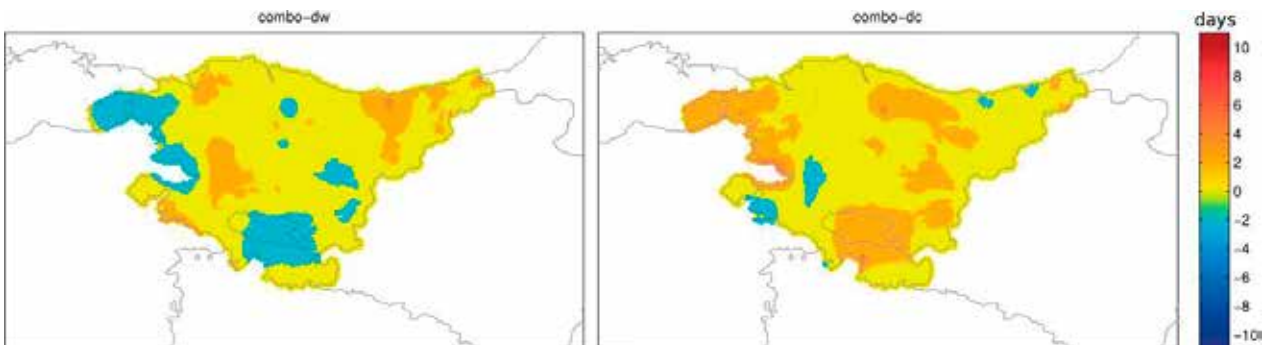
2.5.2.3. Ebapotranspirazioa

Gogoratu beharra dago ebapotranspirazioa temperaturetatik lortu zela, URA Uraren Euskal Agentziak proposaturiko formulazioak erabilita.

Temperaturarako eta prezipitaziorako ikusitako joerak ebapotranspiraziora ere zabaltzen dira, 24 irudiak erakutsi bezala, zeinean EAEko toki bakan batzuetan baino ez baita ikusten urteko ebapotranspirazioaren jaitsiera.



24. irudia. ET0rako (erreferentziako ebapotranspirazioa) behatutako joerak 1981-2010 erreferentziako aldirako.



25. irudia. dw eta dc adierazle konbinatueterako behatutako joerak, 1981-2010 erreferentziako aldirako.

2.5.2.4. Adierazle konbinatuak

Aldagai bat baino gehiago konbinatzen dituzten indizeei esker, aldagaiak banaka identifikatu ezingo lituzketen egoera edo gertaldian identifika daitezke. Hori dela eta, prezipitazioa eta tenperaturak konbinatzen dituzten adierazleak hartu ziren kontuan proiektuan. 25 irudiak EAEko egun lehorren emaitzak (d) eta bero/hotzenak (w/c) erakusten ditu. Ikusten denez, EAEko eremu gehiengan ez da joera esanguratsurik agertzen adierazle horietarako, edota joera kontrajarriak agertzen dira, eta hori bat dator gainerako aldagaietarako agertutakoarekin.

2.6.

Atlas klimatikoaren gaineko ondorioak

Hona hemen atal honetan ateratako ondorio nagusiak:

1. Behaketen datu-basea eguneratu egin da, AEMET, EUSKALMET eta URA erakundeek jasotako behaketaz baliatuz, EAEko prezipitazio eta tenperaturaren bereizmen handiko klimatologia lantzeko.
2. Behaketa-datuak erabiliz osaturiko proiektuaren bi bertsioak konparatu dira (AGERTOKIAK I, Klimatek 2016ko deialdia, eta AGERTOKIAK II, klimatek 2017ko deialdia), eta erreferentziako 1981-2010 aldirako korrespondentzia hobea antzeman da gaur egungo bertsioaren eta behaketen artean, aurreko bertsioarekin baino.
3. Prezipitaziorako eta temperaturarako ETCDDIk definitutako indizeen azpimultzo bat hartu da aintzat, klima-aldaketarako efektuaren adierazle gisa, intereseko aldagaien tarteko eta muturreko erregimenetan.

4. Aurreko puntuan oinarrituta, EAeko bereizmen handiko atlas klimatikoaren bertsio eguneratua landu da, aukera emango duena, AGERTOKIAK II proiektuaren esparruan, alborapenak zuzentzeko teknikak aplikatzeko, horrela prezipitazio eta tenperaturarako bereizmen handiko egunez eguneko proiektzio-serieak lortu ahal izateko, dokumentu honetako hurrengo ataletan azaltzen den moduan.
5. Proiektu honen bilakabidean sortu diren informazio eta datu guztiak prozesatu, eta AGERTOKIAK II proiektuaren esparruan ezarritako zerbitzarietan argitaratuko dira (adibidez, <http://www.geo.euskadi.eus> y <http://escenariosklima.ihobe.eus>).

Proiektuaren xedea klima-joerak xehe-xehe aztertzea ez bazen ere, ikusi da dagoeneko sumatzen direla EAE osorako joera esanguratsu batzuk, 1971-2016 aldirako. Dena den, joeren magnitudea, esanguratsua izanik ere, zeroaren inguruan dabilta; hau da, joera sotilak dira, oro har. Hona hemen joera horietako batzuk:

- Hazkundera: eguneko tenperatura maximoen batezbestekoak (TX), egun beroak (TX90p), tenperatura-atalase jakin batzuk gainditzen diren egunak (25 °C eta 35 °C, adibidez) eta bero-boladako egunak (WSDI).
- Hazkundera: eguneko tenperatura minimoak (TN), tenperatura minimo horien balio maximoak (TNx), gau beroak (TN90p) eta gau tropikalak (TR).
- Hazkundera: tarteko tenperaturak (TG) eta 10 °C-ko batezbestekoa gainditzen den egunak (TG10a).
- Hazkundera: egun bero-lehorrak (DW) eta egun bero-hezeak (WW).

- Murrizketa: egun hotz-lehorrak (DC), egun hotz-hezeak (WC), 0 °C muga igarotzen duten egunak (FTD) eta tenperaturaren eguneko heina (DTR).

Dena den, prezipitazioari loturiko adierazleek (PRCPTOT, RR1, R10, R20, RX1day, SDII eta abar) ez dute joera esanguratsurik erakusten 1971-2016 aldi historikoan EAE osorako.

1981-2000 aldian, oro har, ez da aurkitu EAEn, eskala globalean, joera esanguratsurik; eskualde eta adierazle batzuetarako baino ez da igarri joera homogeen bat. Zehazki, prezipitazio apaleko egunen hazkunderanzko joera txiki bat ikusten da, baina horrek ez dauka ondorio garbirik urteko guztizkoan, salbu eta EAeko kostaldean, non prezipitazioaren jaitsiera apal bat antzematen den analizatutako adierazle guztietan. Tenperaturei dagokienez, joera diferente samarrak dituzten bi eskualde bereizten dira, nahiz eta, oro har, EAE mailan joera garbirik ez den ikusten, prezipitazioaren kasuan bezala. Alde batetik, tenperatura minimoetan, hazkunderako joera txiki bat islatzen da tenperatura minimo altuen gertaldietan (tn90p) EAeko erdialdean eta mendebaldean, EAeko kostalderaino iristen dena. EAeko hego-erdian eta eki-erdian, aldiz, gertaldi hotzen hazkundera txiki bat islatzen da (tn10p eta fd). Tenperatura maximoetan, EAeko hego-ertzean baino ez da islatzen bero-bolada gertaldien hazkundera, baina hazkundera ez da hedatzen gertaldi horien luzeran edo maiztasunean.

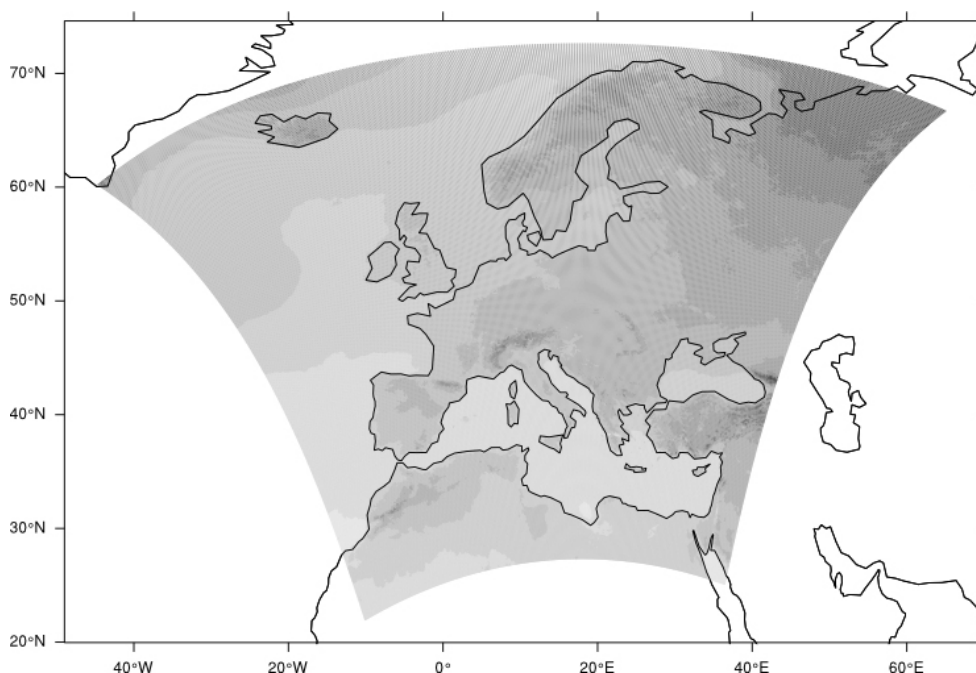
03

Klima-agertokien garapena, alborapena zuzentzeko teknikak erabilia

Aurreko atalean deskribatu den moduan, 1971-2016 aldiko EAeko prezipitazio eta tenperaturen oinarritzko klimatologia eskura dagoenez, 1 km-ko bereizmenarekin, aukera dago alborapenak zuzentzeko teknikak aplikatzeko Euro-CORDEX ekimenean garatutako simulazioetan, eta horrela EAerako kalibratutako klima-agertokiak lortzeko, bereizmen handikoak —bai espazioaren aldetik (1 km), bai denbora aldetik (egunez egun)—. Atal honetan, erabili diren datuak eta metodoak deskribatuko ditugu, bai eta XXI. mendeko

hiru aldietan —hasierakoa (2011-2040), erdikoa (2041-2070) eta azkena (2071-2100)— RCP8.5 agertokirako lortu diren emaitzak ere.

Europar, zenbait ikerketa-proiekturen bitartez sortu eta eguneratu dituzte klima-aldaketaren eskualdeetako proiektzioak: PRUDENCE (2001-2004; 50 km, *Christensen et al.*, 2007), ENSEMBLES (2004-2009; 25 km, *Déqué et al.*, 2012), eta gaur egun Euro-CORDEX (*Jacob et*



26. irudia. RCMen simulazio-eremua, Euro-CORDEXen esparruan.

al., 2014), zeina oinarritzen baita IPCCren azken AR5 txostenean, eta simulazioak eskaintzen baititu Europa 11 km-ko bereizmenaz estaltzen duen eremuan. Hala ere, eruedetan oinarritutako eskualdeetako proiektzioek —baita bereizmen handienaz egindakoak ere, hala nola Euro-CORDEX— alborapen sistematikoak dituzte —adibidez, batezbestekoan edo bariantzan— lurrazaleko behaketetako datuekin konparatzen direnean erreferentziako aldi historiko batean (ikusi, adibidez, *Casanueva et al.* 2015, Espainiarako Euro-CORDEX-etako datuen alborapenaren analisia). Alborapenok gertatzen dira diferentzia sistematikoak daudelako ereduaren eta errealtatearen artean (orografia dela, azpisareta-prozesuen parametrizazioa dela...). Beraz, klima-aldaketako eskualdeetako proiektzioak behar bezala kalibratu behar dira, iker-eremuko datu ordezkagarriak baliatuz ereduotako alborapen sistematikoak doitzeko; hartara, emaitzetako balioak inpaktu-azterlanetan erabili ahal izango dira. Teknika horiei “alborapenak zuzentzeko teknika” deritze (ikusi, adibidez, *Gutiérrez et al.* 2017).

Proiektu honetan erabiltzen diren zuzenketa-metodoek emaitzarik hoberenak eman dituzte, Europari buruz VALUE proiektuaren barruan eta 20 teknika ezberdin konparatuz egin berri den konparaziozko azterketa batean (ikusi *Gutiérrez et al.* 2017; <http://www.value-cost.eu>). En particular se utilizaran las familias de métodos: Zehazki, metodo molde enpirikoak eta parametrikoak erabiliko dira muturreko balioetarako. Metodo hauek erabilgarri dauden Euro-CORDEX proiektuko proiektuetan aplikatuko dira. Erreferentzia gisa, EAEko 1 km-ko klimatologia hartuko da, eta 2011-2100rako 1 km-ko bereizmeneko klima-aldaketako eskualdeetako proiektzioak egingo dira, lotutako ziurgabetasunarekin batera (Euro-CORDEX ensemblearen aldakortasunetik lortua).

3.1. CORDEX (Euro-CORDEX) ekimena

Eskualdekatze Esperimentu Koordinatuak (CORDEX, *Coordinated Regional Downscaling Experiment*) (*Giorgi et al.*, 2009; *Jones et al.*, 2011) helburua du mundu osoko eskualde-proiektzioak sortzea eta eskuragarri jartzea, bai eta eskualde mailako informazio klimatikoa darabilen komunitatearekin jakintza partekatzea. *World Climate Research Programme* (WRCP) programako proiektua da, zeinean adituen irizpidean oinarrituta eremu espezifikoak definitu baitira, eredu guztietarako maila geografiko bera eta mugatze baldintza berak erabiliz. Esperimentu gehienak 0.44°-ko mailarekin egin ziren; alta, esperimentu batzuetako bereizmen estandarra 0.11° da, hala nola

Europarako (Euro-CORDEX, 26 irudia, *Casanueva et al.*, 2015).

Hona hemen, laburbilduta, ekimen honek aurreko proiektuen aldean (PRUDENCE eta ENSEMBLES) dituen hobekuntza nagusiak):

1. Simulazio-eremu komun bat definitu da kontuan hartutako zona guztietarako (Afrika, Europa, Mediterraneo eta abar). Beraz, koordinaturiko sistema bera partekatzen dute eredu guztiek, bai eta haien definizioaren oinarrian dagoen maila ere.
2. Mundu osoaren estaldura hartu da aintzat eremuak definitzeko, agertoki globalak lortu ahal izateko.
3. Agertokiak eguneratzeko, gas-kontzentrazioan (RCP4.5 eta RCP8.5, batez ere) oinarrituriko hurbilpen diferente bat erabili da; hain zuzen, IPCCren AR5 txostenekoa.
4. Nahiz eta oraindik hutsune garrantzitsuak dauden GCM x RCM akoplamendu-matrizean, ENSEMBLES proiektuko arazoa partez konpondu denez, horrek aukera eman du GCM eta RCM bi osagai horien arteko bariantzaren banaketa sendoagoa egiteko).
5. Bi bereizmen definitu dira: bat, landugabeagoa, 0.44°-koa, orain arteko bereizmena hobetzen ez duena, eta beste bat, 0.11°-koa, aurreko agertokietako bereizmena handitzen duena eta RCMren bereizmen-hazkunderaren balio erantsia analizatzeko aukera ematen duena.

Ekimen honetan parte hartu duten eruedetako batzuk hasi dira beren emaitzak argitaratzen (ikusi *Casanueva et al.*, Espainiaren atariko ebaluaziorako). Beraz, Euro-CORDEX proiektuak, gaur egun, Europarako bereizmen handia (gutxi gorabehera, 11 km) duten eskualdeetako klima-proiektzioen belaunaldi berri bat eskaintzen du.

3.2. Klima-aldaketako eskualde-proiektzioak

3.2.1. Erabilitako datuak

Ikerketako eremuen etorkizuneko klima-proiektzioak eta estaldura geografikoak (mapak) lantzeko, Euro-CORDEX proiektuko RCMek sortutako tenperatura- eta prezipitazio-datuak erabili dira, 11°-ko bereizmenarekin (~12 km). Zehazki, proiektzioen atariko ebaluazioa egiteko, lan honetan kontuan hartu dira “historical” esperimentuak (historikoak) eta RCP4.5 eta RCP8.5 emisio-agertokiak,

| ID | Earth System Model (ESM) | Regional Climate Model (RCM) | Erakundea ⁴ |
|----|--------------------------|------------------------------|------------------------|
| 1 | CERFACS-CNRM-CM5_r1i1p1 | CCLM4-8-17_v1 | CLMcom |
| 2 | CERFACS-CNRM-CM5_r1i1p1 | RCA4_v1 | SMHI |
| 3 | MOHC-HadGEM2-ES_r1i1p1 | 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 | CCLM4-8-17_v1 | CLMcom |
| 7 | ICHEC-EC-EARTH_r12i1p1 | RCA4_v1 | SMHI |
| 8 | IPSL-CM5A-MR_r1i1p1 | RCA4_v1 | SMHI |
| 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 |

2. taula. Lan honetan kontuan hartu diren Euro-CORDEX ekimeneko GCM/RCM akoplamendu zenbaitekin lortutako eskualde-proiekzioak. Gorritz erakusten dira datuen formatuarekin arazoak izateagatik baztertu diren RCMak.

erabilgarri dauden 12 RCMetarako (1 taula). Alborapenak zuzentzeko lanean, RCP8.5 agertokia baino ez da aintzat hartuko. Hautaketa-prozesuan, 2 RCM baztertu ziren, besteek ez bezalako proiektio espaziala zutelako (gorritz markatu dira 1 taulan).

Bestaldetik, EAEko eskualdeko klimari buruzko behaketa-datu ordezkarriak AGERTOKIAK II esparruan garatu den 1 km-ko saretatik hartu dira (aurreko atalean deskribatu da sareta hori), zeinak 1971-2016 aldiko eguneko eguneko prezipitazio eta tenperaturari buruzko informazioa ematen baitu.

Hauk dira kontuan hartu diren aldi klimatikoak: 1971-2000, behatutako klimarako eta RCMek simulaturiko historikorako, eta 2041-2070 eta 2071-2100, RCP4.5 eta RCP8.5 emisio-agertokien araberrako RCMen proiektioei dagozkien etorkizuneko aldiatarako. Kasu batzuetan, hilez hileko balio klimatikoak kalkulatu dira, horrela klima-

aldaketaren ondorioak urtaroen eskalan ebaluatu ahal izateko. Beste kasu batzuetan, emaitzak urteko eskalak erakusten dira.

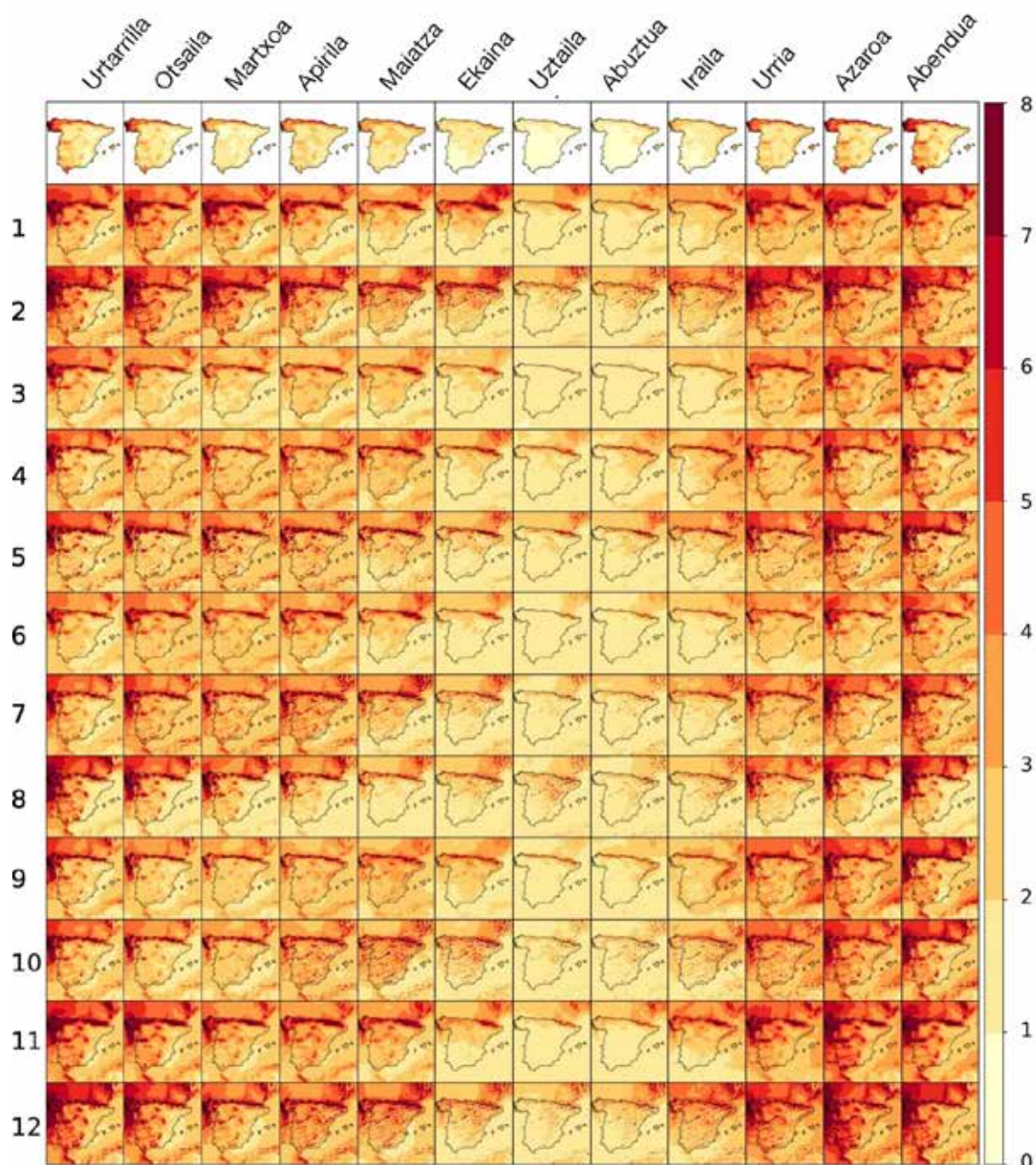
3.2.2. Ereduen ebaluazioa, Penintsulako eskalan

Simulatzen aldagairik zailena prezipitazioa denez, lehenik eta behin analizatu da Euro-CORDEX proiektuko ereduak duten ahalmena Espainiako prezipitazioaren batez bestekoa eta muturretakoak egokiro erreproduzitzeko, kontuan hartuta 1971-2000 kontrolerako aldia. Horretarako, batez besteko prezipitazioari eta muturrekoari buruz 2 taulan erakusten diren hilez hileko emaitzak analizatu dira (50 urtetarako errepikatze-balioa, hileko maximoak dituen GEV batetik eskuratuak), eta konparatu dira Spain02_v5 datu-sareta ematen dituen behaketa-

⁴ Erakundeei buruzko informazio gehiago, dokumentu honetan:
<http://www.euro-cordex.net/imperia/md/content/csc/cordex/20160204a-eurocordex-simulations.pdf>

datuekin (sareta horren bereizmena Euro-Cordex-eko datuena bera da, eta eredu hauek ebaluatzen sortu zen; Herrera eta beste batzuk 2016, <http://www.meteo.unican.es/datasets/spain02>). Análisi horren emaitzak 27 eta 28 irudietan erakusten dira, hurrenez hurren. Errepara bedi lehenengo lerroak behatutako balioari dagozkion hilez hileko klimatologiak erakusten dituela, baina gainerako lerroek eredu diferenteekin lortutako klimatologiak agertzen ditu (2 taularen zenbaketa arabera).

27 irudiak erakusten du, oro har, GCM/RCM konbinaketan emaitzak eta behatutakoak antzekoak direla, nahiz eta joera duten batez bestekoaren prezipitazioa eta muturrekoak gehiegi balioesteko, eredu hauek berezkoak dituzten alborapenen ondorioz (zeinak alborapenak zuzentzeko metodoen bidez kalibratzen baitira proiektu honetan). Alderdi azpimarragarria RCA4 eredu da (12 proiektzioetatik 5etan aplikatu da: 2 taulako 2, 7, 8, 10, 12), zeren prezipitazio irregularreko patroia bat sorrazten baitu (batik bat udako hiletan), behatutako prezipitazio-



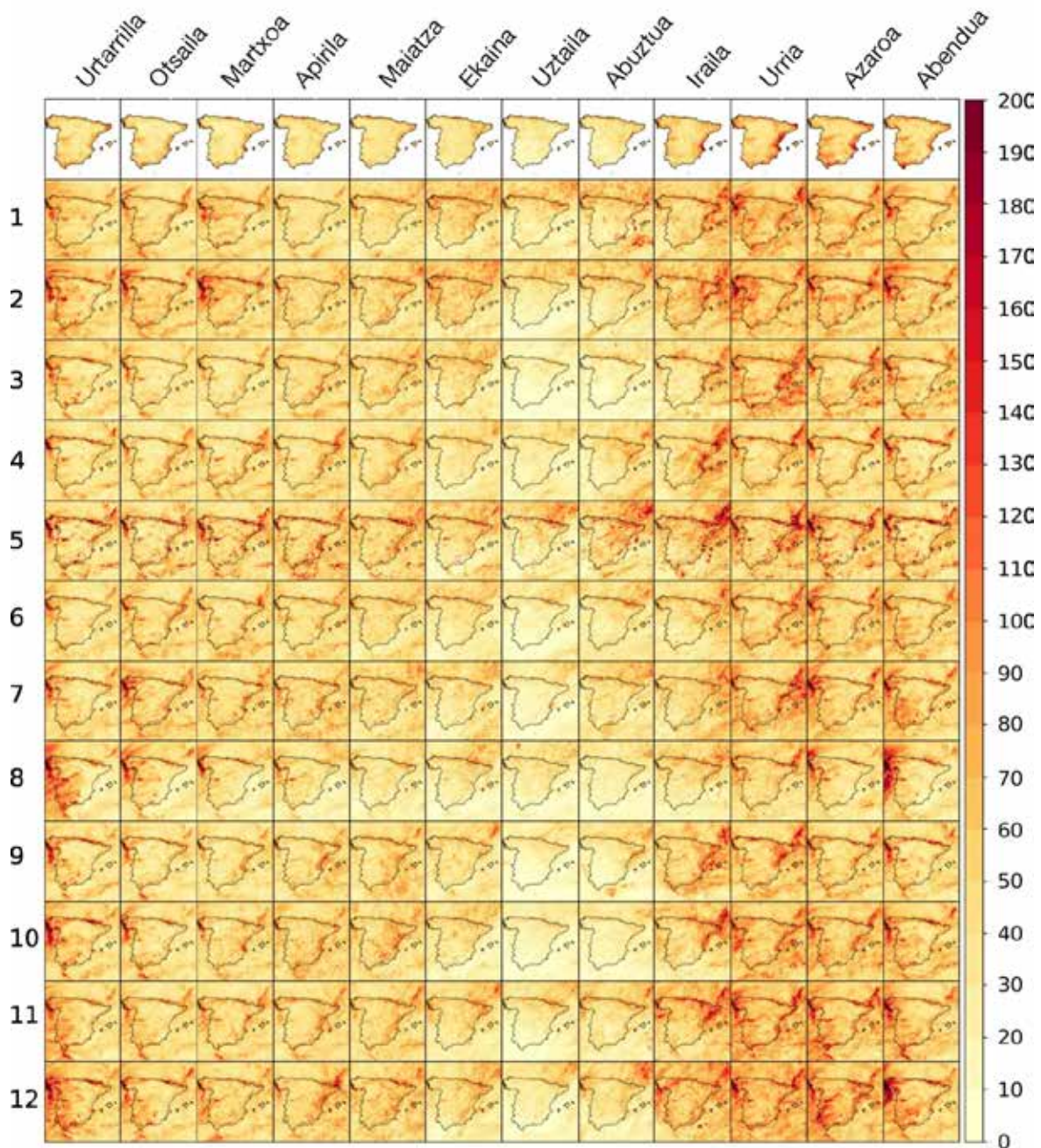
27. irudia. Batez besteko prezipitazioa (mm) 1981-2010 erreferentziako aldirako, prezipitazio-hein tipiko bat kontuan hartuta (0-8 mm). Lehen lerroa Spain02 v5-ek egindako behaketak dira; gainerakoak, 2 taulakoak.

patroia egoki islatzen ez duena (lehen lerroa). Dena den, hori gertatzen da ereduak darabiltzan parametrizazio espezifikoengatik, eta haren alborapen sistematikoaren parte da. Antzeko jokabidea ikusten da HIRHAM5 ereduari (2 taulako 5 zenbakian).

Beraz, printzipioz, eredu hauetako bat ere ez da baztertzekoa, itxura batean akatsak izanagatik ere.

3.2.3. Alborapenak zuzentzea: Koantilak doitzeko metodoak aplikatzea

RCMen irteerak ezin dira zuzenean erabili inpaktu-azterlanetarako, alborapen garrantzitsuak agertzen baitituzte behaketekin konparatzen direnean. Beraz, datuok benetako aplikazioetan erabili aurretik, nahitaezkoa da kalibratze-prozesu bat egitea. VALUE ekimenaren



28. irudia. 50 urtetarako prezipitazioaren errepikatze-balioa (mm), 1971-2000 erreferentzia-aldia kontuan hartuta. Lehen lerroa Spain02 v5-ek egindako behaketak dira; gainerakoak, 2 taulakoak.

esparruan egin berri den ikerketa batek (ikusi *Gutiérrez et al.* 2017; <http://www.value-cost.eu>) Europaren gaineko alborapenak zuzentzeko tekniken konparazio bat egin du, gaur egun arte proposatu izan diren metodologiak baliatuz. Osotara, 20 teknika baino gehiagoren abantailak eta mugak konparatu dira, hala delta metodoan oinarritutako teknika soilak nola koantil-doikuntzetan oinarritutako teknika sofistikatuagoak (*quantile-quantile mapping*).

Koantilak doitzeko teknikek zuzenean kalibratzen dituzte eredueta irteerak, ereduko banaketetako koantilak kalibratzearen bitartez, eta behaketetakoak, kontrolerako aldi baterako. VALUE ekimeneko konparazioan (ikusi *Gutiérrez et al.* 2017), agerian geratu zen bi hauek zirela teknika multzo handienak (baliozkotzearen aldetik): enpirikoak (koantil-kopuru arbitrario bat doitzen dutenak, pertzentilak, adibidez) eta parametrikokoak (koantilen doikuntzak balioesteko, banaketa teoriko bat darabiltenak).

Metodo horiek, oro har, ekuazio honen bidez defini daitezke:

$$\tilde{y} = CDF_{obs}^{-1}(CDF_{mod}(y))$$

Non “ \tilde{y} ” eta “ y ” dira, hurrenez hurren, ereduak zuzendutako eta proiektatutako balioak, eta “ CDF_{obs} ” y “ CDF_{mod} ” dira, hurrenez hurren, behaketetako eta ereduko banaketa-funtzio metatuak, enpiriko edo teorikoak.

Hori dela eta, proiektu honetan koantilak doitzeko bi teknika analizatu dira: bat enpirikoa (EQM, *Empirical Quantile Mapping*, *Wilke et al.*, 2013; *Gutiérrez et al.*, 2017), eta beste bat parametrikoa, muturretako balioetarako doikuntza espezifiko bat darabilena (GPQM, *Generalized Parametric Quantile Mapping*). Azken horrek banaketa gaussiar bat baliatzen du tenperaturarako (eta binomiala/gamma prezipitazioarako), eta muturretako balioen banaketa orokortu bat (GEV) banaketen ilarak doitzeko (informazio gehiago: *Gutjahr* eta *Heinemann et al.*, 2017).

Gainera, alborapenak zuzentzeko ereduak kalibratzeko prozesuan urtaroko leiho bat (30 egun) aplikatzearen efektua analizatzen dugu. Hau da VALUE proiektuan EQMs kodearekin erabilitako inplementazioa. Txosten honetan, EQM teknikararekin lortutako atariko emaitzak erakutsi nahi ditugu, arestian deskribatutako kalibratzeorako leihoa aplikatu gabe eskuratutakoak. Emaitza hauetako informazioak aukera ematen du alborapenak zuzentzeko metodologiak egokiro konfiguratzeke.

EQM zuzenketa-metodo enpirikoa oso zabaldua dago, eta haren funtsa banaketa-funtzio metatua kalibratzean datza (CDF, ingeleseko siglen arabera), banaketa “ideal” bati (behaturako bati) dagozkion koantilei diferentziak (banakako deltax eta batez bestekoak) erantsita. Metodo honen abantaila bat, kontuan hartu beharrekoa, zera da, edozer aldagairi aplikatu dakiogeeela (kasu honetan, prezipitazioari eta tenperaturari). Kasu zehatz honetan, 1etik 99rainoko pertzentilak doitu dira, eta muturretako koantilen zuzenketa estrapolatu da kalibratze-heinetik kanpo geratu diren balioetara.

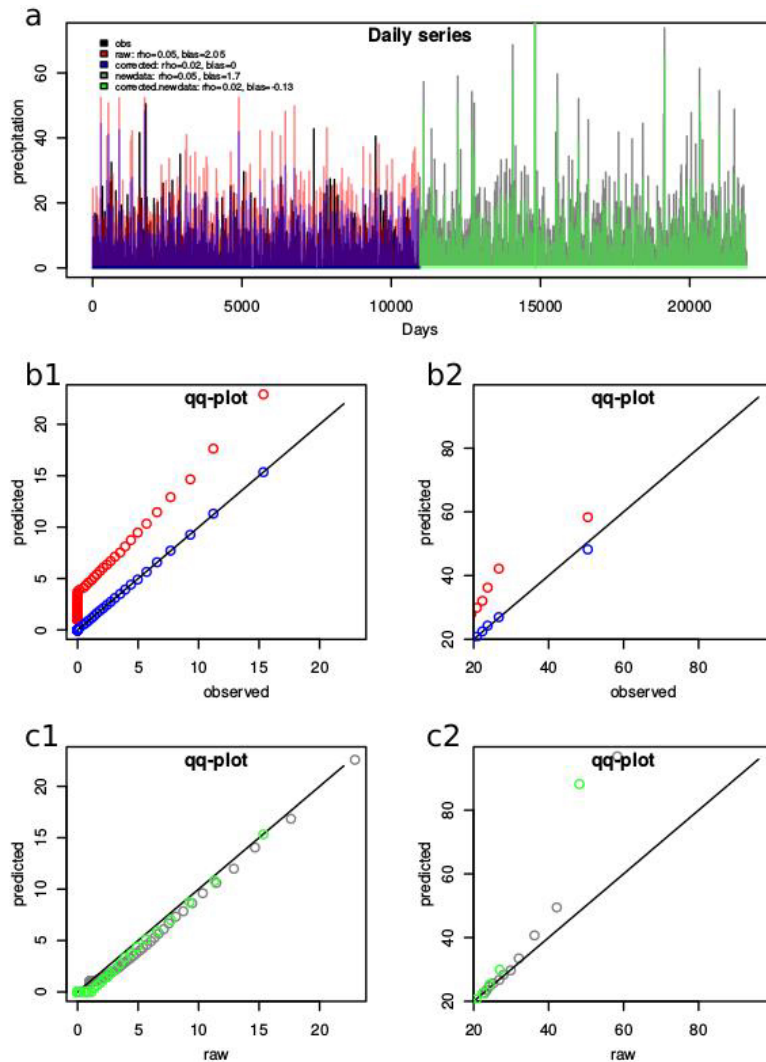
Prezipitazioaren kasuan, 0.1 mm-ko atalasea finkatu da: prezipitaziorik gabeko egunak (0.1 mm-tik beherako prezipitazioa duten egunak), prezipitazio-egunekin aurrez aurre. Honek aukera ematen du prezipitazio-maiztasunari dagokionez eredueta datuen eta behaketetako datuen arteko diferentzietatik sortzen diren arazoak ekiditeko (*Wilcke et al.*, 2013).

Beraz, aldagai bakoitzerako “Erabilera-gida” delakoan agertzen diren produktuak sortu dira, zeinetan 2 taulako eredu klimatikoetako egunez eguneko proiektuak jasotzen baitira (EAEko koordenatu multzo osorako), etorkizuneko 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100 aldietarako eta RCP8.5 agertokirako Euskal Autonomia Erkidegoko bereizmen handiko klimatologia-datuekin kalibratuta.

3.2.4. Zuzenketa-metodoaren ebaluazioa

Teknika bakoitza aplikatzeak ematen dituen datuak diagnostiko soil baten bitartez analizatzen dira: denbora-serieak eta koantilen diagramak erakusten dituen grafika sorta bat erabiltzen da, zeinean behaturako datuak eta irteera zuzena (gordinak) eta zuzendu ondokoa konparatzen baitira. Diagnostiko hori 19 kokalekutan erabili da laginketa geruzatu baten bidez; kokaleku bana aukeratu da, ausaz, EAEko latitude-zerrendetan (edo geruzetan).

29 irudiak erakusten du EQM bidez zuzendutako prezipitazioaren diagnostikoa EAEko geruza hegoaldekoeneko puntu erakusgarri baterako; zuzenketa arrakastatsua dela ikus daiteke (puntu urdinak diagonaletik hurbil b1 eta b2 grafikoetan).



29. irudia. EQM zuzenketa-teknikarako diagnostiko-grafikoak EAEko puntu erakusgarri batean: denbora serieak (a); koantil-diagramak (qq-plot) (b1 eta b2). Konparatzen dira behatutako datuak (beltzez), gordin historikoak (gorriz), gordin historiko zuzenduak (urdinez), gordinak (grisez) eta zuzenduak (berdez). b1 eta b2 diagramak aldi historikokoak dira, eta aurrez aurre jartzen dituzten behaketako koantiletako balioak eta historikoak (gorriz gordinak, eta urdinez zuzenduak).

3.3. Emaitzak

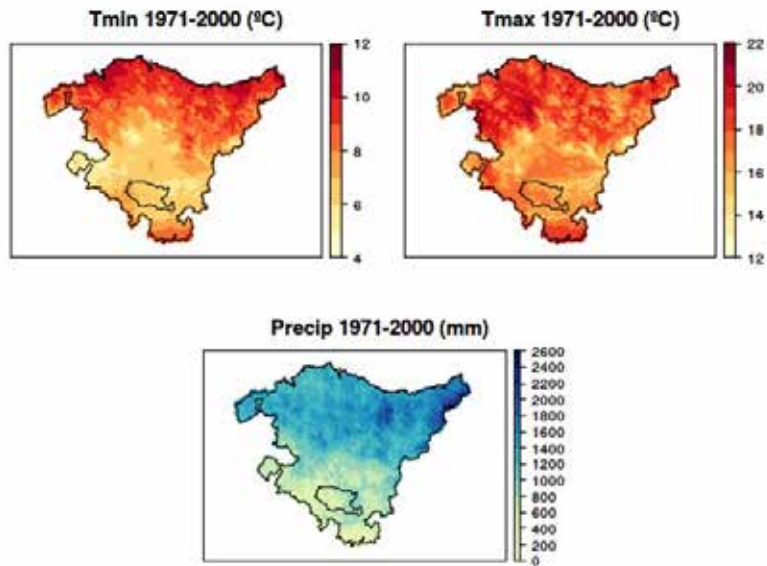
Atal honetan azterlan xehe bat egiten da, etorkizuneko aldietako prezipitazioa eta tenperatura kontuan hartuta: 2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100, RCP8.5 agertokirako.

3.3.1. Euro-CORDEXeko proiektioetako alborapenak

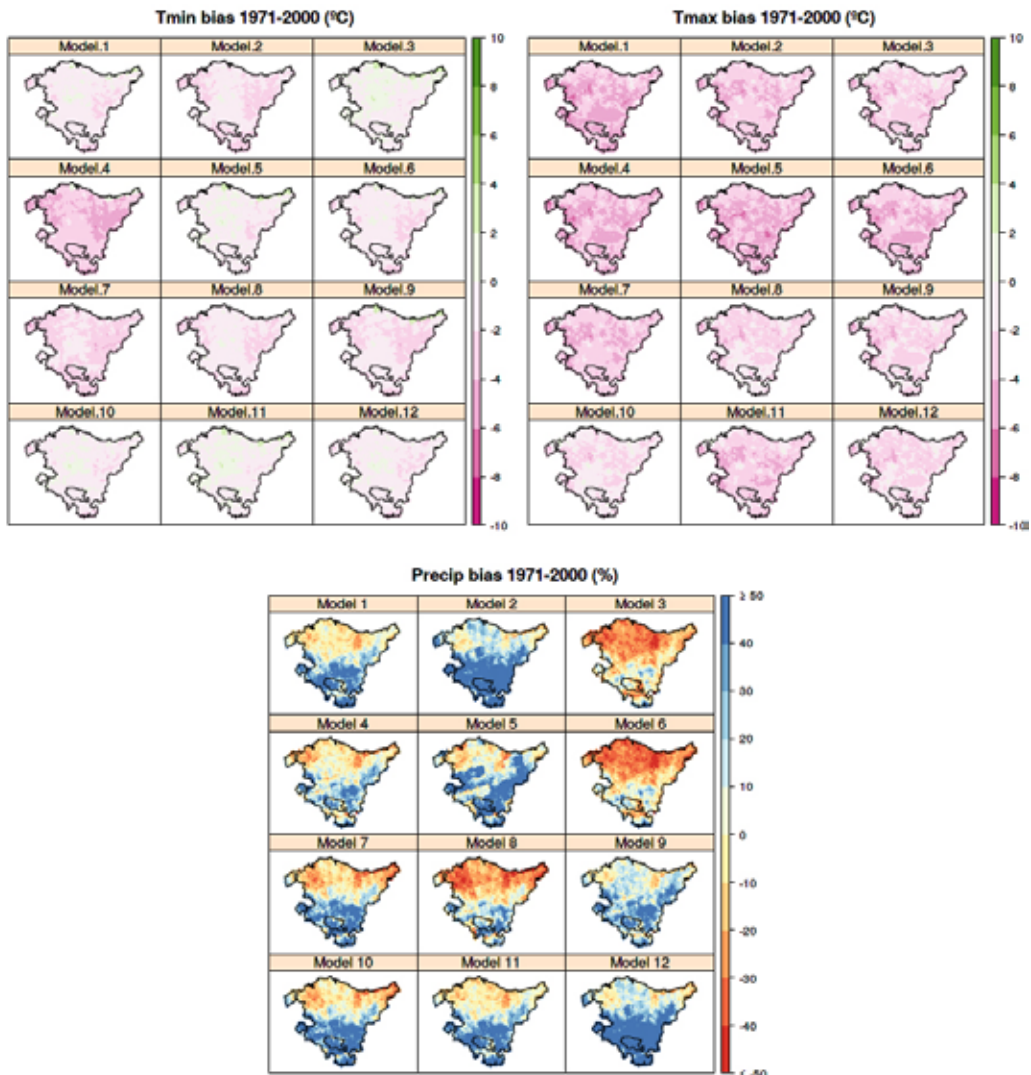
30 irudiak erreferentzia aldirako (1971-2000) klimatologia erakusten du, egunez eguneko behaketa-datu bidez

kalkulatua; 31 irudiak, behatutako klimatologiarekiko erreferentzia aldirako RCM bakoitzak duen alborapena. Oro har, eredu klimatiko guztietan ikusten da alborapen negatiboa tenperatura-aldagaiei dagokienez, hau da, CORDEXen bildutako RCMek gutxiegi balioesten dituzte bai tenperatura minimoa bai maximoa. Prezipitazioari dagokionez, alborapena desberdina da eredu batean eta bestean (adibidez, bigarren eta hirugarren ereduetan). Latitude-patroi garbi bat dago gehienetan: iparrean, prezipitazioa gutxiegi balioesten da, eta hegoan gehiegi balioesten da.

Estos resultados muestran la necesidad de corregir el sesgo de los modelos de Euro-CORDEX para que puedan ser utilizados en estudios de impactos.



30. irudia. Euskal Autonomia Erkidegoko urteko erreferentziako klimatologia (behatutakoa), 1971-2000 aldian.



31. irudia. SGCM/RCMen urteko alborapena, 1971-2000 aldirako 2 taulan zerrendatua.

3.3.2. Klima-aldaketako agertokiak (prezipitazioa)

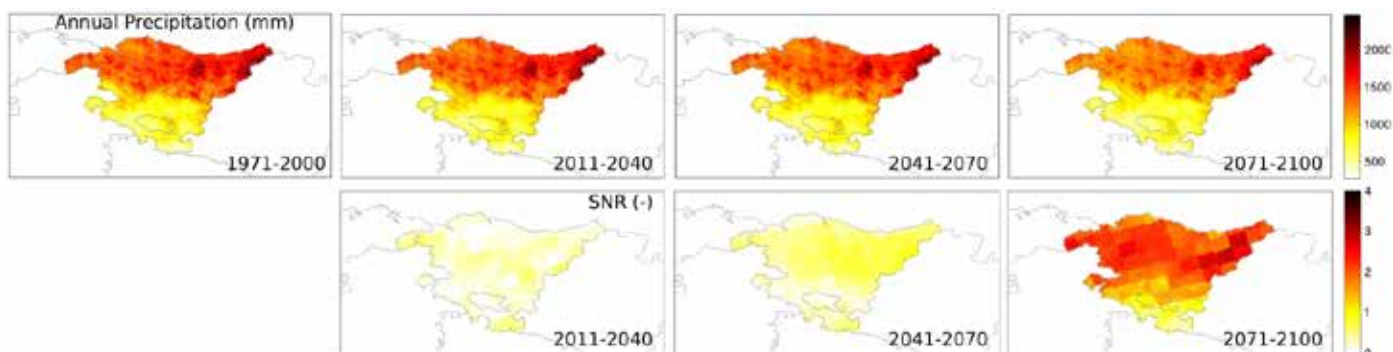
Jarraian, etorkizuneko hiru aldiatarako urteko prezipitazio guztiaren proiektzioak agertzen dira, bai eta "signal-to-noise ratio" (SNR) delakoa ere, proiektzio horietako ziurgabetasun-neurri gisa. Ziurgabetasun-neurria kalkulatzeko, zatidura egiten da eskualdeetako eredu zuzenduen ematen dituzten aldaketa-seinaleen batezbestekoaren eta desbiderapen estandarren artean. Neurri hori interpreta liteke ereduak ematen dituzten aldaketa-seinaleetako zeinuaren koherentzia gisa. Proiektzio multzoaren banaketa gaussiarra onarturik, honela interpreta daiteke SNRa, koherentziaren ikuspegitik (*Collins et al.* 2013):

- SNR < 0.5 → ereduaren % 70 baino gutxiago aldaketa-zeinu berarekin.
- SNR = 1.0 → ereduaren % 85 aldaketa-zeinu berarekin.
- SNR = 2.0 → ereduaren % 97.5 aldaketa-zeinu berarekin.

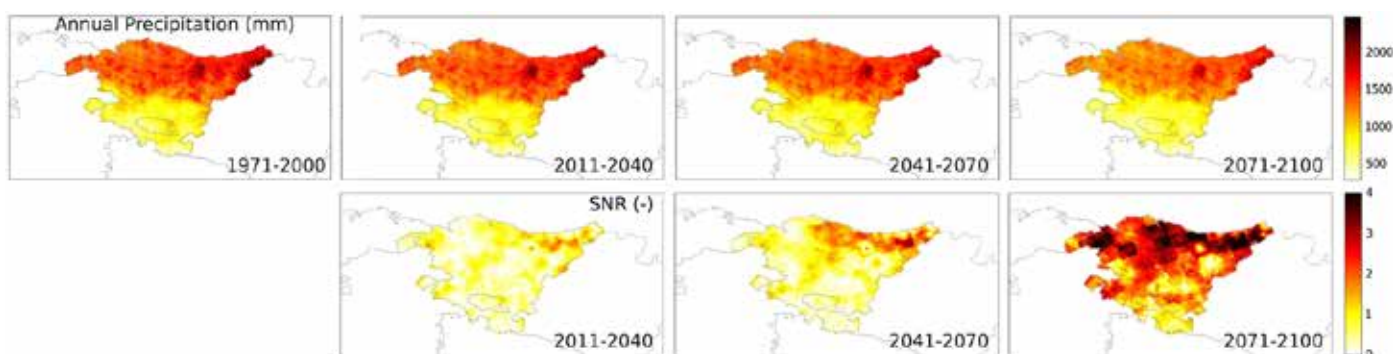
- SNR > 3.0 → ereduaren % 99.5 baino gehiago aldaketa-zeinu berarekin.

32 eta 33 irudiek erakusten dituzte EQM eta GPQM metodoekin, hurrenez hurren, zuzendutako eskualdeetako ereduak proiektaturiko etorkizuneko klimatologiak, bai eta SNRk emandako haien ziurgabetasuna ere. Kasu bietan, EAEko urteko prezipitazioaren jaitsiera progresiboa proiektatzen da, handiagoa EAEko iparraldean eta GPQM zuzenketaren kasuan. Aldaketa hori ziurra da mendean joanean; zuzendutako ereduaren % 97.5 gainditzen du, eta aldaketa negatibo bat proiektatzen du mendearren azken aldirako.

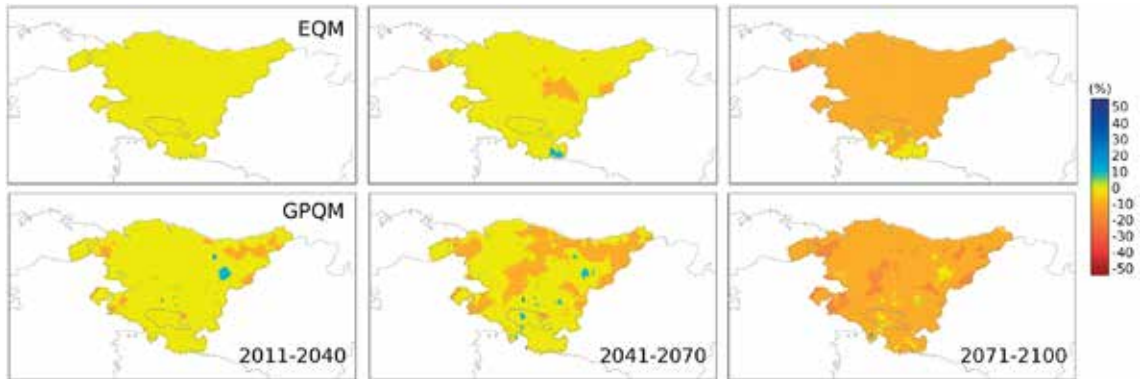
34 irudiak erakusten du bi zuzenketetarako ereduak proiektatutako batez besteko aldaketa, zeina erreferentziako aldiaren behatutako -% 10-en eta -% 20-ren artean baitago. Proiektaturiko aldaketa EAE osoan homogeneo samarra bada ere, SNRk erakusten du ipar-erdian ageri dela aldaketa honen zeinuarekiko koherentzia, hego-erdian ziurgabetasuna handiagoa baita.



32. irudia. EQM zuzenketak etorkizuneko hiru aldiatarako ematen duen urteko prezipitazio guztizkoaren proiektzioak (goian) eta seinalean *signal-to-noise ratio*a (behean).



33. irudia. GPQM zuzenketak etorkizuneko hiru aldiatarako ematen duen urteko prezipitazio guztizkoaren proiektzioak (goian) eta seinalean *signal-to-noise ratio*a (behean).



34. irudia. Etorkizuneko hiru aldiatarako urteko prezipitazioan proiektatutako aldaketa.

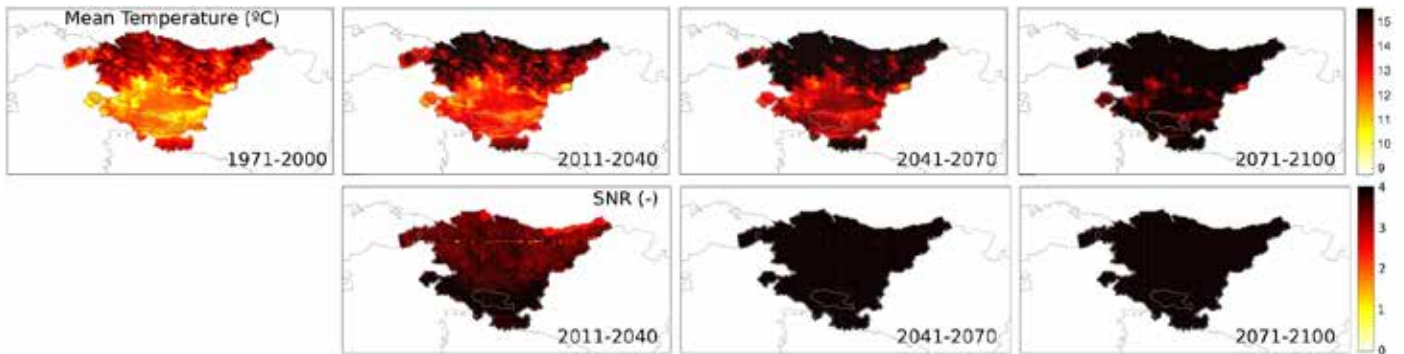
3.3.3. Klima-aldaketako agertokiak (batez besteko temperatura)

Batez besteko temperaturaren kasuan (35 irudia, 36 irudia eta 37 irudia), emaitzek EAE osorako batez besteko temperaturaren 4 °C-rainoko hazkundera aurreikusten dute mende bukaerarako, bi zuzenketa-metodoetarako eta aldi guztietarako (37 irudia).

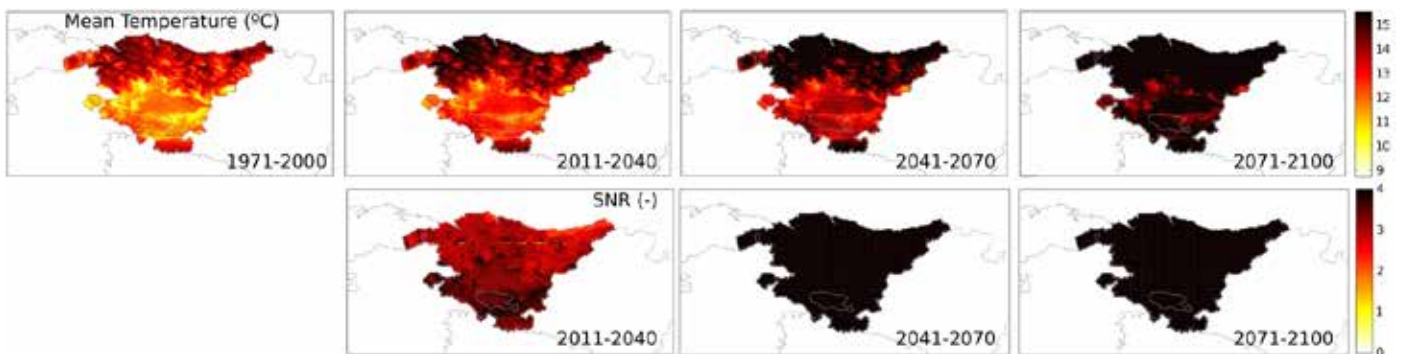
Prezipitazioarekin ez bezala, aldaketa-seinaleak koherentzia handia erakusten du ereduaren artean, bi zuzenketa-

metodoetarako eta lehenengo alditik hasita; "saturazioa" (> % 99.5) gertatzen da EAE osoan bigarren alditik aurrera, esan nahi baita eredu guztiek proiektatzen dutela EAEko batez besteko temperaturaren hazkundera garrantzitsu bat, alborapenak kalibratzeko erabilitako metodoa dena delakoa ere.

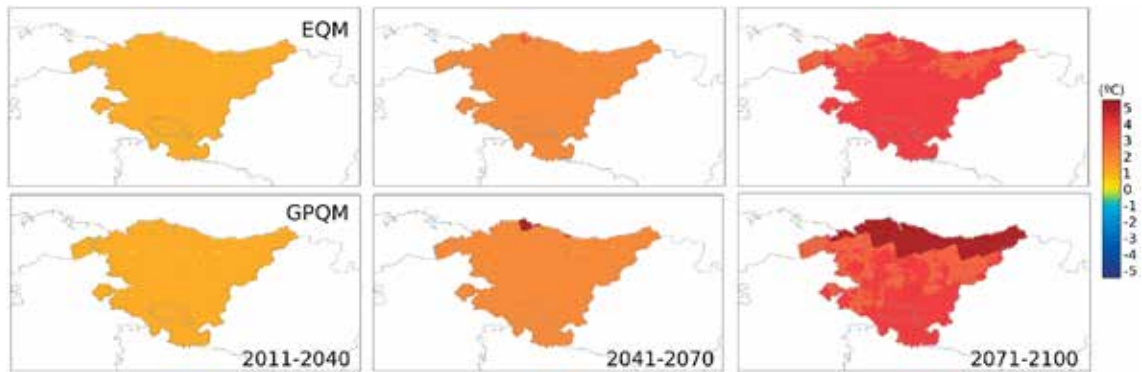
Hazkundera hori orokorra bada ere, badirudi leundu egiten dela kostaldean, azken aldira (2071-2100). Azpimarratu behar da GPQM metodoak "sufritu" egiten duela azken aldira, EAEko barrualdearen eta kostaldearen arteko seinalearen gradientea erreproduzitu nahi duenean.



35. irudia. EQM zuzenketa etorkizuneko hiru aldiatarako ematen duen urteko batez besteko temperaturaren guttizkoaren proiektzioak (goian) eta seinalearen SNR (behean).



36. irudia. GPQM zuzenketa etorkizuneko hiru aldiatarako ematen duen urteko batez besteko temperaturaren proiektzioak (goian) eta seinalearen SNR (behean).

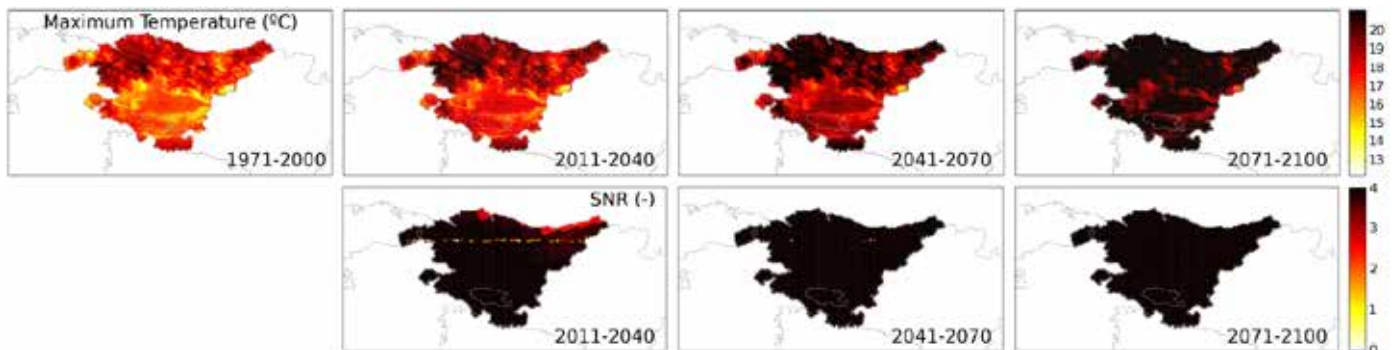


37. irudia. Etorkizuneko hiru aldiatarako urteko batez besteko tenperaturan proiektatutako aldaketa.

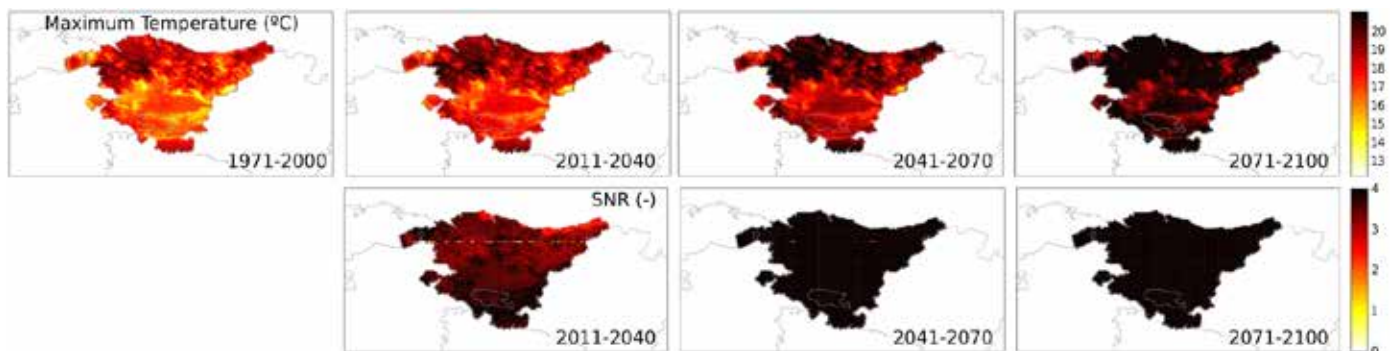
3.3.4. Klima-aldaketako agertokiak (tenperatura maximoa)

Urteko tenperatura maximoari dagokionez (38 irudia, 39 irudia eta 40 irudia), batez bestearen kasuan bezala, EAeko tenperatura maximoen gorakada aurreikusten da bigarren alditik aurrera (2041-2070) proiektzio guztietan.

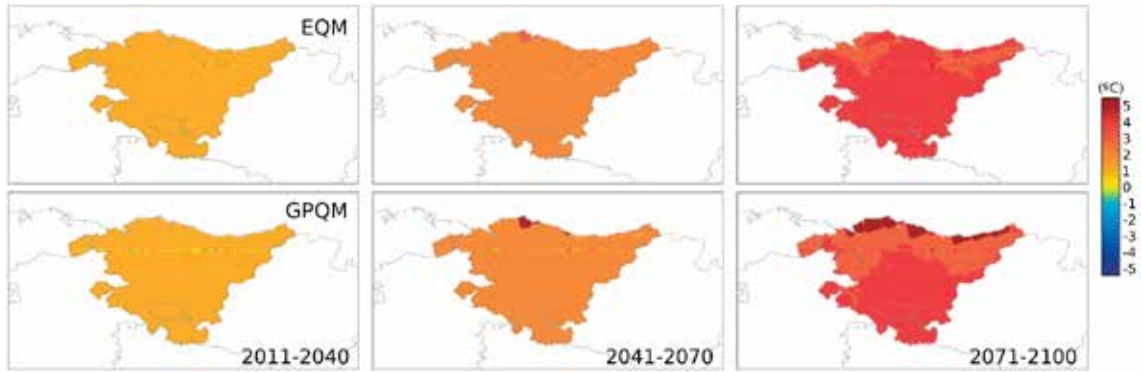
Mendearen bukaeran, tenperatura hazkunde hori 4 °C-rainokoa izango litzateke EAeko barrualdean, eta 3 °C eta 4 °C artekoa kostaldean, eta batez besteko tenperaturak duen patroi espazialaren antzekoa erakutsiko luke.



38. irudia. EQM zuzenketak etorkizuneko hiru aldiatarako ematen duen urteko batez besteko tenperatura maximoaren proiektzioak (goian) eta seinalearen SNR (behean).



39. irudia. GPQM zuzenketak etorkizuneko hiru aldiatarako ematen duen urteko batez besteko tenperatura maximoaren proiektzioak (goian) eta seinalearen SNR (behean).



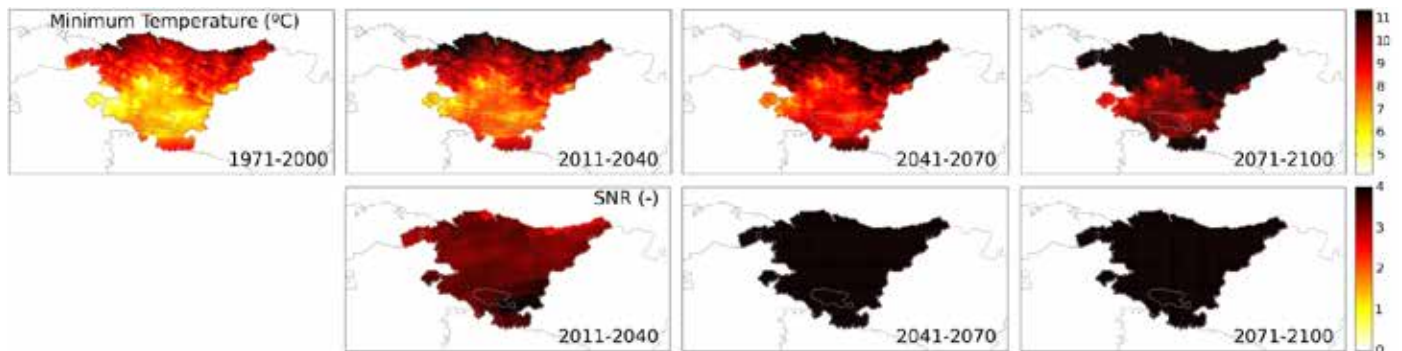
40. irudia. Etorkizuneko hiru aldietarako urteko batez besteko temperatura maximorako proiektatutako aldaketa.

3.3.5. Klima-aldaketako agertokiak (temperatura minimoa)

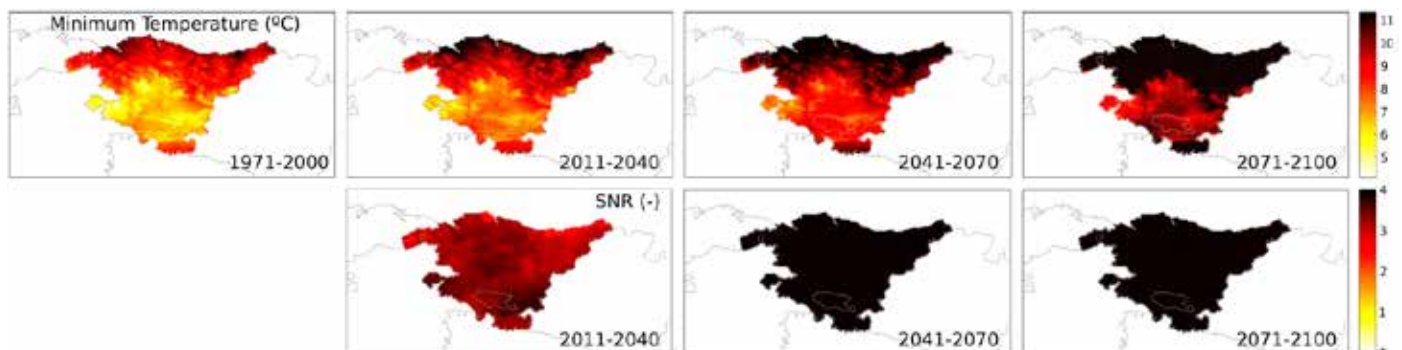
Azkenik, lehendabiziko bi aldietan urteko batez besteko temperatura minimoetarako proiektatutako aldaketek (41 irudia, 42 irudia eta 43 irudia) temperatura maximoaren eta batez bestekoaren patroia berak erakusten dituzte, EAE osorako hazkunde orokor batekin, nahiz eta hazkunde hori maximoarena eta batez bestekoarena baino

apalxeagoa izan. Hirugarren aldirako ere (2071-2100), proiektzioak temperatura minimoaren hazkunde orokorra proiektatzen du, baina magnitude txikiagokoa da eta eskualdetik eskualdera diferentzia batzuk ditu aldaketaren intentsitatearen aldetik.

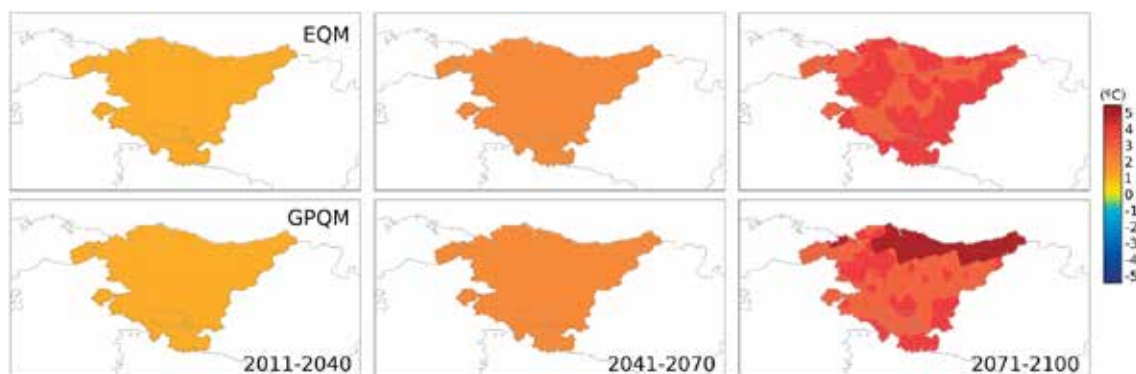
Ereduetako aldaketaren zeinuaren koherentzia dela eta, batez bestekoaren temperaturaren eta temperatura maximoaren bezala, % 98.5etik gorako balioak erregistratzen dira EAE osoan, lehenengo alditik hasita.



41. irudia. EQM zuzenketak etorkizuneko hiru aldietarako ematen duen urteko batez besteko temperatura minimoaren proiektzioak (goian) eta seinalearen SNR (behean).



42. irudia. GPQM zuzenketak etorkizuneko hiru aldietarako ematen duen urteko batez besteko temperatura minimoaren proiektzioak (goian) eta seinalearen SNR (behean).



43. irudia. Etorkizuneko hiru aldiatarako urteko batez besteko tenperatura minimorako proiektatutako aldaketa.

Tenperatura maximoetarako eta minimoetarako proiektatutako aldaketak bateratzearen ondorioz, azkenengo horretako hazkundera txikiagoa bada ere, EAEko batez besteko tenperaturaren hazkundera gertatzen da, eta handitu egiten da eguneko tenperatura maximoen eta minimoen arteko diferentziaren ehunekoa.

3.3.6. Klima-aldaketako agertokiak (adierazleak)

Proiektuaren esparruan, eta lhoberekin koordinaturik, adierazle multzo zehatz bat definitu zen, hainbat inpaktu dituzten sektoreetan aplikatzeko modukoak (esaterako, osasuna, hidrologia, nekazaritza eta abar); hartara, euskarri-lana egin dezakete EAEko klima-aldaketaren ebaluazio, murrizketa, egokitzapen eta inpaktu proiektuei begira. Atal honetan, proiektuaren esparruan definitutako indize batzuen proiektzioak analizatzen dira (3 taula).

Prezipitazio-adierazleak direla eta, prezipitaziorik gabeko egunen maiztasun handiagoa eta lehorte-bolada luzeagoak erakusten dituzte eskualde-ereduek, alborapenak

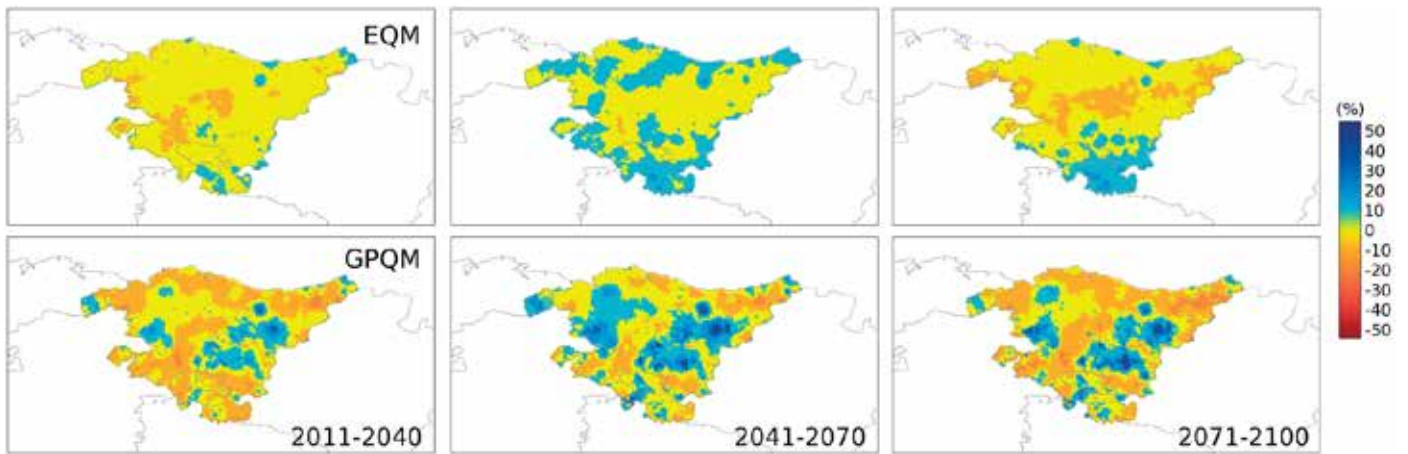
zuzentzeko erabilitako metodoa dena delakoa ere (44 irudia, 45 irudia eta 46 irudia).

Ziurgabetasun handiena 5 egunetan metatutako prezipitazio maximoan ikusten da (RX5DAY), zeinean hazkundera edo gutxitzea duten eskualdeak baitaude, zein zuzenketa-metodoa erabili den (44 irudia). Ziurgabetasun hori lotuta dago aldaketa-zeinua dela-eta ereduak haien artean erakusten duten koherentzia urriagoari; halako eran non adierazle honetarako ez baita emaitza garbirik ateratzen.

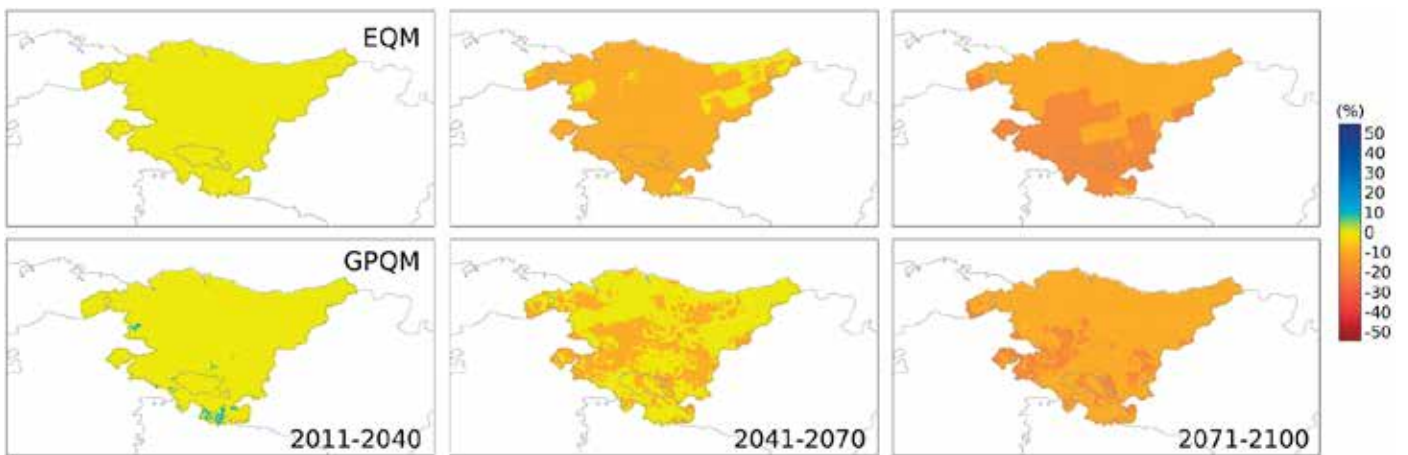
Tenperatura-adierazleak direla eta, interesa zetzan urteko bero-boladen maiztasunean (HWF) (47 irudia); bero-boladatzat hartuta tenperatura-atalase jakin bat (35 °C, adibidez, edo erreferentzia-aldi baten 95 pertzentila) gairiditzen duten 4 egun jarraietatik gorako sekuentziak. Tenperatura-proiektzioetan bezala, bero-boladen maiztasuna arian-arian goraka doa mendean zehar, eta konkordantzia handia ikusten da goranzko joera honetako eruedetan eta alborapenak zuzentzeko metodoetan.

| Akronimoa | Deskribapena | Unitateak |
|----------------------|---|-----------|
| Prezipitazioa | | |
| RX1day | 5 egunetan metatutako prezipitazioaren gehienekoa | mm |
| RR1 | Pr ≥ 1mm den euri-egunak | egunak |
| CDD | Pr < 1mm den egunen aldia | egunak |
| Tenperatura | | |
| HWF | Urteko bero-boladen kopurua | 1 |

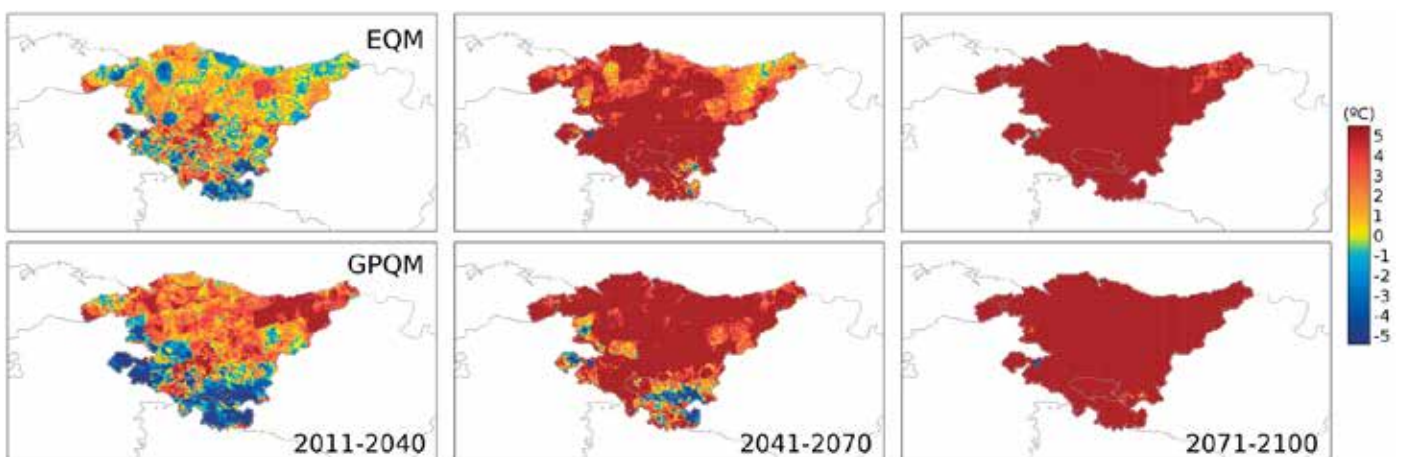
3. taula. Adierazle sektorialak.



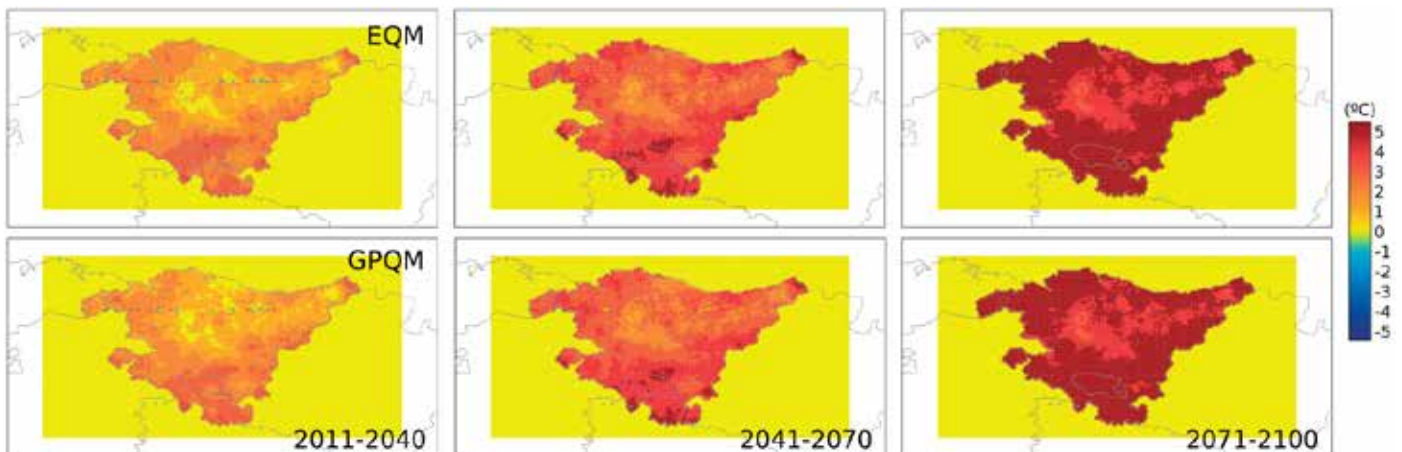
44. irudia. Etorkizuneko hiru aldietarako RX5DAY adierazlerako proiektatutako aldaketa.



45. irudia. Etorkizuneko hiru aldietarako RR1 adierazlerako proiektatutako aldaketa.



46. irudia. Etorkizuneko hiru aldietarako CDD adierazlerako proiektatutako aldaketa.



47. irudia. Etorbizuneko hiru aldiatarako HWF adierazlerako proiektatutako aldaketa.

3.4. Ondorioak

Atal honetan aurkezten den metodologiak proposamen bat eskaini nahi du alborapenak zuzentzen dituzten EAEko klima-aldaketako eskualde-proiektzioak lortzeko, klima-aldaketaren ondorioak ebaluatzeko azterlanak egiteko baliagarriak izan daitezkeenak. Langintza horren ondorioz ateratzen diren emaitzetako datuak etorkizuneko aldi baterako (2011-2100) behatutako egunez egunez prezipitazio eta tenperatura serieak izango dira, zeinak klimaren eskualde-simulazioen bitartez eskuratuko baitira, behar bezala kalibratuak behaketa historikoetan oinarrituz (EAEko 1 km-ko sarea), ereduaren alborapenak sorturiko arazoak ekiditeko. Kalibrazio-prozesua egiteko, aldi historiko batean (1971-2000) ereduak egunez egun simulatutako balioen banaketa estatistikoki doitzen da dagokion behatutako banaketarekin (EAEko 1 km-ko sarea). Gerora, kalibrazio hori etorkizuneko agertoki datuei aplikatzen zaie. Horretara, erreferentzia bera erabiltzen da eredu guztiak kalibratzeko, eta etorkizuneko aldaketak zuzenean lor daitezke kalibratutako proiektzioaren eta behaketaren arteko diferentziari erreparatuta.

Azterlan honetarako erabilitako datuak Euro-CORDEX proiektuak Europarako emandako azken belaunaldiko eskualde-proiektzioetatik atera dira. 12 simulazio alternatibo eskaintzen dituzte, klimari buruzko 5 eredu globalen eta 4 eskualde-ereduren konbinazioetatik eratorri direnak, sarea bera erabiliz (0.11°-ko bereizmen horizontala, 11 km-koa, hor nonbait), agertoki baterako (lan honetan, RCP8.5). Emaitzak, osotara, modelizazio globalaren eta eskualde-modelizazioaren prozesuaren ondorioz sortzen den ziurgabetasuna irudikatzen du (ohar bedi agertoki bakarria hartzen dela aintzat).

Proiektzioak kalibratzeko, kontuan hartu dira EAEn 1 km-ko saretan — 3.2 atalean azaldutakoaren arabera garatua— interpolatutako behaketetako datuak. Behaketa-datu hauek hautatzeko bi arrazoi daude: lehenbizi, EAEn erabilgarri dauden behatokitako datu puntualak espazioan interpolatuz lortu dira datuok, joera faltsuak txertatu ditzaketen serie laburrak ezabatuz eta, horrela, produktu homogeen bat eskainiz; bestaldetik, alborapenak zuzentzeko metodoek arazoak dituzte proiektzioa kalibratzeko datu puntualak erabiltzen direnean (proiektzioak eremu-ehunekoen erakusgarri baitira). Horrenbestez, nahiz eta aplikazio batzuetarako egokiagoa izan behaketa puntualak erabiltzea, estatistika-artefaktuak sor litezke klima-proiektzioak datu horiekin kalibratzen direnean, eta, beraz, ez dira komenigarriak. Alegia, erabilitako metodologiak eta datuak konpromiso bat ziurtatzen dute jardunbide egokien eta emaitzen erabilgarritasunaren eta ordezkagarritasunaren artean, eta haien arteko orekari eustea bilatzen dute.

Emaitzek erakusten dute alborapenak zuzentzeko metodoek, oro har, egoki begiratzen dutela ereduak ematen duten klima-aldaketaren seinalea. Metodoek eredu, aldagai eta aldi guztiei aplikatzearen ondorioz, egunez egun proiektatutako datuak sortu dira, zeinak erabiltzaileen eskura jarri ahal izango baitira, beste inpaktu-analisi batzuetan baliatu ahal izateko.

Behin alborapenak zuzentzeko teknikak aplikatuz gero ereduak emandako proiektzioei, XXI. mende osorako bereizmen handia —bai denboran (egunez egunekoa), bai espazioan (1 km)— duten proiektzioak lortu dira, RCP8.5 agertokirako kalibratuak. Proiektzio horietatik abiatuta, intereseko adierazle zenbait hartu dira kontuan, bai proiektu honetarako, bai beste ekimen batzuetarako, eta haien bilakabidea aztertu da erreferentziako hiru alditan (2011-2040, 2041-2070 eta 2071-2100).

Proiekzioek, oro har, 1971-2016 aldian ja partez antzematen ziren joerak erakusten dituzte, modua nabarmenagoan bada ere. Hala, espero izatekoa litzateke tenperatura altuei loturiko adierazleak (esaterako HWF) eta/edo lehorteei loturikoak (esaterako, RR1 eta CDD) nabarmen haztea; ziurgabetasuna handiagoa da, ordea, prezipitazioen uholdeetarako joerari loturiko adierazleen bilakaerari dagokionez (esaterako, RX5DAY). Tenperaturen hazkundera orokorra bada ere, igoera handiagoa da tenperatura maximoetan minimoetan baino, eta horrek

batez bestekoaren tenperaturen heinen hazkundera dakar XXI. mendeak aurrera doan neurrian.

Bai egunez eguneko proiekzioak baita adierazleak ere edonoren eskura jarriko dira zenbait atariren bitartez. Aukera izango da txosten honetako emaitzak erreproduzitzeko eta analisisia zabaltzeko oraingoan aztertu ez diren beste eremu batzuetan beste adierazle baliagarri batzuetara.

04

Ondorio globalak

AGERTOKIAK II proiektuaren esparruan (*“Klima-aldaketaren bereizmen handiko eskualde-agertokiak Euskal Autonomia Erkidegorako. II. fasea: egunez eguneko datuak, alborapenak zuzentzeko metodologiak erabiliz”*), I. fasean (AGERTOKIAK I) sortutako agertokien aldean inpaktu-komunitatek islatutako gabeziei ekin zaie. Zehazki, bereizmen handia — bai denboran (egunez egunekoa), bai espazioan (1 km)— duten agertokiak lortzea proposatu zen etorkizuneko RCP8.5 agertokirako, Euro-CORDEX ekimenean garatutako simulazioak kontuan hartuta.

Bigarren fase hau (AGERTOKIAK II) amaituta, alborapenak zuzentzeko zenbait metodo erabili dira kalibrazioa egiteko, zeinek erakusten baitute ziurgabetasun-iturri honi loturiko barreiaketa, RCP8.5 agertokirako Euro-CORDEXen garatutako proiektzioak, erreferentzia gisa erabilita EAEko bereizmen handiko atlas klimatikoaren eguneraketa (AGERTOKIAK II fasearen esparruan burutu baita). Honela, egunez eguneko proiektzio kalibratuak lortu dira eskualde-eredu bakoitzerako eta alborapenak zuzentzeko metodo bakoitzerako. Proiektziook aukera ematen dute adierazle sektorial kopuru handi bat balioesteko, eremu diferenteetan EAEko klima-aldaketaren inpaktua analizatzeari begira.

Egunez eguneko proiektzioak eta definitutako adierazleak balioetsi, euskarri ezberdinetan biltegitatu, eta komunitatearen eskura jarriko dira, inpaktu-azterlanetan erabil daitezten. Zehazki, bi agregazio estandar hartu dira kontuan EAerako, udalerrak eta arro hidrografikoak, eta

haiei begira CSV formatuko datuak sortu dira, erabiltzaileen artean hedatuenak horiek baitira. Halaber, ESRI-ASCII formatuko etorkizuneko adierazle eta aldiatarako proiektzioak sortu dira, formatu hori erabilgarria baita SIG Informazio Geografikoko Sistemaren edozein ingurunetatik. Erabiltzaile adituei begira, datuak NetCDF formatuan biltegitatu dira, hori baita klima-komunitateko formatu estandarra eta, gainera, biltegitatze optimoa eta datu banatuen interpretaziorako informazio esanguratsuen bilketa bermatzen baititu.

Aurreko puntuen ondorioz, *“Klima-aldaketaren bereizmen handiko eskualde-agertokiak Euskal Autonomia Erkidegorako”* proiektuko II. fase honetan ebatzi dira, alde batetik, inpaktu-komunitateak I. fasean (AGERTOKIAK I) identifikatutako beharrak, eta, bestetik, oinarri metodologikoak eta klimatikoak ezartzen dira EAEko klima-aldaketaren ebaluazio, murrizketa eta egokitzapen proiektuak garatzeko.

Erreferentziak

- 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.
- 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., Kotlarski, S., Herrera, S., Fernandez, J., Gutierrez, 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 EUROCORDEX RCM ensemble: added value of raw and bias-corrected high-resolution simulations*. Climate Dynamics, 47 (3), 719-737.
- Christensen, J. H., T. R. Carter, M. Rummukainen, and G. Amanatidis (2007). *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 (2007). *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: Termopluiometría*. Gobierno de Cantabria-Consejería de Medio Ambiente y Universidad de Cantabria, Santander, Spain, URL <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, Hofstra N, Klein-Tank A, Klok EJ, Jones P y 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, Universidad de Cantabria, Cantabria, España. <http://www.meteo.unican.es/tesis/herrera>.
- Herrera S., Gutiérrez J.M., Ancell R., Pons M.R., Frías M.D. y Fernández, J. (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., Fernández, J. y Gutiérrez J.M. (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 Mitchell, J.F.B. (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 von Storch, H. (2010): *Decreased frequency of North Atlantic polar lows associated with future climate warming*. Nature, 467, 309–312.

Eranskina

Klima-adierazleen deskribapena

Jarraian, “Kima-aldaketaren bereizmen handiko agertokiak egitea Euskal Autonomia Erkidegorako” proiektuaren esparruan kalkulatu diren adierazleen azaleko deskribapena eskaintzen dugu (Klimatek 2016 deialdiko AGERTOKIAK akronimoa duen proiektua).

Kalkulatutako adierazle horietako asko bat datoz ETCCDI (*Expert Team on Climate Change Detection and Indices*) taldearen definizioekin; haien deskribapen xehea webgune honetan aurki daiteke: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>. Dena dela, indizeetako batzuk EAEko ikerketa-tald berariaz eskatuta kalkulatu dira.

A. Oinarrizko zenbait aldagai konbinatzen dituzten adierazleak (“COMBO”)

CD

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

Bi baldintza hauek batera betetzen diren egunen kopurua:
— Eguneko batez besteko tenperatura (TG) < eguneko batez besteko tenperaturaren 25 pertzentila, eta

— Eguneko prezipitazio kopurua (RR) < eguneko kopuruen 25 pertzentila.

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

CW

Deskribapena: egun hotz eta hezeen kopurua (TG < 25 pertzentila eta RR > 75 pertzentila) (egunak).

Bi baldintza hauek batera betetzen diren egunen kopurua:

— Eguneko batez besteko tenperatura (TG) < TGen 25 pertzentila, eta

— Eguneko prezipitazioa (RR) > RRen 75 pertzentila.

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

DTR

Deskribapena: eguneko tenperaturaren heina (°C).

Aldi jakin batean (j), eguneko tenperatura maximoaren (TX_j) eta eguneko tenperatura minimoaren (TN_j) arteko batez besteko balioa da.

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

ETR

Deskribapena: aldi barruko muturreko tenperaturaren heina (°C).

Baldin TX_j eta TN_j badira eguneko tenperatura maximoa eta minimoa j aldiko i egunean, orduan, hauxe da j aldiko muturreko tenperaturaren heina:

$$ETR_j = \max(TX_{ij}) - \min(TN_{ij})$$

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

FRD

Deskribapena: euria eta izotza dagoen egunen kopurua (TX < 0 °C eta RR > 0.5 mm).

Bi baldintza hauek batera betetzen diren egunen kopurua:

- Eguneko tenperatura maximoa (TX) < 0°C, eta
- Eguneko prezipitazio kopurua (RR) > 0.5 mm.

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

FTD

Deskribapena: : 0 °C-ko muga igarotzen duten egunen kopurua (TN < 0 °C eta TX > 0 °C) (egunak).

Egunean zehar 0 °C-ko atalasea zeharkatzen den egunak dira; bi norabidetan izan liteke:

- Eguneko tenperatura minimoa (TN) 0°C-tik behera izatea, eta
- Eguneko tenperatura maximoa (TX) 0°C-tik gora izatea.

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

WD

Deskribapena: egun bero/lehorren kopurua.

Bi baldintza hauek batera betetzen diren egunen kopurua:

- Eguneko batez besteko tenperatura (TG) > eguneko batez besteko tenperaturaren 75 pertzentila, eta
- Eguneko prezipitazio kopurua (RR) < eguneko kopuruen 25 pertzentila.

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

WW

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

Bi baldintza hauek batera betetzen diren egunen kopurua:

- Eguneko batez besteko tenperatura (TG) > TGen 75 pertzentila, eta
- Eguneko prezipitazioa (RR) > RRen 75 pertzentila.

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

B. Erreferentziako ebapotranspirazioa

ET₀

Deskribapena: erreferentziako ebapotranspirazioa (mm).

Ur Agentziak proposaturiko formulazioaren arabera kalkulaturako erreferentziako ebapotranspirazioa da, zeina oinarritzen baita *FAO Penman-Monteith* metodoan (*Allen*⁵ *et al.*, 1998); ekuazio honetan laburbiltzen da (Ecuación 6, *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:

- ET₀ = erreferentziako ebapotranspirazioa (mm egunean⁻¹).
- Δ = lurrun-presioaren kurbaren malda (kPa °C⁻¹) (13 ekuazioa *Allen et al.*, 1998).
- T = airearen batez besteko tenperatura, 2 m-ko garaieran (°C).
- u₂ = haizearen abiadura, 2 m-ko garaieran (m s⁻¹), 2 m s⁻¹ balioarekin berdindu zena.
- e_s = saturazio-lurrunaren presioa (kPa) (11 ekuazioa *Allen et al.*, 1998).
- e_a = benetako lurrun-presioa (kPa). *Allen et al.* (1998) 14 ekuazioa aplikatzean, ihintz-tenperatura berdindu zen tenperatura minimoaren balioarekin.
- e_s - e_a = lurrun-presioaren defizita (kPa).
- γ = konstante psikrometrikoa (kPa °C⁻¹) (*Allen et al.* 16 ekuazioa, 1998).
- G = lurzoruko bero-fluxua (MJ m⁻² egunean⁻¹). R_n erradiazioaren aldean, aintzat ez hartzeko modukoa zela erabaki zen.
- R_n = labore-gainazaleko erradiazio garbia (MJ m⁻² egunean⁻¹). Uhin laburreko erradiazio garbiaren (R_{ns}) eta uhin luzeko erradiazio garbiaren (R_{nl}) arteko diferentzia da (40 ekuazioa *Allen et al.*, 1998).

Erradiazio garbia (R_n) kalkulatzeko, bi aplikazio erabili ziren:

- 38 ekuazioa *Allen et al.* (1998), la R_{ns} balioesteko (albedo = 0.25).
- 39 ekuazioa *Allen et al.* (1998), R_{nl} balioesteko (*Stefan-Boltzmann*-en konstantea = 4.903*10⁻⁹ MJ K⁻⁴ m⁻² egunean⁻¹).

Bi kasuotan, beharrezkoa da eguzki-erradiazio erasotzailea (R_s) balioestea, zeina *Hargreaves*-ek eta *Samani*-k

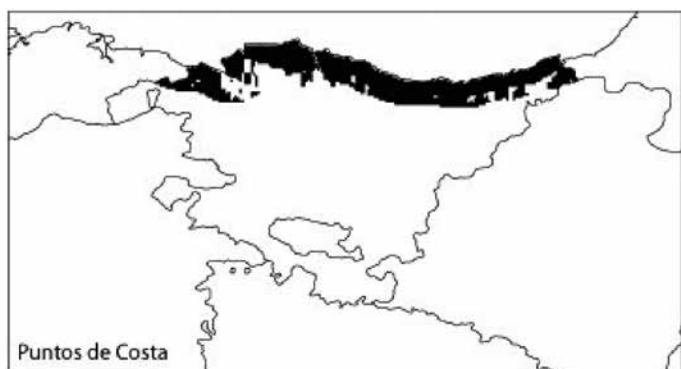
⁵ Allen R.G., Pereira L. S., Raes D. and Smith M. 1998. FAO, *Irrigation and Drainage Paper 56. Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements)*. Rome, Italy, 300 pp.

garatutako ekuazioaren bidez kalkulatu baitzen (50 ekuazioa *Allen et al.*, 1998):

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

Non:

- R_s = eguneko eguzki-erradiazioa ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$).
- R_a = eguneko erradiazio estralurtarra ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) (21 ekuazioa *Allen et al.*, 1998).
- TX = airearen tenperatu maximoa ($^{\circ}\text{C}$).
- TN = airearen tenperatu minimoa ($^{\circ}\text{C}$).
- k_{RS} = doikuntza-koefizientea ($^{\circ}\text{C}^{-0.5}$). 0.162 eta 0.19 balioen artean dagoen koefiziente enpirikoa da. Barrualdeko zonetan $k_{RS} = 0.16$ balioa erabili zen; kostaldekoetan, berriz, $k_{RS} = 0.19$. Aldaketa bat sartu zen Ur Agentziak proposatutako formulazioan, barrualdeko eta kostaldeko kokalekuei dagokienez. Lokalizazio horiek definitzerakoan, bi faktore hartu ziren oinarritzat: kostarekiko distantzia, batetik, eta Kantauri Itsasotik datozen aire-masen eragina murriztu dezaketzen blokeo orografikoak izatea edo ez, bestetik. 48 irudiak erakusten ditu "kosta" gisa definituriko sareta-puntuak, aurreko irizpide horien arabera.



48. irudia. EAEko kostatzat hartzen den eremua, erreferentziako ebapotranspirazioa kalkulatzeko orduan, FAOk proposatutako metodologiako jarraibideen arabera (56 koadernoan, *Allen et al.*, 1998).

C. Prezipitazioetatik abiatuta kalkulatutako adierazleak

CDD

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

Bolada lehorren iraupen maximoa da. $RR_{ij} < 1$ mm duten segidako egunen kopuru handiena da

(RR_{ij} eguneko prezipitazio kantitatea da j aldiko i egunerako).

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

CWD

Deskribapena: segidako egun hezeen kopuru maximoa (egunak).

Adierazleak j aldirako segidako egunen kopuru handiena zenbatzen du, non

- $RR_{ij} \geq 1$ mm (RR_{ij} eguneko prezipitazio kopurua da j aldiko i egunerako).

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

PRCPR95

Deskribapena: prezipitazioaren 95 pertzentila ($RR > 1.0$ mm) (mm).

Prezipitaziotzat hartzen da 1 mm ($RR > 1.0$ mm) balioa gainditzen duena, hau da, egun hezeetakoa.

PRCPR99

Deskribapena: prezipitazioaren 99 pertzentila ($RR > 1.0$ mm) (mm).

Prezipitaziotzat hartzen da 1 mm ($RR > 1.0$ mm) balioa gainditzen duena, hau da, egun hezeetakoa.

PRCPTOT

Deskribapena: egun hezeetako guztizko prezipitazioa ($RR \geq 1$ mm) (mm).

j aldi bateko egun hezeetan izandako prezipitazioen batura da.

Gutxienez 1 mm-ko prezipitazioa ($RR \geq 1$ mm) duten egunak jotzen dira egun hezetat.

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R10mm

Deskribapena: prezipitazio indartsuak dauden egunen kopurua (prezipitazioa ≥ 10 mm) (egunak).

Egun horietan:

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

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R20mm

Deskribapena: prezipitazio oso indartsuak dauden egunen kopurua (prezipitazioa ≥ 20 mm) (egunak).

Egun horietan:

$RR_{ij} \geq 20$ mm (non RR_{ij} j aldiko i eguneko prezipitazioa baita).

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R95p

Deskripzioa: egun oso hezeen kopurua (egunak).

Eguneko prezipitazioa (RR) > eguneko kopuruen 95 pertzentila duren egunen kopurua.

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R95pTOT

Deskribapena: egun oso hezeen ondorioz dagoen prezipitazioaren ehunekoa (> 95 pertzentila) (%).

95 pertzentila gainditzen duten prezipitazioak dituzten egunei loturiko prezipitazio guztizkoaren ehunekoa (%).

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R99pTOT

Deskribapena: egun guztiz hezeen ondorioz dagoen prezipitazioaren ehunekoa (> 99 pertzentila) (%).

99 pertzentila gainditzen duten prezipitazioak dituzten egunei loturiko prezipitazio guztizkoaren ehunekoa (%).

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

RR1

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

1 mm-ko edo hortik gorako prezipitazioa duten egunen kopurua:

$RR_{ij} \geq 1$ mm (non RR_{ij} j aldiko i eguneko prezipitazioa baita).

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

RV10year

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

Kalkulua egiteko, muturretako balioen banaketa orokortu bat (GEV) doitzen da urteko prezipitazio maximoen balio-etara. Doikuntza horretan, urteko prezipitazioaren balio maximoak independenteak dira eta berdin banatzen dira. Puntu bakoitzerako (behaketa, Euro-CORDEXeko sare-puntua edo maila-puntua), urteko prezipitazio-maximoen seriea kalkulaten da, eta GEV-en hiru parametroak lortzen dira: kokapena, eskala eta forma. Forma-parametroaren aldetik, hiru banaketa mota daude: *Gumbel* (forma = 0), *Frèchet* (forma > 0) eta *Weibull* (forma < 0), kontuan hartuta, hurrenez hurren, balio handien probabilitateak esponentzialki behera egiten duen, modu polinomialean egiten duen, edo borne batetik aurrera gertatzeko probabilitatea 0 den.

Parametroak doitu egiten dira, sinesgarritasuna maximizatzeko. Forma-parametroaren % 95ean konfiantza-tarteak 0 balioa badu, parametroa 0 moduan definitzen da, eta gainerakoak berriz balioesten dira murrizketa hori aintzat hartuta.

Azkenik, behin GEV banaketa-funtzioaren parametroak (F) balioetsiz gero, funtzio hori erabil daiteke edozein aldiri (T) dagokion errepikatze-balioa kalkulatzeko: koartila (q) ateratzea besterik ez da behar, zeina $1/T$ probabilitatearekin gainditzen baita, hau da, $F(q) = 1 - 1/T$. Kasu honetan, T balioa urtetan ematen da, eta $T = 10$ izango da.

RV25year

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

(Informazio gehiagotarako, ikusi “RV10year”)

RV50year

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

(Informazio gehiagotarako, ikusi “RV10year”).

RV100year

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

(Informazio gehiagotarako, ikusi “RV10year”)

Rx1day

Deskribapena: egun batean metatutako prezipitazioaren maximoa (mm).

j aldiaren barruan egun batean metatutako prezipitazio maximoa da:

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

non RR eguneko prezipitazioa baita, j aldiko i egunerako.

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

Rx5day

Deskribapena: 5 egunetan metatutako prezipitazioaren maximoa (mm).

j aldiaren barruan bost egunetan metatutako prezipitazio maximoa da:

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

Non RR_{kj} baita j aldiaren barruko bost eguneko k tarteko prezipitazio kantitatea, eta azken egunak definitzen baitu k tartea.

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

SDII

Deskribapena: eguneko intentsitate-indize bakuna (mm/egun heze).

j aldi bateko egun hezeetan izandako prezipitazioen batez besteko balioa da ($RR \geq 1.0$ mm).

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

D. Batez besteko tenperaturetatik abiatuta kalkulatutako adierazleak

COLDDD (Cooling degree days)

Deskribapena: aire girotuaren erabilerarekin loturiko egunen kopurua, 22.0 °C-ko atalase estandarra kontuan hartuta, hau da, batez besteko tenperaturak 22.0°C-tik gora dutenak.

GSL

Deskribapena: hazkunde-sasoiaren iraupena edo luzera (egunak).

Egun hauetan:

- Segidako 6 eguneko lehen gertaldia non:
 $TG_j > 5 \text{ °C}$ (TG_j da j aldiko i eguneko batez besteko tenperatura)
- eta uztailaren 1etik aurrerako segidako 6 eguneko lehen gertaldia non:
 $TG_j < 5 \text{ °C}$

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

HEATDD (Heating degree days)

Deskribapena: berogailuaren erabilerarekin loturiko egunen kopurua, 15.5 °C-ko atalase estandarra kontuan hartuta, hau da, batez besteko tenperaturak 15.5 °C-tik behera dutenak.

TG

Deskribapena: eguneko batez besteko tenperaturen batez bestekoa (°C).

j aldiko eguneko batez besteko tenperaturen batez besteko balioa da (TG_j)

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TG05A

Deskribapena: 5 °C gainditzen duten egunen kopurua (egunak) ($TG > 5$) (egunak).

TG05B

Deskribapena: 5 °C-tik beherako egunen kopurua ($TG < 5$) (egunak).

TG10A

Deskribapena: batez besteko tenperatura 10 °C gainditzen duten egunen kopurua (egunak) ($TG_j > 10$) (egunak).

TG10B

Deskribapena: batez besteko tenperatura 10 °C-tik behera duten egunen kopurua ($TG_j < 10$) (egunak).

E. Tenperatura maximoetatik abiatuta kalkulatutako adierazleak

HWA

Deskribapena: batez besteko tenperatura maximoa bero-boladan zehar (°C).

Eguneko tenperatura maximoen batez bestekoa bero-bolada batean.

Bero-bolada WSDI gisa definitzen da, hau da, gutxienez 6 egun jarraian, zeinetan $TX > 90$. pertzentila (TX eguneko tenperatura altuena da).

HWF

Deskribapena: Bero-boladen iraupena (egunak/boladako).

Bero-boladen luzera da; zehazki, bero-bolada bateko egunen batez besteko kopurua da.

Bero-bolada WSDI gisa definitzen da, hau da, gutxienez 6 egun jarraian, zeinetan $TX > 90$. pertzentila (TX eguneko tenperatura altuena da).

ID

Deskribapena: izoztea dagoen egunen kopurua ($TX < 0$ °C) (egunak).

j aldian, 0 °C-tik beherako eguneko tenperatura maximoa (TX_j) duten egunen kopurua da:

$TX_j < 0 \text{ °C}$.

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

PRCTX10

Deskribapena: eguneko tenperatura maximoen (TX) 10 pertzentila (°C).

TX_j da j aldiko i eguneko tenperatura maximoa.

PRCTX90

Deskribapena: eguneko tenperatura maximoen (TX) 90 pertzentila (°C).

TX_j da j aldiko i eguneko tenperatura maximoa.

PRCTX95

Deskribapena: eguneko temperatura maximoen (TX) 95 pertzentila (°C).

TX_j da j aldiko i eguneko temperatura maximoa.

SU

Deskribapena: udako egunen kopurua ($TX < 25$ °C) (egunak).

25 °C gainditzen diren egunen kopurua:

$TX_j > 25$ °C (non TX_j baita j aldiko i eguneko temperatura maximoa).

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

SU30

Deskribapena: $TX > 30$ °C duten egunen kopurua (egunak).

30 °C gainditzen diren egunen kopurua:

$TX_{ij} > 30$ °C (non TX_j baita j aldiko i eguneko temperatura maximoa).

SU30EX

Deskribapena: $TX = 30$ °C-tik gorako temperaturen batez besteko magnitudea.

Non TX baita eguneko temperatura maximoa. 30 °C-ko atalasea gainditzen den egunen TX balioaren eta atalase horren (30 °C) arteko diferentzia da.

SU33

Deskribapena: $TX > 33$ °C duten egunen kopurua (egunak).

33 °C gainditzen diren egunen kopurua:

$TX_j > 33$ °C (non TX_j baita j aldiko i eguneko temperatura maximoa).

SU33EX

Deskribapena: $TX = 33$ °C-tik gorako temperaturen batez besteko magnitudea.

Non TX baita eguneko temperatura maximoa. 33 °C-ko atalasea gainditzen den egunen TX balioaren eta atalase horren (33 °C) arteko diferentzia da.

SU34

Deskribapena: $TX > 34$ °C duten egunen kopurua (egunak).

34 °C gainditzen diren egunen kopurua:

$TX_{ij} > 34$ °C (non TX_j baita j aldiko i eguneko temperatura maximoa).

SU34EX

Deskribapena: $TX = 34$ °C-tik gorako temperaturen batez besteko magnitudea.

Non TX baita eguneko temperatura maximoa. 34 °C-ko atalasea gainditzen den egunen TX balioaren eta atalase horren (34 °C) arteko diferentzia da.

SU35

Deskribapena: $TX > 35$ °C duten egunen kopurua (egunak).

35 °C gainditzen diren egunen kopurua:

$TX_{ij} > 35$ °C (non TX_j baita j aldiko i eguneko temperatura maximoa).

SU35EX

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

Non TX baita eguneko temperatura maximoa. 35 °C-ko atalasea gainditzen den egunen TX balioaren eta atalase horren (35 °C) arteko diferentzia da.

SU36

Deskribapena: $TX > 36$ °C duten egunen kopurua (egunak).

36 °C gainditzen diren egunen kopurua:

$TX_{ij} > 36$ °C (non TX_j baita j aldiko i eguneko temperatura maximoa).

SU36EX

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

Non TX baita eguneko temperatura maximoa. 36 °C-ko atalasea gainditzen den egunen TX balioaren eta atalase horren (36 °C) arteko diferentzia da.

SU37

Deskribapena: : $TX > 37$ °C duten egunen kopurua (egunak).

37 °C gainditzen diren egunen kopurua:

$TX_{ij} > 37$ °C (non TX_j baita j aldiko i eguneko temperatura maximoa).

SU37EX

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

Non TX baita eguneko tenperatura maximoa. 37 °C-ko atalasea gainditzen den egunen TX balioaren eta atalase horren (37 °C) arteko diferentzia da.

SU38

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

38 °C gainditzen diren egunen kopurua:

$TX_{ij} > 38^{\circ}\text{C}$ (non TX_{ij} baita j aldiko i eguneko tenperatura maximoa).

SU38EX

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

Non TX baita eguneko tenperatura maximoa. 38 °C-ko atalasea gainditzen den egunen TX balioaren eta atalase horren (38 °C) arteko diferentzia da.

SU39

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

39 °C gainditzen diren egunen kopurua:

$TX_{ij} > 39^{\circ}\text{C}$ (non TX_{ij} baita j aldiko i eguneko tenperatura maximoa).

SU39EX

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

Non TX baita eguneko tenperatura maximoa. 39 °C-ko atalasea gainditzen den egunen TX balioaren eta atalase horren (39 °C) arteko diferentzia da.

SU40

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

40 °C gainditzen diren egunen kopurua:

$TX_{ij} > 40^{\circ}\text{C}$ (non TX_{ij} baita j aldiko i eguneko tenperatura maximoa).

SU40EX

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

Non TX baita eguneko tenperatura maximoa. 40 °C-ko atalasea gainditzen den egunen TX balioaren eta atalase horren (40 °C) arteko diferentzia da.

TX

Deskribapena: eguneko tenperatura maximoen batezbestekoa (°C).

j aldiko eguneko batez besteko tenperaturen batez besteko balioa da (TX_{ij}).

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TX10p

Deskribapena: egun hotzen kopurua (TX < hiru TX-en 10 pertzentila).

j aldi baten eguneko tenperatura maximoa (TX_{ij}) 10 pertzentiletik beherakoa ($TX_{in,10}$) den egunen kopurua:

$TX_{ij} < TX_{in,10}$

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TX90P

Deskribapena: egun beroen kopurua (TX < hiru TX-en 90 pertzentila).

j aldi baten eguneko tenperatura maximoa (TX_{ij}) 90 pertzentiletik gorakoa ($TX_{in,90}$) den egunen kopurua:

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

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TXn

Deskribapena: eguneko tenperatura maximoen balio minimoa (°C).

j aldirako, eguneko tenperatura maximoen (TX_{ij}) balio minimoa da:

$TXn_j = \min(TX_{ij})$

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TXx

Deskribapena: eguneko tenperatura maximoen balio maximoa (°C).

j aldirako, eguneko tenperatura maximoen (TX_{ij}) balio maximoa da:

$TXx_j = \max(TX_{ij})$

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

WSDI

Deskribapena: bero-kolpe edo bero-oldeen kopuruaren indizea (gertaldiak).

Adierazle honen definizioaren arabera, "bero-bolada" da eguneko tenperatura maximoak (TX) 90 pertzentiletik gorakoak ($TX_{in,90}$) dituen segidako 6 eguneko —edo horik gorako— bolada:

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

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

WSDI adierazleaz gainera (urtean zehar izaten diren bero-oldeen kopurua), bero-aldeekin loturiko beste adierazle batzuk definitu dira: HWF (bero-bolada bakoitzaren batez besteko iraupena) edo HWA (bero-boladako egunetako tenperatura maximoen batez bestekoa).

F. Tenperatura minimoetatik abiatuta kalkulaturako adierazleak

CFD

Deskribapena: izoztea dagoen segidako egun-kopuru handiena ($TN < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) (egunak).

j aldian, eguneko tenperatura minimoa (TN) $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tik behera duten segidako egun-kopuru handiena:

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

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

CSDI

Deskribapena: hotz-kolpe edo hotz-boladen iraupenaren indizea (egunak).

j aldirako, eguneko tenperatura minimoa (TN_j) 10 pertzentiletik beherakoa duten segidako 6 egunen —edo hortik gorakoen— kopurua ($TN_{in}10$):

$$TN_j < TN_{in}10$$

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

FD

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

j aldian, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tik beherako eguneko tenperatura maximoa (TN_j) duten egunen kopurua da:

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

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

PRCTN10

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

TN_{ij} da j aldiko i eguneko tenperatura minimoa.

TN

Deskribapena: eguneko tenperatura minimoen batezbestekoa ($^{\circ}\text{C}$).

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

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TN10p

Deskribapena: egun hotzen kopurua ($TN < TN$ -en 10 pertzentila duten egunak) (egunak).

j aldian, eguneko tenperatura minimoa (TN_j) 10 pertzentiletik behera duten egunen kopurua ($TN_{in}10$):

$$TN_j < TN_{in}10$$

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TN90p

Deskribapena: gau beroen kopurua ($TN > TN$ -en 90 pertzentila duten egunak) (egunak).

j aldian, eguneko tenperatura minimoa (TN_j) 90 pertzentiletik gora duten egunen kopurua ($TN_{in}90$):

$$TN_j > TN_{in}90$$

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TNn

Deskribapena: eguneko tenperatura minimoen balio minimoa ($^{\circ}\text{C}$).

j aldian, eguneko tenperatura minimoen balio minimoa da (TN_j):

$$TN_nj = \min(TN_j)$$

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TNx

Deskribapena: eguneko tenperatura minimoen balio maximoa ($^{\circ}\text{C}$).

j aldian, eguneko tenperatura minimoen balio maximoa da (TN_j):

$$TN_xj = \max(TN_j)$$

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TR

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

j aldian, eguneko tenperatura minimoa (TN_j) $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tik gora duten egunen kopurua:

$$TN_j > 20^{\circ}\text{C}$$

(ikusi: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

INGURUMEN, LURRALDE PLANGINTZA
ETA ETXEBIZITZA SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y VIVIENDA

www.ihobe.eus
www.ingurumena.eus