



Uda beroagoen probabilitateak eta intentsitateak gora egin al du klima-aldaketak?

2025eko udaren analisia

¿Ha aumentado el cambio climático la probabilidad e intensidad de veranos más cálidos?

Análisis del verano de 2025



FOCUS



***Uda beroagoen probabilitateak
eta intentsitateak gora egin
al du klima-aldaketak?***

2025eko udaren analisia

*¿Ha aumentado el cambio climático
la probabilidad e intensidad
de veranos más cálidos?*

Análisis del verano de 2025



Klima-aldaketak 2025eko uda bezalako bat oso arraroa izatetik nahiko arrunta izatera bihurtu du

- 2025eko uda Gipuzkoan 1950etik erregistratutako hirugarren beroena izan zen; batez besteko tenperatura 20,7 °C izan zen.
- Bero-boladako egun asko erregistratu ziren, 17 egun guztira. Estazio askok tenperatura maximo absolutuaren errekorrak izan zituzten.
- 2025eko uda bezalakoa gertatzea 80 aldiz probableagoa da egungo kliman —industriaurreko garaian baino 1,4 °C beroagoa da— eragin antropogenorik gabeko kliman baino.
- Berotze globalak 2 °C inguru handitu du gertakariaren intentsitatea, eta gertaera oso arraro bat (ehunka urteko errepikatze-denbora duena) nahiko maiztasun handiko gertakari bihurtu du (2–20 urtean behin gertatzen da).
- Etorkizun klimatikoetarako, 2025ekoa bezalako batez besteko tenperatura-anomalia duen uda bat berriz gertatzea zazpi aldiz probableagoa izango litzateke 2041–2070 aldian; 1–2 urtean behin gerta liteke. Mende amaieran (2071–2100) uda ia normala izatera pasa liteke, bereziki emisio handiko agertokian.

El cambio climático ha transformado un verano como el del año 2025 de extremadamente raro en relativamente común

- El verano de 2025 fue el tercero más cálido desde 1950 en Gipuzkoa, con una temperatura media de 20,7 °C.
- Estuvo caracterizado por un elevado número de días de ola de calor, hasta 17. Numerosas estaciones registraron récords de temperatura máxima absoluta.
- Un verano como el de 2025 es aproximadamente 80 veces más probable en el clima actual, 1,4 °C más cálido que el periodo preindustrial, que en un clima sin influencia antropogénica.
- El calentamiento global ha incrementado la intensidad del evento en alrededor de 2 °C, transformando un evento extremadamente raro (con periodo de retorno de cientos de años) en uno relativamente frecuente (cada 2–20 años).
- Para posibles futuros climáticos, un verano con una anomalía de temperatura media como la observada en 2025 sería más de 7 veces más probable en 2041–2070, pudiendo ocurrir una vez cada 1–2 años. A finales de siglo (2071–2100) podría pasar a ser un verano casi normal, especialmente en un escenario de altas emisiones.

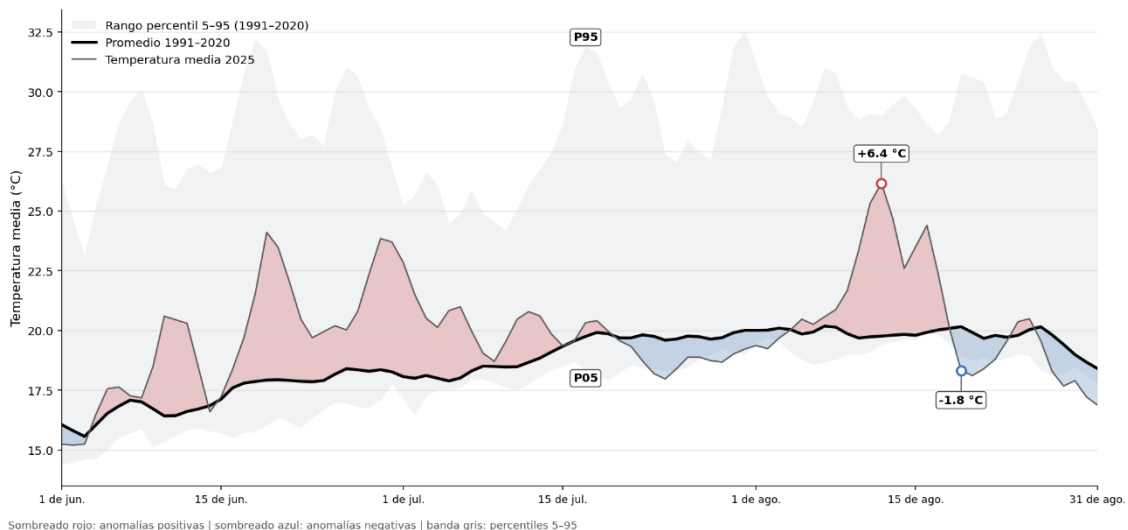
Sarrera

2025eko uda 1950etik erregistratutako hirugarren beroena izan zen —2003ko eta 2022ko udak dira beroenak—. Batez besteko tenperatura 20,7 °C izan zen, 1991-2020ko erreferentzia-aldiko batez bestekoa baino 1,6 °C inguru handiagoa.

Introducción

El verano de 2025 fue el tercero más cálido desde 1950 en Gipuzkoa, únicamente superado por los veranos de 2003 y 2022. La temperatura media alcanzó los 20,7 °C, aproximadamente 1,6 °C por encima del promedio del periodo de referencia 1991-2020.

Temperatura media diaria y anomalías (verano 2025)
Estación de Igeldo. Periodo de ref. 1991-2020



1. irudia. 2025eko udan, Igeldoko estazio meteorologikoko eguneko batez besteko tenperatura. Gorri (urdinez) adierazten dira tenperatura 1991-2020 aldikoa baino handiagoa (txikiagoa) izan zen aldia. Ilundutako zatiak % 5-95eko konfiantza-tartea adierazten du.

Fig. 1. Temperatura media diaria en la estación meteorológica de Igeldo durante el verano de 2025. En rojo (azul) se indican los periodos en los que la temperatura fue superior (inferior) a la del periodo 1991-2020. La zona sombreada muestra el intervalo de confianza 5-95 %.

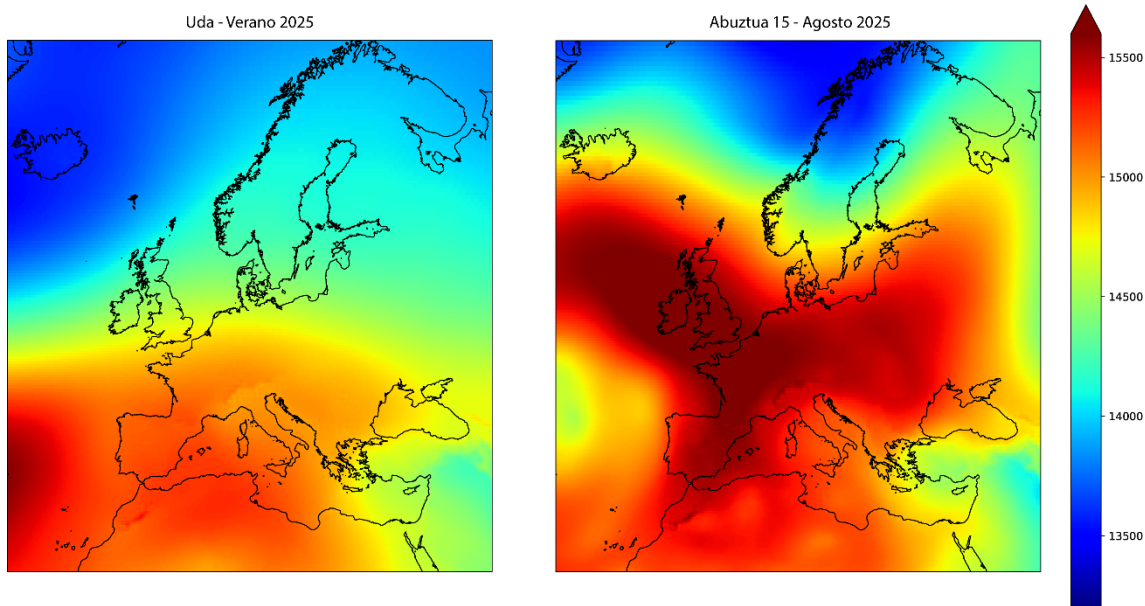
2025eko udan ohikoa baino tenperatura handiagoak jaso ziren (1. irudia) eta bero-boladako egun kopurua handia izan zen, 17 egun guztira. Hiru bero-bolada erregistratu ziren; nabarmenean abuztuaren 10etik 17ra bitartean izan zen, eta 6 °C-tik gorako anomaliak erregistratu ziren aldi horretan. Bero-bolada horretan, tenperatura maximo absolutuek errekor historikoak erregistratu zituzten lurraldeko zenbait estazio meteorologikotan, hala nola Arrasaten (42,2 °C, abuztuaren 12an), Azpeitiko Ibai Ederren (41,5 °C, abuztuaren 15ean), Donostiako Miramonen (38,1 °C, abuztuaren 15ean), Zaldibiako

El verano de 2025 estuvo caracterizado por una elevada persistencia de temperaturas por encima de lo normal (Fig. 1) y un número significativo de días de ola de calor, con un total de 17 días. Se registraron tres episodios de olas de calor, siendo el más destacado el ocurrido entre el 10 y el 17 de agosto, periodo en el que se alcanzaron anomalías superiores a 6 °C. Durante este episodio se registraron récords históricos de temperatura máxima absoluta en diversas estaciones meteorológicas del territorio, como Arrasate (42,2 °C, el 12 de agosto), Ibai Eder en Azpeitia (41,5 °C, el 15 de agosto),



Amundarainen (41,0 °C, abuztuaren 12an) eta Beasaingo Eztandan (41,6 °C, abuztuaren 12an).

Miramón en San Sebastián (38,1 °C, el 15 de agosto), Amundarain en Zaldibia (41,0 °C, el 12 de agosto) y Eztanda en Besain (41,6 °C, el 12 de agosto).



2. irudia. 2025eko udako batez besteko altuera geopotenziala 850 hPa-ra (ezk.) eta (esk.) 2025eko abuztuaren 15ean.

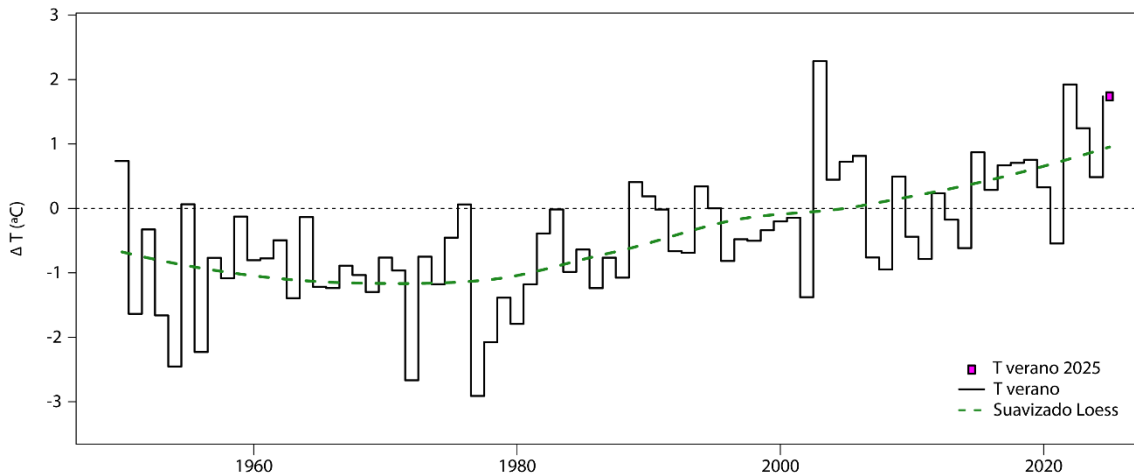
Fig. 2. Altura geopotencial a 850 hPa (izq.) promedio del verano 2025 y (dcha.) el 15 de agosto de 2025.

Iberiar Penintsularen gaineko presio altuek luze iraun zuten udan, eta horrek jatorri subtropikaleko aire beroa latitude altuagoetara igarotzea eragin zuen. Patroi hori bereziki nabarmena izan zen bero-boladetan, egitura antizikloniko iraunkorrak (blokeoak) gertatzean, ohikoa baino askoz tenperatura altuagoak erregistratu baitziren.

El verano estuvo dominado por la persistencia de altas presiones sobre la península ibérica, favoreciendo la advección de aire cálido de origen subtropical hacia latitudes más altas. Este patrón fue especialmente relevante durante los episodios de ola de calor, cuando se establecieron estructuras anticiclónicas persistentes (bloqueos) que contribuyeron a mantener temperaturas significativamente superiores a lo normal.

Klimaren ikuspegitik, Gipuzkoako udako batez besteko tenperaturak gorantz egin du 1980tik, eta 2010eko hamarkadatik aurrera joera hori areagotu egin da. Igeldoko estazioan, udako batez besteko tenperatura, 1950–2025 aldian, +0,22 °C handitu da hamarkada bakoitzeko, eta 1985–2025 aldian +0,37 °C hamarkada bakoitzeko. Eskualde-mailan, ERA5 berranalisia antzeko joerak adierazten ditu: 1950–2025 aldian, hamarkada bakoitzeko +0,26 °C handitu zen batez besteko tenperatura, eta 1985–2025ean, +0,38 °C. Azken hamarkadetako muturreko bero horiek areagotu diren erakusgarri da lurraldeko hamar uda beroenetatik sei 2010etik aurrera gertatu direla (2022, 2025, 2023, 2015, 2019 eta 2018 urteetan).

Desde una perspectiva climática, la temperatura media del verano en Gipuzkoa presenta una tendencia ascendente desde 1980, intensificada a partir de la década de 2010. En la estación de Igeldo, la temperatura media del verano ha aumentado a un ritmo de +0,22 °C por década en el periodo 1950–2025 y de +0,37 °C por década en el periodo 1985–2025. A escala regional, el reanálisis ERA5 indica tendencias similares, con incrementos de +0,26 °C por década en 1950–2025 y de +0,38 °C por década en 1985–2025. Muestra de esta intensificación de extremos cálidos en las últimas décadas es que seis de los diez veranos más cálidos en el territorio se han producido a partir de 2010 (2022, 2025, 2023, 2015, 2019 y 2018).



3. irudia. Gipuzkoako udako batez besteko temperaturaren bilakaera (ERA5 berranalisisa) 1950–2025 aldian.

Fig. 3. Evolución de la temperatura media del verano en Gipuzkoa (reanálisis ERA5) en el periodo 1950–2025.

Horrelako gertakarietan eragina dute bai jatorri antropogenoko berotze globalak, bai klima-sistema-ren aldakortasunak. Ildo horretan, eskala handiko zirkulazio atmosferikoaren eredu jakin batzuk Europako hegoaldeko temperatura altuekin lotu izan dira. Adibidez, La Niña fenomenoaren baldintzak eskualdean uda beroagoak jasatearekin lotu dira (Martija-Díez et al., 2021); Ipar Atlantikoko Oszilazioaren (NAO) fase positiboak, berriz, baldintza beroagoak eta lehorragoak eragiten ditu.

Testuinguru horretan, Gipuzkoako 2025eko uda gertakari bereziki beroa dela esan daiteke. Hala ere, galdera da gertakari hori zenbateraino egotz daiokeen klima-aldaketa antropogenoari.

Ikerketa honetan atribuzio horren analisi azkarra egin da, eta helburu du klima-aldaketa antropogenoak 2025eko uda bezain beroa edo beroagoa erregistratzeko probabilitatean duen eragina ebaluatzea. Ikuspegi horren bidez, uneko gertakari hori gertatzeko probabilitatea kalkula daiteke, eta berotze globalik gabeko klimarekin alderatu. Gainera, probabilitate horrek XXI. mendean zehar zer bilakaera izan dezakeen aztertu da, klima-aldaketako hainbat agertokitan.

Este tipo de eventos está influido tanto por el calentamiento global de origen antropogénico como por la variabilidad del sistema climático. En este sentido, determinados patrones de circulación atmosférica a gran escala han sido asociados a temperaturas elevadas en el sur de Europa. Por ejemplo, condiciones de La Niña se han relacionado con veranos más cálidos en la región (Martija-Díez et al., 2021), mientras que la fase positiva de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) favorece condiciones más cálidas y secas.

En este contexto, el verano de 2025 en Gipuzkoa puede considerarse un evento excepcionalmente cálido. Sin embargo, se plantea la cuestión de hasta qué punto este evento puede atribuirse al cambio climático antropogénico.

En este estudio se ha realizado un análisis rápido de atribución con el objetivo de evaluar la influencia del cambio climático antropogénico en la probabilidad de registrar un verano tan o más cálido que el de 2025. Este enfoque permite estimar la probabilidad de ocurrencia del evento actual y compararla con la de un clima sin calentamiento global. Además, se ha analizado cómo podría evolucionar dicha probabilidad a lo largo del siglo XXI bajo distintos escenarios de cambio climático.



Metodologia

Ezin da baieztatu klima-aldaketak banakako gertakari bat zuzenean eragin duenik, baina atribuzio-ikerketek aukera ematen dute aztertzeo klima-aldaketak zenbateraino aldatu duen gertakari mota horien probabilitatea edo/eta intentsitatea (Otto, 2017; Philip et al., 2020, 2022). Ikuspegi horren oinarria da alderatzea, alde batetik, gertakariak gaur egungo kliman dituen ezaugarriak (industriaurreko mailekiko 1,3 °C inguruko berotzea kontuan hartuta) eta, bestetik, klima hipotetiko edo kontrafaktualaren ezaugarriak, eragin antropogenorik gabe. Berotze globala ez ezik, aldakortasun naturala ere kontuan hartzen bada, berotze global antropogenoak aztertutako gertakarian duen eragina bereiz daiteke.

Ikerketa honetan atribuzioaren analisi azkarra egin da, eta helburu du klima-aldaketak 2025eko udako batez besteko tenperatura edo handiagoa lortzeko probabilitatean duen eragina ebaluatzea. Horretarako, gertakaria gaur egungo kliman gertatzeko probabilitateak eta berotze globalik gabeko kliman gertatzeko daudenak alderatu dira. Gainera, gertakari mota horiek klima-aldaketaren agertoki desberdinen arabera izan dezaketen bilakaera aztertu da.

Erabilitako metodologiak World Weather Attribution (WWA) partzuergoak garatutako ikuspegia jarraitzen du, Philip et al. (2020) eta Van Oldenborgh et al. (2021) dokumentuen arabera. Metodologia hori asko erabiltzen da muturreko gertakari berriak aztertzeo. Metodologia horren oinarria da behatutako datuak (udako batez besteko tenperatura) banaketa teoriko ez-egonkor batera doitzea, batez besteko tenperatura globalaren anomalia koaldagai gisa jarrita. Kontuan hartzen da aztertutako aldagai hautemandako aldaketak batez ere berotze antropogenoaren igoeraren ondorio direla. Beraz, datuak funtzio ez-egonkorretara estatistikoki doitzeko, kontuan hartu behar da, hein handi batean, koaldagaiek (tenperatura globalaren anomaliak) nola azaltzen duten aztertutako aldagaiaren (udako batez besteko tenperaturaren) aldaketa.

Metodología

Aunque no es posible afirmar que un evento individual haya sido causado directamente por el cambio climático, los estudios de atribución permiten analizar en qué medida el cambio climático ha modificado la probabilidad y/o la intensidad de este tipo de eventos (Otto, 2017; Philip et al., 2020, 2022). Este enfoque se basa en la comparación de las características del evento en el clima actual o factual (con un calentamiento aproximado de 1,3 °C respecto a niveles preindustriales), con las de un clima hipotético o contrafactual en ausencia de influencia antropogénica. Considerar, además del calentamiento global, la variabilidad natural permite distinguir su influencia de la del calentamiento global antropogénico en el evento analizado.

En este estudio se ha realizado un análisis rápido de atribución con el objetivo de evaluar la influencia del cambio climático en la probabilidad de alcanzar una temperatura media estival igual o superior a la observada en 2025. Para ello, se comparan las probabilidades de ocurrencia del evento en el clima actual y en un clima sin calentamiento global. Además, se ha analizado la evolución de este tipo de eventos bajo distintos escenarios de cambio climático.

La metodología empleada sigue el enfoque desarrollado por el consorcio World Weather Attribution (WWA), descrito en Philip et al. (2020) y en documentos posteriores de van Oldenborgh et al. (2021), ampliamente utilizado para analizar eventos extremos recientes. Esta metodología se basa en el ajuste de los datos observados (temperatura media del verano) a una distribución teórica no estacionaria con la anomalía de temperatura media global suavizada como covariable. Se asume que los cambios observados en la variable analizada se deben principalmente al aumento del calentamiento antropogénico. Por tanto, el ajuste estadístico de los datos a las funciones no estacionarias depende en gran medida de cómo de bien las covariables (anomalía de la temperatura global) explican la variación de la variable analizada (temperatura media del verano).

Udako batez besteko temperatura estatistikoki deskribatzeko, banaketa gaussiarra erabili da. Kontuan hartu da berotze globalak banaketaren batezbestekoa pixkanaka desplazatzen duela, eta aldakortasun naturalak (balioen sakabanaketak adierazten du), berriz, nahiko konstante irauten duela. Klima-aldaketarekiko mendekotasuna udako batez besteko temperaturaren eta batez besteko temperatura globalaren arteko erlazio funtzionalaren bidez txertatu da, behaketazko datuetan oinarrituta.

Halaber, ereduak klima-sistemaren barne-aldakortasunarekin lotutako behartzeak txertatzeko duen sentsibilitatea ebaluatu da, ENSO eta NAO indizeen bidez. NAO indizea txertatzeak zertxobait hobetzen du ereduaren doikuntza, eta horrek adierazten du aldakortasun atmosferikoak urterako aldakortasunean eragiten duela. Dena den, hobekuntza hori apala da, eta ez du aldatzen ondorio nagusia: igoeraren arrazoi nagusia berotze globala da.

Estimazioei lotutako ziurgabetasuna bootstrap izenez ezagutzen den berlaginketako teknika bidez kuantifikatu da, eta datu-multzoaren 10.000 errealizazio sortu dira. Iterazio bakoitzean eredu berritua doitzen da, eta, horren bidez, eratorritako parametroen eta adierazleen banaketa enpirikoak lor daitezke. Banaketa horietatik abiatuta, ziurgabetasun-tarteak (5–95 pertzentilak) kalkulatu dira probabilitateetarako, errepikatze-denboretarako eta probabilitate-zatidurarako.

Metodologia horrek hiru adierazle nagusi aztertzeke aukera ematen du: (1) errepikatze-denbora (antzeko gertakari bat zenbat denboran behin espero den), (2) probabilitate-zatidura (gertakariaren probabilitatea zenbat aldatu den) eta (3) intentsitatearen aldaketa (berezitasun bereko gertakarien tamainaren arteko diferentzia). Adierazle horien bidez egungo eta etorkizuneko klima eta iraganeko klima alderatu daitezke.

Emaitzak interpretatzeko, kontuan hartu behar dira ikuspegiaren sinplifikazioak, batez ere tenperatura-banaketaren normaltasuna eta bariantza konstantearen hipotesia, gertakari oso arraroen probabilitatearen estimazioan eragina izan baitezakete. Klima-aldaketak muturreko gertakarietan duen eragina aztertzeke erabil daitezkeen metodologietako bat da. Análisi azkar honek baino ikerketa osatuagoek metodologia ezberdinen emaitzak konparatuz, hala nola narratibaren berregite zehatza edo gertakariaren historia (storyline approach);

Para describir estadísticamente la temperatura media del verano, se ha utilizado una distribución normal (gaussiana). Se ha asumido que el calentamiento global produce un desplazamiento progresivo de la media de la distribución, mientras que la variabilidad natural (representada por la dispersión de los valores) se mantiene aproximadamente constante. La dependencia con el cambio climático se ha introducido mediante una relación funcional entre la temperatura media del verano y la temperatura media global, estimada a partir de datos observacionales.

Asimismo, se ha evaluado la sensibilidad del modelo a la inclusión de forzamientos asociados a la variabilidad interna del sistema climático, mediante los índices ENSO y NAO. La inclusión del índice NAO mejora ligeramente el ajuste del modelo, lo que indica que la variabilidad atmosférica contribuye a la variabilidad interanual observada. No obstante, esta mejora es modesta y no altera la conclusión principal de que el aumento está dominado por el calentamiento global.

La incertidumbre asociada a las estimaciones se ha cuantificado mediante una técnica de remuestreo conocida como bootstrap, generando 10.000 realizaciones del conjunto de datos. En cada iteración se vuelve a ajustar el modelo, lo que permite obtener distribuciones empíricas de los parámetros y de los indicadores derivados. A partir de estas distribuciones se han calculado intervalos de incertidumbre (percentiles 5–95) para las probabilidades, los periodos de retorno y el cociente de probabilidades.

Esta metodología permite analizar tres indicadores principales: (1) el periodo de retorno (cada cuánto tiempo se espera un evento similar), (2) el cociente de probabilidades (indica cuánto ha cambiado la probabilidad del evento) y (3) el cambio en la intensidad (la diferencia en la magnitud del evento para una misma rareza). Estos indicadores permiten comparar el clima actual y futuro con el clima del pasado.

Los resultados deben interpretarse teniendo en cuenta las simplificaciones del enfoque, en particular la asunción de normalidad en la distribución de temperaturas y la hipótesis de varianza constante, que pueden influir en la estimación de la probabilidad de eventos extremadamente raros. Esta es solo una de las metodologías disponibles para analizar la influencia del cambio climático en la ocurrencia



gertakariak berotze globaleko baldintza ezberdinen arabera nola eboluzionatuko zukeen ulertzen laguntzen dute, antzeko konfigurazio atmosferikoa kontuan hartuta.

de eventos extremos. Estudios más completos que este análisis rápido podrían comparar los resultados de las distintas metodologías, como la reconstrucción detallada de la narrativa o historia del evento (storyline approach) que permite entender cómo habría evolucionado el evento bajo diferentes condiciones de calentamiento global, manteniendo una configuración atmosférica similar.

Datuak

Aldi historikorako aztertutako datuak Igeldoko estazio meteorologikoan erregistratutako udako hiru hilabeteetako (ekaina, uztaila eta abuztua) batez besteko tenperaturak dira, baita bereizmen handiko berranalisi klimatikoari buruzko datuak ere —CERRA-Land eta ERA5 (Copernicus Climate Change Service, C3S)—.

Klima-aldaketa antropogenoaren adierazle gisa, HadCRUT4 datu-multzotik lortutako azaleraren batez besteko tenperatura globala erabili da. Serie hori maiztasun txikiko iragazki baten bidez (Loess) leundu da, epe luzerako berotze-seinalea isolatzeko eta urte arteko aldakortasunaren eragina murrizteko.

Etorkizuneko agertokiak aztertzeko, CMIP6 eredu globaletatik eratorritako bereizmen handiko klima-proiektzio erregionalizatuak erabili dira. Eredua AEMETek eta CSICek egin dute, Klima Aldaketara Egokitzeko Plan Nazionalaren esparruan. Azterketa honetan, 11 klima-eredu globaletan oinarritutako proiektzioak hartu dira kontuan, bi emisio-agertokiaren arabera: SSP2-4.5 (tarteko egoera adierazten du), eta SSP5-8.5 (emisio handiko egoera adierazten du). Hasiera batean, alborapenen zuzenketa aplikatu zaie proiektzio erregionalizatuari, banakako ereduak dituzten errore sistemikoak murrizteko.

Datos

Los datos analizados para el periodo histórico corresponden a la temperatura media de los tres meses de verano (junio, julio y agosto) registrada en la estación meteorológica de Igeldo, así como a los datos de reanálisis climático de alta resolución, CERRA-Land y ERA5 (Copernicus Climate Change Service, C3S).

Como indicador del cambio climático antropogénico se ha utilizado la temperatura media global de la superficie obtenida del conjunto de datos HadCRUT4. Esta serie se ha suavizado mediante un filtro de baja frecuencia, Loess, con el objetivo de aislar la señal de calentamiento a largo plazo y reducir la influencia de la variabilidad interanual.

Para el análisis de escenarios futuros, se han utilizado proyecciones climáticas regionalizadas de alta resolución derivadas de modelos globales CMIP6, elaboradas por AEMET y el CSIC en el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. En este estudio se han considerado las proyecciones basadas en un conjunto de 11 modelos climáticos globales, bajo dos escenarios de emisiones: SSP2-4.5, representativo de un escenario intermedio, y SSP5-8.5, correspondiente a un escenario de altas emisiones. Inicialmente se ha aplicado una corrección de sesgos a las proyecciones regionalizadas para reducir los errores sistémicos inherentes a los modelos individuales.

Behatutako aldaketak

Analisiaren arabera, klima-aldaketaren ondorioz nabarmen handitu da 2025ekoa bezain uda beroa gertatzeko probabilitatea.

Zehazki, gertakari mota hori 80 aldiz probabileagoa da, gutxienez, gaur egungo kliman (1,3 °C inguruko berotze globala kontuan hartuta) industriaurreko kliman baino (KT % 5-95: 80,4 – 17396,3). Datu-multzo batzuetan, alde hori are handiagoa da.

Cambios observados

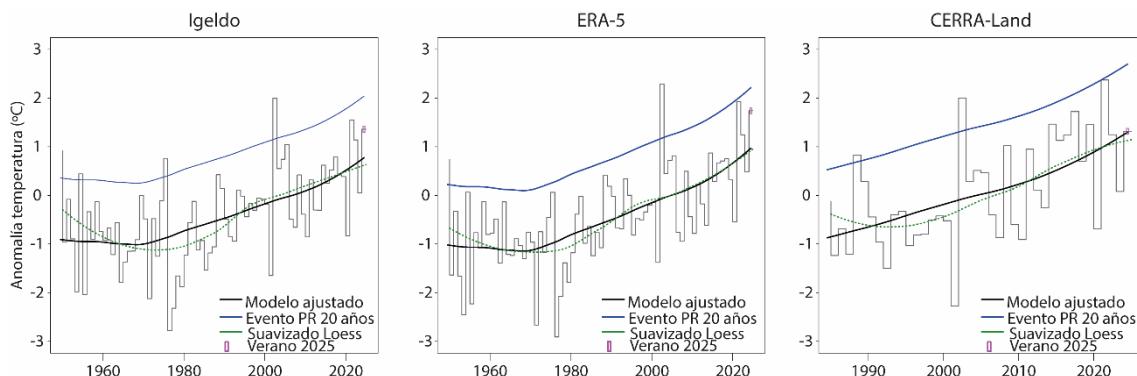
El análisis muestra que el cambio climático ha aumentado de forma muy significativa la probabilidad de que se produzca un verano tan cálido como el de 2025.

En concreto, este tipo de evento es al menos 80 veces más probable en el clima actual (con un calentamiento global de aproximadamente 1,3 °C) que en un clima preindustrial (IC 5-95 %: 80,4 – 17396,3). En algunos conjuntos de datos, esta diferencia es incluso mucho mayor.

	Behatutakoa Observado	Errepikatze-denbora (urtetan) Periodo de retorno (años)	Intentsitatearen aldaketa (°C-tan) Cambio de intensidad (°C)	Probabilitate-zatidura Cociente de probabilidades
ERA5	19,3	6,8 [3,3 – 19,9]	2,4 [1,8 – 2,9]	13623,4 [903,7 – 67653,8]
CERRA-LAND	22,6	2,0 [1,3 – 4,1]	3,2 [2,0 – 4,4]	8004,3 [108,7 – 21855430,6]
Igeldo	20,1	4,6 [2,6 – 10,0]	2,0 [1,4 – 2,6]	745,2 [80,4 – 17396,3]

1. taula. 2025eko udako batez besteko tenperatura, errepikatze-denborak, intentsitatearen aldaketa eta probabilitate-zatidura. Ziurgabetasun-tarteak % 5-95 tarteari dagozkio, bootstrap bidez lortuta.

Tabla 1. Temperatura media del verano de 2025, periodos de retorno, cambio en la intensidad y cociente de probabilidades. Los intervalos de incertidumbre corresponden al rango 5-95 % obtenido mediante bootstrap.



4. irudia. Udako batez besteko tenperaturaren denborazko seriea, eredu doitu gainjarrita. Arrosaz 2025eko gertakaria adierazten da; lerro beltzak eredu gaussiar doituaren batezbestekoa adierazten du, eta lerro urdinak 20 urteko gertakarietarako espero diren errepikatze-mailak. Lerro berdea Loess motako leunketa ez-parametrikoa da.

Fig. 4. Serie temporal de la temperatura media en verano, con el modelo ajustado superpuesto. En rosa se muestra el evento de 2025; la línea negra muestra la media del modelo gaussiano ajustado, y la línea azul representa los niveles de retorno esperados para eventos de 20 años. La línea verde es un suavizado no paramétrico tipo Loess.

Klimaren gaineko eragin antropogenorik ezean, 2025ekoa bezalako uda oso arraroa izango litzateke, eta mende bat baino gehiagoz behin edo milaka urtez behin gerta liteke. Hala ere, gaur egungo baldintzetan, uda mota hau nahiko ohiko bihurtu da, eta 2 eta 20 urte bitartean behin gerta daiteke.

En ausencia de influencia antropogénica sobre el clima, un verano como el de 2025 habría sido extraordinariamente raro, que podría ocurrir una vez cada varios siglos o incluso milenios. Sin embargo, en las condiciones actuales, este tipo de verano se ha vuelto relativamente frecuente, pudiendo ocurrir una vez entre 2 y 20 años.

Gertakaria probableago izateaz gain, berotze globalak haren intentsitatea ere handitu du. Berezitasun bereko gertakari baten kasuan, 2025eko udako batez besteko temperatura 2 eta 3 °C txikiagoa izango litzateke, berotze antropogenorik gabeko klima batean.

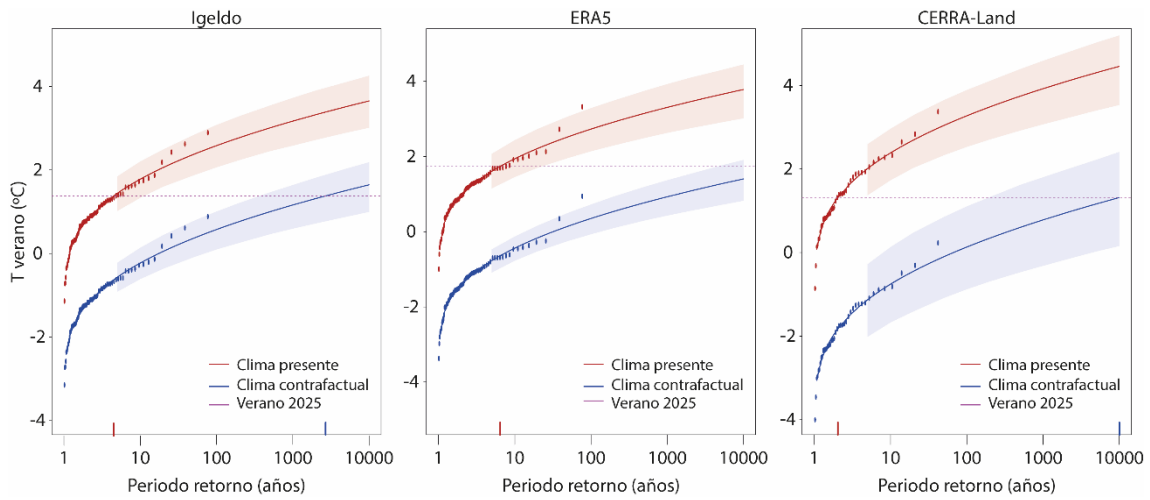
Además de hacer más probable el evento, el calentamiento global también ha incrementado su intensidad. Para un evento de la misma rareza, la temperatura media del verano de 2025 habría sido aproximadamente entre 2 y 3 °C inferior en un clima sin calentamiento antropogénico.

Oro har, horrelako ekitaldi bat gertatzeko arriskuaren % 99 baino gehiago klima-aldaketari dagokiola kalkulatu da. Horrek esan nahi du, berotegi-efektuko gas antropogenoen emisioen ondoriozko berotze globalik gabe, 2025ekoa bezalako uda ia ezinezkoa izango zela.

En conjunto, se estima que más del 99 % del riesgo de que ocurra un evento como este es atribuible al cambio climático. Esto significa que, sin el calentamiento global causado por las emisiones de gases de efecto invernadero antropogénicas, un verano como el de 2025 habría sido prácticamente imposible.

Bestalde, klimaren aldakortasun naturalak ere eragina izan du gertakari horretan. Bereziki, NAOren fase positiboak baldintza beroagoak adierazi ditu. Edonola ere, faktore horrek bakarrik ezin du azaldu gertakariaren tamaina, berotze globalaren araberakoa baita.

Por otro lado, la variabilidad natural del clima también ha influido en este episodio. En particular, la fase positiva de la NAO favoreció condiciones más cálidas. Sin embargo, este factor por sí solo no puede explicar la magnitud del evento, que depende fundamentalmente del calentamiento global.



5. irudia. Gaur egungo kliman (gorria) eta klima kontrafaktualean (1,3 °C hotzagoa, urdina) udako batez besteko tenperaturaren errepikatze-denborak, eredu estatistikoan oinarrituta balioetsita. Banda ilunagoek bootstrap bidez lortutako % 95eko konfiantza-tartea adierazten dute. Lerro bertikalek behatutako gertakariaren errepikatze-denbora adierazten dute, bi klimetan.

Fig. 5. Periodos de retorno para la temperatura media del verano en el clima actual (rojo) y en un clima contrafactual 1,3 °C más frío (azul), estimado a partir del modelo estadístico. Las bandas sombreadas representan el intervalo de confianza del 95 % obtenido mediante bootstrap. Las líneas verticales indican el periodo de retorno del evento observado en ambos climas.

Gertakariaren probabilitatea zenbat handitu den kalkulatzeko, nolabaiteko ziurgabetasuna dago, batez ere klima-aldaketarik gabeko klima batean horrelako gertakariak oso gutxitan gertatzen direlako. Horregatik, balio zehatza baino, ondorio irmoa da garrantzitsua: *klima-aldaketa izan da hain uda beroa izateko faktore nagusia.*

Las estimaciones de cuánto ha aumentado la probabilidad del evento presentan cierta incertidumbre, especialmente porque en un clima sin cambio climático este tipo de eventos son extremadamente poco probables. Por ello, más que el valor exacto, lo importante es la conclusión robusta: *el cambio climático ha sido el factor clave que ha hecho posible un verano tan cálido.*



Proiektatutako aldaketak

Aztertutako eredu guztiak bat datoz: klima-aldaketak nabarmen handituko du 2025ekoa bezain uda beroak izateko probabilitatea. Tarteko emisioen agertokietan zein handiagoetan, gertakari mota hori ezohikoa izatetik ohikoa izatera pasatzen da, eta aldaketa hori zenbat eta emisio handiagoak izan, orduan eta azkarrago gertatzen da.

Emaitzen arabera, gertakaria gertatzeko probabilitatea asko handitu da bi agertokietan eta denbora-tarte guztietan. 2021–2050 aldirako, probabilitatea erreferentzia-klimaren 0,09tik (1991–2020) 0,44ra [KT % 5–95: 0,28–0,67] handitzen da SSP2–4.5 agertokian, eta 0,56ra [KT % 5–95: 0,28–0,79] SSP5–8.5 agertokian. Horrek esan nahi du erreferentzia-aldian gutxi gorabehera 10–11 urtean behin gertatzen zen gertakari bat nahiko ohiko bihurtzen dela, eta 2 eta 3 urte bitartean errepikatzen dela. Horrek esan nahi du gertakaria gutxienez 5 aldiz probableagoa dela.

Cambios proyectados

Todos los modelos analizados coinciden en que el cambio climático aumentará de forma muy significativa la probabilidad de veranos tan cálidos como el de 2025. Tanto en escenarios de emisiones intermedias como en los más intensos, este tipo de evento pasa de ser poco frecuente a habitual, y este cambio ocurre más rápido cuanto mayores son las emisiones.

Los resultados muestran un incremento muy significativo en la probabilidad de ocurrencia del evento en todos los horizontes temporales en ambos escenarios. Para el periodo 2021–2050, la probabilidad aumenta de 0,09 en el clima de referencia (1991–2020) a 0,44 [IC 5–95%: 0,28–0,67] en el escenario SSP2–4.5 y 0,56 [IC 5–95%: 0,28–0,79] en el escenario SSP5–8.5. Esto implica que un evento que ocurría aproximadamente una vez cada 10–11 años en el periodo de referencia pasa a ser relativamente frecuente, con una recurrencia de entre 2 y 3 años. Esto implica que el evento es al menos 5 veces más probable.

	Probabilitatea Probabilidad	Errepikatze-denbora (urtetan) Periodo de retorno (años)	Probabilitate-zatidura Cociente de probabilidades
1991–2020 historikoa Histórico 1991–2020	0,09 [0,04 – 0,13]	10,50 [7,50 – 109,90]	
2021–2050	0,44 [0,28 – 0,67]	2,40 [1,50 – 3,50]	5,47 [2,43 – 43,31]
2041–2070	0,62 [0,50 – 0,95]	1,60 [1,00 – 2,00]	7,07 [4,63 – 66,31]
2071–2100	0,91 [0,58 – 1,00]	1,10 [1,00 – 1,70]	9,08 [5,07 – 100,02]

2. taula. Eszedentzia-probabilitateak, errepikatze-denborak eta probabilitate-zatidurak 2025eko udako batez besteko tenperaturaren anomalia gainditzeko Gipuzkoan (1991–2020 urtearekin alderatuta), SSP2–4.5 agertokian. % 5–95eko ziurgabetasun-tarteak.

Tabla 2. Probabilidades de excedencia, periodos de retorno y cocientes de probabilidad para superar la anomalía de temperatura media del verano de 2025 en Gipuzkoa (respecto a 1991–2020) en el escenario SSP2–4.5. Intervalos de incertidumbre del 5–95 %.

	Probabilitatea Probabilidad	Errepikatze-denbora (urtetan) Periodo de retorno (años)	Probabilitate-zatidura Cociente de probabilidades
1991-2020 historikoa Histórico 1991-2020	0,09 [0,04 – 0,13]	10,50 [7,50 – 109,90]	
2021-2050	0,56 [0,28 – 0,79]	1,80 [1,30 – 4,10]	6,03 [3,75 – 17,28]
2041-2070	0,90 [0,63 – 0,98]	1,10 [1,00 – 1,60]	8,95 [6,06 – 24,89]
2071-2100	0,99 [0,97 – 1,00]	1,00 [1,00 – 1,00]	10,75 [7,42 – 29,39]

3. taula. Eszedentzia-probabilitateak, errepikatze-denborak eta probabilitate-zatidurak 2025eko udako batez besteko tenperaturaren anomalia gainditzeko Gipuzkoan (1991-2020 urtearekin alderatuta), SSP5-8.5 agertokian. % 5-95eko ziurgabetasun-tarteak.

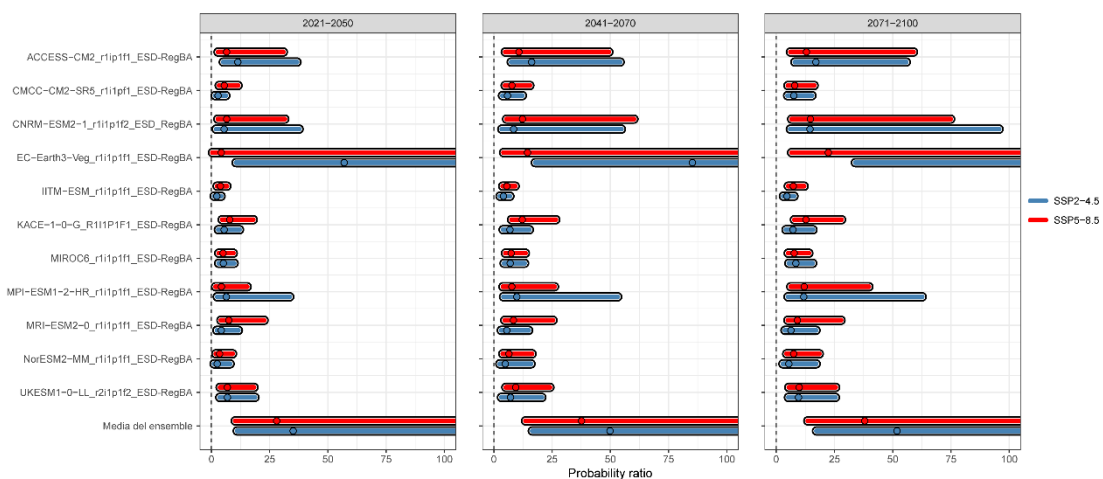
Tabla 3. Probabilidades de excedencia, periodos de retorno y cocientes de probabilidad para superar la anomalía de temperatura media del verano de 2025 en Gipuzkoa (respecto a 1991-2020) en el escenario SSP5-8.5. Intervalos de incertidumbre del 5-95 %.

2041-2070 aldian, probabilitatea 0,62 baliora [KT % 5-95: 0,50-0,95] iristen da SSP2-4.5 agertokian, eta 0,90 baliora [KT % 5-95: 0,63-0,98] SSP5-8.5 agertokian. Ordurako, gertakaria ia urterokoa izango da, eta probabilitatea 7 aldiz baino gehiago handituko da, erreferentzia-aldiarekin alderatuta.

En el periodo 2041-2070, la probabilidad alcanza valores de 0,62 [IC 5-95%: 0,50-0,95] en el escenario SSP2-4.5 y 0,90 [IC 5-95%: 0,63-0,98] en SSP5-8.5. Para entonces el evento pasa a ser casi anual, aumentando la probabilidad más de 7 veces respecto al periodo de referencia.

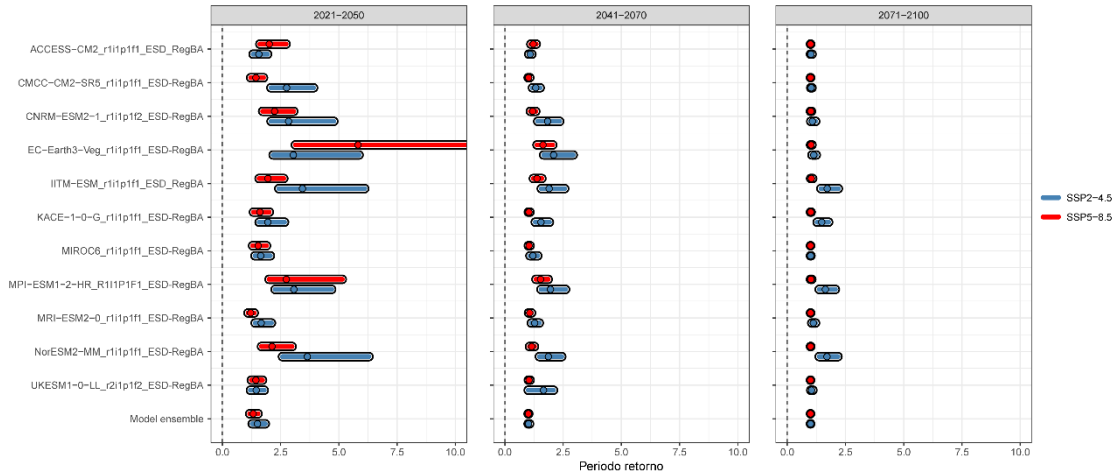
Mendearen amaieran (2071-2100), probabilitatea 1 baliora hurbiltzen da SSP5-8.5 agertokian, eta horrek adierazten du uda mota hori, estatistiken arabera, ez dela muturrekotzat hartzen; ohiko klima-baldintzen parte da.

A finales de siglo (2071-2100), la probabilidad se aproxima a 1 en el escenario SSP5-8.5, lo que indica que este tipo de verano deja de considerarse extremo en términos estadísticos y pasa a formar parte de las condiciones climáticas habituales.



6. irudia. 2025eko udako batez besteko tenperaturaren anomalia gainditzeko probabilitate-zatidura, aztertutako eredu bakoitzean.

Fig. 6. Cociente de probabilidades para superar la anomalía de temperatura media del verano de 2025 en cada uno de los modelos analizados.



7. irudia. 2025eko udako batez besteko tenperaturaren anomalia gainditzeko errepikatze-denbora, aztertutako eredu bakoitzean.

Fig. 7. Periodo de retorno para superar la anomalía de temperatura media del verano de 2025 en cada uno de los modelos analizados.

Aزتتutako eredu guztiak adierazten dute gertakariaren maiztasuna handitu egiten dela, eta horrek klima-aldaketaren eragin nabarmena adierazten du.

Todos los modelos analizados muestran un aumento en la frecuencia del evento, lo que indica una señal robusta del efecto del cambio climático.

Ondorioak

2025eko uda serie historikoko hirugarren beroena izan zen, batez besteko temperatura 20,7 °C izan zen. Gaur egungo kliman, halako uda bat 2–20 urtean behin, gutxi gorabehera, gertatzen da. Hala ere, berotze globalik gabeko klima batean, gertakari bera, batez beste, dozenaka edo milaka urtean behin bakarrik gertatuko zen; hau da, ia ezinezkoa izango zen.

2025eko uda, 80 aldiz probableagoa da gaur egungo kliman industriaurreko kliman baino. Kausa bakar bati egotzi ezin zaion arren —klimaren aldatortasun naturalak ere eragina du—, emaitzek adierazten dute berotze globala faktore erabakigarria dela.

Gainera, klima-aldaketak, hain uda beroa ez ezik, intentsitate handiagokoa ere eragin du. 2025eko udako temperatura berotze antropogenorik gabeko kliman izango zena baino 2 °C inguru handiagoa izan zen.

Klima-proiekzioen arabera, 2025eko udaren antzeko uden maiztasunak nabarmen egingo du gora XXI. mendean. SSP2–4.5 agertokiaren arabera, urteko probabilitatea 0,09 ingurukoa zen arestiko kliman (1991–2020), eta 0,91 ingurukoa izango da mendearen amaieran (2071–2100). SSP5–8.5 agertokiaren arabera, igoera hori nabarmenagoa da, eta 1 baliora hurbiltzen diren probabilitateak ageri dira. Horrek esan nahi du 2025eko antzeko baldintzak ohikoak izango direla.

Oro har, ezin da adierazi 2025eko uda gertakari berezia edo anomalia puntuala izan zela; aldiz, gertakariak adierazten du klima-aldaketa ari dela klima aldatzen eta muturreko beroen maiztasuna eta intentsitatea handitzen.

Conclusiones

El verano de 2025 fue el tercero más cálido de la serie histórica, con una temperatura media de 20,7 °C. En el clima actual, un verano de estas características ocurre aproximadamente una vez cada 2–20 años. Sin embargo, en un clima sin calentamiento global, este mismo evento habría ocurrido, de media, solo una vez cada decenas o miles de años; es decir, habría sido prácticamente imposible.

Un verano como el de 2025 es aproximadamente 80 veces más probable en el clima actual que en un clima preindustrial. Aunque no puede atribuirse a una única causa —ya que la variabilidad natural del clima también influye—, los resultados muestran que el calentamiento global ha sido el factor decisivo.

Además, el cambio climático no solo ha hecho más probable un verano tan cálido, sino también más intenso. La temperatura del verano de 2025 fue aproximadamente 2 °C más alta de lo que habría sido en un clima sin calentamiento antropogénico.

Las proyecciones climáticas indican que la frecuencia de veranos comparables a los de 2025 aumentará de forma muy significativa a lo largo del siglo XXI. En el escenario SSP2–4.5, la probabilidad anual pasa de aproximadamente 0,09 en el clima reciente (1991–2020) a valores cercanos a 0,91 a finales de siglo (2071–2100). En el escenario SSP5–8.5, este aumento es más acusado, alcanzando probabilidades muy cercanas a 1, lo que implica que condiciones similares a las de 2025 pasarían a ser habituales.

En conjunto, el verano de 2025 no puede considerarse un episodio aislado o una anomalía puntual, sino un ejemplo representativo de cómo el cambio climático está transformando el clima y aumentando la frecuencia e intensidad de los extremos cálidos.



Erreferentziak

Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store, (2024): ERA5 post-processed daily-statistics on pressure levels from 1940 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS).

Martija-Díez, M., Rodríguez-Fonseca, B., & López-Parages, J. (2021). ENSO Influence on Western European Summer and Fall Temperatures. *Journal of Climate*, 34, 8013–8031.

Otto, F.E.L. (2017). Attribution of Weather and Climate Events. *Annual Review of Environment and Resources*, 42, 627–646.

Philip, S., Kew, S.F., van Oldenborgh, G.J., Anslow, F.S., Seneviratne, S.I., Vautard, R., Coumou, D., Ebi, K.L., Arrighi, J., Singh, R., van Aalst, M., Pereira Marghidan, C., Wehner, M., Yang, W., Li, S., Schumacher, D.L., Hauser, M., Bonnet, R., Luu, L.N., Lehner, F., Gillett, N., Tradowsky, J.S., Vecchi, G.A., Rodell, C., Stull, R.B., Howard, R., & Otto, F.E.L. (2022). Rapid attribution analysis of the extraordinary heat wave on the Pacific coast of the US and Canada in June 2021. *Earth System Dynamics*, 13, 1689–1713.

Referencias

Philip, S., Kew, S., van Oldenborgh, G.J., Otto, F., Vautard, R., van der Wiel, K., King, A., Lott, F., Arrighi, J., Singh, R., & van Aalst, M. (2020). A protocol for probabilistic extreme event attribution analyses. *Advances in Statistical Climatology, Meteorology and Oceanography*, 6, 177–203.

Van Oldenborgh, G.J., Otto, F., & Arrighi, J. Pathways and pitfalls in extreme event attribution. World Weather Attribution. [Internet]. Disponible en: <https://www.worldweatherattribution.org/pathways-and-pitfalls-in-extreme-event-attribution/>

Verrelle A., Glinton M., Bazile E., Le Moigne P., Randriamampianina R., Ridal M., Berggren L., Undén P., Schimanke S., Mladek R. and Soci C. (2022): CE-RRA-Land sub-daily regional reanalysis data for Europe from 1984 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS).

