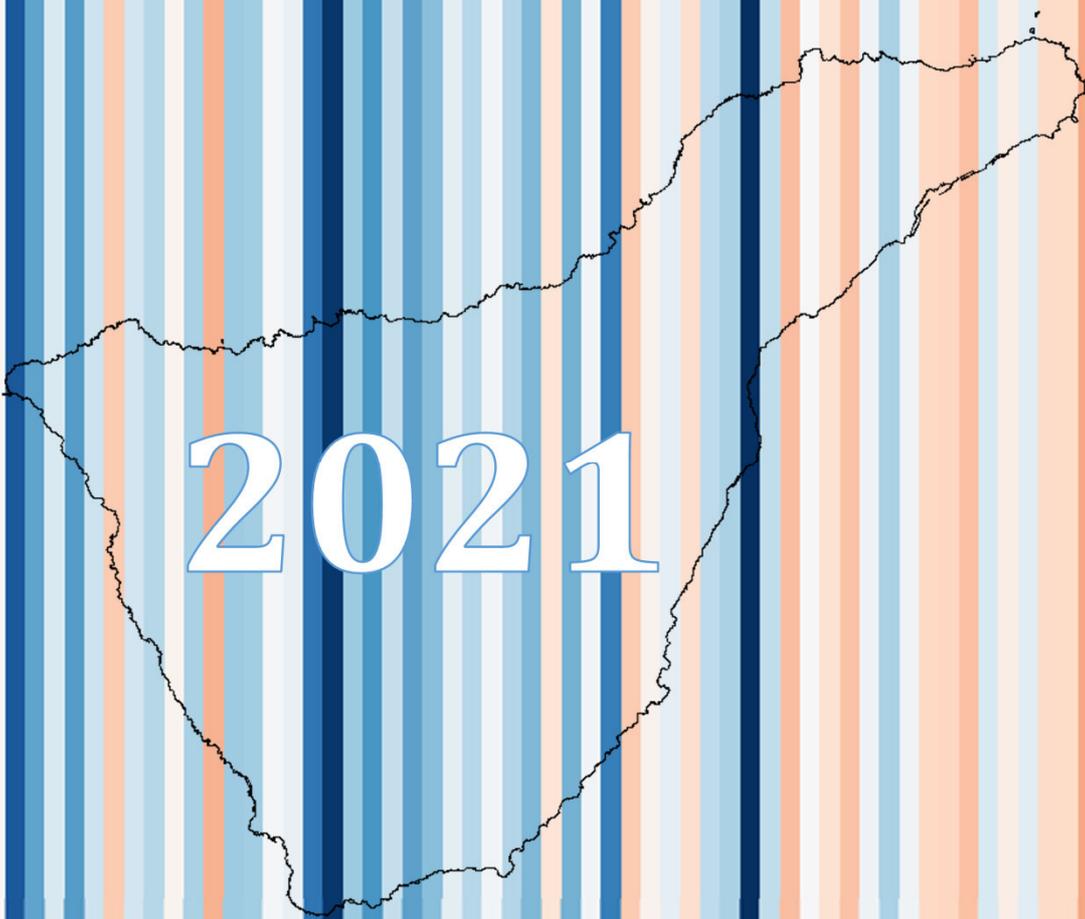
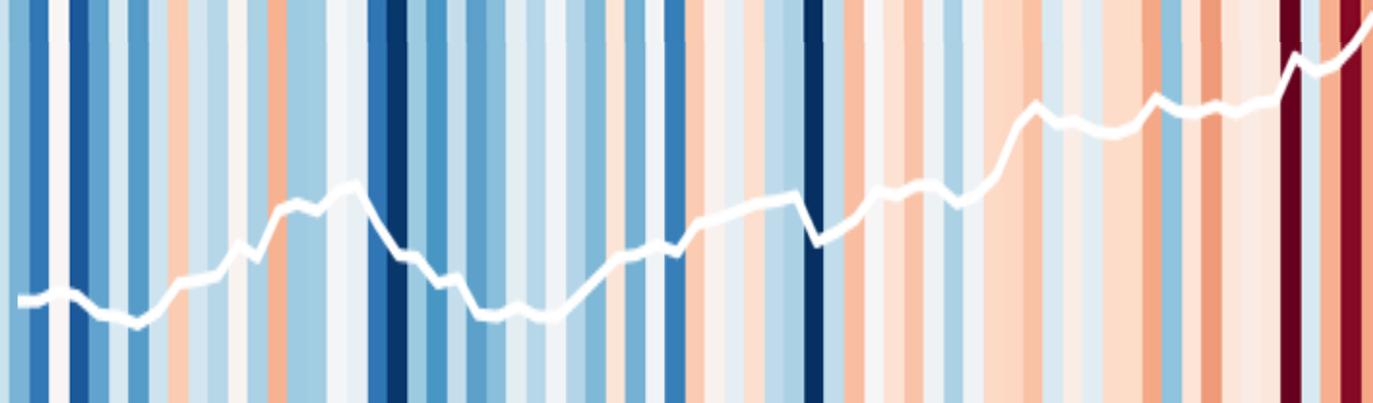


CAMBIO CLIMÁTICO EN TENERIFE 2021

Tatiana Luis Álvarez
José L Martín Esquivel



2021



The image features a background of vertical stripes in various shades of blue, orange, and red. A black outline of the island of Tenerife is centered in the middle. Overlaid on the island is the year '2021' in a large, white, serif font. At the bottom of the image, there is a white line graph with a jagged, fluctuating path, suggesting climate data trends over time.

ÍNDICE TEMÁTICO

RESUMEN EJECUTIVO	7
INTRODUCCIÓN GENERAL	9
Antecedentes	9
Metodología	10
Tablas de datos	11
Gestión de <i>outliers</i>	11
Gestión de <i>gaps</i>	12
Gestión de inhomogeneidades	12
Agrupación de estaciones (periodo base)	13
Ponderación de series	13
Comparación entre periodos	13
Interpolación	14
Guía para la interpretación de las gráficas	14
PARTE I. DATOS OBSERVADOS	21
Cambio climático por años (1944-2021)	23
Temperatura y precipitación	23
Evapotranspiración	26
Cambio climático por estaciones (1944-2021)	27
Isla de Tenerife	27
Cambio climático por meses (1944-2021)	31
Temperatura	31
Isla de Tenerife	31
Las cumbres de Tenerife	36
El norte de Tenerife	38
El sur de Tenerife	40
Precipitación	41
Isla de Tenerife	41
Las cumbres de Tenerife	43
El norte de Tenerife	44
El sur de Tenerife	45
Climogramas	47
PARTE II. DATOS INTERPOLADOS	51
Temperatura y anomalías en 2021	53
Temperatura media	53
Temperatura mínima	54
Temperatura máxima	56
Anomalía de temperatura media en municipios	58
Anomalía de temperatura media en ENP	60
El Parque Nacional del Teide	61
El Parque Rural de Anaga	61
Tendencias de calentamiento 1970-2021	63
La isla de Tenerife	63
Calentamiento en los municipios	64
Calentamiento en los ENP	67
Post scriptum	71
NOTAS FINALES	73

ÍNDICE DE FIGURAS Y LÁMINAS

FIGURAS

Fig. 1. Estaciones utilizadas para el análisis de tendencias de calentamiento	9
Fig. 2. Estaciones utilizadas para el análisis de tendencias de precipitación	10
Fig. 3. Guía para la interpretación de las gráficas de anomalías	15
Fig. 4. Guía para la interpretación de las gráficas de boxplot	16
Fig. 5. Guía para la interpretación de los gráficos de dobles anomalías	17
Fig. 6. Guía para la interpretación de los gráficos de climogramas	18
Fig. 7. Guía para la interpretación de los gráficos <i>warming stripes</i>	19
Fig. 8. Los veinte años más calientes y anomalías	24
Fig. 9. Los veinte años más secos y anomalías	24
Fig. 10. Evolución de la evapotranspiración potencial en Tenerife	26
Fig. 11. <i>Boxplot</i> de precipitación en el periodo base y en 2021 en Tenerife	43
Fig. 12. <i>Boxplot</i> de precipitación en el periodo base y en 2021 en las cumbres	44
Fig. 13. <i>Boxplot</i> de precipitación en el periodo base y en 2021 en el norte	45
Fig. 14. <i>Boxplot</i> de precipitación en el periodo base y en 2021 en el sur	47
Fig. 15. Climogramas del periodo base y de la última década (2012-2021)	49
Fig. 16. Mapa interpolado de temperatura media anual de 2021	53
Fig. 17. Mapa interpolado de anomalías en la temperatura media en 2021	54
Fig. 18. Mapa interpolado de temperatura mínima anual de 2021	55
Fig. 19. Mapa interpolado de anomalías en la temperatura mínima en 2021	56
Fig. 20. Mapa interpolado de temperatura máxima anual de 2021	57
Fig. 21. Mapa interpolado de anomalías en la temperatura máxima en 2021	58
Fig. 22. Mapa de anomalías de la temperatura media anual por municipios	59
Fig. 23. Ranking de anomalías de temperatura en los municipios	59
Fig. 24. Mapa de anomalías de temperatura media anual en los ENP	60
Fig. 25. Mapa de anomalías de 2021 en el Parque Nacional del Teide	61
Fig. 26. Mapa de anomalías de 2021 en el Parque Rural de Anaga	62
Fig. 27. Mapa de confiabilidad y de error estándar de las tendencias	63
Fig. 28. Mapa de tendencias de calentamiento estadísticamente significativas	64
Fig. 29. Mapa de tendencias de calentamiento por municipios	65
Fig. 30. Mapa de tendencias de calentamiento por ENP	66
Fig. 31. Mapa de la evolución de la temperatura media anual en el PN Teide	67
Fig. 32. Mapa de la evolución de la temperatura media anual en el PR Anaga	70

LÁMINAS

Lámina 1. Anomalías de temperatura y precipitación anuales en la isla	25
Lámina 2. Anomalías de temperaturas estacionales en la isla	29
Lámina 3. Anomalías de precipitación estacional en la isla	30
Lámina 4. Anomalías de temperatura mensual en la isla	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Tendencias de calentamiento anual por zonas	22
Tabla II. Tendencias de calentamiento estacional por zonas	27
Tabla III. Anomalías 2021 de temperatura y precipitación por estaciones	28
Tabla IV. Tendencias de calentamiento mensual en la isla	31
Tabla V. Anomalías 2021 de temperatura mensual en la isla	32
Tabla VI. Tendencias de calentamiento mensual en la cumbre	36
Tabla VII. Anomalías 2021 de temperatura mensual en la cumbre	37
Tabla VIII. Tendencias de calentamiento mensual en el norte	38
Tabla IX. Anomalías 2021 de temperatura mensual en el norte	39
Tabla X. Tendencias de calentamiento mensual en el sur	40
Tabla XI. Anomalías 2021 de temperatura mensual en el sur	41
Tabla XII. Tendencias y anomalías de precipitación 2021 en la isla	42
Tabla XIII. Tendencias y anomalías de precipitación 2021 en la cumbre	43
Tabla XIV. Tendencias y anomalías de precipitación 2021 en el norte	45
Tabla XV. Tendencias y anomalías de precipitación 2021 en el sur	46
Tabla XVI. Calentamiento previsible en los ayuntamientos de Tenerife	69

RESUMEN EJECUTIVO

El calentamiento medio en Tenerife entre 1944 y 2021 fue de 0,11 grados por década. La temperatura media anual se elevó en este periodo +0,85 °C, y si la actual tasa de calentamiento se mantiene, seguirá subiendo hasta acumular +1,7 °C en el año 2100. Sin embargo, el calentamiento no está siendo constante y se está acelerando, hasta el punto de que, si en las próximas décadas se mantuviera el ritmo que se aprecia desde 1970, el aumento acumulado de temperatura en 2100 podría llegar a ser de +2,2 °C.

A la par que aumentó la temperatura, las precipitaciones anuales disminuyeron a una tasa de -7,1 litros/m²/década. Desde 1944 hasta la actualidad se han perdido 55 litros por metro cuadrado de lluvia en el acumulado anual de precipitaciones., aproximadamente un 14%. Esta disminución podría llevar duplicarse en 2100 si la tendencia regresiva en las precipitaciones se mantuviera al ritmo actual.

El año 2021 fue el cuarto más cálido y el sexto más seco de toda la serie analizada, y representa el tercer año consecutivo donde las temperaturas y las precipitaciones sobrepasan lo que podría considerarse su variabilidad natural, en el primer caso por exceso y en el segundo por defecto. El clima en Tenerife se está volviendo cada vez más seco y cálido, y su evapotranspiración potencial es cada vez mayor, hasta el punto de que en 2021 tuvo el tercer registro más alto de toda la serie.

El calentamiento está siendo esencialmente nocturno, y se concentró sobre todo en las cumbres y en primavera y otoño. Los registros en las Cañadas del Teide de la temperatura media en primavera son realmente alarmantes, pues muestran una tendencia que de mantenerse podría hacer subir la temperatura en 2100 hasta cinco grados más que la que había en el año 1970. Las lluvias en la cumbre también decayeron y con este año de 2021 van ya siete años continuados donde llueve mucho menos de lo normal.

Los meses de mayo y octubre son los que registraron un mayor incremento de la temperatura. De hecho, la temperatura de octubre fue la tercera más alta de este mes en todos los registros. En las cumbres de la isla fue la segunda más alta.

Solo seis municipios de la isla registraron anomalías negativas y en todos los demás -esta fue positiva. Los municipios de Vilaflor y Puerto de la Cruz son los que registraron la anomalía térmica más alta en 2021, aproximadamente +1,5 grados por encima de lo normal, mientras que los Silos tuvo la anomalía más baja, aproximadamente -0,76 grados. Sin embargo, la mayor tendencia de calentamiento se concentró en La Orotava (probablemente porque una parte significativa de este municipio abarca las cumbres de la isla), seguida de La Guancha, Icod de los Vinos y San Juan de la rambla. El municipio con menor tasa de calentamiento fue El Sauzal.

El Parque Nacional del Teide es el espacio donde se registró la anomalía de temperatura más alta en 2021, y dentro del él, el Monumento natural del Teide. Esto no sorprende, pues este espacio sumital muestra la mayor tasa de calentamiento de todos los espacios naturales protegidos de Tenerife. La anomalía de temperatura más baja estuvo en tres espacios del noroeste de la isla: -0,65 °C en el Roque de Garachico, -0,51 °C en los Acantilados de la Culata y -0,40 °C en el Parque Rural de Teno.

INTRODUCCIÓN GENERAL

ANTECEDENTES

El cambio climático es un fenómeno global que tiene reflejo a nivel regional en Canarias y también a nivel local en Tenerife. La primera vez que se evaluó en esta isla fue en 2010 y nos permitió (junto a los doctores Emilio Cuevas y Jose Bethencourt) detectar un calentamiento medio entre 1944 y 2010 de casi una décima de grado por década ($0,09 \pm 0,04$ °C/década)¹. Desde entonces sólo consta una medición cinco años más tarde en un trabajo de colaboración con la profesora M^a Jose Pérez², donde dicho calentamiento fue por entonces justo una décima de grado por década ($0,1 \pm 0,04$ °C/década). Esta última evaluación utilizó exactamente la misma metodología que en 2010, de modo que denota que el calentamiento se está acelerando.

En cuanto a las precipitaciones, hay varios trabajos que han analizado como ha ido evolucionando esta variable climática en algunas estaciones concretas de la isla³, mostrando en unos casos tendencias positivas, en otros, tendencias negativas y en la mayoría, falta de tendencia estadísticamente significativa. No hay ningún estudio global para toda la isla aplicando métodos de ponderación espacial de estaciones y menos con técnicas geoestadísticas como se ha hecho con la temperatura.

Por estos motivos es importante volver a evaluar el calentamiento con el mismo método y con los datos nuevos de los últimos años, para determinar si la senda de aumento de la temperatura continúa a igual o mayor ritmo que en 2015. De mismo modo procede un análisis similar de la precipitación, porque es también un efecto colateral del calentamiento en si mismo. La principal diferencia entre 2010 y la actualidad es que por entonces la concentración de CO₂ en la atmósfera no llegaba a las 400 ppm (=partes por millón), mientras que en la actualidad es ya de 419,7 ppm según registro en mayo de 2022 en el Observatorio meteorológico de Izaña.

Tenerife es una isla privilegiada para este tipo de análisis, pues cuenta con abundantes estaciones meteorológicas distribuidas por casi toda su geografía; de hecho, esta isla, junto a Gran Canaria y La Palma, son las únicas donde hay datos suficientes para evaluar el calentamiento con la misma metodología utilizada aquí.

Sin embargo, los datos brutos de las estaciones meteorológicas a menudo están plagados de sesgos o errores, resultado de las variadas vicisitudes que les afectan a lo largo de los años, tales como crecimiento de la vegetación circundante, cambio de aparatos de precisión, accidentes, urbanización del entorno, etc. Esto obliga a una selección cuidadosa de las estaciones y, en todo caso, a un análisis previo de los datos para corregir dichos errores/sesgos cuando fuera posible. Dicho proceso se denomina “homogeneización” y es un proceso laborioso y esencial, previo a cualquier análisis de datos. Por ejemplo, la estación meteorológica de la estación del aeropuerto de los Rodeos se trasladó a finales de la década de los setenta desde el extremo norte de la pista al extremo sur, con el consiguiente efecto en las

mediciones termométricas que, de repente, registraron un aumento considerable de la temperatura, ajeno al calentamiento climático en sí mismo. Este es el tipo de sesgo que debe detectarse en la homogeneización.

En todo caso la homogeneización se hace desde el pasado hacia el presente, de modo que el hecho de disponer de un análisis previo hasta 2010 en el caso de las temperaturas permite, simplemente añadiendo los datos de los años recientes, disponer de una serie completa de las diferentes estaciones corregida y actualizada. Para las precipitaciones hay también una homogeneización previa realizada por la antigua Agencia de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el marco del proyecto europeo Climaimpacto⁴.

Se ha planteado como objetivo esencial evaluar el cambio climático en 2021, tanto en lo concerniente a la evolución de la temperatura como de la precipitación, a partir de los datos de las estaciones meteorológicas con series previamente homogeneizadas y con un mantenimiento y calibrado aceptable como son las de la Agencia estatal de Meteorología (=Aemet). También se han calculado algunos índices que combinan temperatura y precipitación, tales como la evapotranspiración potencial, porque son útiles para entender como el cambio climático puede estar afectando a los recursos naturales, los recursos agrícolas y al hombre en general.

En una segunda parte se analiza el calentamiento a partir de mapas interpolados obtenidos a partir de los mismos registros de las estaciones meteorológicas, pero solo de la temperatura. Este método, experimental en su día pero que ya se va asentando como un estándar⁵, permite calcular el calentamiento en zonas donde no hay sensores térmicos cercanos. De hecho, aporta una información exhaustiva que va más allá de la información de los lugares donde se ubican las estaciones hasta obtener datos temporales de cada una de las 80.000 celdas de 50 m de lado que componen la isla de Tenerife. El estudio cartográfico se centra, por ahora, solo en los registros de temperatura, de modo que representa un análisis propiamente dicho del calentamiento climático, no del cambio climático en toda su magnitud, pues para ello tendría que incorporar también una evaluación en el tiempo de la precipitación.

METODOLOGIA

El análisis de las series de temperatura y precipitación consta de siete fases: 1) obtener tablas de datos, 2) gestionar “outliers”, 3) gestionar “gaps”, 4) gestionar inhomogeneidades, 5) agrupar estaciones, 6) ponderar series, 7) comparar entre periodos, y 8) interpolar datos.

Las siete primeras fases se desarrollaron con datos observados, pero la última se basó en técnicas geoestadísticas provenientes de los datos observados con las estaciones meteorológicas. El desarrollo de cada una de estas fases se detalla a continuación.

1). Tablas de datos.

Lo primero es seleccionar estaciones que reúnan requisitos de precisión, ubicación y calidad de los datos según los criterios del programa GCOS⁶ (*Global Climate Observing System*) que mantiene la Organización Mundial de Meteorología para el seguimiento del cambio climático. Los datos de estas estaciones suelen estar en formato diez-minutal, de modo que deben transformarse en valores máximos y mínimos horarios primero, mensuales después y anuales finalmente. Se descartan los meses donde no exista registros diarios de al menos el 90% de los días.

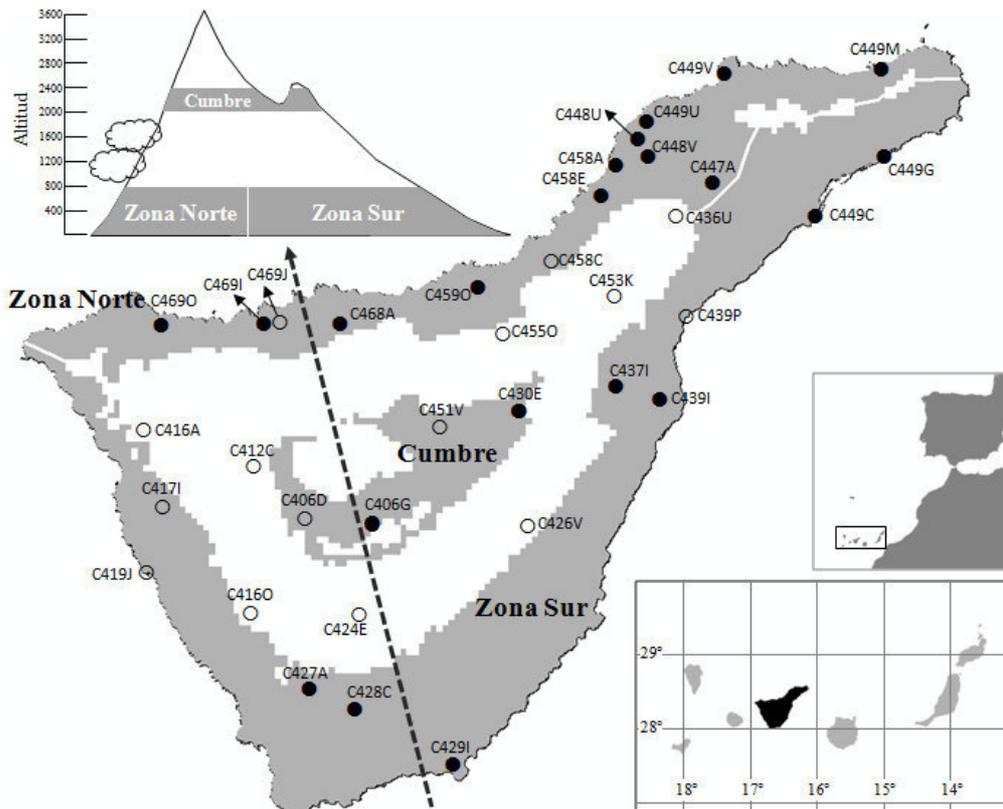


Fig. 1. Estaciones utilizadas para el análisis de tendencias de calentamiento (círculos negros) en los sectores indicados. Los círculos blancos son estaciones no incluidas en el cálculo de tendencia que se utilizaron para fijar correlaciones.

2). Gestión de *outliers*

A continuación se calculan los valores de desviación estándar y rango intercuartílico de cada mes, para el conjunto de años disponibles y se declaran *outliers* a los registros mensuales cuyo valor exceda de 1,5 o 3 veces la desviación estándar o el rango intercuartílico propio del mes en curso. Los primeros se consideran "*outliers* atípicos" e intentan corregirse, mientras que los segundos se declaran "*outliers* extremos" y simplemente se borran, convirtiendo el registro en un "*gap*" (ver más adelante qué hacer con los *gaps*). Para la corrección de los *outliers* atípicos, se buscan series climáticas de otras estaciones que se puedan correlacionar bien con la estación objeto de análisis mediante un test de Spearman/Pearson dependiendo de la normalidad de los datos ($>0,7$) y se hace la

oportuna interpolación. Si no hubiera estaciones correlacionadas, el dato se trata como un gap.

3). Gestión de gaps

Los gaps son meses en los cuales no hay datos observados. A veces es posible deducir el dato por métodos indirectos a partir de la comparación con otras estaciones correlacionadas, en primer lugar, y a partir de la media de los cinco años anteriores y los cinco años posteriores en caso de ausencia de correlación. Cuando ninguno de los dos métodos es posible, por ejemplo, porque hay otros gaps cercanos en el tiempo, el mes se queda sin dato y se anota como NA o -999 (*not available*).

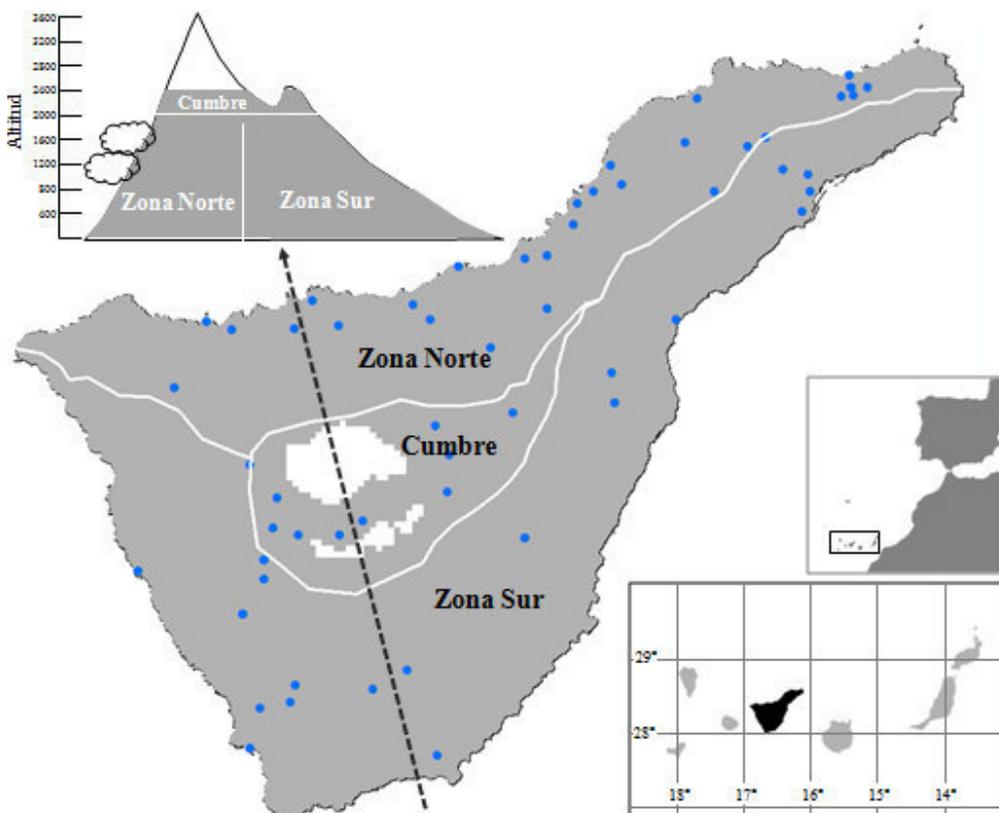


Fig. 2. Estaciones utilizadas para el análisis de tendencias de precipitación a partir de las mediciones directas homogeneizadas de las estaciones meteorológicas existentes (círculos azules).

4). Gestión de inhomogeneidades

Las inhomogeneidades se pueden detectar con programas informáticos al uso, tal como *Anclim*⁷, o con paquetes informáticos programables en lenguaje r, tal como *Climato*⁸. No obstante, hay abundante software disponible para ello. En este caso se utilizaron los índices estadísticos SNHT⁹ (*Standar Normal Homogeneity test*) y de Petit (para datos no normalizados) para detectar inhomogeneidades en las series, las cuales fueron luego corregidas mediante comparación con otras series

correlacionadas (homogenización relativa) o, en su ausencia, con cambios graduales hasta que la inhomogeneidad desaparecía (homogenización absoluta). Al final se aplicaba un test de Levenne¹⁰ para determinar las diferencias posibles con la serie original. Los datos de precipitación fueron homogenizados con Climatol, de modo que algunos de los procesos descritos pudieron ser automatizados a fin de facilitar el trabajo¹¹.

5). Agrupación de estaciones (periodo base)

Las estaciones se agruparon por bandas altitudinales de 400 m restando a cada serie el valor promedio del conjunto de todas las series de la misma banda altitudinal en el periodo 1970-1999, en el caso de la temperatura, o el valor de la mediana del conjunto de todas las series de la misma banda altitudinal en el periodo 1970-1999, en el caso de la precipitación. De esta forma las series de temperaturas/precipitación se transformarán en series de anomalías con respecto al periodo base de referencia de 1970-1999. Una vez hecho este ajuste, se calculaba la media (en temperaturas) o la mediana (en precipitación) de cada año, a partir de los datos provenientes de cada estación. Este método puede conllevar desajustes temporales en la varianza de la serie final por lo que se aplicó la corrección estadística de Osborn¹² para un ajuste último. Aun así, los análisis se hicieron solo desde 1944 en adelante, debido a la escasez de estaciones antes de esta fecha (<4). Los datos de Tenerife permitieron encontrar suficientes estaciones para tres sectores bien definidos 1) la banda norte entre los 0 y los 800 m de altitud, 2) la banda Sur entre los 0 y los 800 m de altitud y la banda de cumbre entre los 2000 y los 2400 m de altitud. En el resto, la ausencia de estaciones impidió una evaluación local, lo cual fue compensado con las interpolaciones desarrolladas en la segunda parte de este trabajo.

6). Ponderación de series

Las series por bandas altitudinales así obtenidas fueron luego promediadas de forma ponderada, es decir dándole a cada una un peso proporcional a la superficie de la banda en que se encontraban. Luego, se aplica de nuevo el ajuste de varianza de Osborn sobre el aglutinado de las series de datos obtenidas para cada banda, y se calcula la regresión lineal de la nueva serie aglutinada, y la correlación con los años mediante el test de rangos de Spearman. El intervalo de confianza de la pendiente de la recta, que es la tendencia de calentamiento, y la significación estadística del ajuste a la recta se obtiene después corregir la autocorrelación temporal mediante el test de Santer¹³.

7). Comparación entre periodos

Las comparaciones entre el periodo base y otras agrupaciones de años se hicieron mediante inferencia estadística. Los valores de los dos periodos de comparación se ajustaron a una de las cinco curvas posibles (Exponencial, lognormal, Gamma, Weibull, Gumbell) mediante el test de Kolmogorof-Smirnoff y el Criterio de información de Akaike (AIC), y a continuación se calcularon las diferencias entre la mediana. No se utilizó la media porque no siempre se comparaban series de

distribución normal, y en estos casos la mediana (percentil 50) es más informativa. Además, cuando los datos tienen distribución normal, media y mediana coinciden.

8) Interpolación

Los mapas interpolados se obtuvieron a partir de la información de cada estación meteorológica para cada mes y cada año. La abundancia de estaciones disminuyó a medida que nos adentramos en el pasado, y hay un número mínimo (6) por debajo del cual es imposible obtener mapas de suficiente calidad, de modo que este tipo de análisis sólo se hizo desde 1975 en adelante. Se obtuvieron mapas para las máximas, las mínimas y las medias de 12 meses durante 46 años, lo cual representa un total de 1.656 mapas interpolados a alta resolución, más otros 138 mapas anuales de medias, máximas y mínimas en cada año.

Las interpolaciones se hicieron a partir de una regresión múltiple con un modelo digital del terreno de cuadrículas de 50 m de lado, la Longitud y la Latitud, a la que se le sumo el mapa interpolado mediante IDW de los residuos de la regresión, según se detalla de forma más precisa en Ninyerola et al (2000)¹⁴.

Una vez obtenidos los mapas de esta forma, se extrajo la serie de datos de cada punto de la isla con una resolución máxima de 50 m y se aplicó el mismo método de obtención de tendencias explicado anteriormente. Todo el proceso se automatizó mediante programación informática en R a partir de dos programas específicos desarrollados por el autor en este mismo lenguaje: Teide1715 y TeideMapa.

GUIA PARA LA INTERPRETACION DE LAS GRAFICAS

Gráficas de anomalías

El método internacionalmente aceptado de representar la evolución de la temperatura (o la precipitación) es mediante las gráficas de anomalías. En ellas una serie de barras parte de una línea que se corresponde con la temperatura media en el periodo de referencia (se le asigna valor cero), de modo que las barras por encima de la línea serán años cálidos, donde la temperatura fue mayor que la del periodo base (se representa en rojo), y las barras por debajo de la línea serán años fríos, donde la temperatura fue menor que en el periodo base. Los extremos de todas las barras indican cuanto mayor o cuanto menor fue dicha temperatura. En la fig. 3 se puede observar cómo en los años recientes abundan las barras rojas y en el antiguo las azules, lo cual denota que se está produciendo un calentamiento. Hay dos maneras de visualizar este calentamiento, a través de la recta de regresión lineal, que es un procedimiento matemático para ajustar a una recta los valores de anomalías de todos los años, o con la media móvil (línea naranja) donde cada punto de la curva representada se corresponde con el promedio justo de los diez años inmediatamente anteriores. Por este motivo la curva no comienza en el primer año del análisis (1944), sino diez años más tarde.

Es la pendiente de la recta negra representada abajo, indica la tasa de cambio de la anomalía en grados por década. Si es positivo hay calentamiento y si negativo hay enfriamiento. En este caso es +0,11 grados por década. Cuando se multiplica por diez equivale a grados por siglo. El siguiente valor es la incertidumbre. El número completo se lee como: 1,1 grados por siglo mas menos 2 décimas de grado

Los asteriscos indican el grado de confianza de la evaluación: * es 95%, ** es 99% y *** es 99,9%

ds es la desviación estándar. El intervalo entre +ds y -ds define el rango de anomalía que sería normal dentro de la natural variabilidad del clima. Cuando la barra roja excede de +ds o la azul es menor que -ds, la temperatura ese año se salió de la variabilidad normal de la serie

Valor de correlación entre las anomalías y los años. Este valor indica en qué cantidad el tiempo (los años) explican la tendencia observada. En este caso fue 34,3%, es decir, el paso de los años explica el aumento de la temperatura en un 34,3%. El restante 65,7% obedecería a otras causas

Periodo base para definir la temperatura normal. Es la media entre 1970 y 1999. Cuando en un año cualquiera la temperatura fue mayor que la del periodo base, se dice que fue un año caliente con anomalía positiva, y la barra se muestra en rojo. En caso contrario es un año frío y la barra se representa en azul

La última década mas reciente

Las barras rojas son anomalías en años calientes, donde la temperatura fue mayor que en el periodo base. Este año de 2017, es el más caliente registrado hasta ahora. El valor indica que la temperatura en 2017 fue 1,34 grados más alta que la media entre 1970-1999 (periodo base)

Escala de anomalías. La anomalía es la diferencia entre la temperatura media observada y la temperatura media en el periodo base (1979-1999). Es decir, cuánto de "anómalo" es la temperatura media de un año concreto.

Las barras azules son las anomalías negativas propias de años fríos. La temperatura fue más baja que la del periodo base (media 1970-1999). Esta anomalía de 1993 se corresponde con el año más frío registrado en la serie

Línea recta negra. Representa la regresión lineal de mínimos cuadrados. Un método matemático para ajustar a una recta los valores de las anomalías de cada año (barras rojas y azules). Cuando es discontinua significa que la regresión carece de significación desde el punto de vista estadístico (confiabilidad < 95%)

Curva naranja. Representa la llamada media móvil de factor 10. Cada punto de esta curva es la media de los 10 años anteriores. Por ejemplo, el valor señalado de 2018 se corresponde con la media de anomalías entre 2009 y 2018

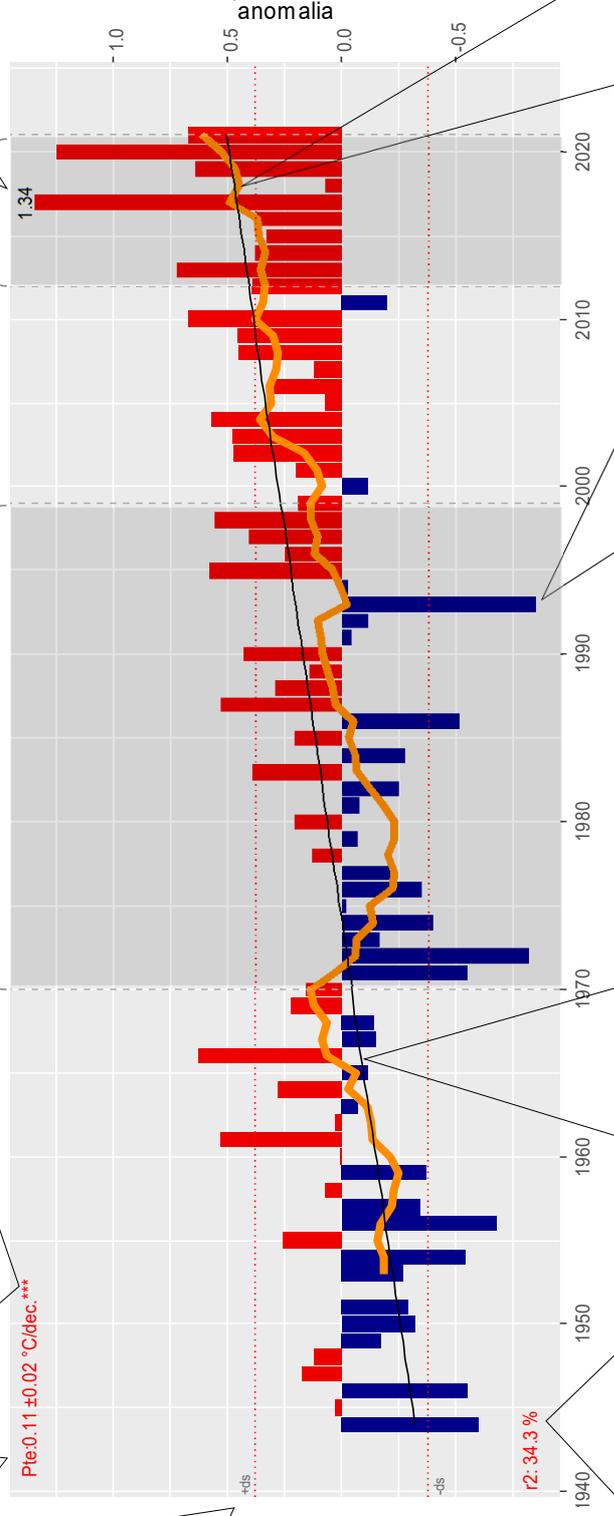


Fig. 3. Guía para la interpretación de las gráficas de anomalías en este trabajo

Cuando lo que se representa es la evolución de la precipitación, los colores no son rojos o azules, sino azul turquesa para los años más lluviosos donde la precipitación fue superior a la del periodo base, y marrón para los años secos, donde llovió menos que en el periodo base.

Gráficas “boxplot”

El grafico de boxplot es una manera de representar lo datos en función de los cuartiles. Se utiliza en este caso para mostrar cómo fueron las precipitaciones en 2021 en distintos sectores de la isla.

Los datos se agrupan en cuatro cuartiles. El primer cuartil agrupa el primer 25% de los datos, el segundo cuartil los siguientes 25% de datos, es decir del 25% al 50% (el 50% coincide con la mediana), el tercer cuartil los siguientes 25% de datos, es decir del 50% al 75%, y el cuarto cuartil los últimos 25% de datos, es decir del 75% al 100% restante. Esta gráfica ayuda a detectar tendencias en función de la longitud del primer y el cuarto cuartil.

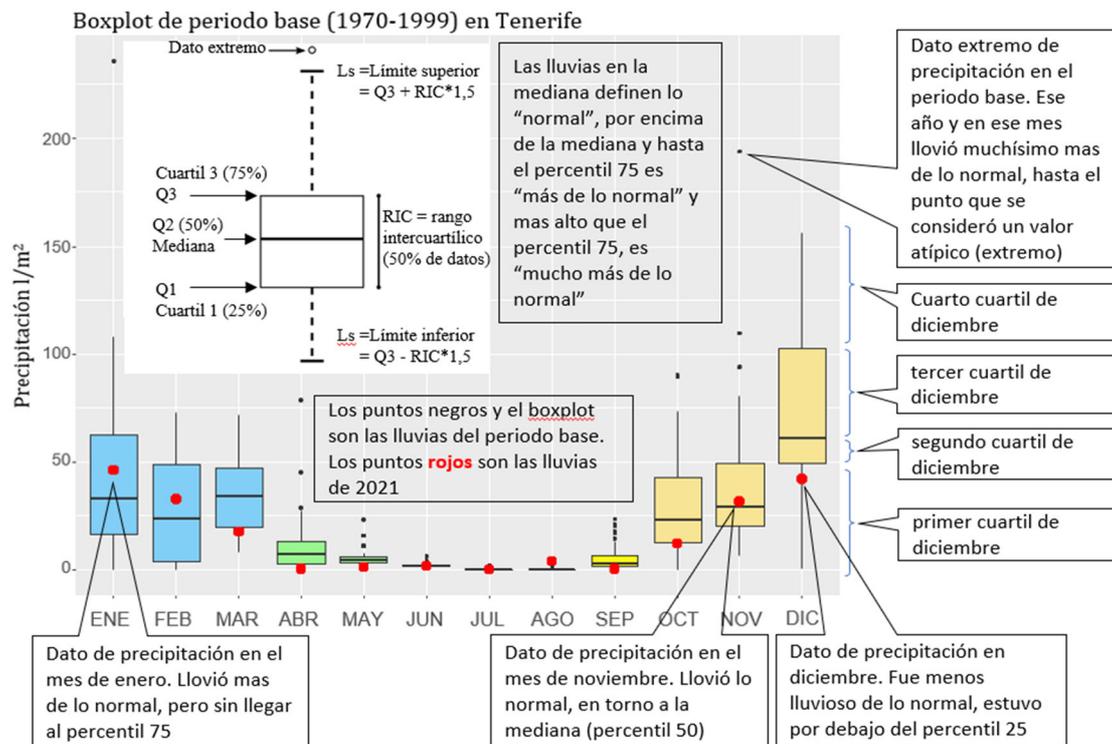


Fig. 4 Guía para la interpretación de las gráficas de boxplot de este trabajo

El punto rojo es el valor asignado para cada mes del año 2021- según se ubique dentro o fuera de la zona coloreada habrá sido un valor “normal” o “anormal” y si está por encima sería “más alto de lo normal” y si por debajo “más bajo de lo normal”.

Gráficos de doble anomalías

Los gráficos de doble anomalía sintetizan los cambios en la temperatura y la precipitación conjuntamente, fueron elaborados a partir de una idea original del Profesor Dominic Royé de la Universidad de Santiago de Compostela. Permiten

visualizar como el clima está cambiando desde húmedo y frío (cuadrante inferior izquierdo) a seco y cálido (cuadrante superior derecho). Los años desde 2000 en adelante se representan en círculos rojos y la mayoría se localizan en el cuadrante seco-cálido.

Los ejes de esta gráfica son: en ordenadas, las anomalías de temperatura en grados Celsius, y en abcisas, las anomalías de precipitación en tanto por ciento con respecto al periodo base. Cada año puede tener valores positivos o negativos de temperatura y precipitación, dependiendo de si la anomalía es positiva o negativa tomando siempre como referente la media de los treinta años del periodo entre 1970 y 1999.

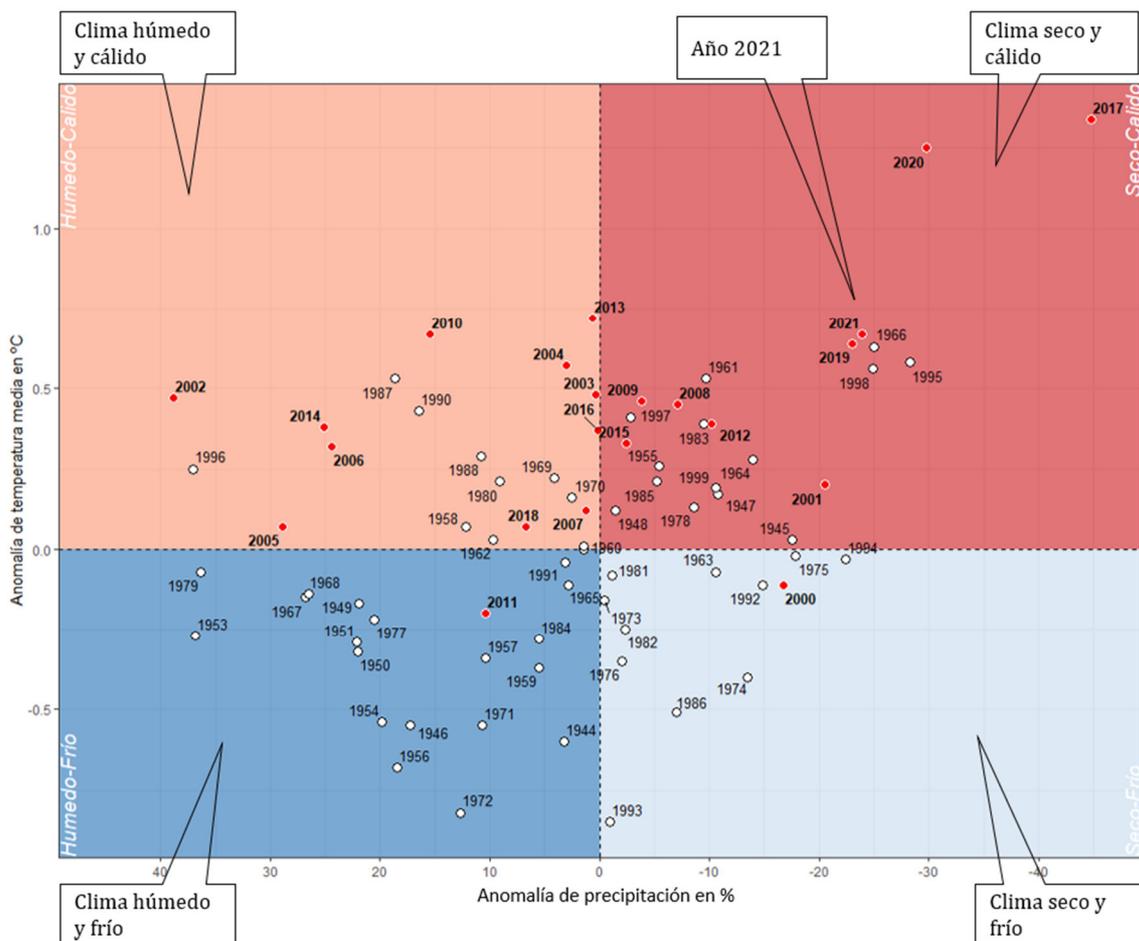


Fig. 5. Guía para la interpretación de los gráficos de dobles anomalías en este trabajo

Gráficos de climogramas

Los climogramas son gráficos con dos ejes de ordenadas, donde se representan simultáneamente la temperatura, eje de ordenadas derecho, y la precipitación, eje de ordenadas izquierdo. Las abcisas se corresponde con los doce meses. El rango de variación del eje de temperaturas es siempre la mitad del de las precipitaciones, lo cual permite comparar unos años con otros en función de si la temperatura aparece representada por encima o por debajo de la precipitación en cada mes. Un mes donde la precipitación está por debajo de la temperatura en la gráfica

correspondiente, es un año seco (normalmente julio, agosto y septiembre, pero a veces también junio u octubre), mientras que al contrario, si la temperatura cae en la gráfica por debajo de la precipitación, estaríamos ante un mes lluvioso (por lo general noviembre, diciembre, enero y febrero, pero hay excepciones).

El climograma se representa en este trabajo de forma doble. A la izquierda correspondiéndose con la media de los treinta años del periodo base de referencia, y a la derecha solo con los 10 años de la última década, en este caso el período 2012-2021. Los números rojos en este último caso no se refieren a los valores medidos de temperatura y precipitación de cada mes, sino a la cantidad de grados (temperatura) o litros/m² (en caso de precipitación) que variaron la temperatura y precipitación respectivamente en cada mes con respecto al periodo base (la gráfica de la izquierda).

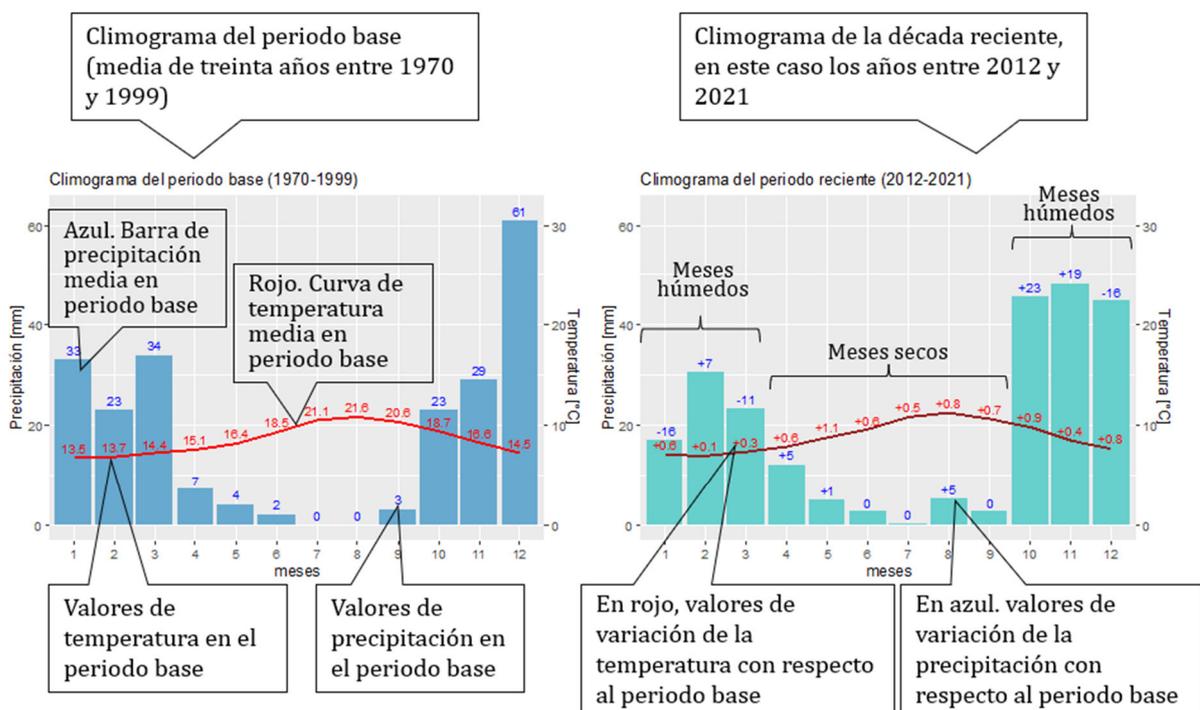


Fig. 6. Guía para la interpretación de los gráficos de climograma

Gráficos Warming-stripes

Los códigos de barras del calentamiento fueron ideados por el Profesor Ed Hawkins (Universidad de Reading). Se han elaborado prácticamente para todo el mundo. Estos gráficos están diseñados específicamente para ser lo más simples posible y para iniciar conversaciones sobre nuestro mundo que se calienta y los riesgos del cambio climático. Existen numerosas fuentes de información que brindan detalles más específicos sobre cómo han cambiado las temperaturas, por lo que estos gráficos llenan un vacío y permiten la comunicación con el mínimo conocimiento científico requerido para comprender su significado.

Estos gráficos son representaciones visuales ordenadas cronológicamente del cambio de la temperatura entre 1944 y 2021. Cada franja o barra representa la temperatura promediada o precipitación acumulada de Tenerife en cada año.

Para las mediciones de temperatura las franjas pasan de ser principalmente azules en los años fríos a rojo en los años calientes, lo que ilustra el aumento de las temperaturas promedio en ese país. Cuando hay un calentamiento evidente las barras a la izquierda, que se corresponden con los años más antiguos (en este caso desde 1944) suelen ser azules, y las barras a la derecha, que se corresponde con los años calientes (hasta 2021) suelen ser rojo intenso, cuanto más oscuro más caliente. Se ha superpuesto en blanco la curva de la anomalía móvil de 10 años de las gráficas la lámina 1.

Se han utilizado ampliamente como icono de difusión del cambio climático, en revistas, ropa, edificios, murales, programas de televisión, conciertos, etc., (ver una muestra en <https://www.climate-lab-book.ac.uk/warming-stripes/>)

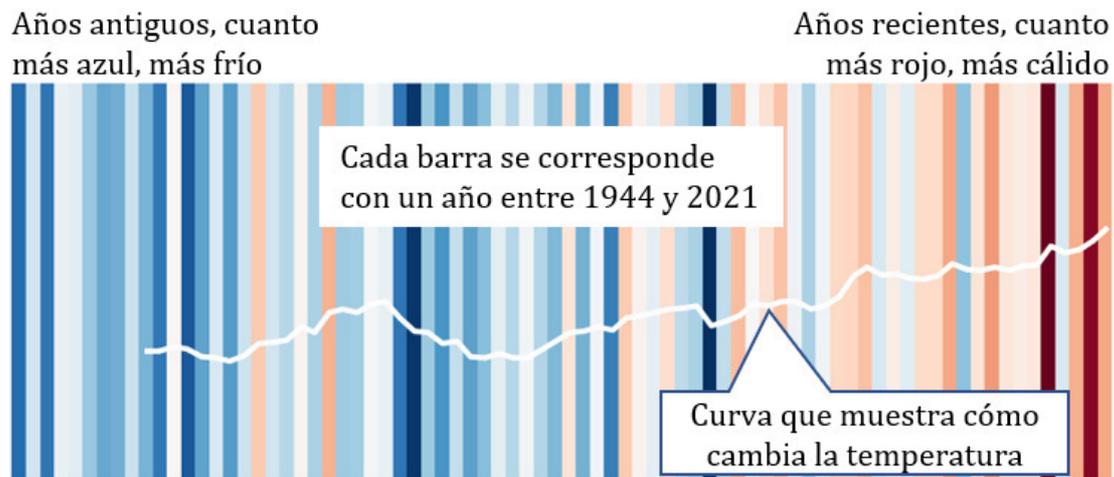


Fig. 7. Guía para la interpretación de las gráficas “Warming stripes” (códigos de barra del cambio climático).

PARTE I.

DATOS OBSERVADOS



CAMBIO CLIMÁTICO POR AÑOS (1944-2021)

Temperatura y precipitación

El calentamiento medio en Tenerife entre 1944 y 2021 ha sido de poco más de una décima de grado por década ($0,11 \pm 0,02$ °C/década), lo cual representa una aceleración con respecto a la tasa de calentamiento registrada en 2015. Este ritmo de calentamiento supone que la temperatura de la isla ha subido $+0,85$ °C desde 1944 hasta la actualidad. Si esta tendencia se mantuviera constante las próximas décadas, la temperatura seguiría subiendo y en 2100 podría ser $+0,87$ °C mas alta que en la actualidad, lo cual significaría que el calentamiento acumulado entre 1944 y 2011 sería de $+1,72$ °C.

Realmente la citada aceleración comenzó en los años setenta, de forma que si restringimos el rango de análisis al periodo entre 1970 y la actualidad, las últimas décadas han registrado un calentamiento que es casi el doble: prácticamente dos décimas de grado por década (de $0,19 \pm 0,04$ °C/década). Si esta tendencia acelerada prosigue la temperatura en 2100 podría ser $+1,5$ °C más alta que en la actualidad, y el calentamiento acumulado desde 1944 sería entonces $+2,35$ °C,

Tabla I. Tendencias de calentamiento anual y r^2 (porcentaje explicativo) en temperaturas media, máxima y mínima. Solo se muestran valores que son significativos estadísticamente ($\alpha > 0,95$)

		Temperatura media	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Rango térmico
ISLA	°C/década	$0,11 \pm 0,02$	n.s.	$0,17 \pm 0,02$	$-0,11 \pm 0,02$
1944-2021	r^2	34,3%		57,5%	53,4%
ISLA	°C/década	$0,19 \pm 0,04$	$0,14 \pm 0,04$	$0,23 \pm 0,05$	$-0,09 \pm 0,03$
1970-2021	r^2	41,3%	17,2%	51,8%	23,4%
Norte	°C/década	$0,08 \pm 0,02$	n.s.	$0,17 \pm 0,02$	$-0,14 \pm 0,04$
1944-2021	r^2	24,7%		50,7%	40,7%
Norte	°C/década	$0,13 \pm 0,04$	n.s.	$0,21 \pm 0,07$	$-0,15 \pm 0,07$
1970-2021	r^2	28,3%		38,7%	16,2%
Sur	°C/década	$0,09 \pm 0,03$	n.s.	$0,14 \pm 0,03$	$-0,07 \pm 0,03$
1944-2021	r^2	24,2%		40,1%	19,2%
Sur	°C/década	$0,17 \pm 0,06$	$0,16 \pm 0,08$	$0,17 \pm 0,05$	n.s.
1970-2021	r^2	29,5%	14,6%	27,3%	
Cumbre	°C/década	$0,17 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,04$	$0,24 \pm 0,04$	$-0,11 \pm 0,04$
1944-2021	r^2	30,6%	11,9%	51,5%	19,0%
Cumbre	°C/década	$0,31 \pm 0,06$	$0,26 \pm 0,06$	$0,37 \pm 0,08$	n.s.
1970-2021	r^2	44,0%	30,5%	52,6%	

"n.s": no significativa desde el punto de vista estadístico (p.val >0,05)

Este calentamiento no ha sido homogéneo en toda la isla, sino que es más acusado en la cumbre que en las zonas bajas por debajo del mar de nubes. Así, la banda altitudinal entre los 2000 y los 2400 m correspondiente a las Cañadas del Teide se ha calentado a un ritmo de $0,17 \pm 0,03$ °C/década, mientras que la banda de ochocientos metros de altitud más cercana a la costa hizo a $0,08-0,09$ °C/década. Sobresale de forma muy notable el acusado calentamiento en las cumbres entre los 2000 y los 2400 m a.s.l. desde 1970 en adelante ($0,31 \pm 0,06$ °C/década), pues denota una fuerte aceleración hasta alcanzar las tres décimas de grado por década. En esta zona la temperatura se ha elevado $1,53$ °C desde 1970.

El año 2021 fue el CUARTO año más caliente de todos los registros, con una anomalía térmica de +0,67 °C. Por el momento, el año que ostenta el récord de más caliente sigue siendo 2017 (+1,34 °C), seguido de 2020 (+1,25) y 2013 (+0,72 °C).

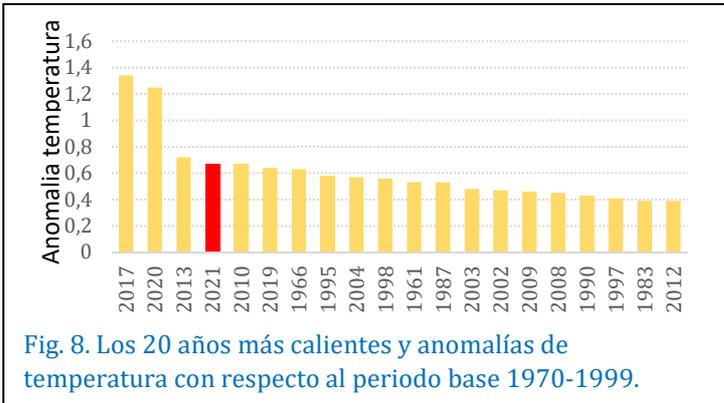


Fig. 8. Los 20 años más calientes y anomalías de temperatura con respecto al periodo base 1970-1999.

El año 2010 tuvo exactamente la misma anomalía que 2021, de modo que comparte el cuarto lugar en el ranking

Con este año de 2021, ya van 10 los años seguidos en que la temperatura ha sido más cálida de lo normal (periodo 1970-1999).

Nótese que seis de los diez años más calientes registrados se han sucedido en lo que va de siglo (fig. 8), lo cual es congruente con la mencionada aceleración en el calentamiento de las últimas décadas.

La disminución media de la precipitación en Tenerife entre 1944 y 2021 ha sido de unos siete litros por década (-7,1 ±4,1/m²/década, r²= 7,4%). Es decir, la precipitación ha descendido 55 litros/m² desde 1944, aproximadamente un 14% (±9%). Con 2021 ya van tres años seguidos lloviendo mucho menos de lo normal.

La tendencia decreciente de las lluvias no fue estadísticamente significativa en el norte de la isla pero sí en el sur, donde registró una caída media de casi nueve litros por década (-8,8 ±5,3 l/m²/década, r²= 14,5%), y sobre todo en la cumbre,

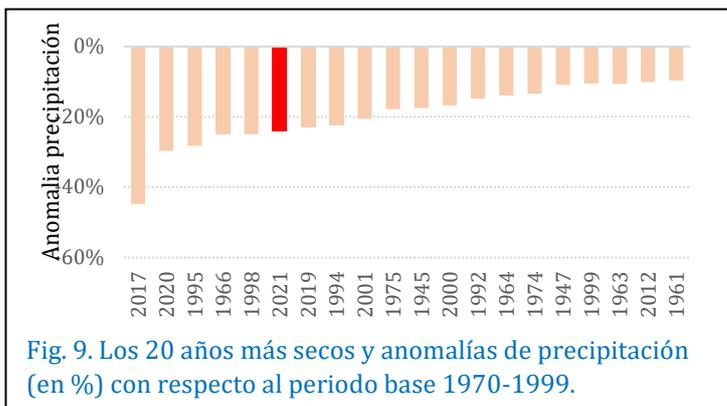


Fig. 9. Los 20 años más secos y anomalías de precipitación (en %) con respecto al periodo base 1970-1999.

donde la disminución fue de unos doce litros por década (-12,19 ±8,3 l/m²/década, r²= 9,7%). La pérdida porcentual de precipitación desde 1944 ha sido del 24% (±18%) en el Sur y del 29% (±18%) en las cumbres

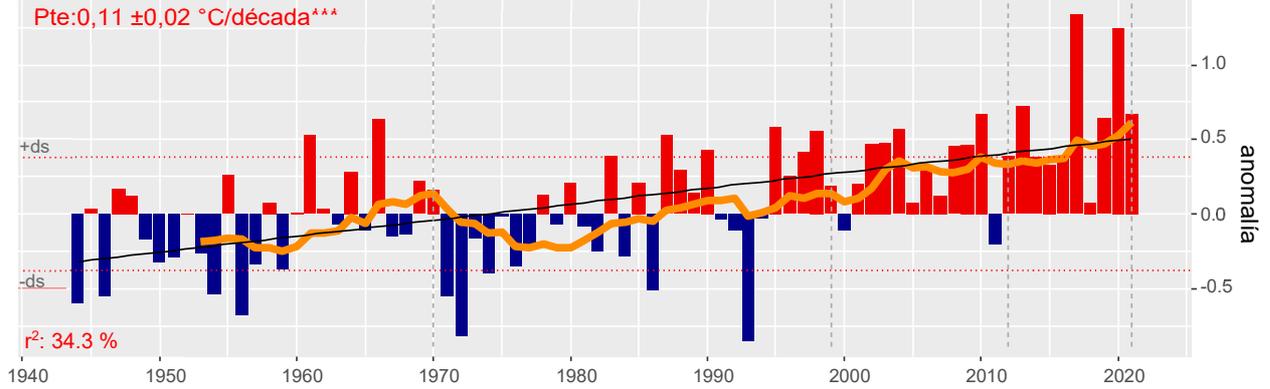
El año 2021 fue en el conjunto de la isla el SEXTO

más seco desde 1944, con una anomalía de -95,5 l/m² equivalente a un 24% menos de precipitación que en el periodo base de referencia. El año más seco registrado hasta la fecha fue 2017, con una precipitación un 45% menor que la del periodo base, y cinco de los 10 años más secos registrados han acontecido en lo que va de siglo (fig. 9). El hecho de que 2021 haya sido el CUARTO más caliente y el SEXTO menos lluvioso confirma la pauta detectada en las últimas décadas de que el clima se está volviendo cada vez más seco y cálido, en una tendencia que no parece que vaya a detenerse a corto plazo [ver lámina 1]

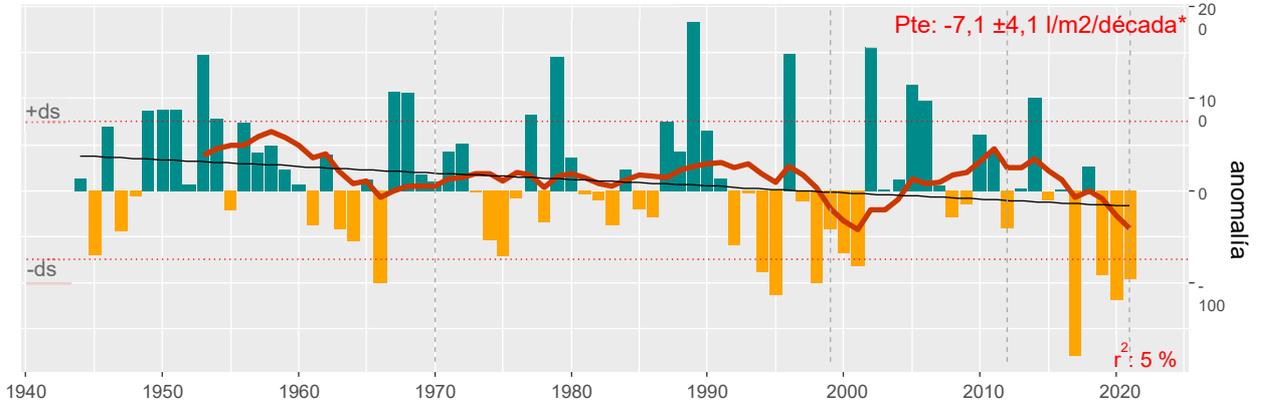
LAMINA - 1

Anomalías de temperatura anual (arriba) y de precipitación acumulada anual (medio), entre 1944 y 2021, y gráfica conjunta de asignación de tipos de clima a cada año

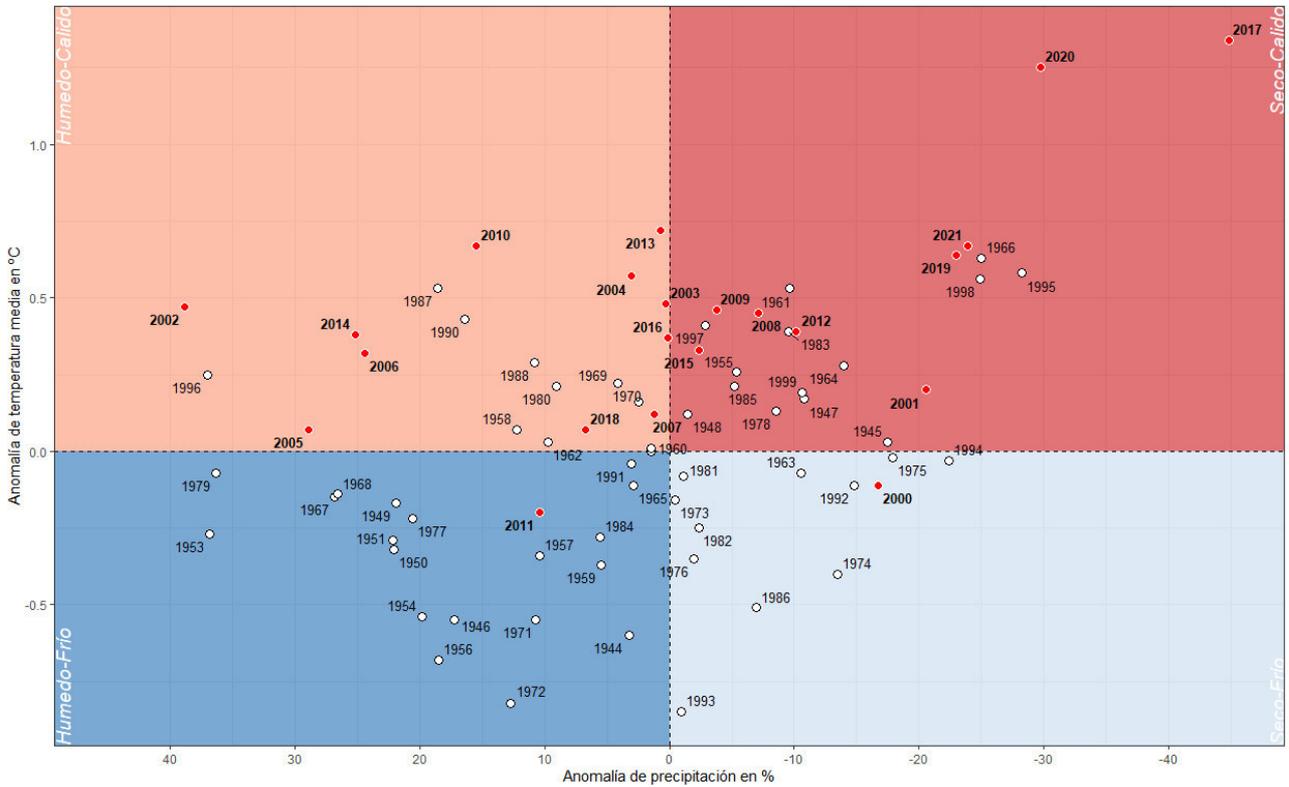
Temperatura media anual TENERIFE



Precipitación acumulada media anual TENERIFE



Anomalías de PRE-ANUAL



Evapotranspiración

La evapotranspiración potencial, se puede definir como la máxima cantidad de agua que una superficie totalmente cubierta de vegetación y que no padece de falta de agua puede liberar a la atmósfera en las condiciones atmosféricas del momento en que se realiza el cálculo. Es un indicador de los milímetros agua perdidos diariamente por la evaporación del suelo y por la transpiración de los vegetales en condiciones ideales. Su aumento denota que la sequía crece progresivamente.

El aumento de la temperatura y la caída en las precipitaciones tiene una consecuencia evidente en la evapotranspiración potencial, que debe aumentar de forma correlativa. En efecto, la regresión lineal de esta variable medida según el índice de Thornthwaite con el paquete estadístico en lenguaje *R* *Climclass*, muestra que está ascendiendo a un ritmo de $4,5 \pm 0,9$ mm/década. La evapotranspiración ha aumentado unos 34 mm desde 1944 hasta la actualidad.

Los diferentes sectores de la isla mostraron una tendencia ascendente similar. En la cumbre entre los 2000 y los 2400 m de altitud fue de $5,1 \pm 0,9$ mm/década, lo cual significa que desde 1944 ha aumentado unos 39 mm. En la fachada norte de la isla entre los 0 y los 800 m de altitud fue de $3,7 \pm 1,0$ mm/década, que equivale a un aumento desde 1944 de 28 mm. Finalmente, en la fachada sur de la isla entre los 0 y los 800 m de altitud fue de $6,5 \pm 1,9$ mm/década que significa que desde 1944 ha aumentado 50 mm. En esta última zona es donde se apreció un mayor incremento de la evapotranspiración potencial.

El año 2017, que hasta la fecha es el más caliente y seco registrado, dio el valor más alto de evapotranspiración en el conjunto de la isla (en la zona norte fue el año 2003). El segundo año con una evapotranspiración más alta fue 2020, y el tercero fue 2021. Lo cual confirma que Tenerife está inmersa actualmente y desde hace años en un periodo de sequía.

Evolucion del indice de thornthwaite, entre 1944-2021

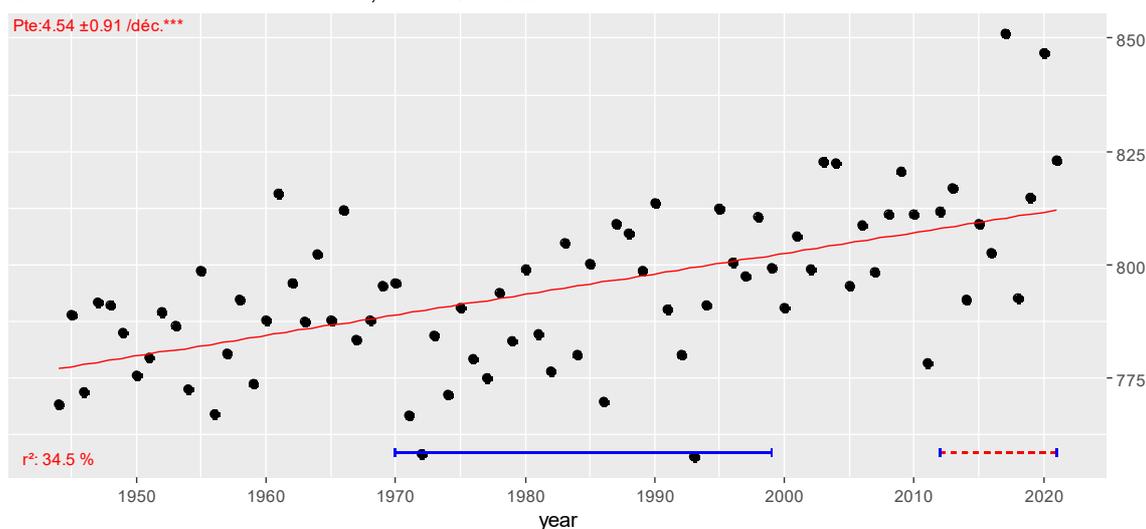


Fig. 10. evolución de la evapotranspiración potencial en la isla de Tenerife entre 1944 y 2021

CAMBIO CLIMÁTICO POR ESTACIONES (1944-2021)

La isla de Tenerife

La primavera es la estación del año donde el calentamiento es más acusado en la isla. En esta época la temperatura aumenta a un ritmo superior a una décima de grado por década ($0,12 \pm 0,03$ °C/década). Este acusado calentamiento en primavera también se produce en las cumbres, pero en la fachada norte de la isla el mayor calentamiento tiene lugar en otoño, mientras que en la fachada sur ocurre en verano (tabla II).

El ritmo de ascenso de la temperatura se ha acelerado a partir de 1970 en todas las estaciones y en todas las zonas, pero en las cumbres entre los 2000 y los 2400 m de altitud tiene su manifestación más notoria. En la alta montaña el calentamiento en primavera desde 1970 en adelante es de cuatro décimas de grado por década ($0,40 \pm 0,1$ °C/década), y el del invierno de sólo un poco menos de esta cifra ($0,37 \pm 0,9$ °C/década).

Tabla II. Tendencias de calentamiento y r^2 (porcentaje explicativo) en la temperatura media estacional de la isla de Tenerife en su conjunto. Solo se muestran valores que son significativos estadísticamente ($\alpha > 0,95$)

		Invierno	Primavera	Verano	Otoño
ISLA 1944-2021	°C/década	$0,09 \pm 0,04$	$0,12 \pm 0,03$	$0,11 \pm 0,03$	$0,11 \pm 0,02$
	r^2	7,2%	21,2%	23,0%	53,4%
ISLA 1970-2021	°C/década	$0,14 \pm 0,08$	$0,25 \pm 0,05$	$0,18 \pm 0,06$	$0,21 \pm 0,05$
	r^2	8,9%	34,2%	20,3%	31,6%
Norte 1944-2021	°C/década	$0,08 \pm 0,04$	$0,09 \pm 0,02$	$0,08 \pm 0,03$	$0,10 \pm 0,03$
	r^2	6,3%	15,1%	9,2%	20,3%
Norte 1970-2021	°C/década	$0,12 \pm 0,07$	$0,18 \pm 0,05$	$0,11 \pm 0,07$	$-0,18 \pm 0,05$
	r^2	7,7%	26,4%	8,1%	30,1%
Sur 1944-2021	°C/década	n.s.	$0,10 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,04$	$0,10 \pm 0,03$
	r^2	n.s.	11,2%	21,5%	15,5%
Sur 1970-2021	°C/década	n.s.	$0,23 \pm 0,07$	$0,25 \pm 0,07$	$0,14 \pm 0,06$
	r^2	n.s.	23,7%	22,7%	14,0%
Cumbre 1944-2021	°C/década	$0,18 \pm 0,06$	$0,22 \pm 0,05$	$0,13 \pm 0,04$	$0,20 \pm 0,05$
	r^2	9,7%	20,4%	15,6%	19,1%
Cumbre 1970-2021	°C/década	$0,28 \pm 0,11$	$0,40 \pm 0,1$	$0,23 \pm 0,07$	$0,37 \pm 0,09$
	r^2	13,2%	27,8%	19,4%	34,7%

“n.s.”: no significativa desde el punto de vista estadístico (p.val > 0,05)

El año 2021 registró la mayor anomalía cálida en las temperaturas veraniegas de la zona sur de la isla ($+1,53$ °C). En esta estación, tradicionalmente seca, llovió por encima de lo normal en las zonas entre 0 y 800 m de altitud, tanto del norte como del sur, pero no en la cumbre. Este último lugar registró la mayor anomalía negativa en las precipitaciones ($-79,1$ l/m²). Destaca la primavera como la estación que más posiciones acumula en los ránquines de los 20 años más cálidos y los 20 más secos. En el conjunto de la isla, la primavera de 2021 fue la segunda más seca desde 1944, y en el sur de la isla este año tuvo la segunda primavera más seca y la cuarta más caliente desde 1944 (tabla III).

La precipitación no mostró una tendencia estadísticamente significativa en ninguna de las cuatro estaciones del año en isla, pero si nos circunscribimos al

sector de cumbres o a la fachada sur, sí hubo regresiones negativas con significación estadística. Las precipitaciones de otoño están disminuyendo en las cumbres a un ritmo del 5,2% cada década ($\pm 3,5\%$) y en la fachada sur del 7,6% cada década ($\pm 3,5\%$). Esto significa que cada década se pierden $8 \pm 5,3$ litros/m² en las cumbres y $8,5 \pm 3,2$ litros/m² en la fachada sur. En la fachada sur hubo también un descenso estadísticamente significativo en las lluvias de invierno, con una caída del 3,4% cada década ($\pm 2,8\%$), es decir, cada década llueve $4,3 \pm 3,3$ litros/m² menos.

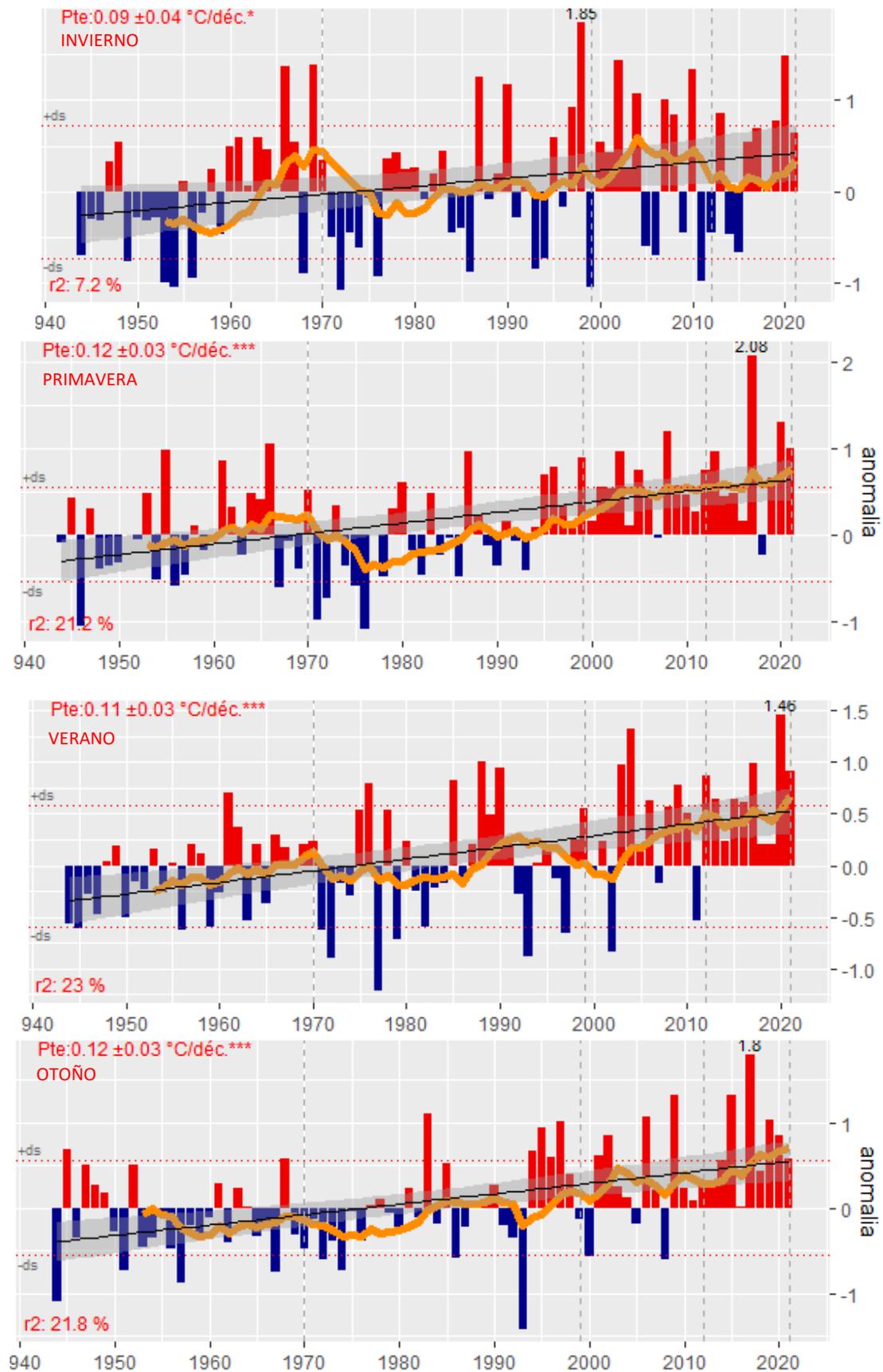
Tabla III. Anomalías de temperatura y precipitaciones medias en las cuatro estaciones en 2021 y posición entre los primeros veinte años más calientes/más secos habidos desde 1944

		Invierno	nº	Primavera	nº	Verano	nº	Otoño	nº
ISLA	Temp.	+0,64 °C		+1,01°C	5º	+0,91°C	7º	+0,57 °C	
	Prec.	-14,4 l/m ²		-15,3 l/m ²	2º	+0,3 l/m ²		-59,8 l/m ²	6º
Norte	Temp.	+0,24°C		+0,48 °C		+0,3 °C		+0,41°C	
	Prec.	+15,2 l/m ²		-23,6 l/m ²	3º	+3,7 l/m ²		-45,6 l/m ²	13º
Sur	Temp.	+0,64°C		+1,39 °C	4º	+1,53 °C	3º	+0,08 °C	
	Prec.	-16,1 l/m ²		-7,6 l/m ²	2º	+0,3 l/m ²		-74,3 l/m ²	3º
Cumbre	Temp.	+1,42°C	14º	+1,32°C		+0,9°C	13º	+1,45°C	8º
	Prec.	-23,7 l/m ²		-8,7 l/m ²	8º	-5 l/m ²	15º	-79,1 l/m ²	12º

La primavera de 2021, con un 15,6% de lluvias menos de lo normal, fue la segunda menos lluviosa desde 1944 y el otoño con un 33,8% de lluvia menos de lo normal fue el séptimo más seco [ver lámina 3].

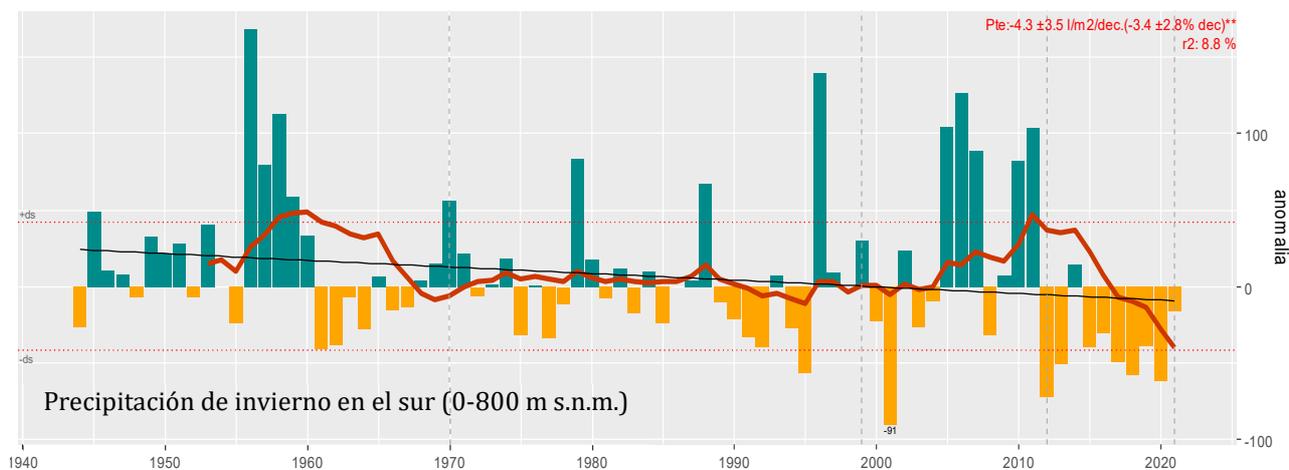
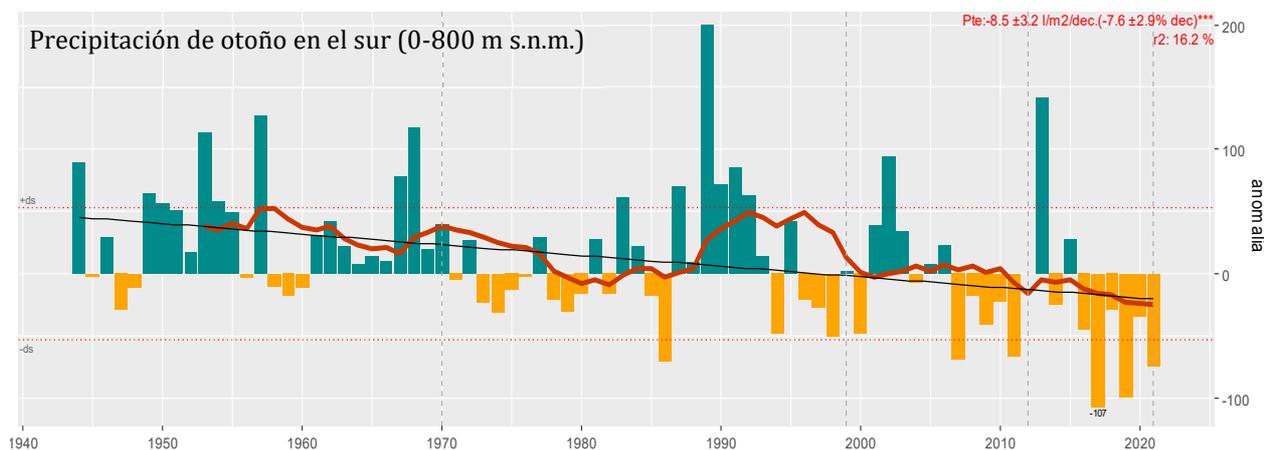
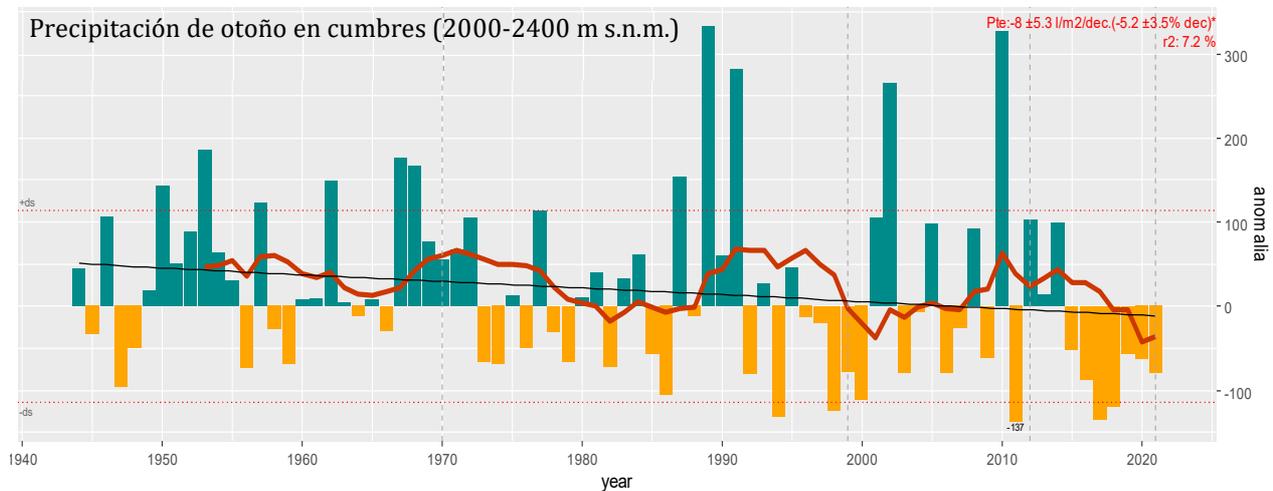
LAMINA - 2

Anomalías de temperatura estacional de Tenerife



LAMINA - 3

Anomalías de precipitación estacional en Tenerife. Solo se indican las estaciones con resultados significativos en términos estadísticos



CAMBIO CLIMÁTICO POR MESES (1944-2021)

Temperatura

La isla de Tenerife

Los meses de mayo y octubre son los que muestran mayor calentamiento entre 1944 Y 2021 en el conjunto de la isla de Tenerife, 0,16 °C/década, mientras que en febrero, marzo y abril el calentamiento es menos apreciable y falta de significación en términos estadísticos. Este calentamiento se está acelerando y prueba de ello es que si circunscribimos el cálculo de tendencia al periodo más reciente entre 1970 y 2021, el ritmo de calentamiento casi se duplica, sobre todo en los meses de diciembre (0,12 → 0,25 °C/década), mayo (0,16 → 0,30 °C/década) y junio (0,13 → 0,24 °C/década).

Tabla IV. tendencias en las temperaturas mensuales en la isla de Tenerife. Solo se muestran valores significativos en términos estadísticos ($\alpha > 0,95$)

	Media		Máximas		Mínimas	
	1944-2021 °C/déc r ² : %	1970-2021 °C/déc r ² : %	1944-2021 °C/déc r ² : %	1970-2021 °C/déc r ² : %	1944-2021 °C/déc r ² : %	1970-2021 °C/déc r ² : %
Enero	0,15 ±0,05 r ² : 17,0%	0,17 ±0,03 r ² : 27,4%	0,11 ±0,05 r ² : 5,9%	n.s.	0,20 ±0,04 r ² : 35,1%	0,19 ±0,08 r ² : 14,5%
Febrero	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,17 ±0,05 r ² : 13,7%	n.s.
Marzo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,13 ±0,04 r ² : 12,0%	0,19 ±0,01 r ² : 11,1%
Abril	n.s.	0,21 ±0,09 r ² : 9,0%	n.s.	n.s.	0,12 ±0,04 r ² : 12,8%	0,25 ±0,07 r ² : 20,0%
Mayo	0,16 ±0,05 r ² : 16,8%	0,30 ±0,07 r ² : 24,8%	n.s.	n.s.	0,23 ±0,05 r ² : 32,4%	0,36 ±0,07 r ² : 39,9%
Junio	0,13 ±0,03 r ² : 22,9%	0,24 ±0,07 r ² : 28,1%	n.s.	0,17 ±0,06 r ² : 13,0%	0,20 ±0,04 r ² : 41,6%	0,32 ±0,07 r ² : 40,1%
Julio	0,09 ±0,04 r ² : 8,2%	n.s.	n.s.	n.s.	0,16 ±0,03 r ² : 25,1%	0,21 ±0,07 r ² : 18,8%
Agosto	0,13 ±0,05 r ² : 11,6%	0,23 ±0,09 r ² : 16,0%	n.s.	n.s.	0,22 ±0,05 r ² : 33,6%	0,31 ±0,09 r ² : 29,4%
Septiembre	0,11 ±0,03 r ² : 16,6%	0,18 ±0,07 r ² : 18,1%	n.s.	n.s.	0,19 ±0,03 r ² : 40,5%	0,30 ±0,07 r ² : 37,0%
Octubre	0,16 ±0,04 r ² : 19,2%	0,24 ±0,08 r ² : 20,4%	0,10 ±0,05 r ² : 5,7%	0,18 ±0,01 r ² : 9,3%	0,22 ±0,03 r ² : 40,6%	0,29 ±0,06 r ² : 36,2%
Noviembre	0,09 ±0,04 r ² : 6,1%	0,16 ±0,07 r ² : 8,6%	n.s.	n.s.	0,17 ±0,03 r ² : 27,4%	0,23 ±0,07 r ² : 21,3%
Diciembre	0,12 ±0,04 r ² : 11,8%	0,25 ±0,08 r ² : 22,8%	0,11 ±0,05 r ² : 6,3%	0,25 ±0,1 r ² : 15,0%	0,13 ±0,03 r ² : 21,3%	0,25 ±0,08 r ² : 35,3%

“n.s”: no significativa desde el punto de vista estadístico (p.val >0,05)

El calentamiento es esencialmente nocturno y tiene, también en los meses de mayo y octubre, su mayor tendencia creciente (0,23 y 0,22 °C/década respectivamente), mientras que las temperaturas máximas -diurnas- apenas aumentan: solo muestran una tendencia significativa en términos estadísticos en los meses de enero, octubre y diciembre, y en todo caso siempre con registros más bajos que los

de las temperaturas nocturnas. Es de reseñar el elevado r^2 de las temperaturas mínimas de junio, septiembre y octubre, lo cual indica que, aunque puede haber otras variables que condicionan el aumento de la temperatura, el paso de los años explica por sí solo el 40% del aumento.

La aceleración del calentamiento a partir de los setenta también se nota cuando desagregamos la temperatura media en máximas y mínimas, pero especialmente en estas últimas. En los tres primeros meses de año no se aprecia con claridad, pero a partir de marzo todas las tasas de crecimiento son superiores a dos décimas de grado por década y en cuatro meses -mayo, junio, agosto y septiembre- mayores a tres décimas de grado por década. De mantenerse este ritmo de aumento de la temperatura media nocturna dentro de un siglo podría llegar a ser de más de tres grados por encima de la registrada en la actualidad. Si a esto sumamos el calentamiento acumulado en la actualidad, podríamos estar ante subidas de la temperatura de más de cuatro grados dentro de cien años.

Las anomalías de temperaturas mensuales en 2021 fueron mayores en abril, mayo y octubre. Estos meses registraron valores muy altos, tanto en el día como en la noche. Por el contrario, la anomalía más baja se dio en noviembre que es el único mes que registró una anomalía negativa y fue más frío de lo normal. El dato de noviembre sorprende dado que ocurrió en un mes con una tendencia apreciable de calentamiento desde 1944.

Tabla V. Anomalías de las temperaturas medias mensuales del año 2021 y de las temperaturas medias de la década más reciente, entre 2012 y 2021, en Tenerife

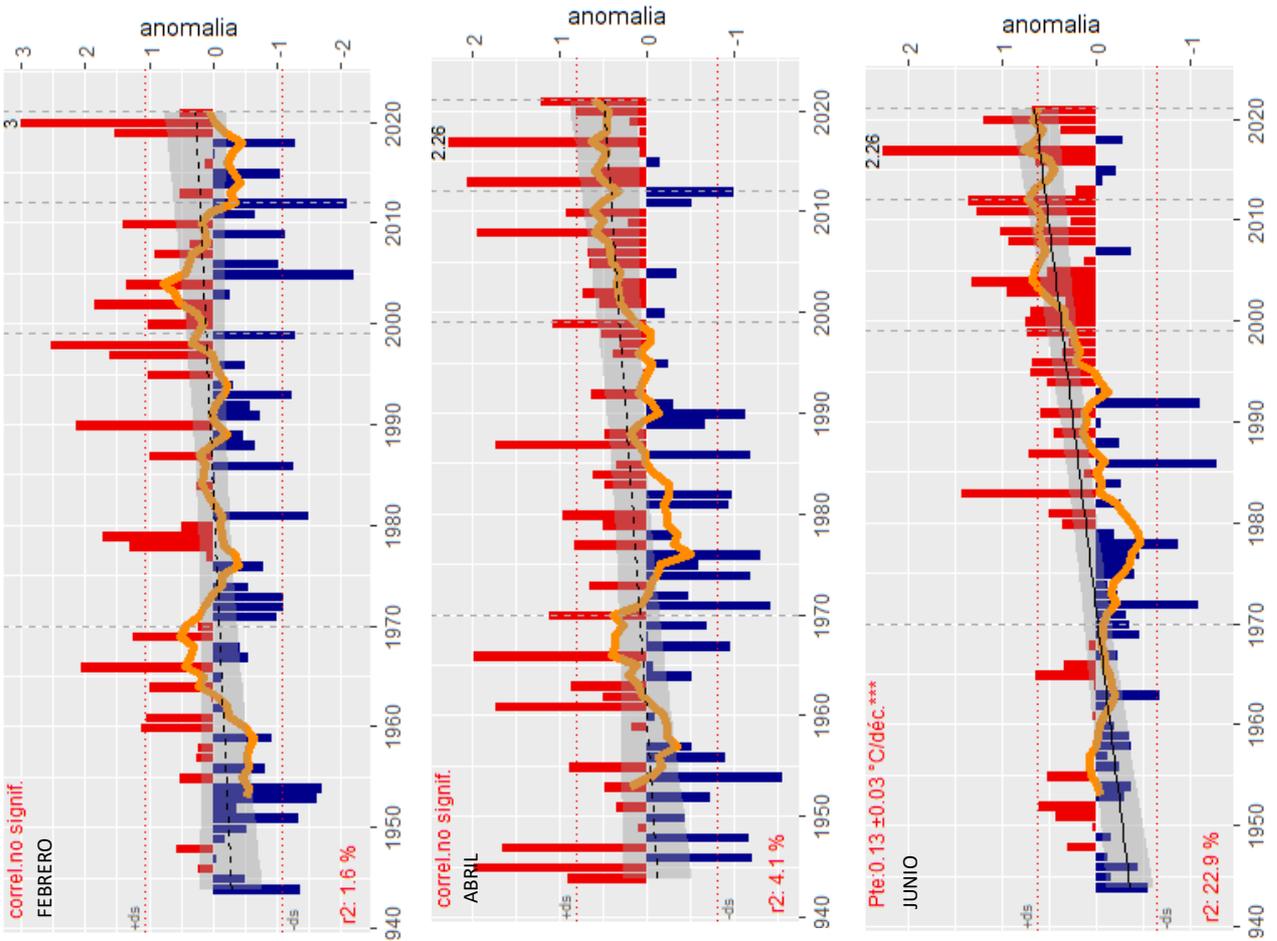
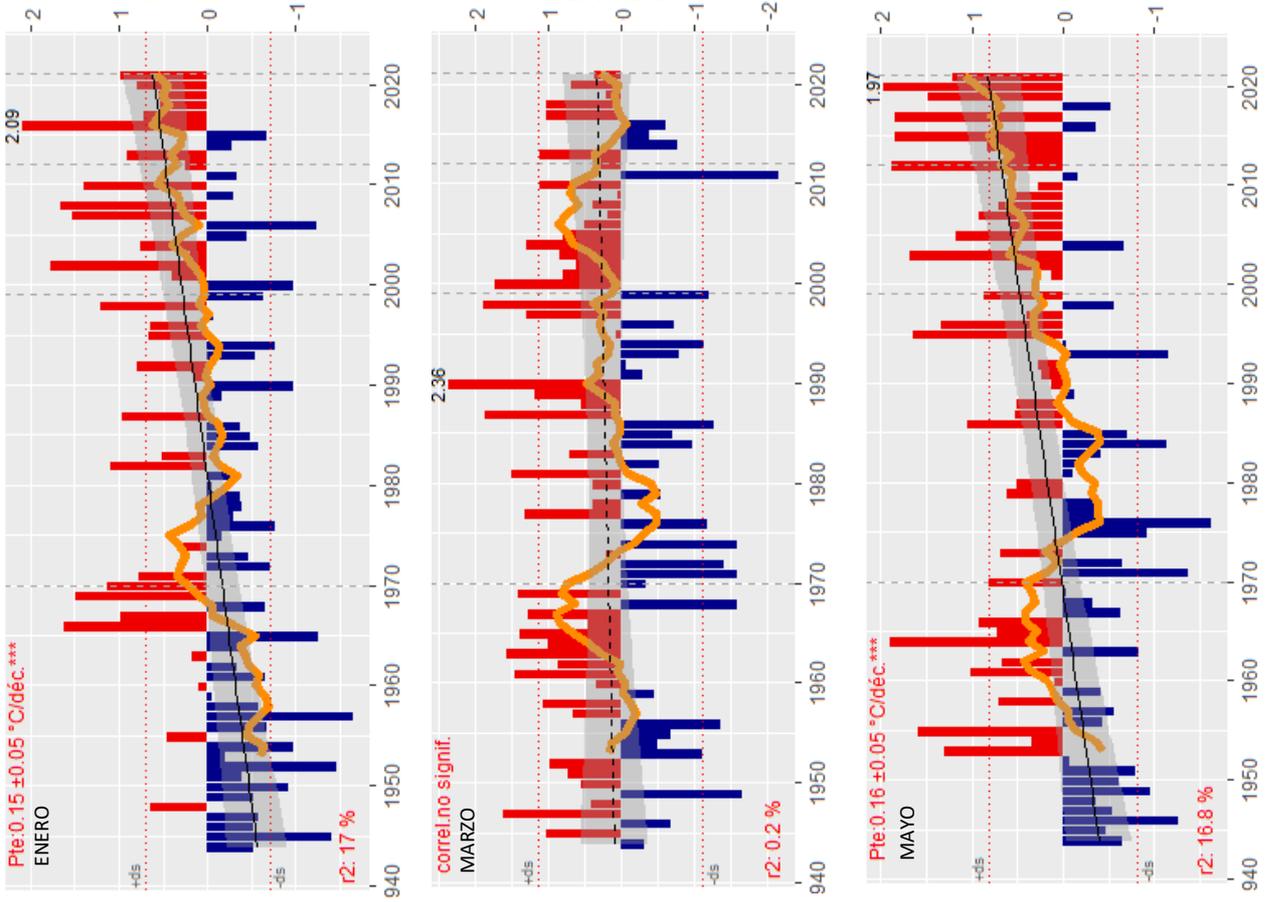
	Temperatura media (°C)		Temperatura máxima (°C)		Temperatura mínima (°C)	
	Año 2021	nº	Año 2021	nº	Año 2021	nº
Enero	+0,98		+1,09	14º	+0,68	
Febrero	+0,52		+0,62		-0,02	
Marzo	+0,35		+0,31		+0,32	
Abril	+1,2	9º	+1,19	12º	+0,54	
Mayo	+1,22	12º	+1,01	19º	+0,98	
Junio	+0,67		+0,54	17º	+0,46	15º
Julio	+0,87	11º	+0,76	13º	+0,34	9º
Agosto	+0,75	20º	+0,59		+0,83	19º
Septiembre	+1,07	6º	+0,97	7º	+0,38	7º
Octubre	+1,45	3º	+1,68	5º	+0,8	
Noviembre	-0,26		-0,28		+0,29	
Diciembre	+0,65	18º	+0,91	17º	+0,94	

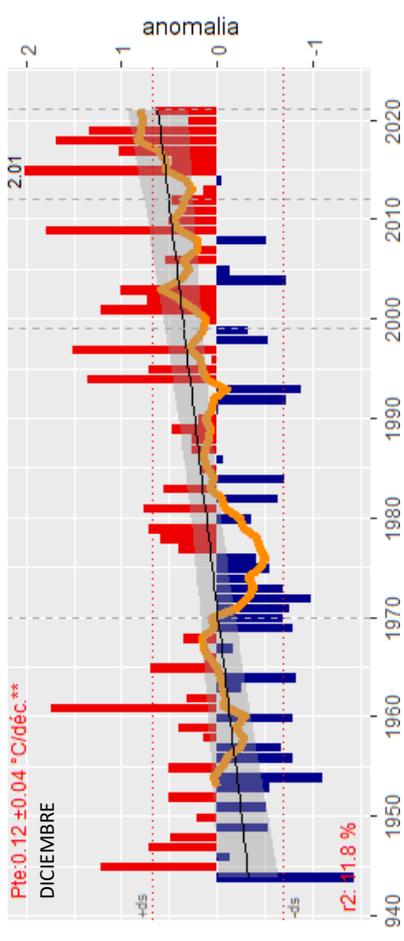
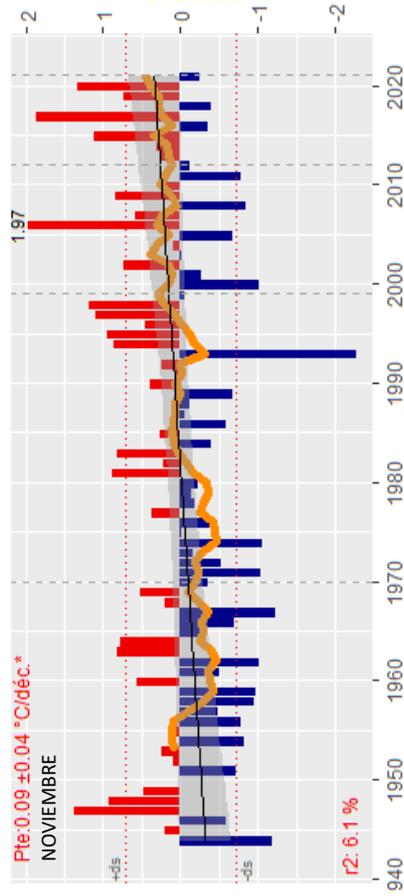
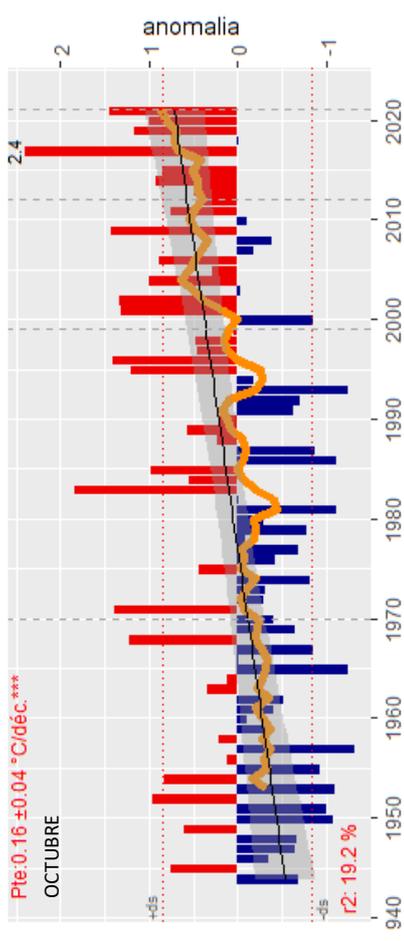
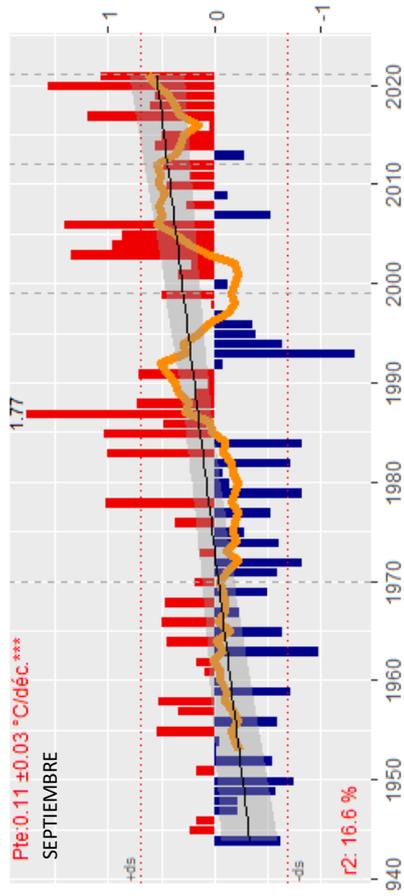
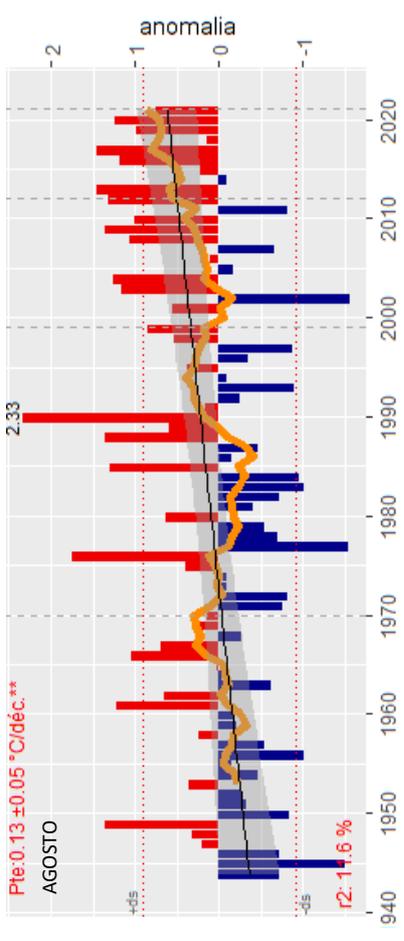
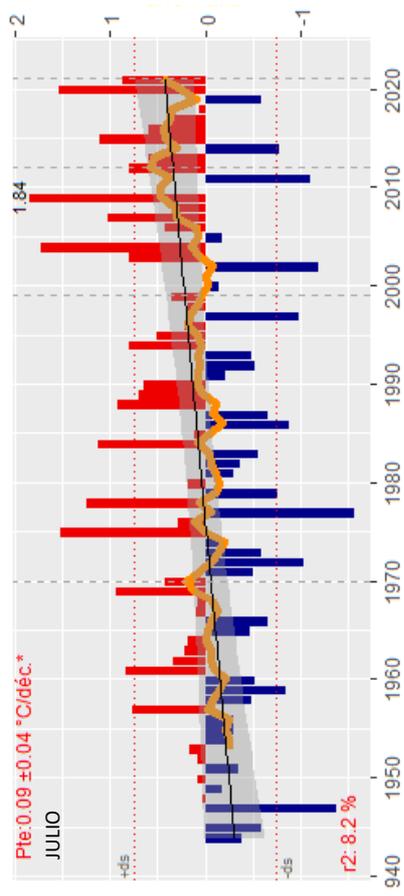
Cuatro meses registraron en 2021 una anomalía térmica mayor de un grado en la temperatura media mensual: octubre (+1,45 °C), mayo (+1,22 °C), abril (+1,20 °C) y septiembre (1,07 °C). Tres de estos meses, abril mayo y octubre tuvieron también anomalías superiores a un grado en las temperaturas nocturnas y diurnas. Es de destacar la anomalía diurna del mes de octubre que estuvo de 1,68 °C por encima de lo normal. Además, enero también tuvo más de un grado de anomalía positiva en las máximas, y septiembre la tuvo en las mínimas.

Los registros promediados de la última década (media entre 2012 y 2021) también muestran una elevación clara en las temperaturas medias, máximas y mínimas con

respecto a la media del periodo base de referencia. Las anomalías de temperatura fueron menos altas en los primeros meses del año y en el caso de las máximas de febrero fueron incluso negativas, de $-0,02$ °C. La segunda parte del año registró siempre anomalías positivas, más elevadas en las mínimas que en las máximas. Mayo fue el mes más caliente en esta década, tanto en las temperaturas diurnas ($+0,98$ °C) como en las nocturnas $+1,18$ °C y, obviamente, en la temperatura mensual media $+1,08$ °C.

Anomalías de temperatura media mensual en la isla de Tenerife, entre 1944 y 2021





Las cumbres de Tenerife

Los meses de diciembre y mayo son los que muestran mayor tasa de calentamiento en las temperaturas medias de las cumbres por encima de los 2000 m a.s.l. de Tenerife, con +0,29 y +0,27 décimas de grado por década respectivamente. En enero, junio y octubre el ritmo de aumento de temperatura fue también alto, más de dos décimas de grado por década (tabla VI). Solo en enero, febrero y noviembre se puede decir que el calentamiento no fue apreciable o, al menos, no fue significativo en términos estadísticos. El calentamiento es esencialmente nocturno y salvo en julio y noviembre fue siempre superior a las dos décimas de grado por década. En tres meses (mayo, junio y septiembre) fue incluso superior a las tres décimas de grado por década.

Tabla VI. tendencias en las temperaturas mensuales en la cumbre. Solo se muestran valores significativos en términos estadísticos ($\alpha > 0,95$)

	Media		Máximas		Mínimas	
	1944-2021 °C/déc r ² : %	1970-2021 °C/déc r ² : %	1944-2021 °C/déc r ² : %	1970-2021 °C/déc r ² : %	1944-2021 °C/déc r ² : %	1970-2021 °C/déc r ² : %
Enero	0,25 ±0,09 r ² : 12,2%	0,33 ±0,17 r ² : 9,8%	0,21 ±0,11 r ² : 8,1%	0,33 ±0,22 r ² : 9,3%	0,28 ±0,08 r ² : 16,9%	0,33 ±0,14 r ² : 9,5%
Febrero	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,25 ±0,11 r ² : 9,2%	n.s.
Marzo	n.s.	0,37 ±0,15 r ² : 9,8%	n.s.	0,36 ±0,16 r ² : 8,8%	0,21 ±0,09 r ² : 5,6%	0,38 ±0,17 r ² : 12,7%
Abril	0,18 ±0,09 r ² : 5,4%	0,37 ±0,14 r ² : 9,8%	n.s.	0,37 ±0,16 r ² : 7,5%	0,22 ±0,08 r ² : 8,7%	0,36 ±0,15 r ² : 9,7%
Mayo	0,27 ±0,09 r ² : 12,4%	0,51 ±0,16 r ² : 16,3%	0,21 ±0,09 r ² : 7,4%	0,46 ±0,17 r ² : 11,9%	0,33 ±0,1 r ² : 17,8%	0,56 ±0,15 r ² : 20,8%
Junio	0,23 ±0,07 r ² : 17%	0,37 ±0,14 r ² : 18,7%	n.s.	n.s.	0,33 ±0,09 r ² : 29,4%	0,52 ±0,17 r ² : 30,8%
Julio	0,12 ±0,05 r ² : 5,5%	n.s.	n.s.	n.s.	0,18 ±0,06 r ² : 11,4%	0,25 ±0,12 r ² : 7,6%
Agosto	0,13 ±0,06 r ² : 7,1%	n.s.	n.s.	n.s.	0,20 ±0,06 r ² : 14,4%	0,26 ±0,11 r ² : 10,7%
Septiembre	0,15 ±0,06 r ² : 7,3%	0,31 ±0,12 r ² : 11,1%	n.s.	n.s.	0,32 ±0,09 r ² : 19,6%	0,58 ±0,19 r ² : 27,7%
Octubre	0,22 ±0,07 r ² : 9,2%	0,34 ±0,13 r ² : 12,5%	n.s.	n.s.	0,28 ±0,07 r ² : 16,5%	0,39 ±0,13 r ² : 15,9%
Noviembre	n.s.	0,27 ±0,12 r ² : 7,5%	n.s.	n.s.	0,13 ±0,07 r ² : 5,6%	n.s.
Diciembre	0,29 ±0,09 r ² : 14%	0,54 ±0,16 r ² : 31,4%	0,28 ±0,01 r ² : 10,1%	0,57 ±0,17 r ² : 23,8%	0,29 ±0,09 r ² : 18%	0,52 ±0,18 r ² : 30,7%

"n.s": no significativa desde el punto de vista estadístico (p.val >0,05)

En todos los casos el calentamiento se ha acelerado en las cinco últimas décadas, doblándose a veces, como ocurrió en abril y septiembre. Sobresalen los meses de diciembre y mayo porque el calentamiento alcanza en ellos más de medio grado por década, especialmente en diciembre (0,54 ±0,16 °C/década), es decir una tasa de aumento de la temperatura de más de cinco grados por siglo. Este rápido aumento se aprecia también en la desagregación de la temperatura media entre máximas y mínimas: diciembre es el mes donde más crecen las temperaturas diurnas (máximas) y las nocturnas (mínimas), siempre a una tasa superior a las

cinco décimas de grado por década. Si nos ceñimos al ritmo de cambio desde 1970 hasta la actualidad, las máximas aumentan todavía más rápido, a casi seis décimas de grado por década ($0,57 \pm 0,17$ °C/déc.) siendo este el ritmo de crecimiento más alto registrado en toda la isla. Las nocturnas de este periodo reciente también crecen mucho, pero no tanto como lo hace la temperatura nocturna de septiembre, que aumenta también a casi seis décimas de grado por década ($0,58 \pm 0,19$ °C/déc.). No hay en la isla de Tenerife otro lugar donde se registren valores de aumento de la temperatura tan acusados como en esta región de las cumbres.

Las anomalías térmicas de 2021 con relación al periodo de referencia también han sido importantes y, salvo en los meses de agosto y noviembre, siempre fueron positivas, sobre todo en los calientes meses de octubre y mayo, donde sobrepasaron los dos grados (tabla VII). En el caso de octubre fue de más de tres grados positivos con respecto a lo que se consideraba normal en el periodo base de referencia entre 1960 y 1999. Esto explica que octubre fue el segundo mes más caliente desde que tenemos registros de temperatura. La anomalía fue mayor en las temperaturas diurnas ($+3,71$ °C) que en las nocturnas ($+2,92$ °C) y en ambos casos fue la mayor registrada de los doce meses del año. El mes de agosto fue menos caliente de lo esperado y su anomalía negativa se reflejó también en las temperaturas diurnas y en las nocturnas. También son de reseñar las elevadas anomalías positivas de las temperaturas nocturnas de mayo y julio.

Tabla VII. Anomalías de las temperaturas medias mensuales del año 2021 y de las temperaturas medias de la década más reciente, entre 2012 y 2021, en las cumbres de Tenerife

	Temperatura media (°C)		Temperatura máxima (°C)		Temperatura mínima (°C)	
	Año 2021	Década 2012-2021	Año 2021	Década 2012-2021	Año 2021	Década 2012-2021
Enero	+1,96 ^{11º}	+1,52	+1,77 ^{17º}	+1,76	+2,14 ^{9º}	+1,31
Febrero	+1,27	+0,35	+1,28	+0,35	+1,30 ^{20º}	+0,37
Marzo	+1,01	+1,12	+1,22	+1,14	+0,82	+1,12
Abril	+0,83	+0,73	+0,96	+0,68	+0,72	+0,79
Mayo	+2,03 ^{18º}	+1,93	+1,75	+1,48	+2,33 ^{16º}	+1,93
Junio	+1,12 ^{19º}	+0,83	+0,46	+0,18	+1,76 ^{11º}	+1,50
Julio	+1,94	+0,44	+1,58 ^{8º}	+0,26	+2,32 ^{3º}	+0,67
Agosto	-0,71	+0,39	-0,83	-0,01	-0,56	+0,79
Septiembre	+1,45 ^{13º}	+0,99	+1,19 ^{16º}	+0,23	+1,73 ^{10º}	+1,70
Octubre	+3,30 ^{2º}	+1,30	+3,71 ^{2º}	+1,05	+2,92 ^{2º}	+1,60
Noviembre	-0,17	+0,71	+0,15	+0,49	-0,49	+0,94
Diciembre	+1,25	+1,65	+1,37	+1,64	+1,15	+1,66

Las anomalías de la última década (periodo 2012-2021) con respecto al periodo base también son relevantes. En la temperatura media son siempre positivas y destacan los meses de enero y diciembre donde en tan solo estos 10 años la temperatura media se ha elevado más de un grado y medio ($+1,65$ °C en el caso de diciembre). Las temperaturas diurnas de la última década han subido sobre todo en enero ($+1,76$ °C) y en diciembre y fueron apenas negativas en agosto, en las nocturnas sobresale los casi dos grados del mes de mayo ($+1,93$ °C), congruente con las fuertes tasas de calentamiento de este mes.

El norte de Tenerife

Los meses de enero y octubre son los que muestran la mayor tasa de calentamiento entre 1944 y 2021 en la fachada norte de la isla de Tenerife, +0,17 y 0,16 °C/década respectivamente (tabla VIII). Los meses de febrero, marzo y abril no registraron calentamiento significativo en términos estadísticos y en los meses de julio, septiembre y diciembre fue muy bajo (0,07 °C/década). Como ocurre en el resto de la isla el calentamiento está acelerado desde los años setenta: en los meses de mayo y agosto se duplicó y en diciembre casi se triplicó (0,07 → 0,19 °C/década).

El calentamiento es esencialmente nocturno y las máximas no registraron casi nunca una tendencia de cambio estadísticamente significativa, salvo en octubre, con unas exiguas 0,7 décimas de grado por década. Pero el calentamiento nocturno registró valores superiores a las dos décimas de grado en siete de los doce meses, sobresaliendo agosto y octubre con 0,24 °C/década.

Tabla VIII. tendencias en las temperaturas mensuales en la fachada norte de Tenerife. Solo se muestran valores significativos en términos estadísticos ($\alpha > 0,95$)

	Media		Máximas		Mínimas	
	1944-2021 °C/déc	1970-2021 °C/déc	1944-2021 °C/déc	1970-2021 °C/déc	1944-2021 °C/déc	1970-2021 °C/déc
Enero	0,17 ±0,04 r ² : 26,9%	0,15 ±0,07 r ² : 9,1%	n.s.	n.s.	0,23 ±0,05 r ² : 50,4%	0,2 ±0,09 r ² : 22,4%
Febrero	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,2 ±0,4 r ² : 29,1%	0,21 ±0,08 r ² : 13,5%
Marzo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,16 ±0,04 r ² : 19,2%	0,19 ±0,09 r ² : 15,2%
Abril	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,08 ±0,03 r ² : 8%	0,22 ±0,06 r ² : 26,7%
Mayo	0,11 ±0,03 r ² : 15,5%	0,22 ±0,07 r ² : 25,6%	n.s.	n.s.	0,2 ±0,4 r ² : 38,4%	0,33 ±0,07 r ² : 47,1%
Junio	0,11 ±0,03 r ² : 18,1%	0,19 ±0,06 r ² : 21,6%	n.s.	n.s.	0,21 ±0,04 r ² : 42,6%	0,31 ±0,08 r ² : 35,1%
Julio	0,07 ±0,03 r ² : 6,3%	n.s.	n.s.	n.s.	0,14 ±0,04 r ² : 27,8%	0,17 ±0,08 r ² : 17,8%
Agosto	0,1 ±0,05 r ² : 8,2%	0,2 ±0,09 r ² : 16,9%	n.s.	n.s.	0,24 ±0,05 r ² : 39,9%	0,37 ±0,12 r ² : 36,6%
Septiembre	0,07 ±0,04 r ² : 5,2%	n.s.	n.s.	n.s.	0,12 ±0,04 r ² : 20,6%	0,19 ±0,08 r ² : 17,5%
Octubre	0,16 ±0,04 r ² : 21,1%	0,21 ±0,08 r ² : 18,7%	0,07 ±0,05 r ² : 5,1%	n.s.	0,24 ±0,03 r ² : 51,1%	0,3 ±0,08 r ² : 36,9%
Noviembre	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,22 ±0,04 r ² : 44,3%	0,25 ±0,08 r ² : 28,5%
Diciembre	0,07 ±0,04 r ² : 6,8%	0,19 ±0,07 r ² : 18,1%	n.s.	n.s.	0,1 ±0,03 r ² : 17,2%	0,22 ±0,06 r ² : 32,4%

“n.s.”: no significativa desde el punto de vista estadístico (p.val > 0,05)

La aceleración del calentamiento a partir de los setenta es menos evidente en este norte que en las cumbres de la isla y no se aprecia en todos los meses. En mayo, agosto y diciembre el calentamiento se duplicó en el periodo 1970-2021 (con relación al registrado entre 1944 y 2021), pero en enero, julio y septiembre se ralentizó. Esto último fue también lo que ocurrió con las máximas de octubre. Las

mínimas solo duplicaron la tasa de calentamiento en abril (0,08 → 0,22 °C/década) y en diciembre (0,1 → 0,22 °C/década), pero en mayo, junio, agosto y octubre la aceleración paso de ser de unas dos décimas de grado por década a más de tres décimas de grado por década. Agosto fue el año con mayor ritmo de calentamiento entre 1970 y 2021, con $0,37 \pm 0,12$ °C/década.

Las anomalías térmicas de 2021 no fueron excesivas y en ningún caso superaron un grado, tanto en el sentido de más caliente como de más frío que en el periodo base, Realmente, las anomalías fueron positivas todos los meses a excepción de marzo (-0,03 °C), julio (-0,28 °C) y, sobre todo, noviembre (-0,48 °C). Estos tres meses también registraron anomalías negativas en las máximas y en las mínimas. Por su parte, mayo y junio también fueron más fríos de lo normal en las máximas, pero no en las mínimas (Tabla IX).

Si nos fijamos en la anomalía térmica de la última década, ésta fue positiva -aunque nunca alcanzó un grado por encima de la temperatura en el periodo base-, salvo en las temperaturas máximas de febrero, julio y noviembre. La temperatura media de las máximas en la década reciente fue más baja en estos tres meses que en el periodo base de referencia.

Seis de los doce meses estuvieron en la lista de los 20 meses de temperatura media anual más alta desde 1944, y abril fue el décimo. Las temperaturas máximas solo tuvieron tres meses dentro de esta lista, y las mínimas cuatro, aunque hay que decir que las nocturnas de abril fueron las séptimas más altas registradas desde 1944.

Tabla IX. Anomalías de las temperaturas medias mensuales del año 2021 y de las temperaturas medias de la década más reciente, entre 2012 y 2021, en el norte de la isla

	Temperatura media (°C)		Temperatura máxima (°C)		Temperatura mínima (°C)				
	Año 2021	nº	Década 2012-2021	Año 2021	nº	Década 2012-2021	Año 2021	nº	Década 2012-2021
Enero	0,60	18º	+0,55	0,90	16º	+0,56	0,30		+0,37
Febrero	0,12		+0,22	0,28		-0,21	-0,01		+0,30
Marzo	-0,03		+0,13	-0,34		+0,03	0,29		+0,22
Abril	1,04	10º	+0,53	1,10	16º	+0,46	0,92	7º	+0,60
Mayo	0,38		+0,71	-0,08		+0,53	0,82		+0,87
Junio	0,14		+0,43	-0,10		+0,21	0,35		+0,56
Julio	-0,28		+0,16	-0,40		-0,02	-0,16		+0,31
Agosto	0,69	20º	+0,82	0,44		+0,75	0,92	18º	+1,02
Septiembre	0,52	19º	+0,34	0,38		+0,17	0,64	14º	+0,51
Octubre	0,69	20º	+0,88	0,8	19º	+0,85	0,61	20º	+0,83
Noviembre	-0,48		+0,29	-0,60		-0,16	-0,34		+0,57
Diciembre	0,63	17º	+0,55	1,00		+0,81	0,29		+0,47

El sur de Tenerife

Los meses de agosto y septiembre son los que muestran la mayor tasa de calentamiento entre 1944 y 2021 en la fachada sur de la isla de Tenerife 0,16 °C/década y febrero, marzo, abril y junio no registraron calentamiento significativo

en términos 0,16 °C/década estadísticos. El calentamiento está acelerado desde los años setenta y desde abril a junio es donde más se ha acrecentado (tabla X).

El calentamiento es esencialmente nocturno y las máximas no registraron casi nunca una tendencia de cambio estadísticamente significativa, salvo en diciembre, que fue de nueve décimas de grado por década. En la noche, mayo agosto y septiembre fueron los meses de mayor calentamiento, con una tasa positiva de más de dos décimas de grado por década, sobre todo septiembre, donde fue 0,24 °C/década.

El aceleramiento a partir de los setenta se nota en mayo, junio, agosto y octubre, que pasaron de no registrar tendencia significativa de calentamiento a aumentar a un ritmo de 0,26 °C/década en mayo y de 0,25 °C/década en junio y agosto. Diciembre, que ya crecía en el periodo 1944-2021, continúa haciéndolo en 1970-2021 a un ritmo también más acelerado.

Tabla X. tendencias en las temperaturas mensuales en la fachada sur de Tenerife. Solo se muestran valores significativos en términos estadísticos ($\alpha > 0,95$)

	Media		Máximas		Mínimas	
	1944-2021 °C/déc r ² : 6,0%	1970-2021 °C/déc n.s.	1944-2021 °C/déc n.s.	1970-2021 °C/déc n.s.	1944-2021 °C/déc r ² : 11,4%	1970-2021 °C/déc n.s.
Enero	0,08 ±0,04 r ² : 6,0%	n.s.	n.s.	n.s.	0,11 ±0,04 r ² : 11,4%	n.s.
Febrero	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Marzo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,07 ±0,5 r ² : 6,7%	n.s.
Abril	n.s.	0,2 ±0,08 r ² : 7,9%	n.s.	n.s.	0,15 ±0,04 r ² : 23,1%	0,22 ±0,07 r ² : 20,7%
Mayo	0,14 ±0,05 r ² : 12,6%	0,28 ±0,09 r ² : 17,8%	n.s.	0,26 ±0,1 r ² : 11,2%	0,21 ±0,05 r ² : 30,7%	0,30 ±0,08 r ² : 27,7%
Junio	n.s.	0,24 ±0,08 r ² : 16,6%	n.s.	0,25 ±0,09 r ² : 12,3%	0,12 ±0,04 r ² : 10,3%	0,22 ±0,08 r ² : 14,7%
Julio	0,12 ±0,05 r ² : 7,5%	0,21 ±0,1 r ² : 10,3%	n.s.	n.s.	0,19 ±0,04 r ² : 24,7%	0,24 ±0,08 r ² : 17,6%
Agosto	0,16 ±0,06 r ² : 10,2%	0,29 ±0,12 r ² : 14,8%	n.s.	0,25 ±0,14 r ² : 7,9%	0,21 ±0,05 r ² : 24,4%	0,29 ±0,11 r ² : 20,3%
Septiembre	0,16 ±0,04 r ² : 22,1%	0,22 ±0,08 r ² : 16,4%	n.s.	n.s.	0,24 ±0,03 r ² : 40,6%	0,28 ±0,07 r ² : 24,9%
Octubre	0,13 ±0,03 r ² : 19,7%	0,21 ±0,08 r ² : 21,3%	n.s.	0,18 ±0,11 r ² : 8,8%	0,14 ±0,03 r ² : 37,1%	0,22 ±0,06 r ² : 27,9%
Noviembre	0,1 ±0,04 r ² : 7,8%	n.s.	n.s.	n.s.	0,16 ±0,04 r ² : 23,2%	0,17 ±0,07 r ² : 11,9%
Diciembre	0,09 ±0,03 r ² : 8,6%	0,14 ±0,08 r ² : 7,7%	0,09 ±0,05 r ² : 5,1%	0,16 ±0,1 r ² : 8,0%	0,09 ±0,03 r ² : 10,0%	0,12 ±0,06 r ² : 10,0%

"n.s": no significativa desde el punto de vista estadístico (p.val >0,05)

Las anomalías térmicas de 2021 fueron positivas todos los meses a excepción de noviembre (-0,09 °C) (tabla XI). Las anomalías positivas superaron el grado en seis de los doce meses, y fue particularmente alta en mayo (+1.65 °C), una pauta que también se trasladó a las máximas (+1.73 °C) y a las mínimas (+1.55 °C), aunque entre estas últimas la mayor anomalía positiva estuvo en abril (+1.63 °C). Las mínimas de diciembre también registraron anomalías negativas, aunque con

valores muy bajos. Las anomalías decadales fueron casi siempre positivas, con su valor más alto en agosto, salvo en las máximas de febrero que fueron negativas, aunque con un valor extremadamente bajo (-0,02 °C).

Hasta ocho de los doce meses estuvieron dentro del ranking de los 20 más calientes de toda la serie en cuanto a las temperaturas medias y las máximas mensuales. La temperatura media de septiembre fue la cuarta más caliente de todo el periodo analizado y la temperatura media de las máximas de este mismo mes fue la quinta del ranking. En cuanto a la temperatura media de las mínimas, tanto abril como julio compartieron el puesto 4 en el ranking de los años con temperatura mínima de su mes más alta. La mayoría de los meses con valores de temperatura media en el ranking de los 20 más calientes, también se incluyeron en el ranking de los diez más calientes (enero, abril, mayo, julio, septiembre y octubre).

Tabla XI. Anomalías de las temperaturas medias mensuales del año 2021 y de las temperaturas medias de la década más reciente, entre 2012 y 2021, en el sur de la isla de Tenerife

	Temperatura media (°C)		Temperatura máxima (°C)		Temperatura mínima (°C)				
	Año 2021	nº	Década 2012-2021	Año 2021	nº	Década 2012-2021	Año 2021	nº	Década 2012-2021
Enero	0,87	9º	+0,27	0,94	11º	+0,27	0,82	8º	+0,26
Febrero	0,54	19º	+0,18	0,63	20º	-0,02	0,40	17º	+0,17
Marzo	0,4		+0,31	0,52		+0,45	0,28		+0,18
Abril	1,55	5º	+0,65	1,4	10º	+0,56	1,63	4º	+0,71
Mayo	1,65	6º	+1,15	1,73	10º	+1,20	1,55	5º	+1,10
Junio	0,98	10º	+0,71	1,21	11º	+0,86	0,75		+0,55
Julio	1,48	8º	+0,86	1,53	12º	+0,83	1,41	4º	+0,87
Agosto	1,54		+1,36	1,46		+1,29	1,48		+1,11
Septiembre	1,43	4º	+0,75	1,46	5º	+0,70	1,42	6º	+0,79
Octubre	1,29	7º	+0,74	1,54	7º	+0,80	1,02	7º	+0,64
Noviembre	-0,09		+0,40	-0,16		+0,49	-0,02		+0,43
Diciembre	0,18		+0,49	0,38		+0,69	-0,04		+0,27

Precipitación

La isla de Tenerife

La tendencia general de precipitación en la zona de Canarias es hacia una disminución de la cantidad de lluvias, y así se refleja en dos de los tres únicos meses donde se pudo obtener una tendencia de cambio significativa, enero (-4 ±3 l/m²/déc) y diciembre (-3,6 ±2 l/m²/déc). Sin embargo, también se aprecia una ligera tendencia al alza en los meses estivales debido probablemente a cierta tropicalización del clima de Canarias¹⁵. Prueba de ello es la tasa de cambio observada en agosto (+0,6 l/m²/año) y las anomalías positivas de 2021, pero sobre todo de la década reciente. Las lluvias en agosto son escasísimas, pero, aun así, son las que manifiestan una mayor tendencia a aumentar.

Las anomalías de precipitación en el año 2021 fueron positivas en enero, febrero, agosto y noviembre, aunque en estos dos últimos meses con un volumen de agua muy bajo. Aun así, sorprendentemente, la anomalía de agosto fue mayor que la de

noviembre (tabla XII). Pero lo más notorio fue que las anomalías de marzo, octubre y diciembre, tres meses normalmente lluviosos, fue negativa. En este último mes llovió mucho menos de lo esperado, hasta -24 l/m^2 . La disminución de las lluvias de octubre y diciembre es una tónica que se ha mantenido en la última década, pues cuando se compara la cantidad de agua en el periodo 2012-2021 con la del periodo base, también se aprecian anomalías negativas en estos meses, no en vano, la tendencia general desde 1944 hasta la actualidad en diciembre es claramente decreciente. La anomalía positiva de febrero también se refleja en la última década, donde las lluvias de este mes han aumentado de media unos 30 l/m^2 (tabla XII).

Tabla XII tendencias y anomalías de precipitación en la isla de Tenerife

	tendencia 1944-2021 ($\text{l/m}^2/\text{déc}$)	Anomalía 2021 (l/m^2)	Ranking sequía	% Variación década 2012-2021
Enero	-4 ± 3 $r^2:9,8\%$	+13		-49
Febrero	n.s.	+10		+30
Marzo	n.s.	-14		-32
Abril	n.s.	-6	10 ^º	+71
Mayo	n.s.	-3	5 ^º	+11
Junio	n.s.	0		+32
Julio	n.s.	0		Inf
Agosto	$+0,6 \pm 0,4$ $r^2:9,8\%$	+4		Inf
Septiembre	n.s.	-2		-7
Octubre	n.s.	-11	14 ^º	+97
Noviembre	n.s.	+2		+66
Diciembre	$-3,6 \pm 2$ $r^2:7,4\%$	-24	14 ^º	-27

“n.s”: no significativa desde el punto de vista estadístico ($p.\text{val} > 0,05$)

“Inf”: porcentaje excesivo (infinito) debido a que se toma como un valor próximo a cero

Las lluvias en 2021 estuvieron dentro del percentil 50-75% en los meses de enero, febrero, julio y noviembre (fig. 11). En los restantes meses estuvieron por debajo del cuartil 50%, sobre todo en diciembre, donde llovió un 34% menos que en el periodo base de referencia y estuvo por debajo del cuartil 25%.

Las lluvias fueron en agosto más altas de lo normal, con una tendencia que desde hace pocos años se ha manifestado con la suficiente robustez estadística para ser significativa ($p < 0,05$). No obstante, la recta de regresión tiene una pendiente poco inclinada $+0,6 \pm 0,4 \text{ l/m}^2/\text{década}$, es decir, ni siquiera crece un litro/ m^2 por década.

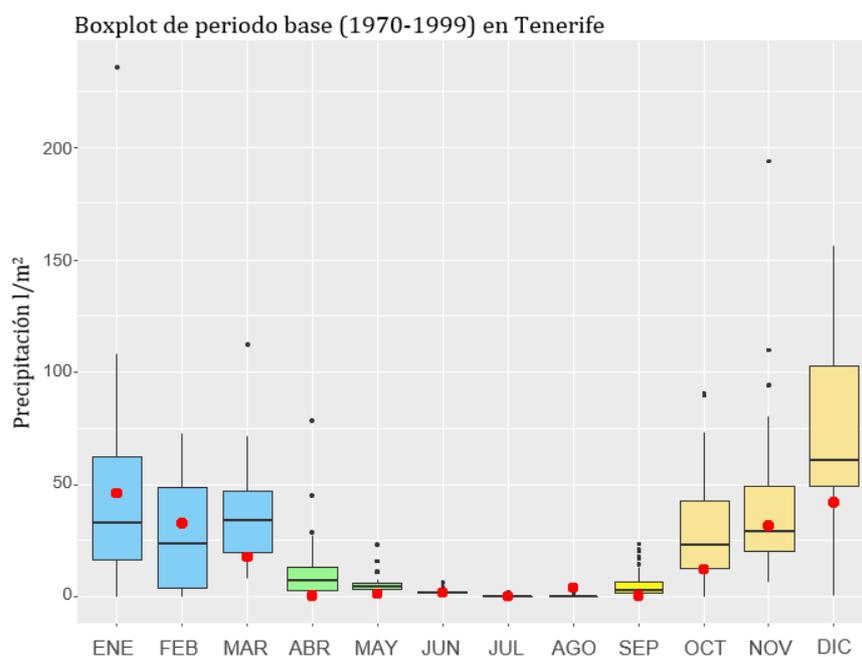


Fig. 11. Precipitación en el periodo base 1970-1999 (boxplot). Los puntos rojos son los valores de precipitación de 2021 en la isla de Tenerife

Las cumbres de Tenerife

La precipitación en las cumbres no muestra una tendencia de cambio estadísticamente significativa, salvo en los meses de agosto (+0,9 ±0,5 l/m²/déc) y octubre +2,9 ±1,9 l/m²/déc). Sin embargo 2021 registró una anomalía negativa (sequía) casi todos los meses, incluido octubre (tabla XIII).

Tabla XIII, tendencias y anomalías de precipitación en las cumbres de Tenerife

	tendencia 1944-2021 (l/m ² /déc)	Anomalía 2021 (l/m ²)	Ranking sequía	% Variación década 2012-2021
Enero	n.s.	+47		-51
Febrero	n.s.	-18		+77
Marzo	n.s.	-30	1º	+40
Abril	n.s.	-5	14º	+1129
Mayo	n.s.	0		Inf
Junio	n.s.	0		Inf
Julio	n.s.	0		0
Agosto	+0,9 ±0,5 r ² :9,5%	0		Inf
Septiembre	n.s.	-3	19º	Inf
Octubre	+2,9 ±1,9 r ² :5,2%	-20	2º	+284
Noviembre	n.s.	-8		+55
Diciembre	n.s.	-28	19º	-24

“n.s”.: no significativa desde el punto de vista estadístico (p.val >0,05)

“Inf”.: porcentaje excesivo debido a que parte de cero

En efecto, salvo enero donde llovió más de lo normal (+47 mm) y en mayo, junio, julio y agosto, en los demás meses llovió mucho menos de lo normal. La situación

en 2021 se puede considerar crítica, sobre todo en los meses de febrero, marzo, octubre o diciembre donde las lluvias estuvieron por debajo del percentil 25 (fig. 12).

De hecho, marzo con $-30,35 \text{ l/m}^2$ fue el más seco de todos los años desde 1944, y octubre con $-19,6 \text{ l/m}^2$ fue el segundo más seco de la serie. El caso de octubre es particular por tratarse de un mes donde las lluvias están aumentando ligeramente y prueba de ello es que la anomalía de la última década con respecto al periodo base significa un aumento de las lluvias del 66%.

En términos de anomalía decadal, las lluvias febrero, marzo y abril aumentaron considerablemente, sobre todo este último mes que antes solía ser seco, y lo mismo ocurrió con octubre y noviembre. En cambio, enero y diciembre, que solían ser lluviosos, registraron en la última década una caída importante de las lluvias, sobre todo en enero donde se redujeron a la mitad.

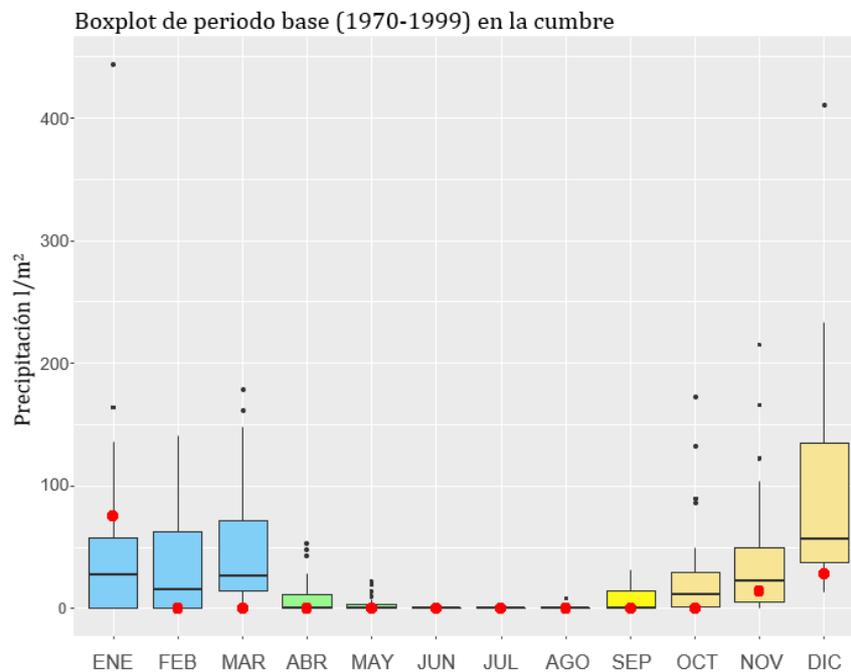


Fig. 12. Precipitación en el periodo base 1970-1999 (boxplot). Los puntos rojos son los valores de precipitación de 2021 en la cumbre de la isla.

El norte de Tenerife

La precipitación mostró una tendencia negativa en los meses de enero ($-6,2 \pm 3,8 \text{ l/m}^2/\text{déc.}$) y diciembre ($-4,1 \pm 1,8 \text{ l/m}^2/\text{déc.}$), y positiva en el mes seco de septiembre ($+0,9 \pm 0,6 \text{ l/m}^2/\text{déc.}$). En los demás meses no se detectó tendencia alguna que fuera estadísticamente significativa. Así y todo, las lluvias de enero y febrero de 2021 superaron los valores normalmente esperados y lo mismo ocurrió con julio y agosto de este año, aunque en este caso en cantidades relativamente bajas de precipitación. En noviembre de 2021 llovió más o menos lo esperado y en los demás meses, menos de lo previsible (tabla XIV).

Tabla XIV. tendencias y anomalías de precipitación en el norte de Tenerife

	tendencia 1944-2021 (l/m ² /déc)	Anomalía 2021 (l/m ²)	Ranking sequía	% Variación década 2012-2021
Enero	-6,2 ±3,8 r ² :13,8%	+14		-27
Febrero	n.s.	+51		+34
Marzo	n.s.	-18		-25
Abril	n.s.	-20	6º	+35
Mayo	n.s.	-8	11º	-14
Junio	n.s.	-2		+53
Julio	n.s.	+4		+575
Agosto	n.s.	+10		Inf
Septiembre	+0,9 ±0,6 r ² :5,6%	-6	16º	-14
Octubre	n.s.	-15	18º	-72
Noviembre	n.s.	+2		+74
Diciembre	-4,1 ±1,8 r ² :6,5%	-20		-22

“n.s.”: no significativa desde el punto de vista estadístico (p.val >0,05)

“Inf”: porcentaje excesivo debido a que parte de cero

El año 2021 tuvo el sexto abril más seco de la serie. De los restantes meses, solo mayo, septiembre y octubre estuvieron entre los 20 más secos de la serie, mientras que agosto, que suele ser seco tuvo unas precipitaciones altas para este mes. De hecho, fue el séptimo agosto más lluvioso de toda la serie, por encima del percentil 75 (fig. 13). El percentil 75 fue también ampliamente superado en febrero, mientras que abril y mayo registraron lluvias por debajo del percentil 25.

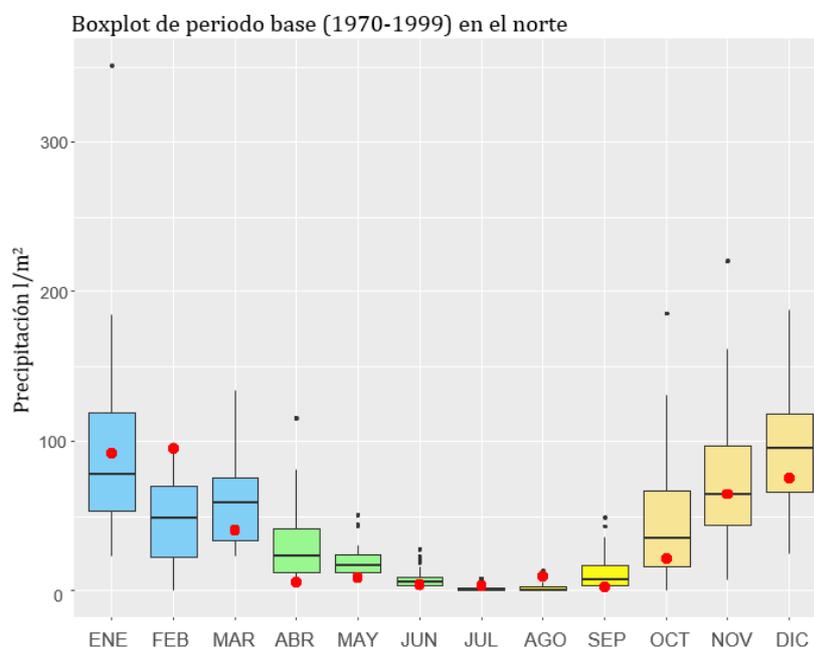


Fig. 13. Precipitación en el periodo base 1970-1999 (boxplot). Los puntos rojos son los valores de precipitación de 2021 en el norte de la isla.

Las anomalías de la última década muestran una importante caída en las lluvias de enero, marzo, mayo, septiembre y diciembre, y un notable incremento en los meses húmedos de febrero octubre y noviembre, pero sobre todo en los meses secos de

junio julio y agosto. En este último mes se incluyen promediados que abarcan los +10 l de 2021, pero también el récord de más de 50 l de anomalía positiva de 2015.

El sur de Tenerife

La precipitación mostró una tendencia negativa en los meses lluviosos de enero ($-3 \pm 1,9$ l/m²/déc) y diciembre ($-2,9 \pm 2,4$ l/m²/déc), y positiva en el mes seco de abril ($+0,9 \pm 0,6$ l/m²/déc). En los demás meses no se detectó tendencia alguna que fuera estadísticamente significativa. Así y todo, las lluvias de enero, febrero y noviembre de 2021 superaron ligeramente los valores normalmente esperados y lo mismo ocurrió con agosto, aunque en este caso en cantidades muy bajas de precipitación por tratarse de un mes tradicionalmente seco. En todos los demás meses llovió menos de lo esperado y la anomalía de 2021 fue particularmente negativa en marzo y en diciembre; en ambos casos estuvo por debajo del percentil 25 (fig.14).

Tabla XV. tendencias y anomalías de precipitación en el sur de Tenerife

	tendencia 1944-2021 (l/m ² /déc)	Anomalía 2021 (l/m ²)	Ranking sequía	% variación década 2012-2021
Enero	$-3 \pm 1,9$ r ² :8,4%	7,14		-56
Febrero	n.s.	1,65		-17
Marzo	n.s.	-11,99	15º	-33
Abril	$+0,9 \pm 0,6$ r ² :5,6%	-1,29		+165
Mayo	n.s.	-0,94	2º	Inf
Junio	n.s.	-0,17	12º	Inf
Julio	n.s.	-0,03		0
Agosto	n.s.	0,81		Inf
Septiembre	n.s.	-1,2	8º	+1200
Octubre	n.s.	-4,6	20º	+172
Noviembre	n.s.	6,08		+9
Diciembre	$-2,9 \pm 2,4$ r ² :8,0%	-31,33	12º	-38%

“n.s.”: no significativa desde el punto de vista estadístico (p.val >0,05)

“Inf”: porcentaje excesivo debido a que parte de cero

Seis de los doce meses de 2021 estuvieron entre los veinte más secos desde 1944 y mayo en concreto fue el segundo mayo menos lluvioso de toda la serie.

Los cambios registrados en la última década con respecto al periodo base muestran un importante aumento en las lluvias de los siete meses que van desde abril hasta octubre, sobre todo en los meses concretos de abril (+165%), septiembre (+1200%) y octubre (+172%). Abril y septiembre nunca fueron meses lluviosos y siguen siendo secos, aunque algo menos, pero octubre ha pasado de +13 l/m² en el periodo base a +36 en la última década

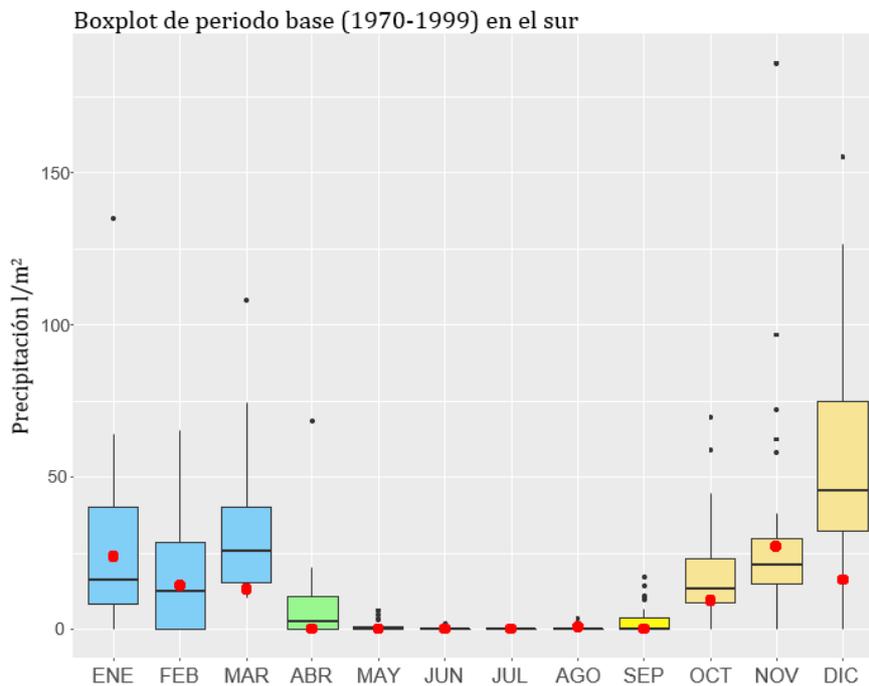


Fig. 14. Precipitación en el periodo base 1970-1999 (boxplot). Los puntos rojos son los valores de precipitación de 2021 en el sur de la isla.

Climogramas

Los climogramas comparados del periodo base de 1970-1999 y la década más reciente (2012-2021) evidencian algunas pautas generales de comportamiento del clima en los últimos diez años. Por ejemplo:

1. Hay una caída generalizada de las lluvias de diciembre y de enero. Es importante en el caso de diciembre que durante el periodo base fue el mes más lluvioso y en la última década ha quedado postergado al segundo o tercer lugar, según la zona de la isla que se considere. El mes más lluvioso en la última década ha sido noviembre (u octubre en algunas zonas de la isla, como las cumbres y la fachada sur)
2. Las lluvias de abril han aumentado en la isla y en todas las zonas, y las de febrero también han aumentado en la isla y en todas las zonas a excepción del sur.
3. Hay un aumento generalizado de las lluvias en los meses de verano, sobre todo en agosto, aunque en el cómputo global de la lluvia anual no representan un volumen de agua importante.
4. El aumento de la temperatura en esta década reciente ha estado dominado por los incrementos de la temperatura primaveral, particularmente en el mes de mayo, y tanto en el conjunto de la isla como en las diferentes zonas de la misma. Donde más se aprecia este incremento primaveral es en la cumbre. En esta región cimera de Tenerife, mayo registró un promedio de la

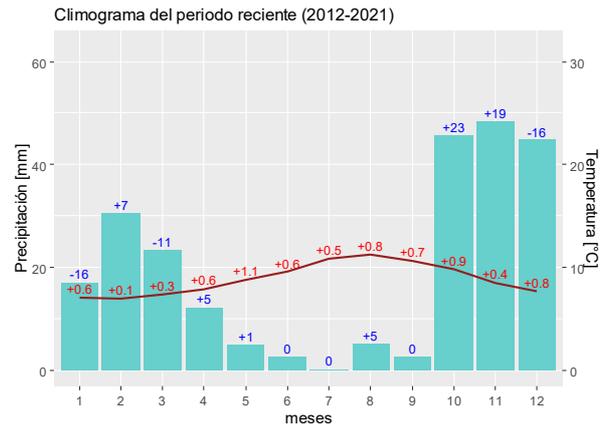
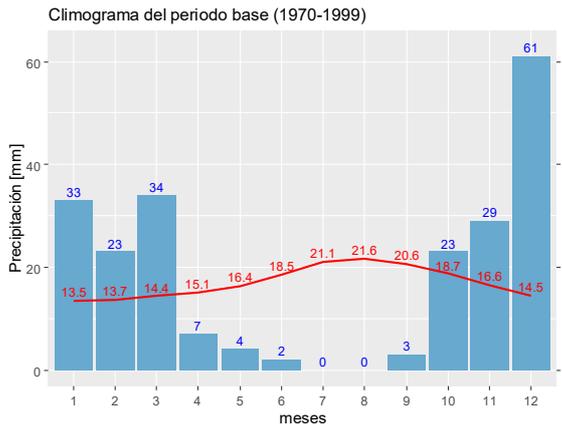
temperatura de diez años de +1,7 °C por encima de la que hubo en el periodo base de referencia.

En general la sequía tiende a disminuir en los meses secos (aquellos donde la precipitación es igual o mayor que el doble de la temperatura) y a aumentar en los meses húmedos (aquellos donde la precipitación es menor que el doble de la temperatura). La proporción de meses secos/húmedos se mantuvo constante entre el periodo base y la década 2012-2021 en el conjunto de la isla y en la cumbre, pero no en la fachada norte (4 meses secos en periodo base y cinco en década reciente) ni en la facha sur (siete meses secos en periodo base y nueve en década reciente).

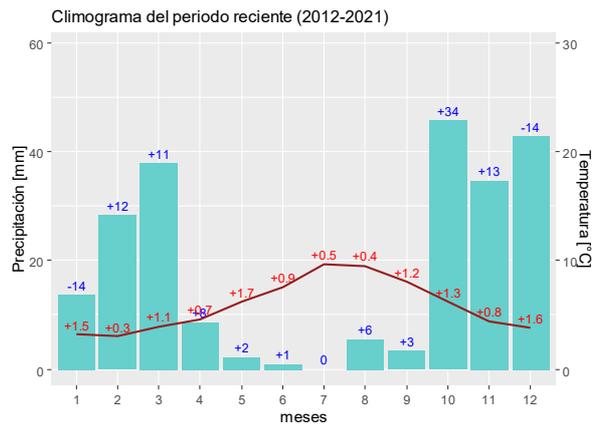
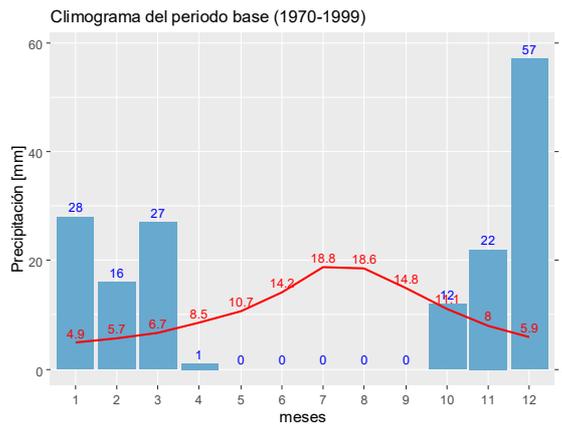
Esto está en consonancia con la ligera tendencia a la tropicalización derivada de un desplazamiento de las lluvias -apenas apreciable- hacia los meses estivales. Donde más se nota este fenómeno es en las cumbres, donde las precipitaciones de los meses húmedos disminuyen a la par que la temperatura aumenta, mientras que, en los meses secos, las precipitaciones aumentan y la temperatura también.

En conjunto, la disminución de la sequía en los meses secos no compensó el aumento en los meses húmedos y en términos globales, tanto en el conjunto de la isla como en las distintas zonas, hay un aumento de la sequía cuando se compara el periodo base de referencia 1970-1999 con lo acontecido en el periodo reciente de 2012-2021,

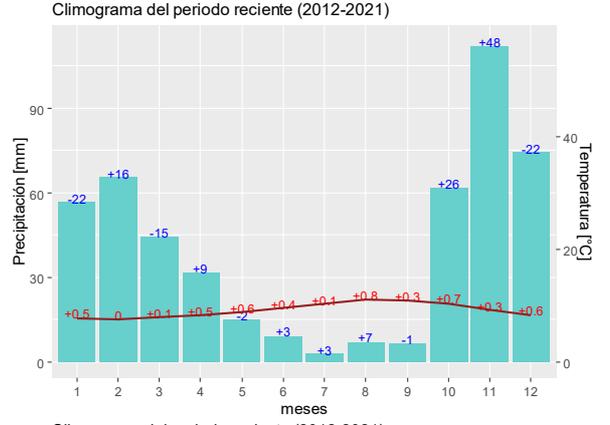
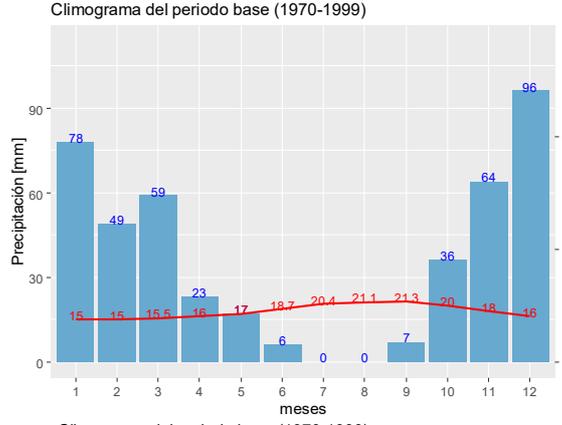
Isla de Tenerife



Cumbres de la isla



Fachada norte



Fachada sur

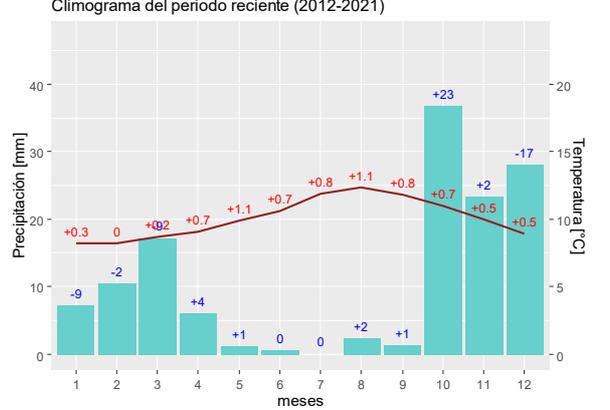
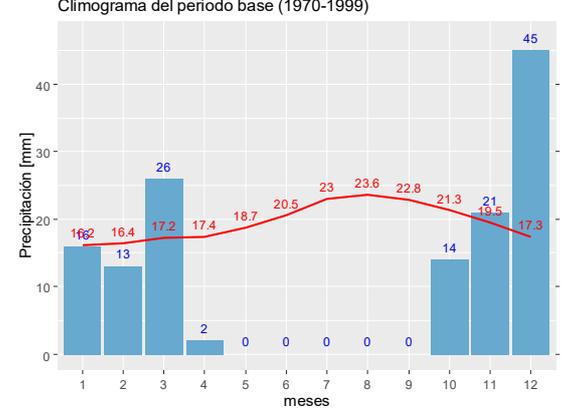
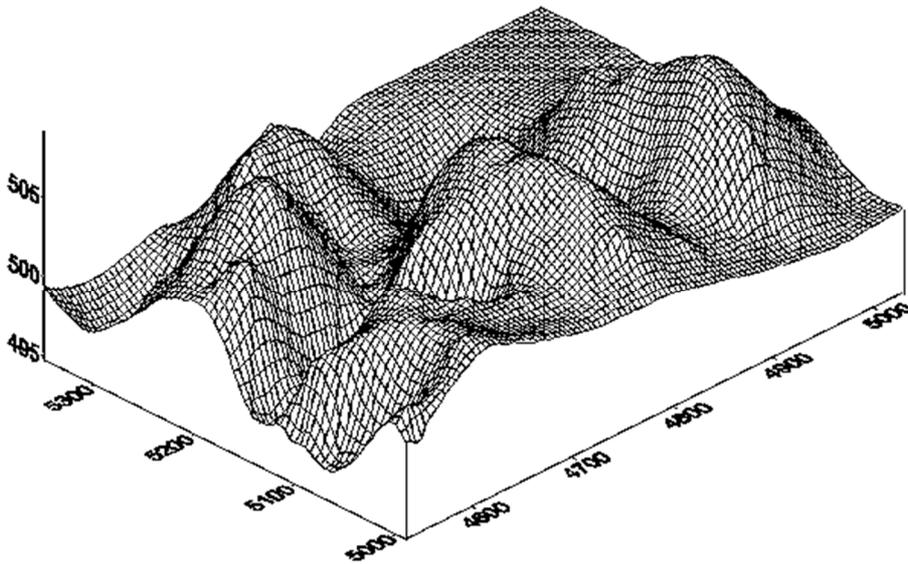


Fig. 15. Climogramas de 2021 y variaciones en temperaturas y precipitaciones mensuales con respecto al periodo base en Tenerife, las cumbres, el norte y el sur, respectivamente

PARTE II

DATOS INTERPOLADOS



TEMPERATURA Y ANOMALIAS EN 2021

Temperatura media

Las interpolaciones con el método de mínimos cuadrados y ajuste de errores de las mediciones de la temperatura media anual en las distintas estaciones meteorológicas analizadas indica que en 2021 oscilaron entre +5,5 °C en el punto más alto del Teide dentro del municipio de la Orotava y +22,4 °C en la costa de Rasca y las Galletas, en el municipio de Arona (fig. 16). La temperatura media anual de la isla fue +17,2 ±3,0 °C, y el municipio que registró en su conjunto la temperatura media anual más alta fue Arona, con +21,1 ±1,0 °C. El municipio que registró la temperatura media anual más baja fue La Orotava: +13,0 ±2,9 °C.

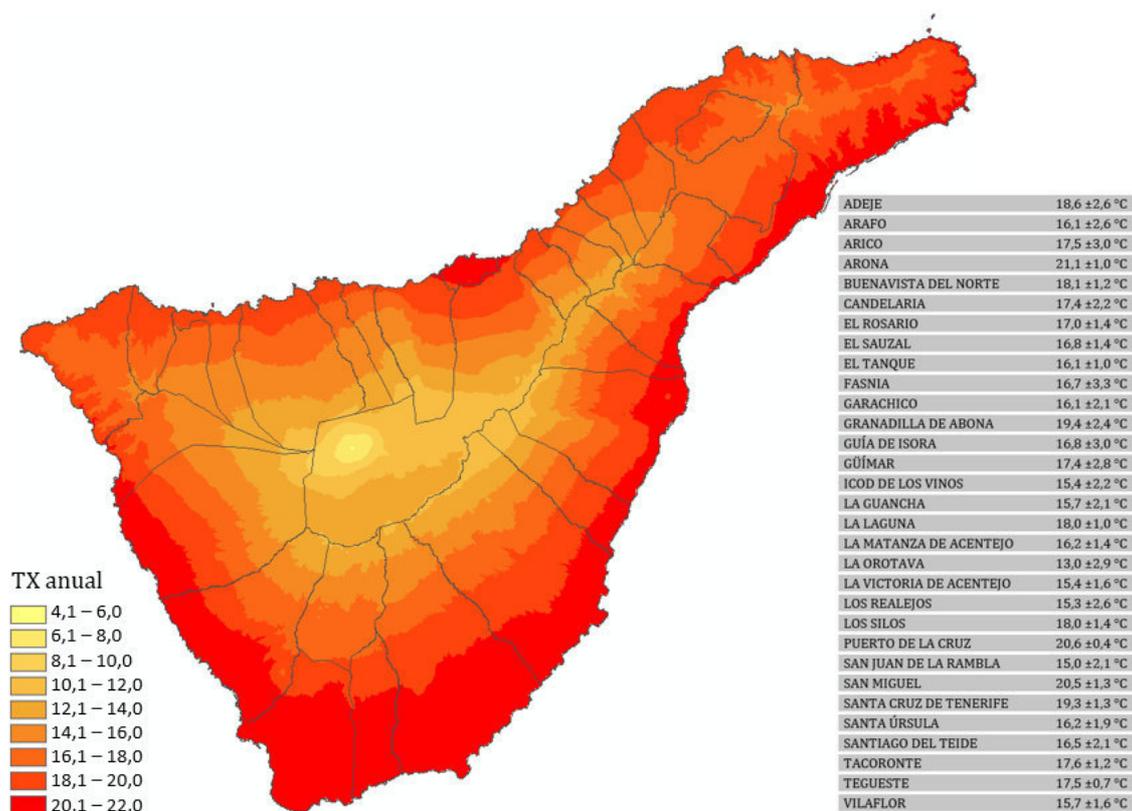


Fig. 16. Mapa interpolado de temperatura media anual de 2021 en la isla de Tenerife y límites de términos municipales

Las anomalías de la temperatura media en este año 2021 (fig. 17), es decir la medida de cuantos grados se desvió la temperatura de lo normal, fueron máximas en el centro de la isla y al sur del Teide, aunque también se registraron puntos muy calientes en el valle de la Orotava (Puerto de la Cruz) y en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife. El macizo de Teno registró una anomalía negativa, es decir, la temperatura fue en 2021 más fría de lo esperado.

En líneas generales, toda la mitad meridional de Tenerife registró temperaturas más elevadas que el sector septentrional, y lo mismo se puede decir al respecto del sector centro occidental (salvo en Teno) con respecto al sector oriental de la isla.

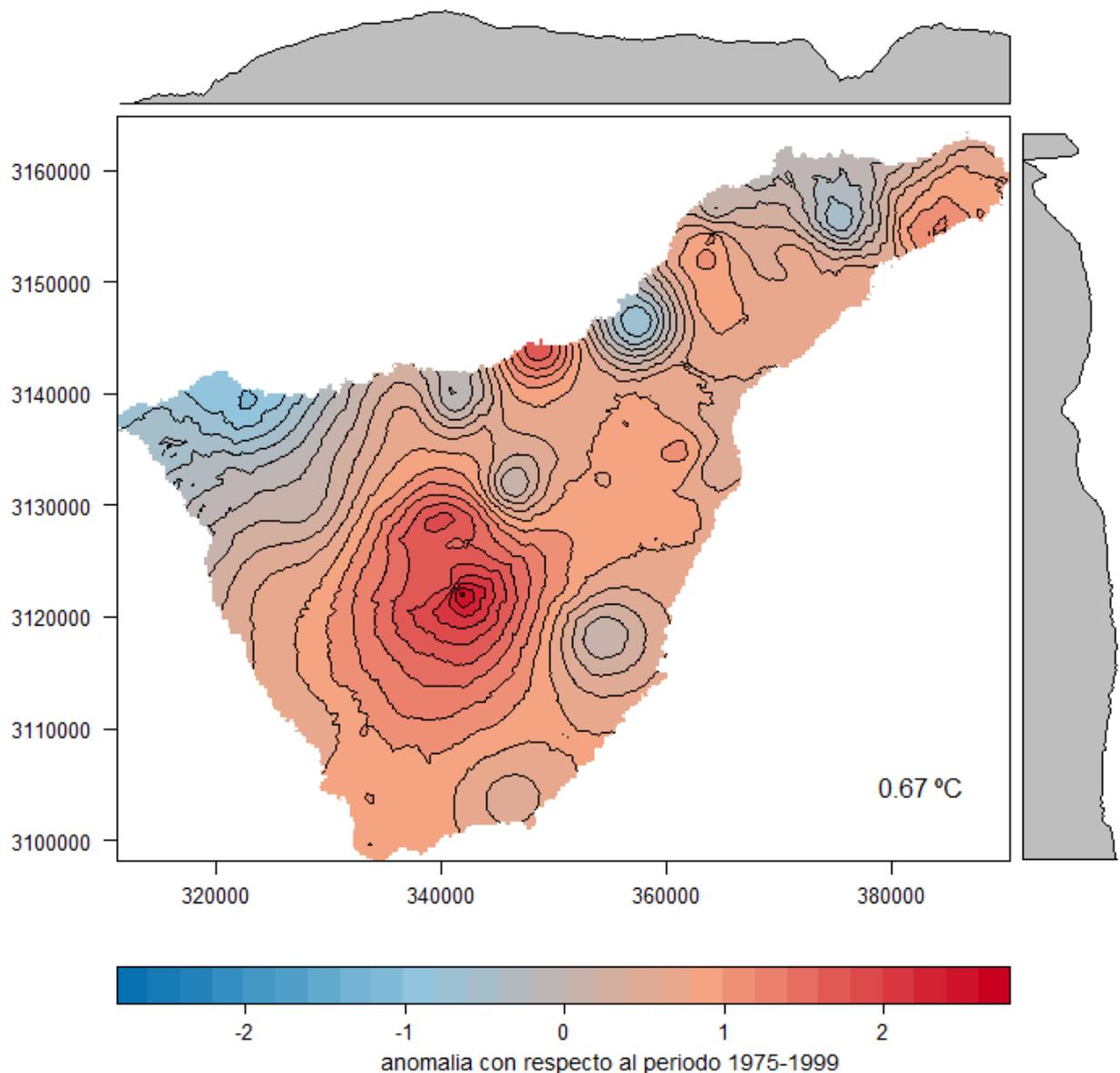


Fig. 17. Mapa interpolado de anomalías de 2021 en la temperatura media anual de la isla de Tenerife y graficas de valores de temperatura promediados en rangos longitudinales y latitudinales

Temperatura mínima

Las interpolaciones con el método de mínimos cuadrados y ajuste de errores de las mediciones de la temperatura mínima anual en las distintas estaciones meteorológicas analizadas indica que en 2021 oscilaron entre $-4,6\text{ °C}$ en el punto más alto del Teide en las montañas que circundan el estratovolcán dentro del municipio de la Orotava y $+19,0\text{ °C}$ justo en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife que es donde más están aumentando las noches tropicales (fig. 18). También resultó elevada la temperatura nocturna en la costa de Las Galletas, en el municipio de Arona. En general, en toda la banda sur de temperatura entre $+18,1$ y $+20\text{ °C}$ son cada vez más frecuentes noches puntuales donde la temperatura supera los $+20\text{ °C}$, es decir, noches tropicales. Esto explica porque en la isla está aumentando considerablemente la cantidad de noches tropicales¹⁶.

La temperatura media anual de las mínimas en este año de 2021 fue de $+12,0 \pm 4,5$ °C, y el municipio que registro en su conjunto la temperatura media anual de las mínimas más alta fue el Puerto de la Cruz, con $+17,2 \pm 0,5$ °C. El municipio que registró la temperatura media anual de las mínimas más baja fue La Orotava: $+5,9 \pm 4,6$ °C.

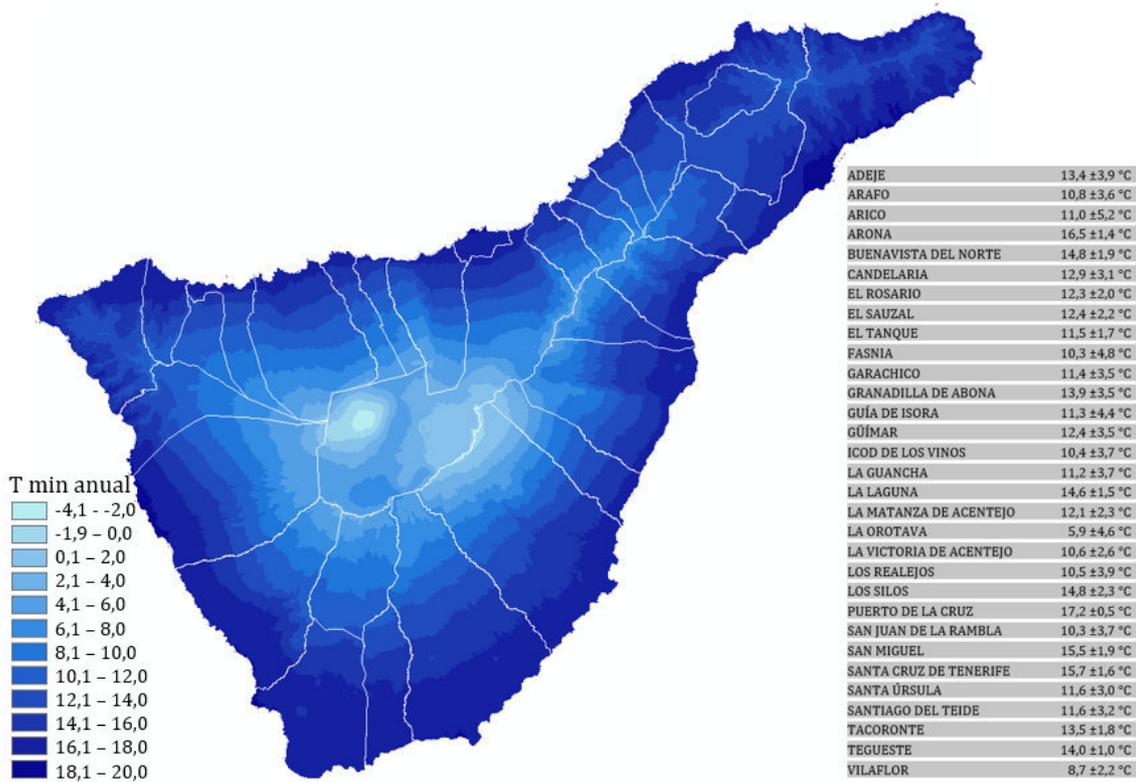


Fig. 18. Mapa interpolado de temperatura mínima anual de 2021 en la isla de Tenerife

Las anomalías de la temperatura mínima resultan de restar los valores del año 2021 al promediado de temperaturas mínimas entre 1970 y 1999 (periodo base de referencias). En este año 2021 las anomalías negativas se concentraron en la costa y en lugares muy concretos dentro de las Cañadas del Teide (fig. 19). Los valores más negativos se dieron en la zona de Izaña y alrededores, así como en la dorsal desde el Teide a La Laguna y la que une el Teide con Teno. Las anomalías positivas más altas se dieron en la costa de los municipios del Sur, desde Santa Cruz hasta Guía de Isora.

En líneas generales las zonas más elevadas registraron valores más bajos de lo esperado y lo mismo ocurrió con la zona costera por debajo de la cota de elevación de los 600 m altitud en el suroeste de la isla y en lugares muy concretos de la costa norte.

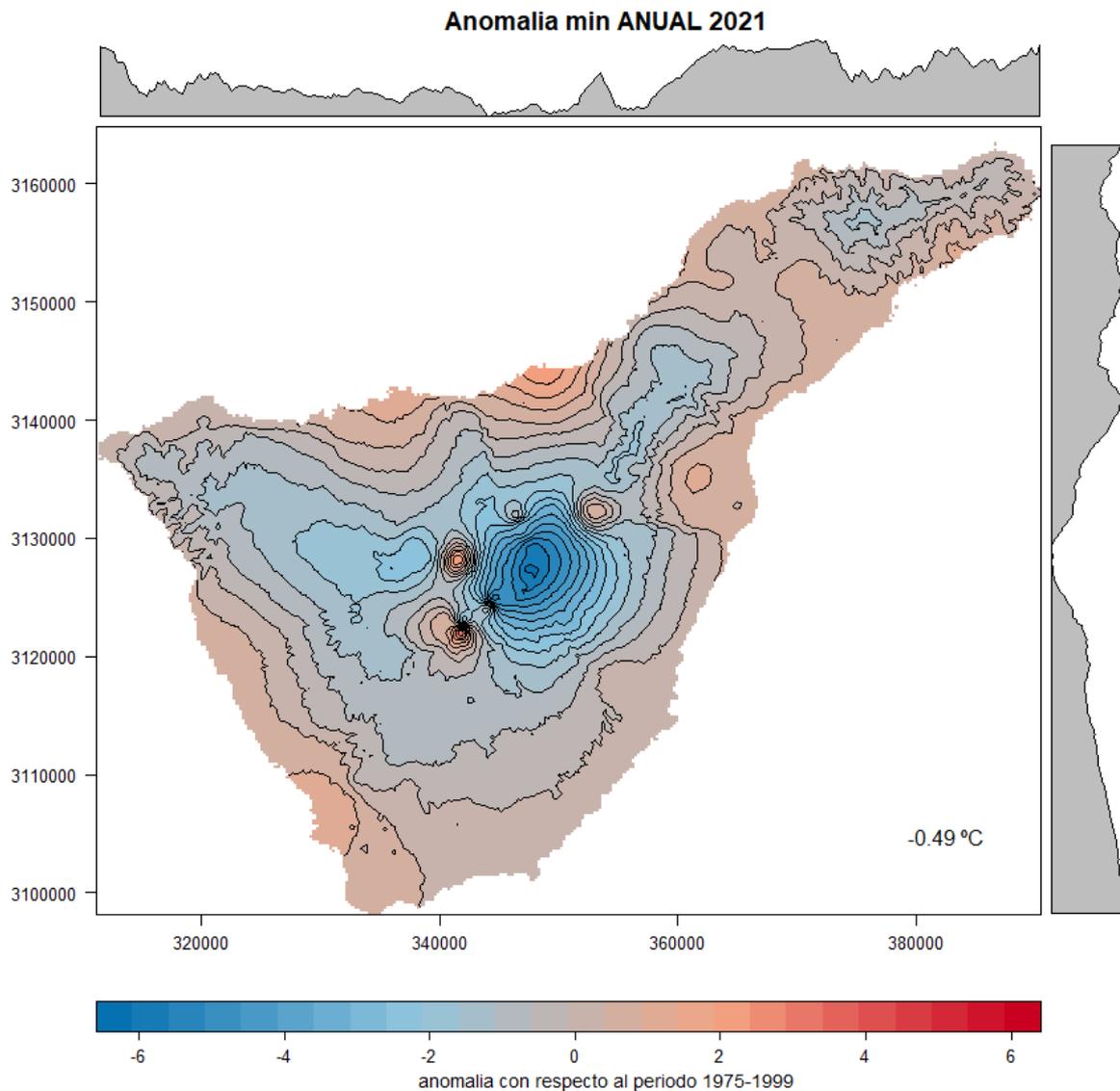


Fig. 19. Mapa interpolado de anomalías de 2021 en la temperatura mínima anual de la isla de Tenerife y graficas de valores longitudinales y latitudinales

Temperatura máxima

Las interpolaciones con el método de mínimos cuadrados y ajuste de errores de las mediciones de la temperatura máxima anual en las distintas estaciones meteorológicas analizadas indica que en 2021 oscilaron entre +13,1 °C en el punto más alto del Teide y en las montañas que circundan el estratovolcán y +26,7 °C en la Rasca y la costa de Las galletas, en el municipio de Arona (fig. 20). Hay además un sector en la costa de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife que suele estar muy caliente y queda perfectamente reflejado en la mancha rojo oscura de este lugar en el mapa de la figura 20.

La temperatura media anual de las máximas en la isla de Tenerife fue de +21,8 ±2,4 °C. El municipio que registro en su conjunto la temperatura media anual de las

máximas más alta fue Arona con $+25,5 \pm 0,9$ °C, y el que tuvo la media anual de las máximas más bajas fue La Orotava, con $+18,8 \pm 2,1$ °C.

Las anomalías de la temperatura máxima de 2021, es decir la diferencia entre la temperatura de 2021 y la del periodo base, fueron máximas en toda la mitad meridional de la isla, especialmente cerca de la costa (fig. 21). También se registraron puntos muy calientes dentro del valle de la Orotava y especialmente en el municipio del Puerto de la Cruz.

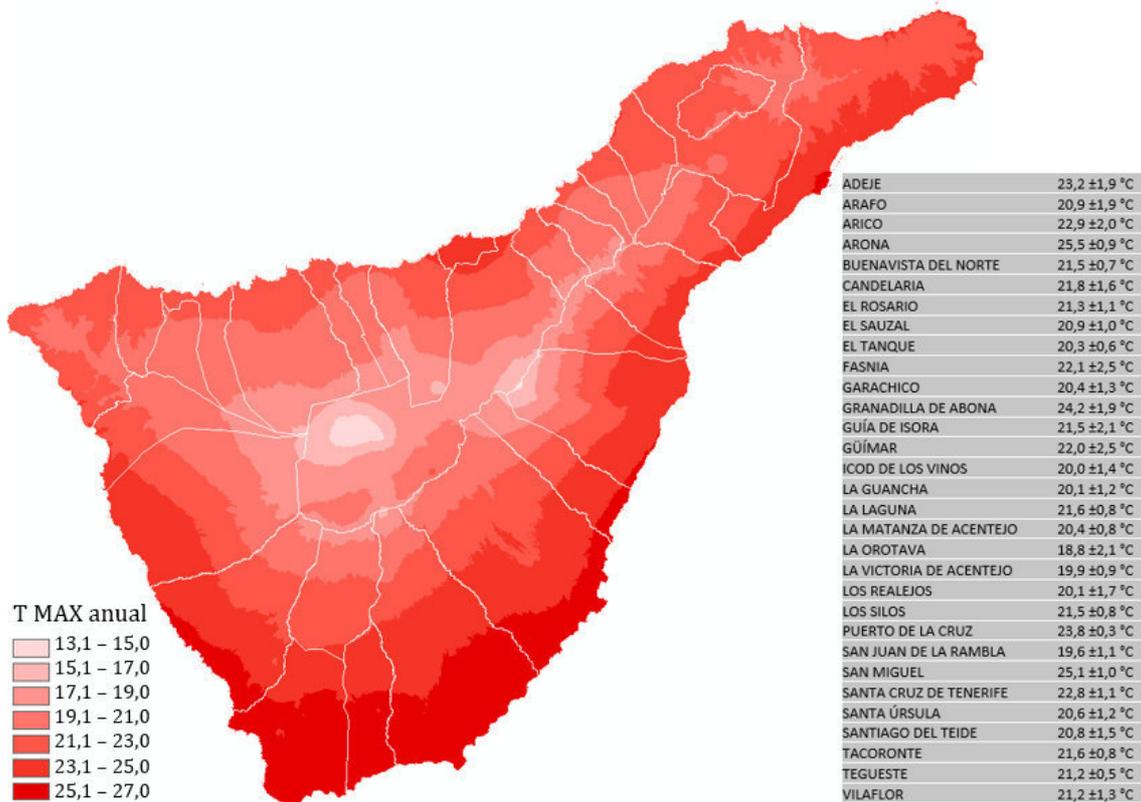


Fig. 20. Mapa interpolado de temperatura máxima anual de 2021 en la isla de Tenerife

De forma general las anomalías positivas más altas en la temperatura máxima estuvieron en el centro de la isla, en todo el macizo montañosos que abarca el Teide y Pico Viejo, y se expande hacia el este por Izaña. Sin embargo, obsérvese en la figura 21 como en la zona de Anaga, al Este de la isla, también fueron elevadas. Las anomalías fueron más altas en la mitad sur de la isla que en la mitad norte (fig. 21). En la costa norte las temperaturas diarias no fueron tan altas y se registraron anomalías negativas desde la Laguna hasta Teno.

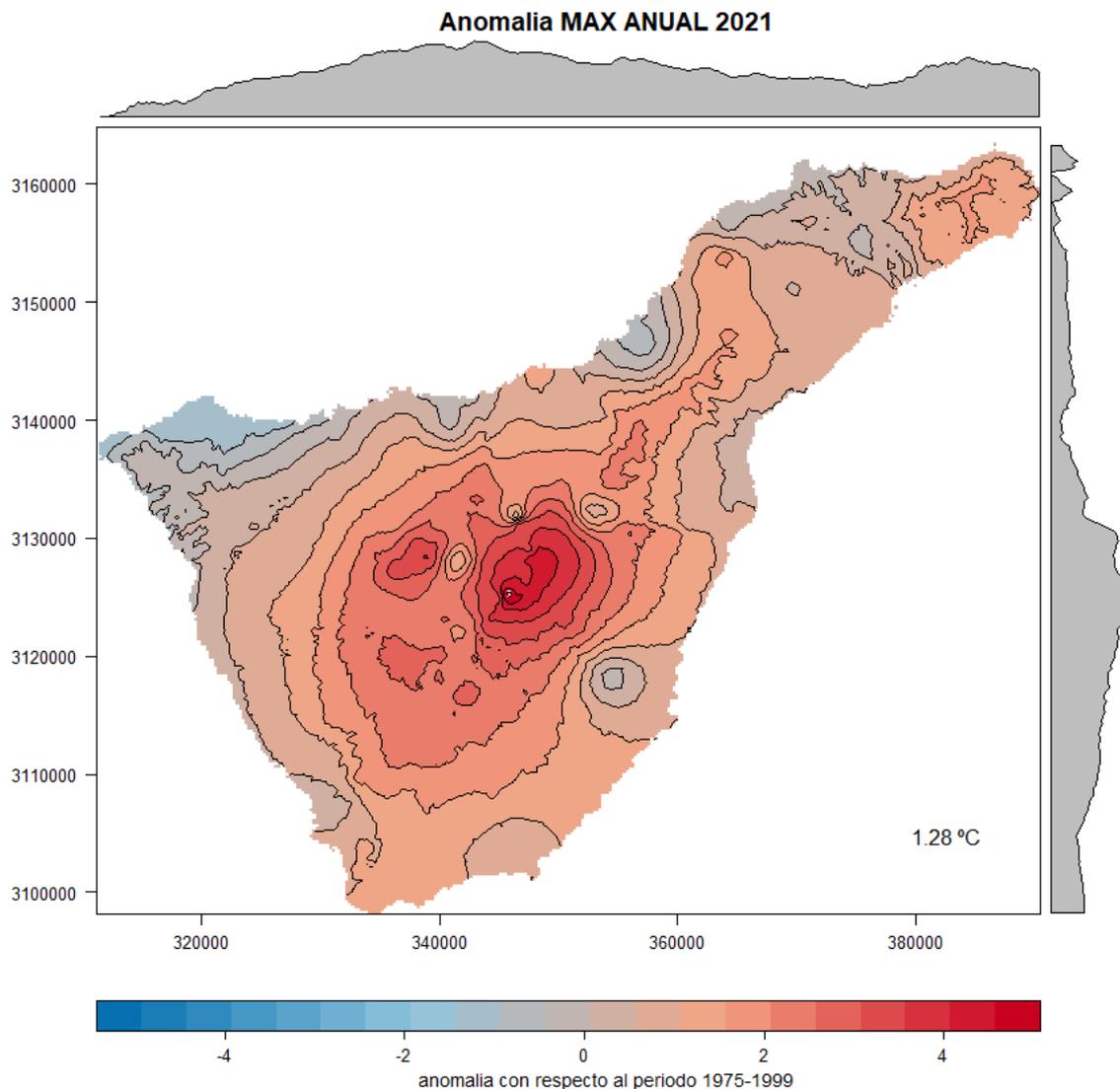


Fig. 21. Mapa interpolado de anomalías de 2021 en la temperatura máxima anual de la isla de Tenerife y gráficas de valores longitudinales y latitudinales

ANOMALÍAS DE TEMPERATURA MEDIA POR MUNICIPIOS

Los municipios de Vilaflor y Puerto de la Cruz registraron las anomalías positivas de temperatura media anual más altas, en ambos casos $+1,5\text{ °C}$ o más que en el periodo base, mientras que los Silos y Buenavista anotaron las anomalías más bajas, de entre $+0,5$ y $+1,0\text{ °C}$ negativos. Los siguientes municipios con temperaturas más altas en 2021 fueron La Orotava y Granadilla de Abona, que también superaron 1 °C . En estos dos municipios las anomalías estuvieron concentradas en sus zonas más elevadas, que en el caso de la Orotava incluye las Cañadas del Teide (fig. 23).

En general los municipios de la vertiente sur de la isla registraron anomalías más cálidas que los del norte. Solo seis municipios, todos ubicados en la fachada septentrional de la isla, registraron temperaturas más bajas de lo normal (anomalías negativas). Por el contrario, hasta veinticinco municipios tuvieron anomalías positivas, y en dieciocho de ellos, ésta fue superior a $+0,5\text{ °C}$. Es decir, las

anomalías positivas fueron mucho más comunes y alcanzaron valores más elevados en términos absolutos que las anomalías negativas.

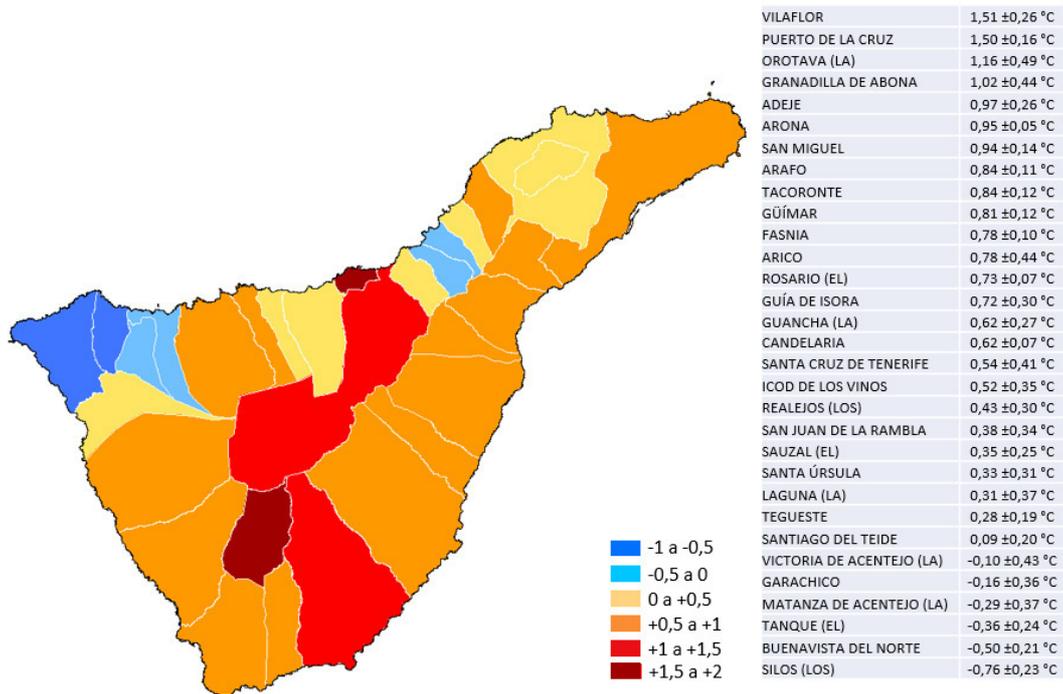


Fig. 22. Anomalías de la temperatura media anual en el conjunto de cada uno de los municipios de la isla de Tenerife.

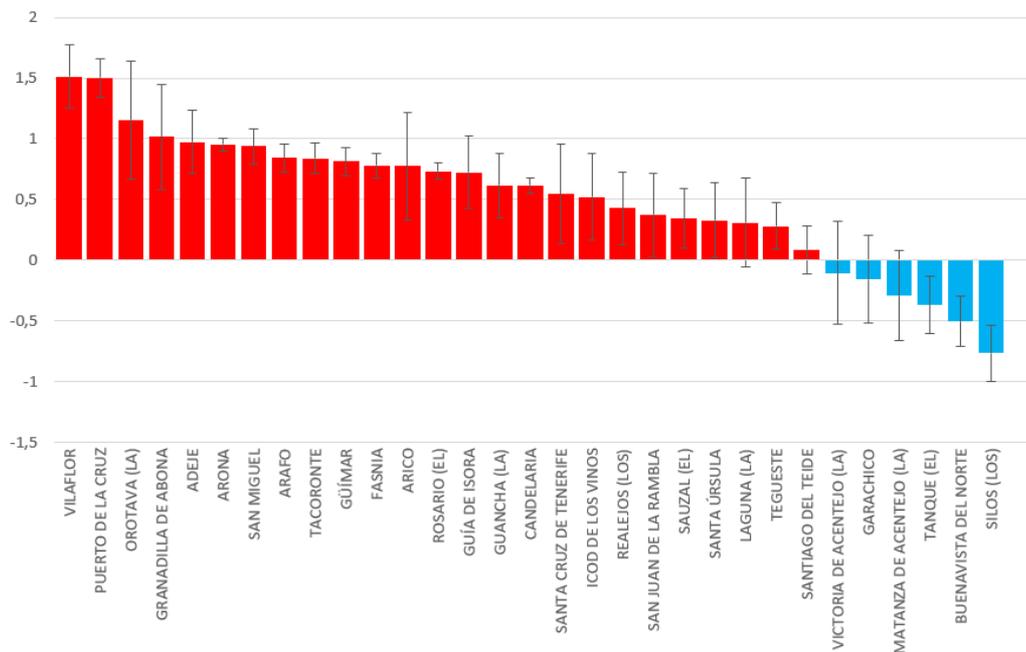


Fig. 23. Ranking de anomalías de temperatura media anual en los municipios de Tenerife, ordenados secuencialmente de más alta (positiva) a más baja (negativa)

ANOMALÍAS DE TEMPERATURA MEDIA EN ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

Casi todos los espacios naturales protegidos registraron anomalías positivas en la temperatura media anual, y el valor récord más alto lo anotó el Monumento Natural del Teide, que comprenden el cono que forma el estrato volcán homónimo, dentro de las Cañadas. Pero también tuvieron anomalías muy elevadas las propias Cañadas, englobadas dentro del Parque Nacional del Teide, y tres espacios protegidos de las medianas del sur: los monumentos naturales de Ifonche, Montaña de los Frailes y Roque de Jama. En todos estos espacios protegidos la temperatura media anual para el conjunto de sus territorios respectivos fue siempre superior a un grado (fig. 24).

Cuatro espacios al noroeste de la isla tuvieron en 2021 anomalías negativas: el Monumento Natural del Roque de Garachico, el Paisaje Protegido de La Culata, el Parque Rural de Teno y la Reserva Natural Especial del Chinyero. En estos espacios la anomalía negativa fue siempre inferior a un grado.

El Parque Rural de Anaga registro una anomalía positiva poco destacada, pero las reservas naturales de El Pijaral y de Ijuana, que forman parte del Parque Rural de Anaga, sí mostraron valores más altos de lo normal, similares a las de casi todos los demás espacios protegidos no mencionados hasta ahora, es decir, una anomalía entre +0,5 y +1,0 °C.

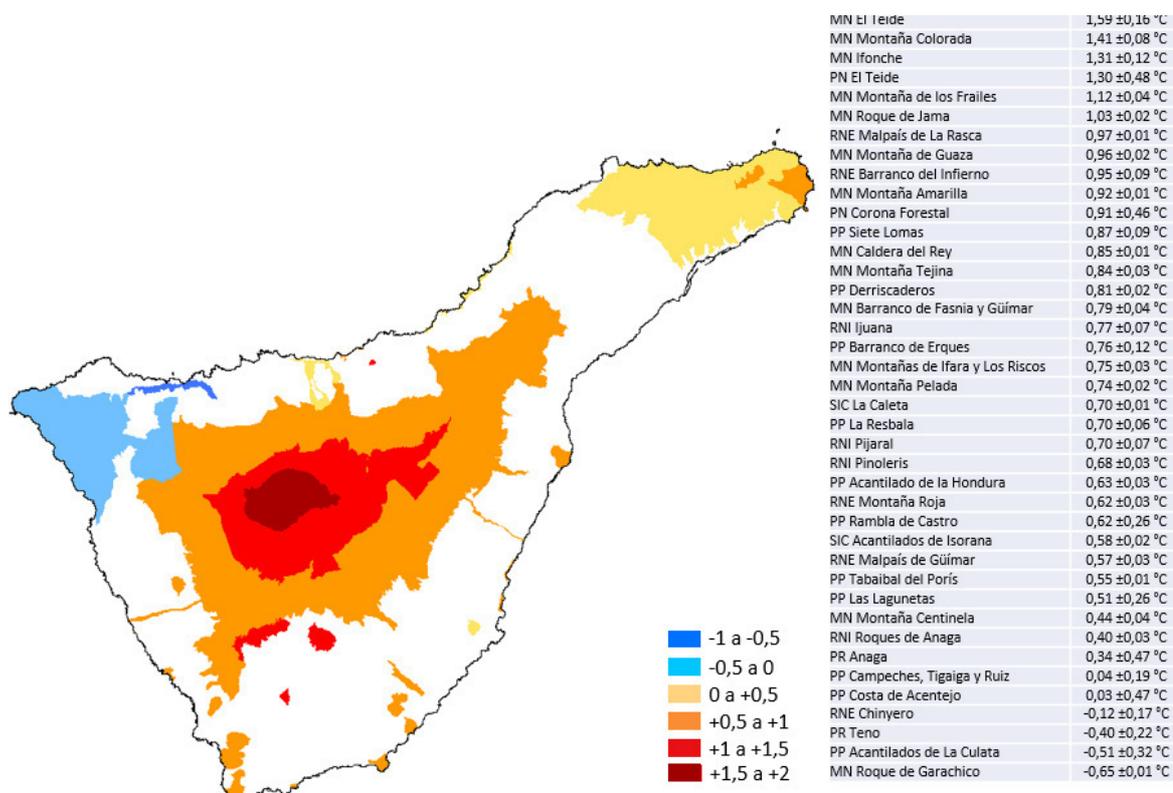


Fig. 24. anomalías de temperatura media anual en los espacios naturales protegidos terrestres de la isla de Tenerife.

Parque Nacional del Teide

Las cumbres de Tenerife por encima de los 200 m sobre el nivel del mar son las que registran el calentamiento más notable de la isla, el cual es a su vez todavía mayor medida que aumenta la altitud. Las anomalías positivas más altas suelen concentrarse en el mismo pico Teide y en ocasiones en las zonas más altas, al sur del Pico Teide. Así sucedió en 2021, donde el valor de máxima anomalía estuvo en lo alto de la Montaña de Guajara y sus alrededores ($> 2\text{ }^{\circ}\text{C}$), sobre todo los llanos de las Cañadas al pie de Guajara y al sur del Teide, en la cuenca a resguardo de los vientos del norte. La anomalía positiva en la temperatura media anual registrada en este lugar en 2021 fue la más alta de toda la isla de Tenerife.

Otra pauta observada en las anomalías en esta región cimera es que son mayores en el oeste que en el sector oriental. De hecho, hacia la zona de El Portillo y Guajara la anomalía se reduce casi a mínimos, mientras que en el sector suroeste de Boca Tauce está también cercana a los $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Estas observaciones concuerdan con los datos de tendencias de calentamiento enunciados anteriormente para la alta montaña de $0,17 \pm 0,03\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{déc.}$

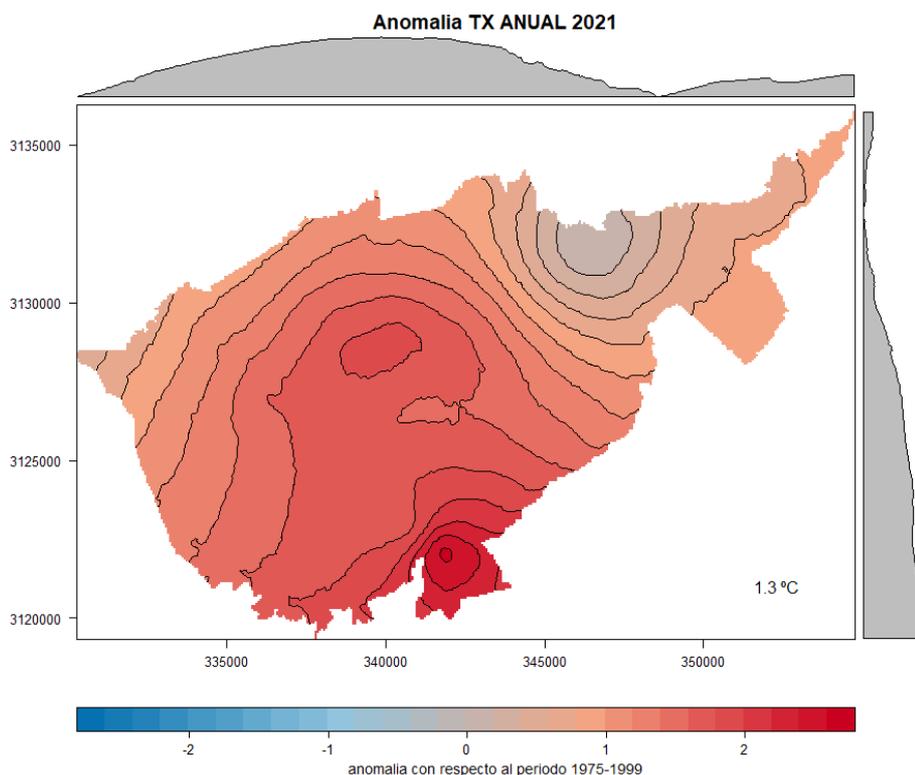


Fig. 25. Anomalías de 2021 en el Parque Nacional del Teide (en grados Celcius)

Parque Rural de Anaga

En el Parque Rural de Anaga las anomalías positivas estuvieron concentradas en la zona sur, sobre todo en el valle de San Andrés, mientras que las anomalías negativas se centraron en la cumbre, en la zona de la Cruz del Carmen directamente afectada por los vientos alisios. De todos modos, las temperaturas de

la zona norte también fueron más bajas de lo normal, en torno a $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Taganana, y siempre fueron más frías en el sector occidental que en el oriental.

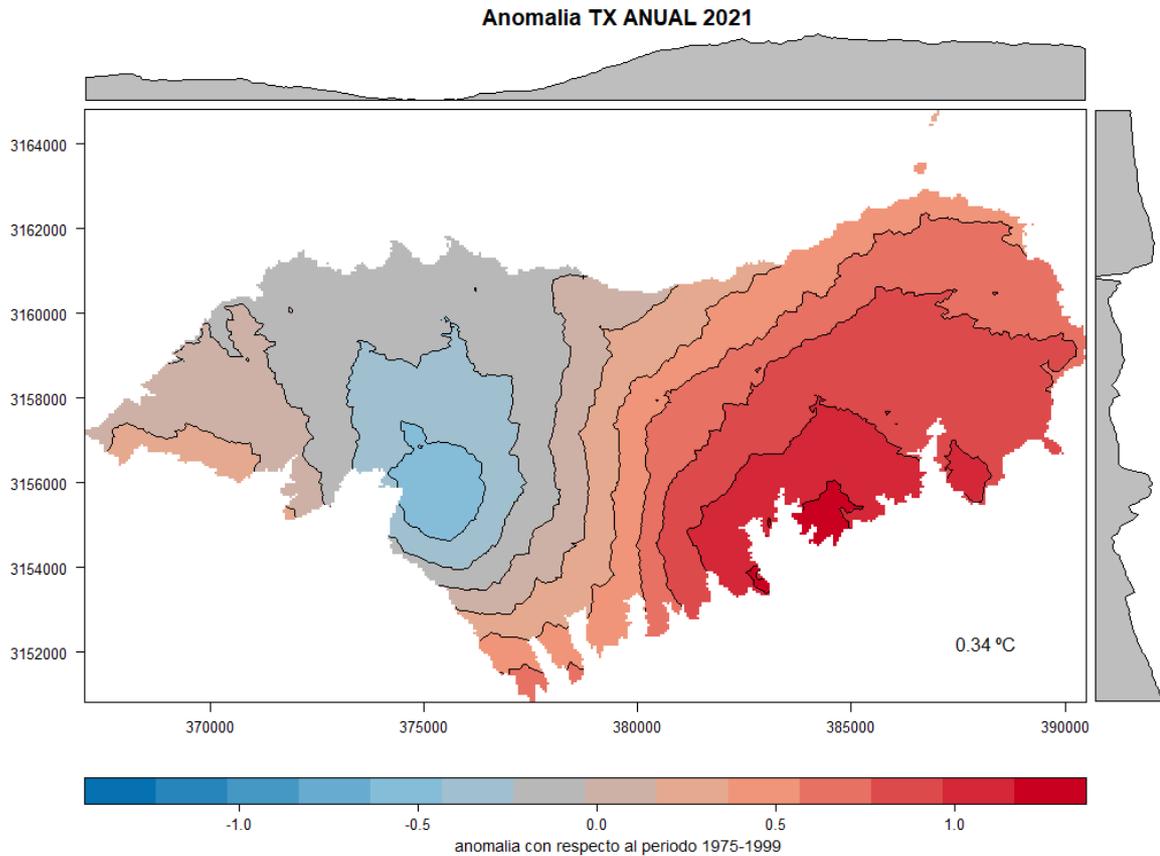


Fig. 26. Anomalías de 2021 en el Parque Rural de Anaga (en grados Celcius)

La zona este del Parque Rural, donde se localiza la reserva de Ijuana, registró una anomalía positiva elevada, en torno a $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, y este efecto también se apreció en la parte oriental de la reserva del Pijaral, en pleno Monteverde. Da la impresión de que los alisios del NE soplaron en este 2021 desde el norte, menos escorados del este, disminuyendo su efecto atemperante sobre los sistemas naturales del este y el sur del espacio natural protegido. En el norte en cambio, si fue patente esta influencia y por eso en todo el sector de Taganana la temperatura no fue tan caliente como en el resto. De todos modos, sorprende que en el sector sur de este espacio protegido apenas se haya notado el efecto atemperante del mar, que tiende a suavizar las temperaturas, salvo claro está, que las aguas de la superficie marina se hayan calentado también muy por encima de lo normal.

TENDENCIAS DE CALENTAMIENTO 1970-2021

Isla de Tenerife

A pesar de que el cambio en el clima es una tónica generalizada en la isla de Tenerife, no en todo su territorio se detecta una tendencia, positiva o negativa, que sea estadísticamente significativa pues a menudo la temperatura oscila entre unos años y otras con gran variabilidad (fig. 27). Cuanto mayor sea esta variabilidad más difícil será dar con una tendencia significativa, al menos en el corto periodo temporal entre 1975 y la actualidad en que se ha podido obtener mapas interpolados de alta precisión. Hay por tanto zonas “blancas” sin tendencia significativa, lo cual no quiere decir que se trate de zonas donde el calentamiento esté apaciguado o no exista, sino simplemente que los datos disponibles en esos lugares no son los suficientemente abundantes como para poder concluir algo al respecto, al menos al con el nivel de precisión aplicado de cuadrículas de 50 m de lado. En cualquier caso, bastante más de la mitad de la isla tiene una significación estadística con un coeficiente de confianza de al menos el 95%

La segunda variable a tener en cuenta para poder validar una tendencia es el error estándar, que cuando es excesivo puede invalidar el sentido de la tendencia debido por tener un margen de error demasiado amplio (fig. 27). Es como cuando se dice que la temperatura es de 2 grados positivos con una variación estadística de cinco grados en ambos lados, es decir, la temperatura real oscila entre -3 (=2-5) y es negativa, o entre +7 (2+5) y es positiva. Las cuadrículas de 50 m de lado de nuestro mapa donde el error estándar fue excesivamente alto se excluyeron del análisis. A medida que se incorpore más información en años sucesivos que permita disminuir la variabilidad y el rango de error la superficie de la isla con tendencia claras deberá aumentar.

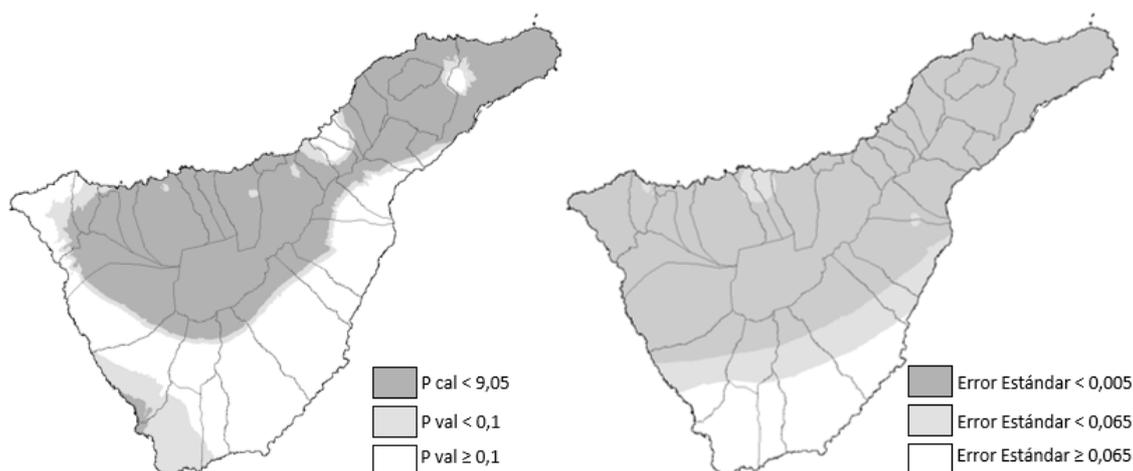


Fig. 27. Mapa de confiabilidad (izquierda) y de error estándar (derecha) para los cálculos de tendencias entre 1975 y 2021 en la isla de Tenerife. Las zona con valores con P.val mayor o igual de 0,1 y error estándar mayor de 0,005 (zonas blancas), no se consideran por su alta incertidumbre.

El mapa de tendencias de cambio en la temperatura media anual en la isla de Tenerife entre 1975 y la actualidad muestra que en la mayor parte de los casos hay un calentamiento entre una y tres décimas de grado por década (fig. 28). En las

cumbres dentro del municipio de la Orotava y donde está el Parque Nacional del Teide, el calentamiento esta más cercano a las tres décimas de grado por década. En la costa de Adeje hay una tendencia a enfriar con una tendencia de aproximadamente una décima de grado negativo por década.

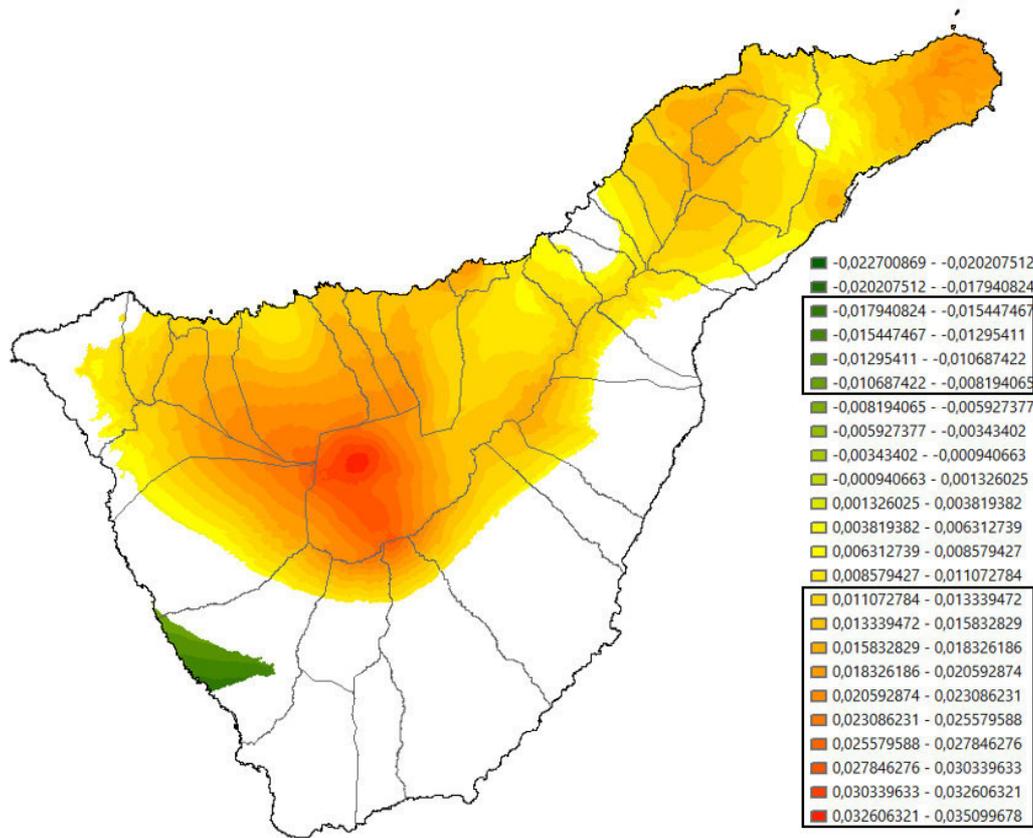


Fig. 28. mapa de tendencias de calentamiento en la isla de Tenerife donde solo se han representado las cuadrículas de 50 m de lado con valores confiables (significación <0,05 y error < 0,005). Cuando más intenso es el amarillo, hasta el rojo, más confiable es el dato. Los verdes indican zonas donde se aprecia una tendencia hacia el enfriamiento. El valor asignado a cada celda indica la tendencia de calentamiento/enfriamiento en grados por año. Multiplicando por 100 indica lo mismo, pero en grados por siglo.

Tendencias de calentamiento en los municipios

La pauta observada hasta ahora de que el calentamiento climático se concentra mayormente en las zonas de cumbre y en el norte de la isla, queda perfectamente reflejada en la figura 29, sobre tendencias de calentamiento por municipios. El ritmo de calentamiento más acelerado entre 1975 y 2021 estuvo en el municipio de la Orotava, sin duda debido tanto a que hay núcleos en el valle donde las temperaturas están subiendo mucho, como a que este término municipal abarca la mayor parte de las regiones de altura por encima de los 2000 m. En este municipio el calentamiento es de 0,19 °C/década, que es equivalente a decir que desde 1975 la temperatura media anual se ha elevado +0,86 °C y que en el año 2100 será, si la tendencia actual se mantiene, +1,47 °C más alta todavía que en la actualidad (calentamiento total acumulado desde 1975 hasta 2100 = +2,33 °C).

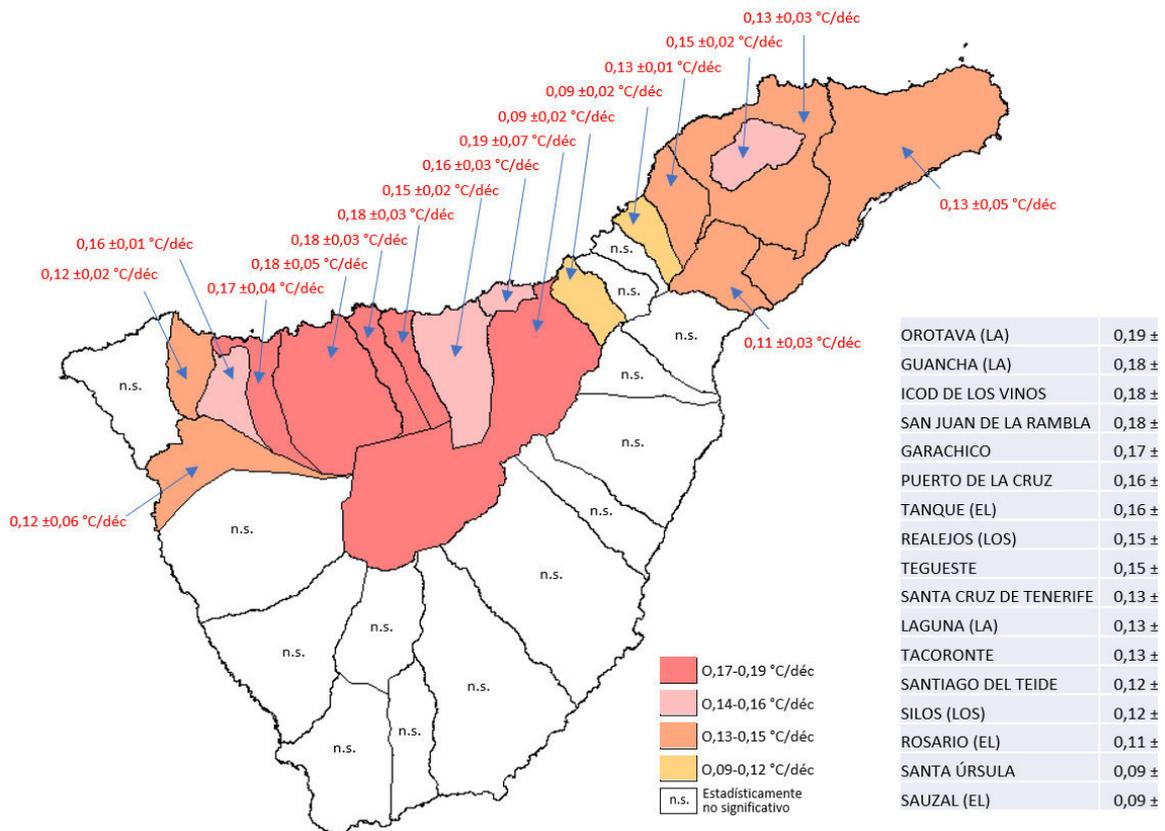


Fig. 29. Mapa de tendencia de calentamiento en la temperatura media anual de los municipios de la isla de Tenerife entre 1975 y 2021.

Otros tres municipios más, La Guancha, Icod de los Vinos y San Juan de la Rambla, se están calentando a un ritmo de 0,18 °C/década, lo cual significa que desde 1975 su temperatura media anual se ha elevado 0,82 °C (0,81 °C en el caso de San Juan de la Rambla) y que en el año 2100 ésta será 1,41 °C, 1,40 °C y 1,39 °C, respectivamente, todavía más alta que en la actualidad. De modo que el calentamiento acumulado previsto entre 1975 y 2100 en estos tres municipios si las tendencias actuales se mantienen, será +2,23 °C, +2,22 °C y +2,20 °C, respectivamente.

El municipio de Garachico muestra una tendencia de calentamiento en la temperatura media anual entre 1975 y 2021 de +0,18 °C/década. Es decir, en este periodo la temperatura ha aumentado 0,82 °C. De mantenerse la misma tendencia de calentamiento de la actualidad, en el año 2100 la temperatura se elevaría +1,36 °C más, lo cual significa que entre 1975 y 2100 podría haber un calentamiento acumulado en la temperatura media anual de +2,16 °C

El Tanque y el Puerto de la Cruz registran un calentamiento entre 1975 y 2021 de 0,16 °C/década. Desde 1975 la temperatura se ha elevado en ellos +0,75 °C y +0,71 °C, respectivamente. De mantenerse la tendencia actual, es previsible que en 2100 aumente +1,29 °C y +1,23 °C más, en uno u otro municipio, lo cual entrañaría un calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 de +2,04 °C y +1,94, respectivamente.

Los Realejos y Tegueste han tenido un calentamiento entre 1975 y 2021 de 0,15 °C/década. La temperatura en ellos se ha elevado desde 1975 en 0,70 °C. De mantenerse la tendencia actual, es previsible que en 2100 aumente 1,20 °C, lo cual entrañaría un calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 de 1.90°C.

Entre 1975 y 2021 Tacoronte, Santa Cruz de Tenerife y La Laguna, se calentaron a un ritmo de 0,13 °C/década, lo cual significa que desde 1975 sus temperaturas medias anuales se elevaron +0,62 °C, +0,60 °C y +0,59 °C, respectivamente. De mantenerse las tendencias actuales es previsible que en 2100 las temperaturas medias anuales vuelvan a elevarse otros +1,06 °C, +1,03 °C y +1,01, respectivamente. Por consiguiente, el calentamiento acumulado en estos tres municipios sería de +1,68 °C, +1,63 °C y +1,60 °C, respectivamente.

Santiago del Teide y Los Silos tuvieron entre 1975 y 2021 un ritmo de calentamiento de 0,12 °C/década. Desde 1975 sus temperaturas aumentaron hasta +0,57 °C y +0,55, respectivamente y, de mantenerse la tendencia actual, es previsible que en 2100 aumenten otros +0,98 °C y +0,94 °C, respectivamente. Esto entrañaría un calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 de +1,56 °C en Santiago del Teide y +1,48 °C en Los Silos.

El ritmo de calentamiento registrado entre 1975 y 2100 en el municipio del Rosario fue de 0,11 °C/década, lo cual significa que en este periodo su temperatura media anual se elevó 0,51 °C. De mantenerse esta tendencia de calentamiento en 2100 la temperatura media anual volverá a aumentar otros 0,88 °C más, de modo que el calentamiento final acumulado entre 1975 y 2100 podría ser de +1,38 °C.

Finalmente, en los municipios de Santa Úrsula y el Sauzal, donde el calentamiento fue más bajo, la temperatura aumento entre 1975 y 2100 a un ritmo de 0,09 °C/década. La temperatura en estos municipios se elevó en este periodo de tiempo en 0,41 y 0,43 °C respectivamente y si las tendencias actuales se mantienen, en 2100 se volverán a elevar otros 0,74 °C y 0,70 °C más. El calentamiento final acumulado entre 1975 y 2100 sería entonces de 1,16 y 1,11, en uno u otro municipio.

Los restantes municipios de la isla no registraron tendencias estadísticamente significativas en sus ritmos de cambio de la temperatura media anual entre 1944 y 2021.

Tendencias de calentamiento en los espacios naturales protegidos

En la mayoría de los espacios naturales protegidos ha podido detectarse un calentamiento estadísticamente significativo. Solo en los pequeños territorios protegidos del sur ello no fue posible por las razones expuestas anteriormente de problemas con la variabilidad de las temperaturas y el grado de error estándar.

El Monumento natural de El Teide, que engloba al pico homónimo por encima de la cota 2.500 m sobre el nivel del mar, fue el espacio protegido con la más alta tendencia de calentamiento. La temperatura en este lugar aumentó entre 1975 y 2100 a un ritmo de 0,29 °C/década, es decir, casi tres décimas de grado por década. En este periodo la temperatura se elevó 1,33 °C, y de mantenerse la actual tendencia de la temperatura en el año 2100 podría ser hasta +2,29 °C más alta que la que tenemos en la actualidad, lo cual significaría un aumento acumulado entre 1975 y 2100 de +3,63 °C.

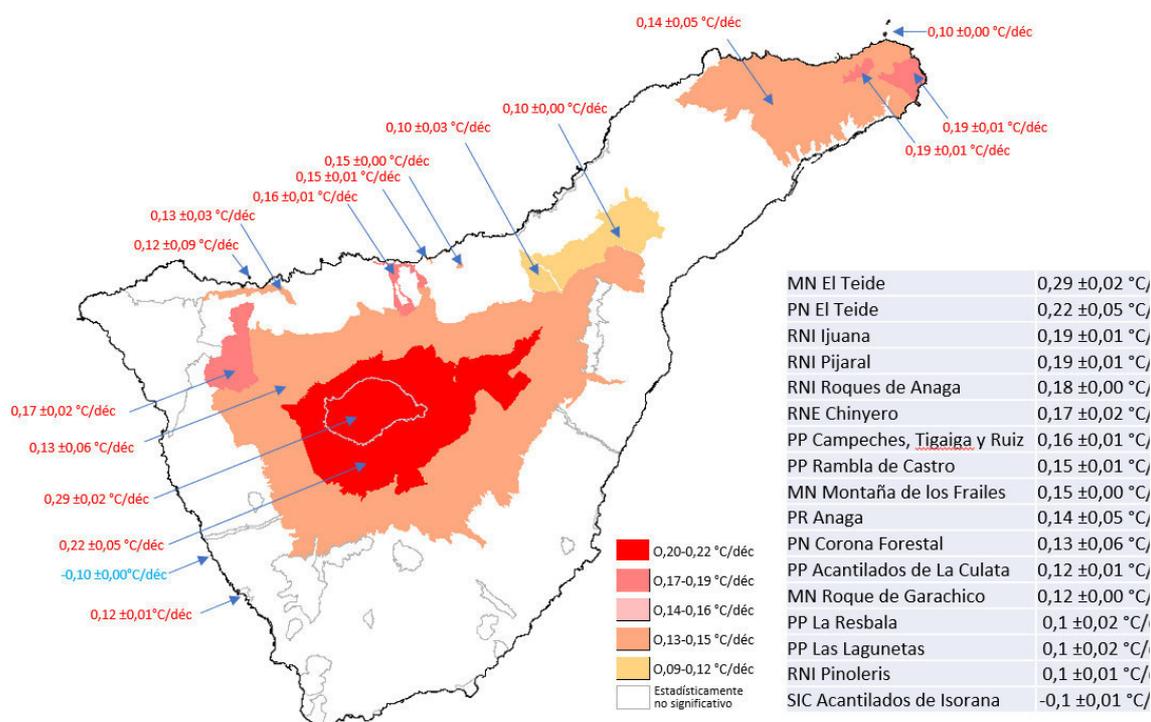


Fig. 30. Mapa de tendencia de calentamiento en la temperatura media anual de los espacios naturales protegidos de la isla de Tenerife entre 1975 y 2021.

El Parque Nacional del Teide es el siguiente espacio protegido con mayor tasa de calentamiento entre 1975 y 2021: 0,22 °C/década. En los cuarenta y seis años que median entre 1944 y la actualidad su temperatura media anual ha subido +1,01 °C y es previsible que suba +1,74 °C más en el lapso temporal entre la actualidad y el año 2100, lo cual significa que el calentamiento acumulado desde 1975 hasta 2100 podría ser de un aumento en la temperatura de +2,75 °C.

Lo más relevante en la evolución de las temperaturas medias anuales de este espacio protegido es cómo la banda entre los 12°C y los 13 °C, prácticamente ausente en la década de los setenta, comienza a expandirse por el suroeste del

espacio protegido en los noventa, hasta ocupar toda la zona baja del espacio protegido. Además, en la década 2010 hace acto de aparición otra banda más cálida, la de los 13-14 °C, que comienza a expandirse también desde el suroeste por la zona a menor altitud, circundando el estrato volcán Teide-Pico Viejo (fig. 31).

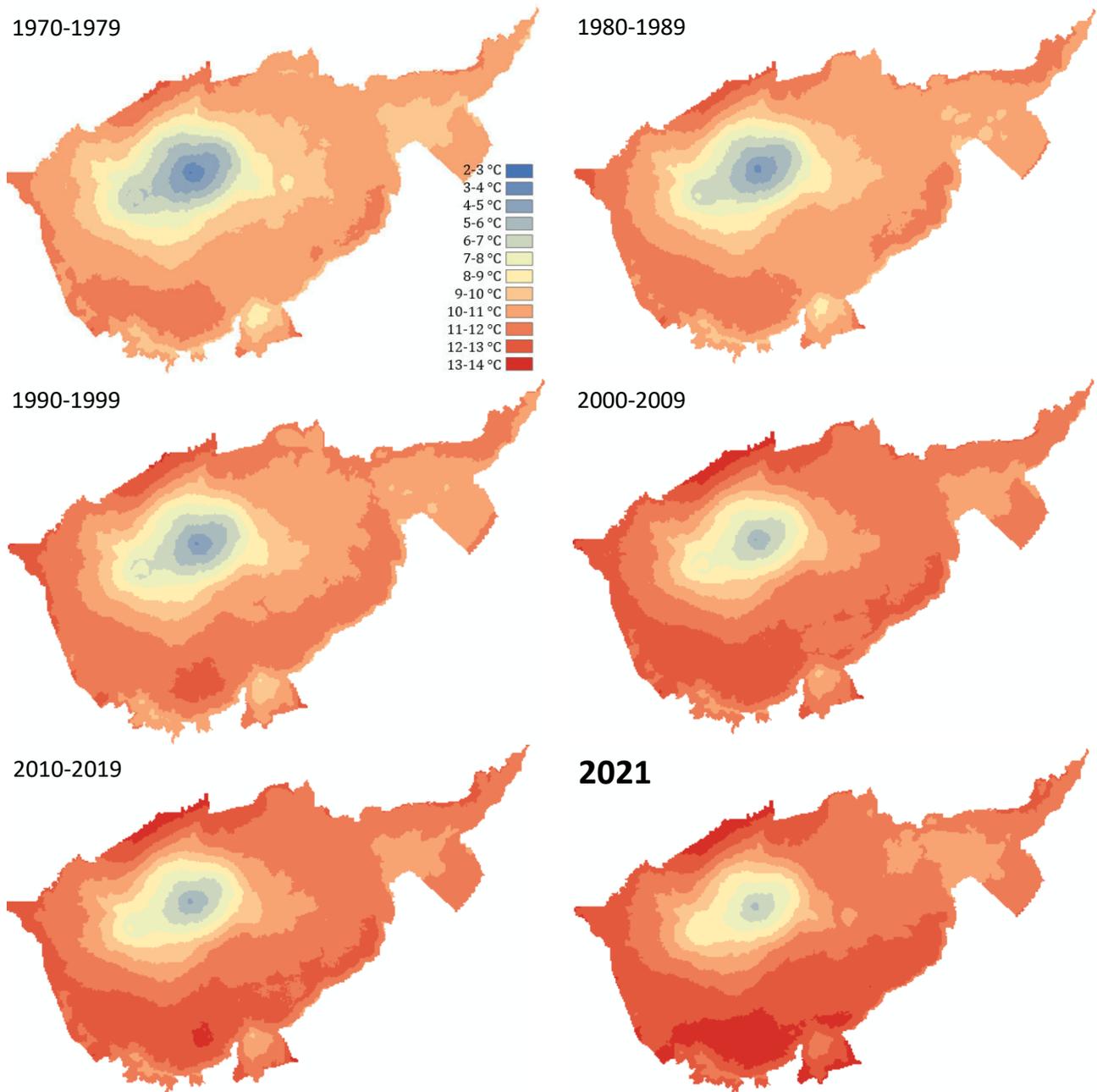


Fig. 31. Evolución de la temperatura media anual en el Parque Nacional del Teide desde la década 1970-1979 hasta la actualidad

Si nos trasladamos ahora al otro extremo de la isla, en la región de Anaga, las reservas naturales integrales de Ijuana y el Pijaral también registraron un calentamiento importante, de 0,19 °C/década. Ambas han aumentado su temperatura media anual en +0,87 °C desde 1975 hasta la actualidad, y previsiblemente la incrementarían otros 1,50 °C antes de 2100. Por tanto, el

calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 de estos dos espacios protegidos podría ser de +2,38 °C.

Los roques de Anaga, una reserva natural integrada aislada al norte de la isla, tuvo una tasa de calentamiento de 0,18 °C/década. La temperatura media anual de este lugar aumento entre 1975 y 2021 hasta +0,83°C, y si la tendencia actual de calentamiento se mantiene, será de +1,42 °C más alta todavía en el año 2100. De modo que el calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 podría ser de +2,25 °C.

En la Reserva Natural Especial de El Chinyero la temperatura entre 1975 y 2021 aumento a un ritmo de 0,17 °C, lo cual significa que en este periodo se elevó +078 °C. Si la actual tendencia de calentamiento se mantuviera es previsible que todavía se eleve +1,34 °C más en el periodo entre la actualidad y el año 2100, de este modo, el calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 podría llegar a ser de +2,13°C.

El Paisaje Protegido de los Campeches, Tigaiga y Ruiz registro una tasa de calentamiento entre 1975 y 2021 de 0,16°C, y en este periodo su temperatura se elevó 0,74°C. Si la actual tasa de calentamiento se mantiene, la temperatura continuará aumentando hasta 1,26 °C en 2100, lo cual significaría un calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 de +2,0 °C.

En los pequeños espacios del Paisaje Protegido de la Rambla de Castro y el Monumento Natural de la Montaña de los Frailes, el calentamiento fue de 0,15 °C/década, que es equivalente a decir que la temperatura subió 0,69 °C entre 1975 y 2021. Si este ritmo de calentamiento se mantiene, la temperatura seguirá subiendo hasta 1,19 °C más en 2021, lo cual entrañaría un calentamiento acumulado desde 1975 hasta 2100 de 1,88 °C.

El calentamiento entre 1975 y 2021 en el Parque Rural de Anaga fue de 0,14 °C/década. En este periodo la temperatura global de este espacio protegido aumentó 0,64 °C, y si la tasa actual de calentamiento se mantiene, aumentará 1,11 °C más antes de 2100. Es decir, el calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 sería de +1,75 °C.

Dentro del espacio protegido, este calentamiento se traduce en un aumento progresivo de las temperaturas en la costa sur y por el interior de los barrancos hacia la cumbre, sobre todo la banda de 20-21 °C, que cada vez ocupa una extensión mayor (fig. 32).

En el mapa de temperaturas de 2021 (fig. 32) se aprecia como esta banda cálida ocupa ya una superficie claramente apreciable en el sur del espacio protegidos y comienza a “invadir” el norte por la zona del arco de Taganana. En las cumbres de la dorsal de Anaga también se aprecia el calentamiento y la superficie ocupada por la banda entre 15 y 16 °C de temperatura media anual ha ido disminuyendo, especialmente en el sector oriental de dicha cordillera.

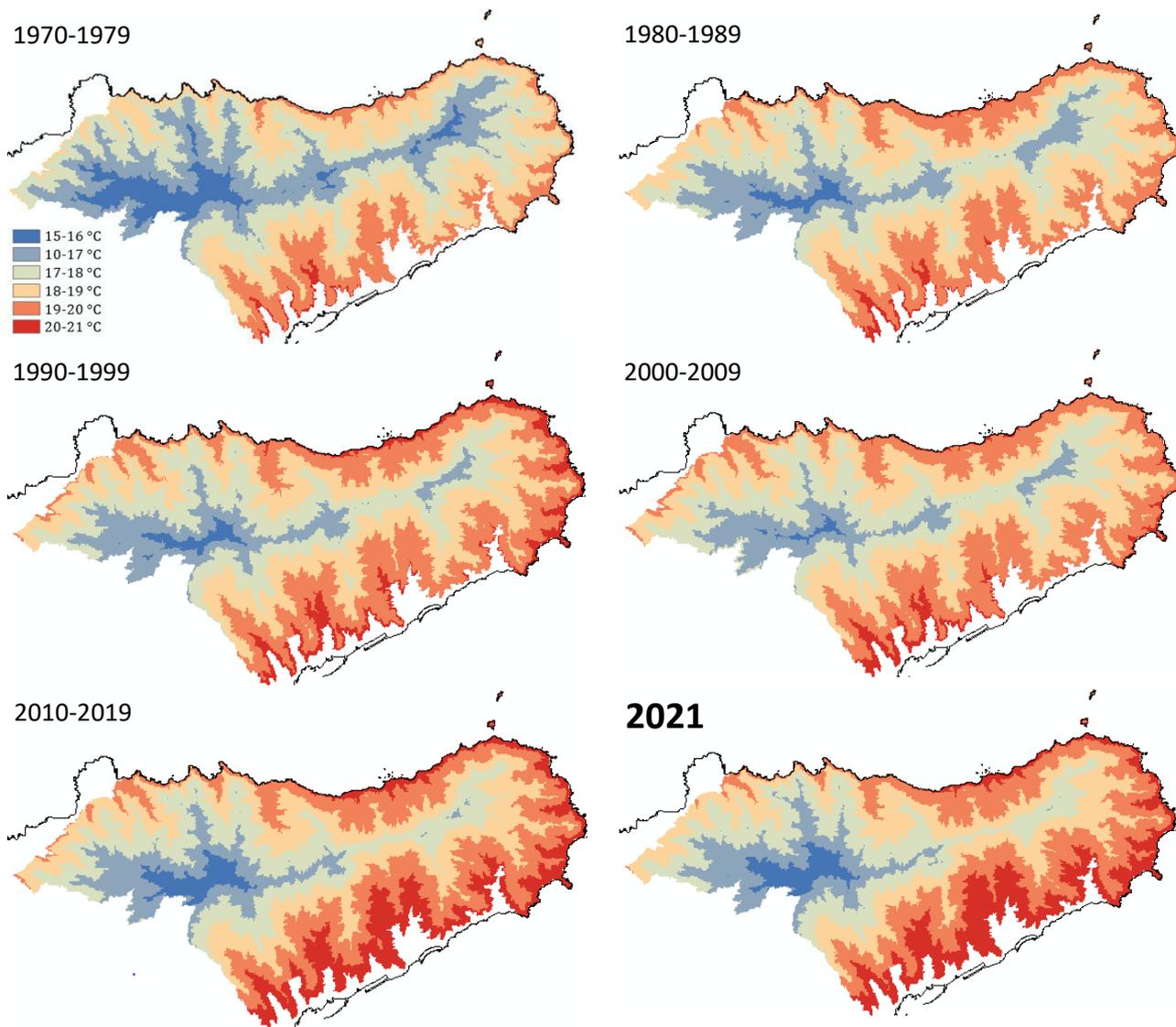


Fig. 32. Evolución de la temperatura media anual en el Parque Rural de Anaga desde la década 1970-1979 hasta la actualidad

En el Parque Natural de Corona Forestal, el mayor espacio protegido de la isla, la temperatura subió entre 1944 y 2021 hasta $+0,60\text{ }^{\circ}\text{C}$, que es lo mismo que decir que se elevó a una tasa de $0,13\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{década}$. Si esta tasa de calentamiento se mantiene, la temperatura media anual seguiría subiendo hasta ser $1,03\text{ }^{\circ}\text{C}$ más alta que en la actualidad en 2100, lo cual supondría un calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 de hasta $+1,63\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El Paisaje Protegido de la Culata y el Monumento Natural del Roque de Garachico se han estado calentando en su temperatura media anual a un ritmo de $0,12\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{década}$ entre 1975 y 2021. Es decir, en este periodo su temperatura media anual se elevó $0,55\text{ }^{\circ}\text{C}$. De mantener semejante tasa de calentamiento, dicha temperatura todavía se elevará progresivamente más hasta ser $0,95\text{ }^{\circ}\text{C}$ más alta que en la actualidad en 2100. Es decir, entre 1975 y 2100 podría alcanzarse un calentamiento total acumulado de $+1,50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Otros tres espacios protegidos, el Paisaje protegido de La Resbala, el Paisaje Protegido de Las Lagunetas y la Reserva Natural Integral de Pinoleris han experimentado un calentamiento entre 1975 y 2021 de 0,1 °C/década. La temperatura en estos espacios se elevó 0,46 °C entre 1975 y 2021, y si la tasa actual de calentamiento se mantiene, se volverá a elevar 0,79 °C más entre la actualidad y 2100. El calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 sería entonces de +1,25 °C.

Por último, en el Sitio de Interés Científico de los Acantilados de Isorana la temperatura no aumentó, sino que enfrió a un ritmo de 0,1 °C/década. Es decir, entre 1944 y 2021 descendió 0,46°C. Si esta tasa de enfriamiento se mantiene, en 2100 podría ser 0,79 grados más fría todavía, lo cual significaría que el enfriamiento acumulado entre 1975 y 2100 en este lugar sería de -1,25 °C.

Post scriptum

Aunque en algunos municipios y espacios naturales no se ha podido detectar tendencias claras cuando son analizados en el conjunto de todo el territorio que abarcan, ello no significa que a nivel puntual no haya tendencias apreciables con suficiente significación estadística. Por ejemplo, el calentamiento entre 1975 y la actualidad en el mismo centro de la plaza de Las Galletas, en el sur de la isla donde las tendencias a menudo no son significativas en términos estadísticos, es de 0,22 ±0,8 °C/década. La tabla XVI muestra la tendencia de calentamiento medida por el método utilizado en este trabajo en el lugar exacto de ubicación de los 31 ayuntamientos de la isla, así como los grados que ha subido la temperatura hasta este año de 2021 y lo que previsiblemente subirá en 2100, si las tendencias actuales se mantuvieran exactamente al mismo ritmo.

La tendencia este nivel de precisión está muy influida por los microclimas y puede suceder que una zona amplia que se está calentando mucho, lo haga menos en un valle concreto. Por ejemplo, las cuencas endorreicas como la Caldera del Rey, en Adeje, o algunos sectores del Parque Nacional del Teide conforman “lagos de aire frío” donde las temperaturas son muy inferiores a las de su entorno, sobre todo en la noche. Además, la atmosfera está profundamente estratificada y no sabemos como pequeños cambios en la frecuencia y altitud de los vientos podrían afectar a un lugar concreto. Se ha argumentado que la altitud a la que discurren los vientos alisios podría alterarse con el cambio climático¹⁷. No hay nada concluyente por ahora, pero si ocurriera, serán las localidades inmediatamente debajo o inmediatamente encima de la capa de inversión las que primero lo detectarían.

En la tabla XVI se puede observar como la temperatura eesta en ascenso an casi todos los ayuntamientos, salvo en el de Los Silos. El lugar exacto donde se localiza el ayuntamiento del Puerto de la Cruz es el que ha experimentado un aumento mayor de temperatura desde 1975, y también el que previsiblemente llegará al año 2100 con la temperatura más alta, mas de cuatro grados por encima de la temperatura que hay hoy. Es decir, un calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 de más de seis grados. El modelo muestra que en dos ayuntamientos más, el

de La Guancha y el de San Juan de la Rambla, el calentamiento acumulado en 2100 podría superar los cinco grados, aunque obsérvese que el intervalo de variación es de casi dos grados arriba o abajo. El refinamiento del modelo en los años venideros y la incorporación de nuevos registros de temperatura anual permitirá ajustar mejor estos valores.

Tabla XVI. Calentamiento previsible en la ubicación de los ayuntamientos de Tenerife

Ayuntamiento	Tendencia de la Temperatura anual	Actual 1975-2021	Previsible 2021-2100	Acumulado 1975-2100
Adeje	0,16 ±0,09 °C/década	0,74 ±0,41 °C	1,26 ±0,71 °C	2,00 ±1,13 °C
Arafo	0,39 ±0,09 °C/década	1,79 ±0,41 °C	3,08 ±0,71 °C	4,88 ±1,13 °C
Arico	0,16 ±0,09 °C/década	0,74 ±0,41 °C	1,26 ±0,71 °C	2,00 ±1,13 °C
Arona	0,2 ±0,09 °C/década	0,92 ±0,41 °C	1,58 ±0,71 °C	2,50 ±1,13 °C
Buenavista	n.s.			
Candelaria	0,26 ±0,07 °C/década	1,20 ±0,32 °C	2,05 ±0,55 °C	3,25 ±0,88 °C
El Rosario	0,24 ±0,07 °C/década	1,10 ±0,32 °C	1,90 ±0,55 °C	3,00 ±0,88 °C
El Sauzal	0,16 ±0,05 °C/década	0,74 ±0,23 °C	1,26 ±0,40 °C	2,00 ±0,63 °C
El Tanque	n.s.			
Fasnia	0,27 ±0,08 °C/década	1,24 ±0,37 °C	2,13 ±0,63 °C	3,38 ±1,00 °C
Garachico	n.s.			
Granadilla	0,26 ±0,06 °C/década	1,20 ±0,28 °C	2,05 ±0,47 °C	3,25 ±0,75 °C
Guía de Isora	0,15 ±0,05 °C/década	0,69 ±0,23 °C	1,19 ±0,40 °C	1,88 ±0,63 °C
Güímar	0,31 ±0,07 °C/década	1,43 ±0,32 °C	2,45 ±0,55 °C	3,88 ±0,88 °C
Icod	0,18 ±0,09 °C/década	0,83 ±0,41 °C	1,42 ±0,71 °C	2,25 ±1,13 °C
La Guancha	0,44 ±0,15 °C/década	2,02 ±0,69 °C	3,48 ±1,19 °C	5,50 ±1,88 °C
La Laguna	0,14 ±0,09 °C/década	0,64 ±0,41 °C	1,11 ±0,71 °C	1,75 ±1,13 °C
La Matanza	n.s.			
La Orotava	0,33 ±0,1 °C/década	1,52 ±0,46 °C	2,61 ±0,79 °C	4,13 ±1,25 °C
La Victoria	0,15 ±0,08 °C/década	0,69 ±0,37 °C	1,19 ±0,63 °C	1,88 ±1,00 °C
Los Realejos	0,38 ±0,1 °C/década	1,75 ±0,46 °C	3,00 ±0,79 °C	4,75 ±1,25 °C
Los Silos	-0,16 ±0,12 °C/década	-0,74 ±0,55 °C	-1,26 ±0,95 °C	-2,00 ±1,50 °C
Puerto de la Cruz	0,55 ±0,10 °C/década	2,53 ±0,46 °C	4,35 ±0,79 °C	6,88 ±1,25 °C
San Juan de la Rambla	0,43 ±0,15 °C/década	1,98 ±0,69 °C	3,40 ±1,19 °C	5,38 ±1,88 °C
San Miguel	0,25 ±0,08 °C/década	1,15 ±0,37 °C	1,98 ±0,63 °C	3,13 ±1,00 °C
Santa Cruz de Tenerife	0,26 ±0,08 °C/década	1,20 ±0,37 °C	2,05 ±0,63 °C	3,25 ±1,00 °C
Santa Úrsula	0,26 ±0,08 °C/década	1,20 ±0,37 °C	2,05 ±0,63 °C	3,25 ±1,00 °C
Santiago del Teide	n.s.			
Tacoronte	0,25 ±0,07 °C/década	1,15 ±0,32 °C	1,98 ±0,55 °C	3,13 ±0,88 °C
Tegueste	0,15 ±0,05 °C/década	0,69 ±0,23 °C	1,19 ±0,40 °C	1,88 ±0,63 °C
Vilaflor	0,31 ±0,07 °C/década	1,43 ±0,32 °C	2,45 ±0,55 °C	3,88 ±0,88 °C

n.s. indica que no hay tendencia estadísticamente significativa en ese lugar concreto

Los valores detrás del ± son los intervalos en que fluctúa cada número

-
- ¹ Martín, J. L., Bethencourt, J., & Cuevas-Agulló, E. (2012). Assessment of global warming on the island of Tenerife, Canary Islands (Spain). Trends in minimum, maximum and mean temperatures since 1944. *Climatic Change*, 114(2), 343-355.
- ² Martín-Esquivel, J.L. & MJ Pérez (2017). El cambio climático en Tenerife. Cambios en la temperatura media entre 1944 y 2015, Acta de resúmenes Jornada Telesforo Bravo. La Orotava 2017,
- ³ Máyer, P., Marzol, M. W., & Parreño Castellano, J. M. (2017). Precipitation trends and a daily precipitation concentration index for the mid-eastern Atlantic (Canary Islands, Spain). Cuadernos de Investigación Geográfica.
- García-Herrera, R., Gallego, D., Hernández, E., Gimeno, L., Ribera, P., & Calvo, N. (2003). Precipitation trends in the Canary Islands. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(2), 235-241.
- Sánchez-Benítez, A., García-Herrera, R., & Vicente-Serrano, S. M. (2017). Revisiting precipitation variability, trends and drivers in the Canary Islands. *International Journal of Climatology*, 37(9), 3565-3576.
- ⁴ De Luque, A., & J. L. Martín-Esquivel (2011). *Cualificación y homogenización de las series climáticas mensuales de precipitación de Canarias. Estimación de Tendencias de la Precipitación. Memoria Explicativa de Resultados*. Agencia Canaria de Desarrollo Sostenible y Cambio Climático. Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife. Inédito, Viceconsejería de Transición ecológica, Gobierno de Canarias.
- ⁵ Alzate Velásquez, D. F., Araujo Carrillo, G. A., Rojas Barbosa, E. O., Gómez Latorre, D. A., & Martínez Maldonado, F. E. (2018). Interpolación Regnie para lluvia y temperatura en las regiones andina, caribe y pacífica de Colombia. *Colombia forestal*, 21(1), 102-118.
- Ninyerola, M., Pons, X., & Roure, J. M. (2000). A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 20(14), 1823-1841.
- ⁶ WMO (2010). *Guide to the GCOS Surface Network (GSN) and GCOS Upper-Air Network (GUAN)*, GCOS-144, WMO TD 1558
- ⁷ Stepanek P (2007) AnClim—software for time series analysis (for Windows). Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, Masaryk University, Brno. 1.47 MB.
- ⁸ Guijarro, J. A. (2018). Homogenization of climatic series with Climatol. Reporte técnico State Meteorological Agency (AEMET), Balearic Islands Office, Spain.
- ⁹ Alexandersson H, Moberg (1997) A homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends. *Int J Climatol* 17:25–34
- ¹⁰ Levene H (1960). Robust tests for equality of variances. In: Olkin I, Hotelling H et al. (eds) *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*, Stanford University Press. 278–292 pp
- ¹¹ Luque, A. & Martín, J.L. (2011). *Cualificación y homogenización de las series climáticas mensuales de precipitación de Canarias. Memoria Explicativa de Resultados*. Agencia Canaria de Desarrollo Sostenible y Cambio Climático. Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife
- ¹² Osborn TK, Briffa KR, Jones PD (1997). Adjusting variance for sample-size in tree-ring chronologies and other regional mean time series. *Dendrochronologia* 15:89–99

-
- ¹³ Santer BD, Wigley TML, Boyle JS, Gaffen DJ, Hnilo JJ, Nychka D, Parker DE, Taylor KE (2000). Statistical significance of trends and trend differences in layer-average atmospheric temperature time series. *J Geophys Res* 105(D6):7337–7356
- ¹⁴ Ninyerola, M., Pons, X., & Roure, J. M. (2000). A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 20(14), 1823-1841.
- ¹⁵ Dorta, P., López-Díaz, A., Díaz-Pacheco, J. (2018). El calentamiento global en el Atlántico Norte Suroriental *Cuadernos Geográficos* 57(2), 27-52
- ¹⁶ Mayer, P., & Marzol Jaén, M. V. (2014). Análisis de las temperaturas extremas en las islas canarias y su relación con los avisos de alertas meteorológicas. *Publicaciones de la Asociación Española de Climatología. Serie A*; 9.
- ¹⁷ Sperling, F. N., Washington, R., & Whittaker, R. J. (2004). Future climate change of the subtropical North Atlantic: implications for the cloud forests of Tenerife. *Climatic change*, 65(1), 103-123.