

CAMBIO CLIMÁTICO EN TENERIFE 2022

Tatiana Luis Álvarez
José L Martín Esquivel



2022

Warming stripes (código de barras de calentamiento) Portada: arriba; código de barras de la evolución de las precipitaciones desde 1944 hasta 2022. Abajo: código de barras de la evolución de las temperaturas desde 1944 hasta 2022. Para una explicación de los mismos ver pag. 18

ÍNDICE TEMÁTICO

RESUMEN EJECUTIVO	6
INTRODUCCIÓN GENERAL	7
Antecedentes	7
Metodología	8
Tablas de datos	9
Gestión de <i>outliers</i>	9
Gestión de <i>gaps</i>	10
Gestión de inhomogeneidades	10
Agrupación de estaciones (periodo base)	11
Ponderación de series	11
Comparación entre periodos	11
Interpolación	12
índices de aridez	14
Guía para la interpretación de las gráficas	14
PARTE I. DATOS OBSERVADOS	20
Cambio climático por años	21
Temperatura y precipitación	22
Evapotranspiración potencial	22
Cambio climático por estaciones	23
Isla de Tenerife	23
Cambio climático por meses	31
Temperatura	31
Isla de Tenerife	31
Las cumbres de Tenerife	36
El norte de Tenerife	38
El sur de Tenerife	40
Precipitación	42
Isla de Tenerife	42
Las cumbres de Tenerife	43
El norte de Tenerife	45
El sur de Tenerife	46
Oscilación del Atlántico norte (NAO)	47
Climogramas	48
PARTE II. DATOS INTERPOLADOS	50
Precipitación	51
Índices de aridez	51
Temperatura y anomalías en 2022	56
Temperatura media	56
Temperatura mínima	57
Temperatura máxima	59
Anomalía de temperatura media en municipios	61
Anomalía de temperatura media en ENP	62
El Parque Nacional del Teide	65
El Parque Rural de Anaga	65
Tendencias de calentamiento 1970-2022	68
La isla de Tenerife	69
Calentamiento en los municipios	71
Calentamiento en los ENP	74
Nota final	77
BIBLIOGRAFÍA	80

ÍNDICE DE FIGURAS Y LÁMINAS

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	14
Fig. 4. Guía para la interpretación de las gráficas de <i>boxplot</i>	15
Fig. 5. Guía para la interpretación de los gráficos de dobles anomalías	16
Fig. 6. Guía para la interpretación de los gráficos de climogramas	17
Fig. 7. Guía para la interpretación de los gráficos <i>warming stripes</i>	18
Fig. 8. Guía para la interpretación de las campanas de Gauss	19
Fig. 9. Los veinte años más calientes y anomalías	22
Fig. 10. Los veinte años más secos y anomalías	22
Fig. 11. Curvas normalizadas de temperatura media anual de la isla	23
Fig. 12. Evolución de la evapotranspiración potencial en Tenerife	24
Fig. 13. Curva normalizada de temperatura media de mayo en Tenerife	32
Fig. 14. <i>Boxplot</i> de precipitación en Tenerife	42
Fig. 15. <i>Boxplot</i> de precipitación en las cumbres de Tenerife	43
Fig. 16. <i>Boxplot</i> de precipitación en el norte de la isla	45
Fig. 17. <i>Boxplot</i> de precipitación en el en el sur de la isla	46
Fig. 18. evolución de la NAO desde 1950	47
Fig. 19. Climogramas del periodo base y de la última década	49
Fig. 20. Mapa interpolado de precipitación acumulada	51
Fig. 21. Mapa interpolado de evapotranspiración	52
Fig. 22. Mapa interpolado de sequía extrema e índice de Martonne	53
Fig. 23. Mapa interpolado de índices de Emberger y Lang	54
Fig. 24. Mapa interpolado de temperatura media en Tenerife	56
Fig. 25. Mapa interpolado de anomalías en la temperatura media en la isla	57
Fig. 26. Mapa interpolado de temperatura mínima anual en Tenerife	58
Fig. 27. Mapa interpolado de anomalías en la temperatura mínima de la isla	59
Fig. 28. Mapa interpolado de temperatura máxima anual en Tenerife	60
Fig. 29. Mapa interpolado de anomalías en la temperatura máxima en la isla	61
Fig. 30. Mapa de anomalías de la temperatura media anual por municipios	62
Fig. 31. Ranking de anomalías de temperatura en los municipios	63
Fig. 32. Mapa de anomalías de temperatura media anual en los ENP	64
Fig. 33. Mapa de anomalías de en el Parque Nacional del Teide	66
Fig. 34. Mapa de anomalías de 2022 en el Parque Rural de Anaga	67
Fig. 35. Mapa de confiabilidad y de error estándar de las tendencias	68
Fig. 36. Mapa de tendencias de calentamiento estadísticamente significativas	69
Fig. 37. Mapa de tendencias de calentamiento por municipios	70
Fig. 38. Mapa de tendencias de calentamiento por ENP	73
Fig. 39. Mapa de la evolución de la temperatura media anual en el PN Teide	74
Fig. 40. Mapa de la evolución de la temperatura media anual en el PR Anaga	76

INDICE DE LAMINAS

Lámina 1. Anomalías de temperatura y precipitación anuales en la isla	25
Lámina 2. Anomalías de temperaturas estacionales en la isla	28
Lámina 3. Anomalías de precipitación estacional en la isla	29
Lámina 4. Anomalías de temperatura mensual en la isla	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Tendencias de calentamiento anual	21
Tabla II. Tendencias de calentamiento estacional	26
Tabla III. Anomalías de temperatura y precipitación por estaciones	27
Tabla IV. Tendencias de calentamiento mensual en la isla	30
Tabla V. Anomalías de temperatura mensual en la isla	31
Tabla VI. Tendencias de calentamiento mensual en la cumbre	35
Tabla VII. Anomalías de temperatura mensual en la cumbre	36
Tabla VIII. Tendencias de calentamiento mensual en el norte	37
Tabla IX. Anomalías de temperatura mensual en el norte	38
Tabla X. Tendencias de calentamiento mensual en el sur	39
Tabla XI. Anomalías de temperatura mensual en el sur	40
Tabla XII. Tendencias y anomalías de precipitación en la isla	41
Tabla XIII. Tendencias y anomalías de precipitación en la cumbre	43
Tabla XIV. Tendencias y anomalías de precipitación en el norte	44
Tabla XV. Tendencias y anomalías de precipitación en el sur	45
Tabla XVI. Evapotranspiración e índices de aridez en los ENP	53
Tabla XVII. Calentamiento previsible en los ayuntamientos de Tenerife	80

RESUMEN EJECUTIVO

El calentamiento medio en Tenerife entre 1944 y 2022 fue de 0,11 grados por década, similar al del año pasado, pero con ligeras diferencias a nivel de milésimas. La temperatura media anual se elevó en este periodo +0,86 °C, y si la actual tasa de calentamiento se mantiene, subirá otro tanto hasta acumular +1,7 °C en el año 2100. Lamentablemente, el calentamiento no está siendo constante, sino que se está acelerando, hasta el punto de que, si en las próximas décadas se mantuviera el ritmo que lo hace desde 1970, el aumento acumulado de temperatura en 2100 podría llegar a +2,3 °C.

A la par que aumentó la temperatura, las precipitaciones anuales disminuyeron a una tasa aproximada de -7,1 litros/m²/década. Sin embargo, este año no es posible confirmar esta cifra como ocurrió en 2021, pues en 2022 llovió más que el año pasado (salvo en las cumbres), suavizando la pertinaz sequía que ya duraba años. Como consecuencia, la tendencia ha dejado de ser tan regresiva y este año no es lo suficientemente robusta en términos estadísticos como para ser concluyente.

El año 2022 fue el tercer año más cálido de toda la serie analizada y representa el cuarto año consecutivo donde la temperatura sobrepasa lo que podría considerarse su variabilidad natural. En cuanto a las precipitaciones, gracias a las lluvias de este año -en especial las caídas en el mes de septiembre-, el año 2022 no puede considerarse un año seco como venían siendo los anteriores. De modo que el clima del año 2022 se puede considerar húmedo y cálido, pero esto no quita que, en términos generales, cuando se analizan los datos desde 1944 se concluya que el clima en Tenerife se está volviendo cada vez más seco y cálido. A pesar de las lluvias, la evapotranspiración potencial de 2022 fue la tercera más alta desde 1944 y desde entonces hasta hoy ha aumentado 52 mm, pero previsiblemente aumentara otros 36 mm a final de siglo.

El calentamiento está siendo esencialmente nocturno y se concentra sobre todo en las cumbres, y en primavera y otoño. Los registros en las Cañadas del Teide de la temperatura media en primavera y otoño son realmente alarmantes, pues muestran una tendencia que, de mantenerse, podría elevar la temperatura en 2100 más de cinco grados con respecto a la que había a principios de siglo. Los meses de mayo, noviembre y diciembre son los que registraron un mayor incremento de la temperatura. De hecho, la temperatura de noviembre fue la tercera más alta en todos los registros de ese mes, la de diciembre la quinta más alta y la de mayo la séptima más alta de la serie completa. Las lluvias en la cumbre también decayeron y con este año de 2022 van ya ocho años continuados de anomalías negativas.

Tres municipios de la isla registraron anomalías negativas en la temperatura, mientras que en los demás fue positiva. Vilaflor y Santa Cruz fueron los que registraron una mayor anomalía térmica, mientras que los Silos tuvo la anomalía más baja. Sin embargo, la mayor tendencia de calentamiento se concentró en La Orotava y la menor en El Sauzal.

La Reserva Natural Integral de Ijuana fue el espacio donde se registró la anomalía de temperatura más alta en 2022, y la reserva Natural Especial de Chinyero fue el espacio que tuvo la anomalía más baja. Conviene llamar la atención sobre la punta de Anaga, donde se ubica la mencionada Reserva de Ijuana, pues es una zona que progresivamente se está calentando mucho, no tanto como en el Parque nacional del Teide, pero con valores ya destacados.

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 José 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. La siguiente medición se hizo cinco años más tarde en un trabajo de colaboración con la profesora M^a José Pérez², donde se anotó un calentamiento de 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 ya indicaba que el calentamiento se estaba acelerando. La última medición se hizo el pasado año de 2021, por los mismos autores de este trabajo³, en ella se registró un calentamiento para la isla de $0,11 \pm 0,02$ °C/década.

En cuanto a las precipitaciones, hay varios trabajos que han analizado como ha ido evolucionando esta variable climática en algunas estaciones concretas de la isla⁴, mostrando en unos casos tendencias positivas, en otros, tendencias negativas y en la mayoría, falta de tendencia estadísticamente significativa. El único estudio global para toda la isla, que ha aplicado métodos de ponderación espacial de estaciones de precipitación fue el mencionado informe de cambio climático en Tenerife de 2021. Aun así, ni siquiera éste abordó interpolaciones espaciales de dicha variable de la forma que se ha acometido en el presente estudio. En este trabajo se analiza el cambio climático desde la doble perspectiva de los datos observados de temperatura y precipitación y de datos interpolados de dichas variables.

Es importante volver a evaluar el calentamiento con el mismo método y con los datos nuevos de cada año, para hacer un seguimiento riguroso de la senda de cambios en la temperatura y la precipitación. A nivel global parece que el calentamiento avanza de forma inexorable y la precipitación disminuye en ciertas latitudes -la de Canarias- y aumenta en otras, lo cual se considera una respuesta indirecta al acúmulo de CO₂ en la atmósfera. La concentración de CO₂ en la atmósfera continua su escalada, y según mediciones del Centro de Investigación Atmosférico de Izaña en 2022 fue de 421,95 ppm (partes por millón), lo cual representa un incremento de 2,28 ppm con respecto al año anterior (ver Cuevas et al, 2022)⁵.

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 metodología aquí utilizada.

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 el crecimiento de la vegetación circundante, cambios en los sensores, accidentes, urbanizaciones en el 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 sesgos cuando fuera posible. Dicho proceso se denomina “homogeneización” y es una tarea laboriosa y esencial, previa a cualquier análisis de datos. Por ejemplo, la estación meteorológica 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 disponer de un análisis previo hasta 2010 en el caso de las temperaturas permite, simplemente añadiendo los datos de los años posteriores, 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 Climaimpacto⁶.

Se ha planteado como objetivo esencial evaluar el cambio climático en 2022, del mismo modo que se hizo 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, Emberger, Lang, etc., 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. Este método, experimental en su día pero que ya se va asentando como un estándar⁷, 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.

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 de interpolación estadísticas, deterministas y geoestadísticas. 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 GCOS⁸ (*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.

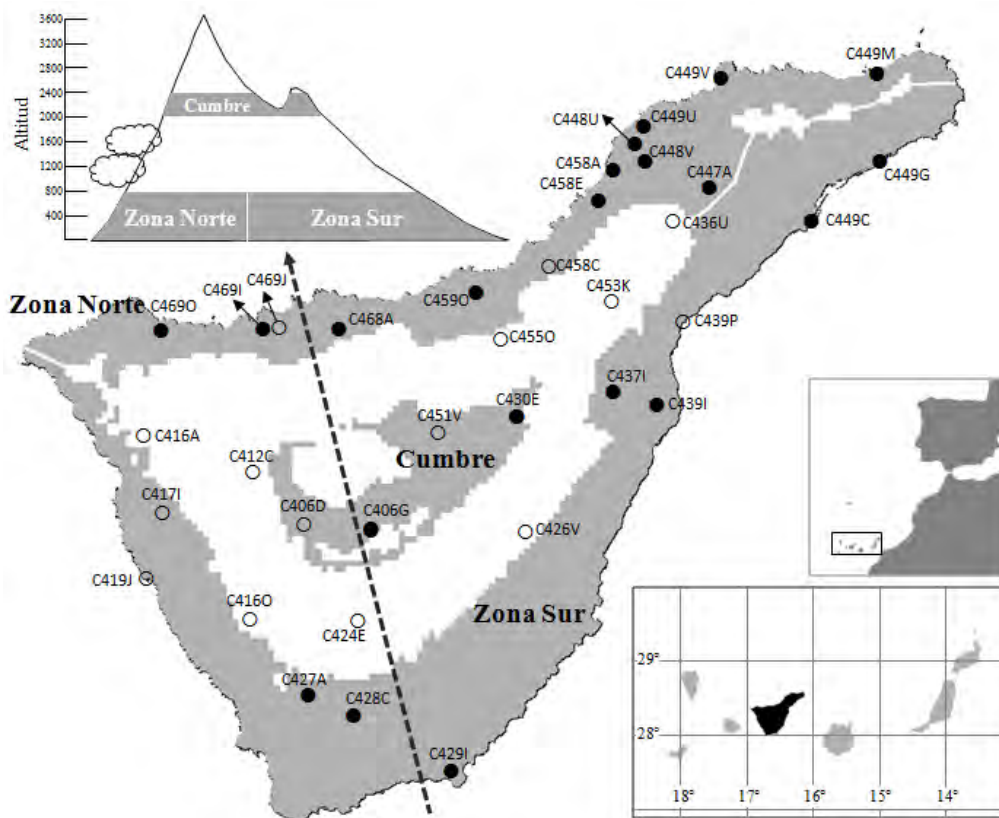


Fig. 1. Estaciones utilizadas para el análisis de tendencias de calentamiento (círculos negros) en los sectores indicados. Los círculos blancos son estaciones no incluidas en el cálculo de tendencia que se utilizaron para fijar correlaciones.

2). Gestión de *outliers*

El siguiente paso es calcular 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 ($>0,7$), dependiendo de la normalidad de los datos, 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*).

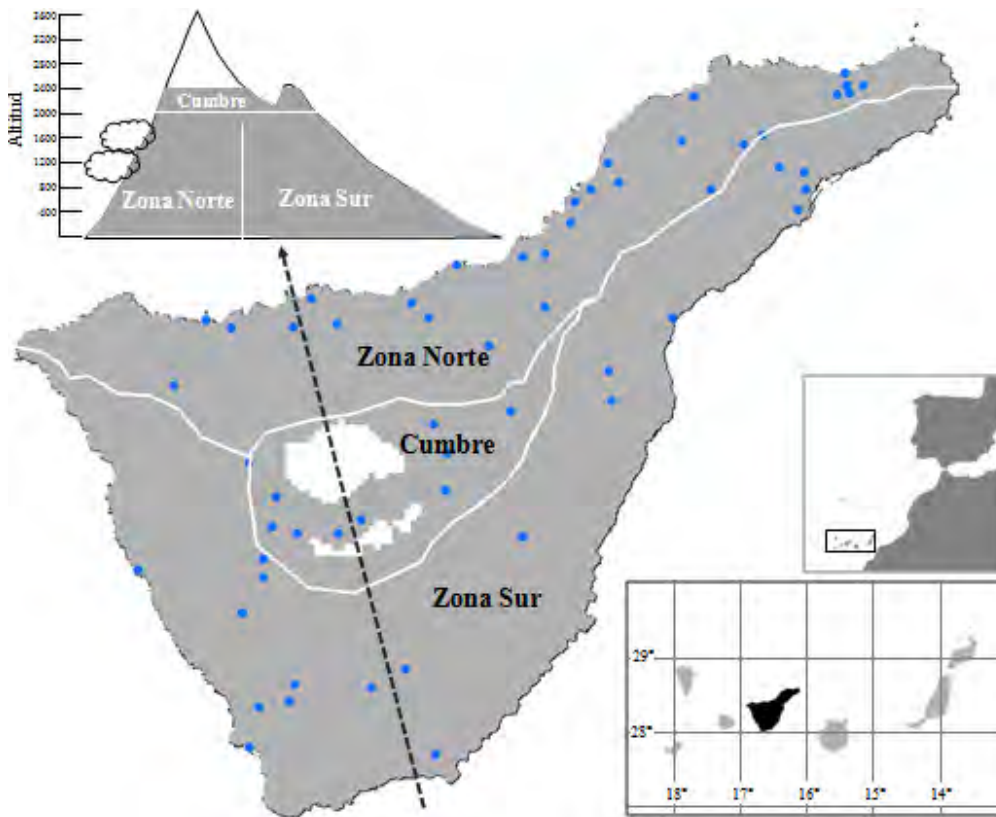


Fig. 2. Estaciones utilizadas para el análisis de tendencias de precipitación a partir de las mediciones directas homogeneizadas de las estaciones meteorológicas existentes (círculos azules).

4). Gestión de inhomogeneidades

Las inhomogeneidades se pueden detectar con programas informáticos al uso, tal como *Anclim*⁹, o con paquetes informáticos programables en lenguaje r, tal como *Climatol*¹⁰. No obstante, hay abundante software disponible para ello. En este caso se utilizaron los índices estadísticos SNHT¹¹ (*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 Levenne¹² 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 trabajo¹³.

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 transformaron en series de anomalías con respecto al periodo base de referencia de 1970-1999. **La anomalía se define como la diferencia entre el dato de cada año y la media entre los años que conforman el periodo base, es decir, es un indicador de cuánto la temperatura o la precipitación se apartó de los valores normales.**

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 Osborn¹⁴ 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. 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 donde se encontraban. Luego, se aplicó de nuevo el ajuste de varianza de Osborn sobre el aglutinado de las series de datos obtenidas para cada banda, y se calculó 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 obtuvo después de corregir la autocorrelación temporal aplicando el test estadístico de Santer¹⁵.

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 alguna de las cinco curvas: normal, exponencial, lognormal, Gamma,

Weibull o Gumbell), según resultase más recomendable a partir del test de normalidad de Kolmogorof-Smirnoff y el Criterio de información de Akaike (AIC). A continuación, se calculó las diferencias entre las curvas de distintos periodos a partir del valor de la mediana. No se utilizó la media porque a veces comparaban series de distribución normal con otras que no lo era, y en estos casos la mediana (percentil 50) es más informativa que la media. Así se obtuvieron los valores de anomalía de la década reciente que se muestra en las tablas XI, XII, XIII, XIV y XV.

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. En cuanto a las temperaturas, previo a este trabajo se obtuvieron mapas de alta resolución (50 m) para las máximas, las mínimas y las medias de 12 meses durante 46 años, lo cual representa un total de 1.692 mapas interpolados a alta resolución, más otros 141 mapas anuales de medias, máximas y mínimas en cada año. En cuanto a las precipitaciones se obtuvieron datos mensuales y anuales de 40 años (520 mapas).

En el caso de 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)¹⁶. En el caso de las precipitaciones se utilizaron modelos aditivos generalizados (GAM) y técnicas Machine Learning que mediante inteligencia artificial extraían la mejor combinación entre el GAM y los cinco algoritmos: *Boosted regression trees* (BRT), *Neural networks* (NN), *Multivariate adaptive regression splines* (MARS), *Support vector machines* (SVM) y *Random forests* (RF). Para ello se utilizó el paquete Machisplin de Jason Lee Brown de la Universidad de Illinois.

A partir de los mapas se obtuvo la serie de datos de cada punto de la isla con una resolución de 50 m y se aplicó el mismo método de obtención de tendencias explicado con las series provenientes de las estaciones meteorológicas. Todo el proceso se automatizó mediante programación informática en R a partir de programas específicos desarrollados por el autor en este mismo lenguaje: Teide1715, TeideMapa y Bioclimas.

Índices de aridez

Se obtuvo a partir de un algoritmo para el cálculo del balance de agua adaptado de Thornthwaite (1948)¹⁷, Thornthwaite & Mather (1955)¹⁸ y, Thornthwaite & Mather (1957)¹⁹, desarrollado en el paquete r Climclass. Se utilizaron las variables por defecto en cuanto a “agua equivalente por unidad de nieve =20”, “temperatura máxima mensual en condiciones de nevadas -1°C”, capacidad máxima del suelo de retención de agua =100, “fracción de nieve que contribuye a los neveros =0.95” y “coeficiente mensual de derretimiento de la nieve =1”. Este mismo paquete se utilizó como referente para calcular los índices de Emberger²⁰, Lang²¹ y Martonne²², el paquete PDSI se utilizó para obtener el índice de sequía extrema de Palmer

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, a la cual 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 representan en rojo en caso de la temperatura o turquesa en caso de la precipitación), y las barras por debajo de la línea serán años fríos, donde la temperatura fue menor que en el periodo base (se representan en azul en caso de temperatura o marrón en caso de precipitación). Los extremos de todas las barras indican cuánto varió dicha temperatura.

En la fig. 3 se puede observar cómo en los años recientes abundan las barras rojas y en los antiguos las barras azules, lo cual indirectamente ya indica que se está produciendo un calentamiento. Hay dos maneras básicas 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 mediante la media móvil (línea naranja) donde cada punto de la curva representada se corresponde con el promedio 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.

El conjunto de datos de todos los años tiene cierta variabilidad intrínseca definida por las dos líneas rojas punteadas horizontales con el epígrafe minúsculo “sd” (desviación estándar). Si el valor de la barra se encuentra dentro de dichas líneas horizontales quiere decir que la medición de ese año entra dentro de la propia variabilidad normal de la serie de datos, pero si cae fuera señala un dato que se sale de la normalidad de la serie. Casi todos los datos de las barras rojas de los últimos años están por encima de la barra “sd”, lo cual también es señal de que hay un calentamiento progresivo.

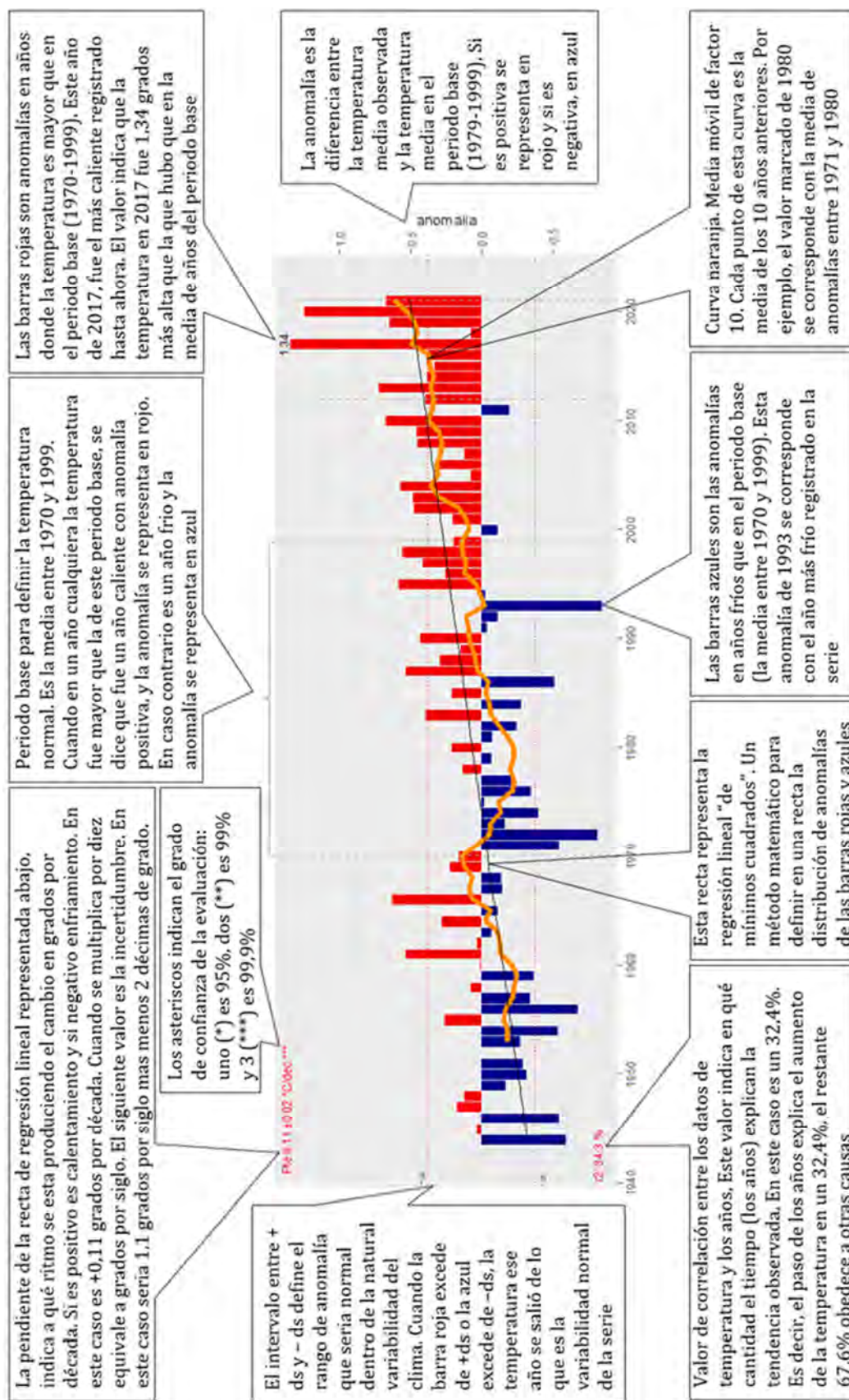


Fig. 3. Guía para la interpretación de las gráficas de anomalías de este trabajo

Cuando lo que se representa es la evolución de la precipitación, los colores no son rojos o azules, sino verde 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 gráfico de boxplot es una manera de representar los datos en función de los cuartiles. Se utiliza en este caso para mostrar cómo fueron las precipitaciones 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.

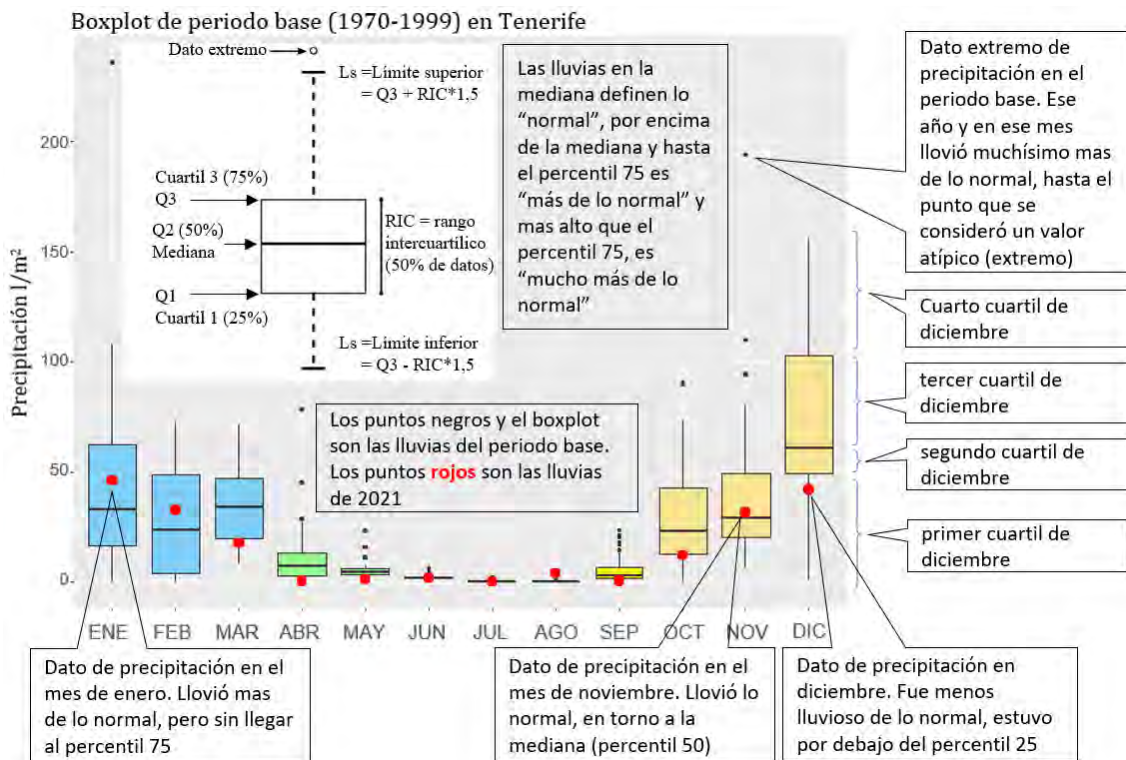


Fig. 4 Guía para la interpretación de las gráficas de boxplot de este trabajo

El punto rojo es el valor asignado para cada mes del año objeto de estudio. 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 los cuadrantes cálidos.

Los ejes de esta gráfica son: en ordenadas, las anomalías de temperatura en grados Celsius, y en abscisas, las anomalías de precipitación en porcentaje de variación con relación 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.

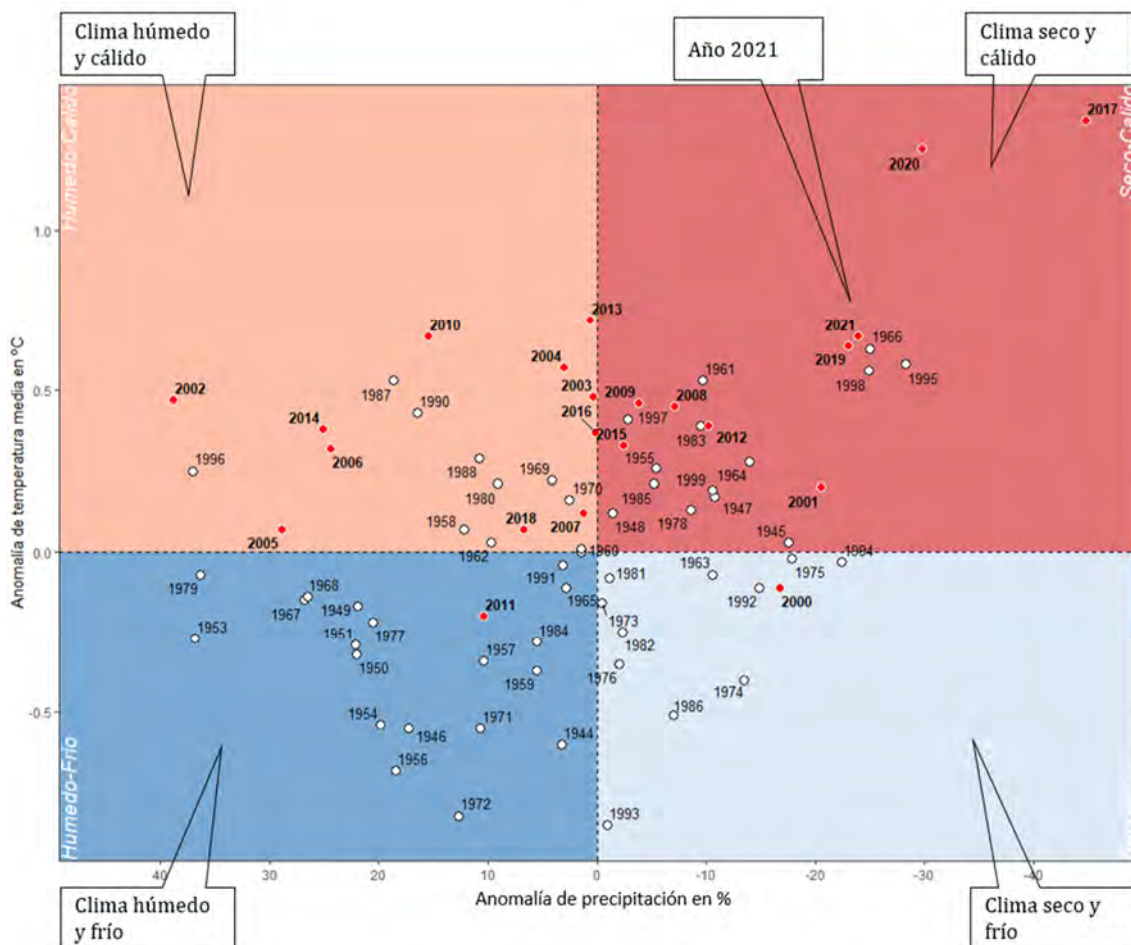


Fig. 5. Guía para la interpretación de los gráficos de dobles anomalías en este trabajo

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 abscisas se corresponden 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).

En este trabajo suelen mostrarse los climogramas en grupos de dos: uno a la izquierda que se corresponde con los datos de los treinta años del periodo base de referencia, y otro a la derecha con los datos de 10 años de la última década. 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 (precipitación) de variación de la temperatura y precipitación en cada mes, con respecto al climograma de la izquierda.

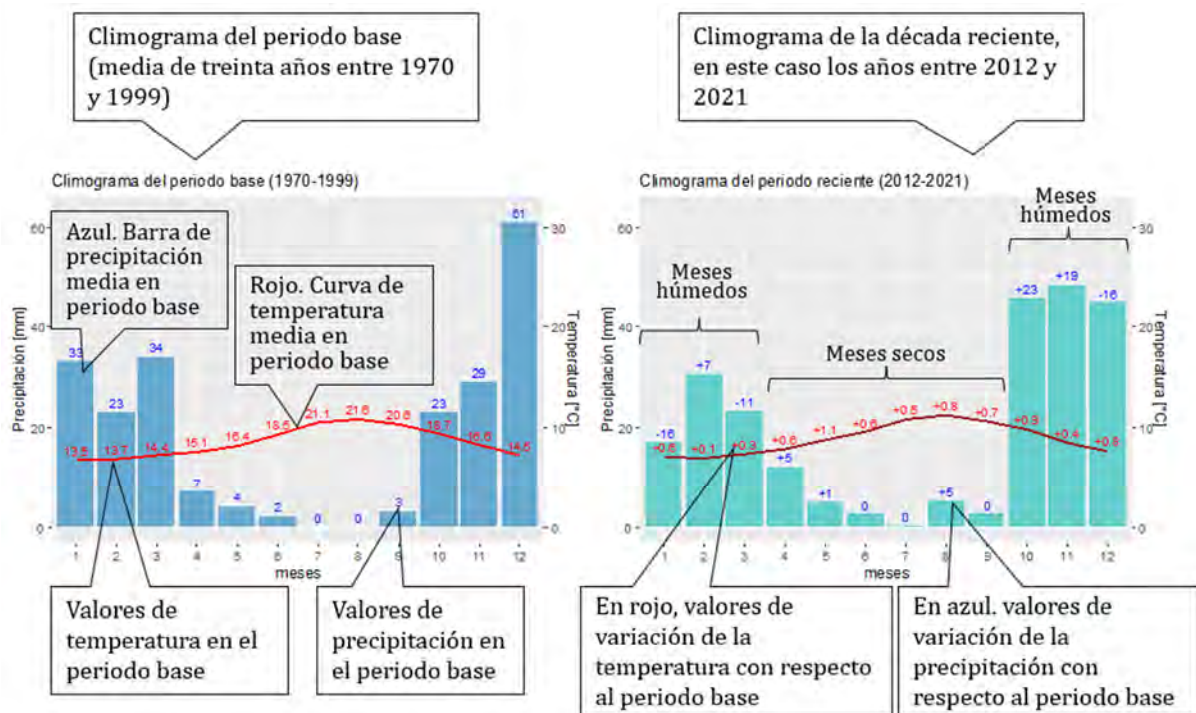


Fig. 6. Guía para la interpretación de los gráficos de climograma

Gráficos Warming-stripes

Los códigos de barras del calentamiento fueron ideados por el Profesor Ed Hawkins (Universidad de Reading). Se han 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/>)

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 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 suelen ser azules y las barras a la derecha suelen ser rojas. En la imagen de la portada se ha superpuesto en blanco la curva de la anomalía móvil de 10 años de la gráfica de temperaturas (lámina 1 superior).

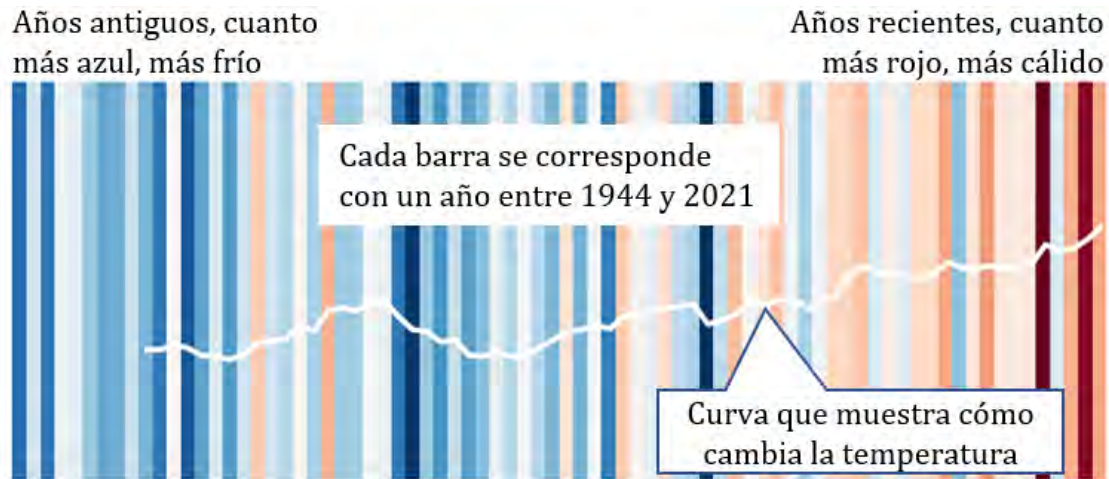


Fig. 7. Guía para la interpretación de las gráficas “Warming stripes” (códigos de barra del cambio climático).

Gráficos campana de Gauss

Es una gráfica bien conocida por haber sido utilizada por el periódico *New York Time* para explicar el calentamiento climático. En ella se representan los valores de temperatura en un escenario pasado y otro moderno, en forma de campana de Gauss. Esta forma obedece a que siempre hay unos datos más comunes que se ubican en el centro de la campana, y otros más raros (muy fríos o muy calientes) que se ubican a ambos lados. A medida que el calentamiento avanza, los extremos mas raros de temperaturas altas se van volviendo más frecuentes. La distancia que hay entre las dos campanas muestra la magnitud del calentamiento, y la kurtosis (altura) muestra la variabilidad, es decir, si la campana se vuelve más chata

muestra que la variabilidad climática aumenta, por el contrario, si se vuelve más acuminada, es que la variabilidad climática disminuye.

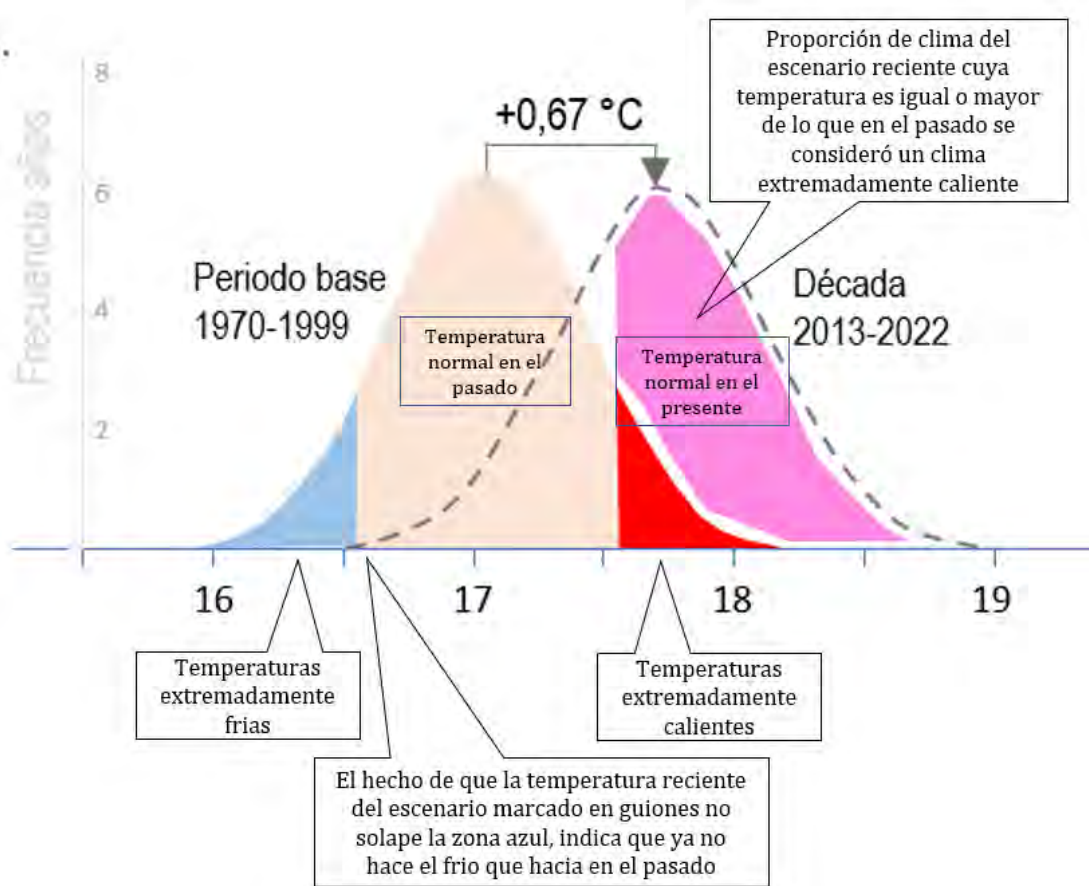


Figura 8. Guía para la interpretación de las campanas de Gauss de este trabajo

PARTE I.

DATOS OBSERVADOS

CAMBIO CLIMÁTICO POR AÑOS (1944-2022)

Temperatura y precipitación

El calentamiento medio en Tenerife entre 1944 y 2022 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 $+0,86$ °C desde 1944 hasta la actualidad. Si esta tendencia se mantuviera constante las próximas décadas, la temperatura seguiría subiendo y en 2100 podría ser otros $+0,86$ °C más alta que en la actualidad, lo cual significaría que el calentamiento acumulado entre 1944 y 2111 podría ser $+1,72$ °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). De hecho, el calentamiento desde 1970 hasta la actualidad ha sido de 1 °C. 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 hasta 2100 sería entonces $+2,47$ °C, sensiblemente mayor que el supuesto de calentamiento lento descrito en el párrafo anterior.

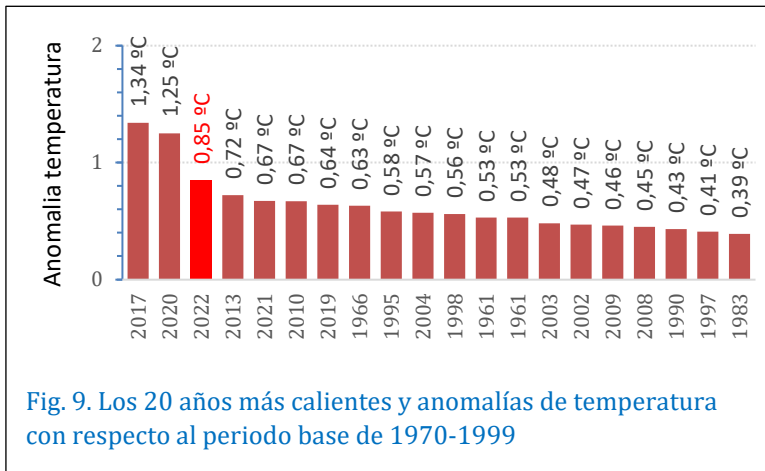
Tabla I. Tendencias de calentamiento anual en 2022 y r^2 (porcentaje explicativo) en temperaturas media, máxima y mínima. Solo se muestran valores que son significativos estadísticamente ($\alpha > 0,95$)

		Temperatura media	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Rango térmico
ISLA	°C/década	$0,11 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,02$	$0,17 \pm 0,02$	$-0,10 \pm 0,02$
1944-2022	r^2	36,1%	5,9%	58,8%	50,5%
ISLA	°C/década	$0,19 \pm 0,04$	$0,14 \pm 0,04$	$0,23 \pm 0,05$	$-0,08 \pm 0,03$
1970-2022	r^2	43,9%	20,0%	53,8%	18,5%
Norte	°C/década	$0,09 \pm 0,02$	n.s.	$0,17 \pm 0,02$	$-0,14 \pm 0,03$
1944-2022	r^2	26,5%		51,8%	39,8%
Norte	°C/década	$0,14 \pm 0,04$	n.s.	$0,21 \pm 0,08$	$-0,13 \pm 0,07$
1970-2022	r^2	30,5%		39,9%	14,4%
Sur	°C/década	$0,10 \pm 0,03$	n.s.	$0,14 \pm 0,03$	$-0,07 \pm 0,03$
1944-2022	r^2	26,0%		41,7%	16,9%
Sur	°C/década	$0,18 \pm 0,05$	$0,17 \pm 0,07$	$0,17 \pm 0,05$	n.s.
1970-2022	r^2	29,5%	17,3%	29,7%	
Cumbre	°C/década	$0,18 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,04$	$0,23 \pm 0,03$	$-0,10 \pm 0,04$
1944-2022	r^2	32,0%	13,3%	52,8%	18,1%
Cumbre	°C/década	$0,31 \pm 0,06$	$0,27 \pm 0,06$	$0,35 \pm 0,08$	n.s.
1970-2022	r^2	45,9%	32,7%	54,1%	

"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 está siendo 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 está calentando a un ritmo de $0,18 \pm 0,03$ °C/década, mientras que la banda de ochocientos metros de altitud más cercana a la costa lo hace a $0,09$ - $0,10$

°C/década, según nos refiramos al norte o al sur de la isla. Obsérvese que estos valores se han incrementado en una centésima con respecto a los registrados hace tan solo un año.

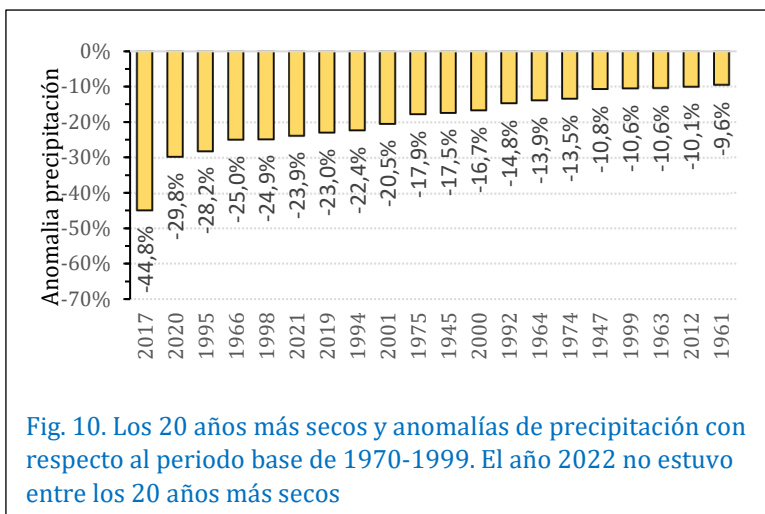


Sobresale de forma muy notable el calentamiento en las cumbres desde 1970 en adelante ($0,31 \pm 0,06$ °C/década), pues denota una fuerte aceleración que se corresponde con tres décimas de grado por década. Si en el conjunto de la isla, la temperatura se había elevado 1 °C desde 1970, en esta

zona de la isla el fuerte calentamiento ha llevado a que dicha elevación haya sido de 1,53 °C desde 1970.

El año 2022 fue el TERCER año más caliente de todos los registros, con una anomalía térmica de +0,85 °C. Por el momento, el año que ostenta el récord de más caliente sigue siendo 2017 (+1,34 °C), seguido de 2020 (+1,25).

Con 2022, ya van 11 los años seguidos en que la temperatura ha sido más cálida que en el periodo base (ver grafica superior de lámina 1). Nótese que siete de los diez años más calientes se han registrado en lo que va de siglo (fig. 8), lo cual se explica por la mencionada aceleración de las últimas décadas. De hecho, la década mas reciente ha sido la más cálida, con una anomalía media de 0,67 °C. En esta década los registros de altas temperaturas que a finales del siglo pasado se consideraban excepcionalmente cálidos, se han convertido en normales



Al contrario que en 2021, en este año de 2022 la precipitación no registró una tendencia de cambio significativa en términos estadísticos, debido a ser un año húmedo que rompió la tónica arrastrada del pasado de años secos. Obsérvese en la figura intermedia de la lámina

1 como la anomalía de precipitación es positiva y supera ligeramente el umbral de la desviación estándar definida por la línea punteada, lo cual indica que no solo

llovió más que en el periodo base, sino también más de lo considerado normal. El año 2022 puede considerarse entonces como un año cálido pero húmedo (ver lámina 1, abajo),

La tendencia decreciente de las lluvias no fue estadísticamente significativa en el norte de la isla, pero sí en el sur y en la cumbre. En el Sur registró una caída media de $6,6 \pm 4,7$ l/m²/década, $r^2= 6,5\%$), es decir, una tendencia decreciente que, sin embargo, se ha suavizado con respecto a la anotada en 2021 (donde era de $-8,8$ l/m²/dec). Esto es así porque en 2022 llovió en la zona sur más de lo normal, rompiéndose de este modo la tónica de sequía de los últimos años.

En la cumbre se registra la mayor tendencia decreciente de las lluvias de toda la isla: unos doce litros por metros cuadrado y década ($-12,7 \pm 8,1$ l/m²/década, $r^2= 9,7\%$). La pérdida porcentual de precipitación en la cumbre desde 1944 hasta la actualidad es de un 28,9% ($\pm 19\%$) y eso a pesar de que en 2022 hubo una anomalía positiva de lluvias de solo unos pocos litros, pero suficiente para romper la tónica de sequía de siete años en los que llovió bastante menos de lo normal.

El año 2022 no estuvo dentro del ranquin de los 20 años más secos, que por ahora lidera 2017, con una precipitación un 45% menor que la del periodo base (fig. 9).

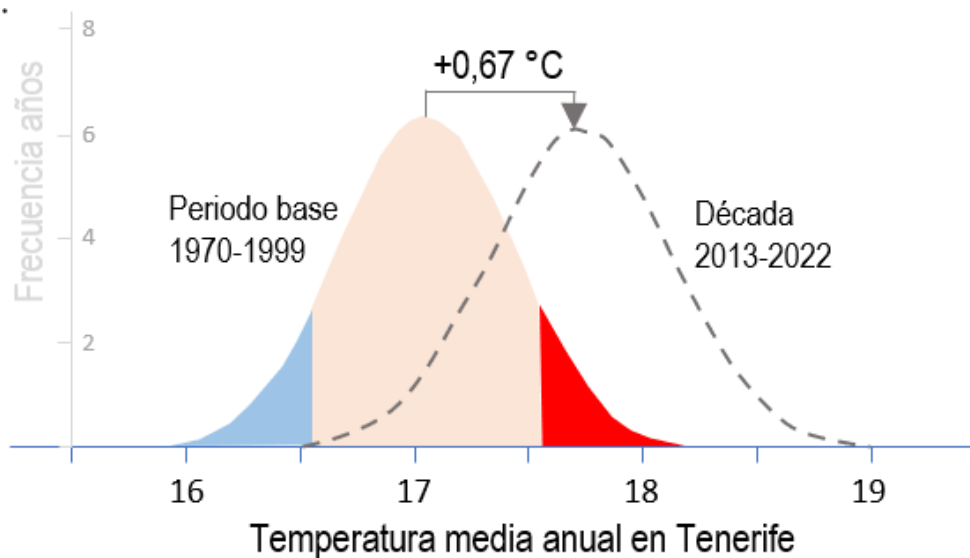


Fig. 11. Curvas “normalizadas” de la temperatura media anual en Tenerife en el periodo base de referencia y en la última década. En azul se representa el percentil 10% de temperaturas del periodo base correspondientes a los valores más fríos ($<17,1$ °C). En rojo se muestra el percentil 90%, equiparable al 10% de los valores más calientes ($>18,2$ °C). La diferencia entre los registros del periodo base y los de la última década es estadísticamente significativa (t.test 4,6, pval 0,0005)³. Los registros de la década ultima (2013-2022) están en la mayoría de los casos por encima de los 18,2 °C, de modo que se encuadran en las frecuencias de lo que antes era el 10% más cálido entre 1970 y 1999. Al mismo tiempo, en el mes de mayo ya casi no hay registros de temperaturas por debajo de 15,3 °C

Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial, se puede definir como la máxima cantidad de agua que una superficie totalmente cubierta de vegetación y que no padece falta de agua, puede liberar a la atmósfera en un momento dado. Es un indicador de los milímetros de 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 $4,6 \pm 0,9$ mm/década ($r^2=36,3$). La evapotranspiración potencial ha aumentado unos 36 mm desde 1944 hasta la actualidad, y de mantenerse la misma tendencia actual, en 2100 habrá aumentado otro tanto.

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 40 mm. En la fachada norte de la isla entre los 0 y los 800 m de altitud fue de $3,8 \pm 0,9$ mm/década, que equivale a un aumento desde 1944 de 30 mm. Finalmente, en la facha sur de la isla entre los 0 y los 800 m de altitud fue de $6,7 \pm 1,9$ mm/década que significa que desde 1944 ha aumentado 52 mm, de modo que es en esta última zona donde se apreció el 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. El año 2022 fue el tercero con mayor evapotranspiración potencial, lo cual evidencia que, aunque suavizada, la sequía de los últimos años persiste.

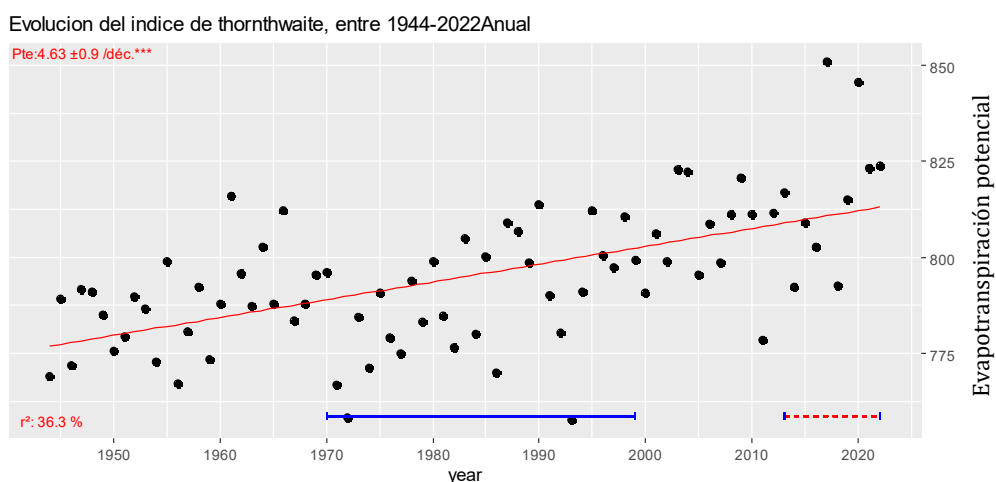
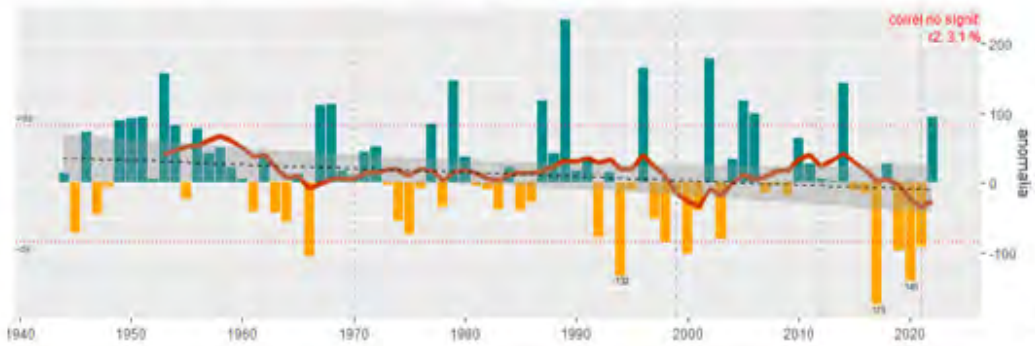
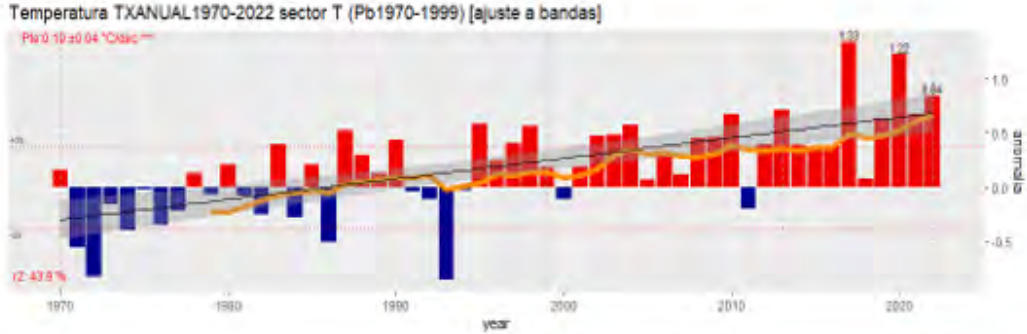


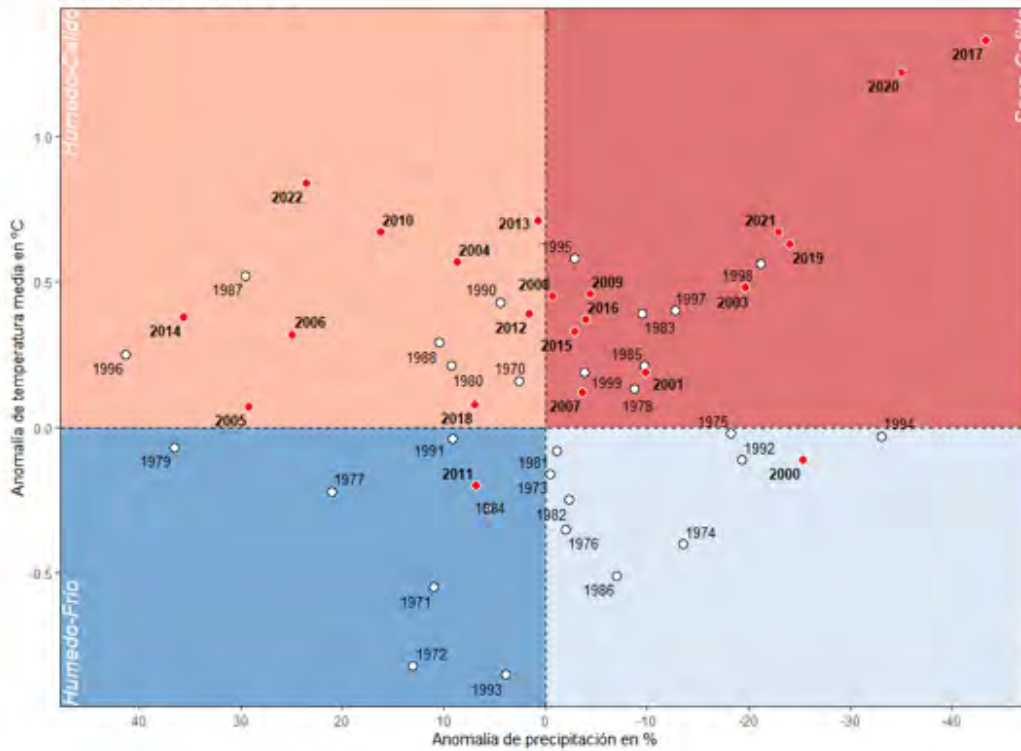
Fig. 12. Evolución de la evapotranspiración potencial en la isla de Tenerife entre 1944 y 2022

LAMINA - 1

Anomalías de temperatura anual (arriba) y de precipitación acumulada anual (medio), entre 1944 y 2022, y gráfica conjunta de asignación de tipos de clima a cada año



Anomalías de PRE-ANUAL



CAMBIO CLIMÁTICO POR ESTACIONES (1944-2022)

La isla de Tenerife

La primavera y el otoño son las estaciones del año donde el calentamiento es más acusado en la isla. En ambas la temperatura está aumentando a un ritmo de 1,3 décimas de grado por década ($0,13 \pm 0,03$ °C/década). Este acusado calentamiento en primavera y otoño también se produce en las cumbres y en la fachada norte de la isla, mientras que en la fachada sur el calentamiento más notable tiene lugar 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 ($0,41 \pm 0,1$ °C/década), y el del otoño de sólo un poco menos de esta cifra ($0,39 \pm 0,8$ °C/década).

Tabla II. Tendencias de calentamiento en 2022y 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 1944-2022	°C/década	$0,09 \pm 0,04$	$0,13 \pm 0,03$	$0,11 \pm 0,03$	$0,13 \pm 0,03$
	r^2	7,9%	22,9%	24,2%	23,7%
ISLA 1970-2022	°C/década	$0,14 \pm 0,08$	$0,25 \pm 0,05$	$0,18 \pm 0,06$	$0,22 \pm 0,05$
	r^2	9,9%	36,7%	21,2%	34,2%
Norte 1944-2022	°C/década	$0,08 \pm 0,04$	$0,09 \pm 0,02$	$0,08 \pm 0,03$	$0,11 \pm 0,02$
	r^2	7,4%	16,2%	9,8%	22,0%
Norte 1970-2022	°C/década	$0,13 \pm 0,07$	$0,18 \pm 0,05$	$0,11 \pm 0,06$	$-0,18 \pm 0,05$
	r^2	9,2%	27,5%	8,6%	32,4%
Sur 1944-2022	°C/década	n.s.	$0,10 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,04$	$0,10 \pm 0,03$
	r^2	n.s.	12,6%	23,0%	17,2%
Sur 1970-2022	°C/década	n.s.	$0,24 \pm 0,07$	$0,25 \pm 0,07$	$0,15 \pm 0,05$
	r^2	n.s.	26,4%	24,5%	16,4%
Cumbre 1944-2022	°C/década	$0,17 \pm 0,06$	$0,23 \pm 0,05$	$0,14 \pm 0,04$	$0,21 \pm 0,05$
	r^2	8,5%	22,0%	16,9%	21,0%
Cumbre 1970-2022	°C/década	$0,25 \pm 0,10$	$0,41 \pm 0,1$	$0,22 \pm 0,07$	$0,39 \pm 0,08$
	r^2	10,6%	29,9%	20,4%	37,2%

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

La anomalía térmica por estaciones más alta de toda la isla tuvo lugar en otoño en las cumbres ($+2,11$ °C), de hecho, el otoño de este año fue el tercero más caliente de todos los años en esta zona de la isla. Con 2022 van ya catorce años continuados en que la temperatura supera a la del periodo base. Las altas temperaturas otoñales fueron una generalidad en toda la isla que en su conjunto registró también el tercer otoño más caliente de la serie. En las fachadas norte y sur fue también importante y esta estación constituyó el cuarto y quinto otoño más caliente respectivamente (tabla III) con anomalías siempre por encima de 1°C.

Este año llovió por encima de la media en invierno, más o menos como en la media en primavera y por debajo de la media en otoño. En verano, como suele siendo

norma en los últimos años llovió mucho más de lo normal: 152,3 l/m² en el sur de la isla y 126,7 l/m² en la cumbre (tabla III).

La precipitación manifestó una tendencia negativa estadísticamente robusta en otoño en el conjunto de la isla (-6,3 ±3,6 l/m²/década equivalente a un 5,5% por década), y en las zonas de cumbres y fachada sur (Lamina-3). Las precipitaciones de otoño están disminuyendo en las cumbres a un ritmo de 6,0% cada década (±3,4%), y este ritmo se está acelerando pues en 2021 era de 5,2%. En la fachada sur la pérdida es del 6,9% por década.

A pesar de que este año las lluvias de invierno tuvieron una anomalía positiva, en la zona sur se aprecia un descenso estadísticamente significativo (-4,2 ±3,5 l/m²/década), con una pérdida porcentual desde 1944 de un 3,3% por década.

La primavera de 2022 en la isla fue la segunda más seca en el ranking de todos los registros, en la fachada sur también fue la segunda más seca y en la fachada norte la tercera. En las cumbres estuvo en el puesto octavo.

En cuanto al otoño, en el conjunto de la isla fue el sexto más seco registrado y en la fachada sur el tercero más seco, mientras que en el norte y las cumbres quedó relegado mucho más atrás. Así y todo, la sequía persiste en la cumbre y con este año van ya ocho seguidos donde en otoño llueve menos de lo normal en el periodo base de referencia (Obsérvese en la gráfica de lluvias otoñales de la cumbre de la lámina 3 como los ocho años más recientes muestran barras amarillas por debajo de la línea del periodo base).

Tabla III. Anomalías de temperatura y precipitaciones medias en las cuatro estaciones en 2022 y posición entre los primeros veinte años más cálidos/más secos habidos desde 1944

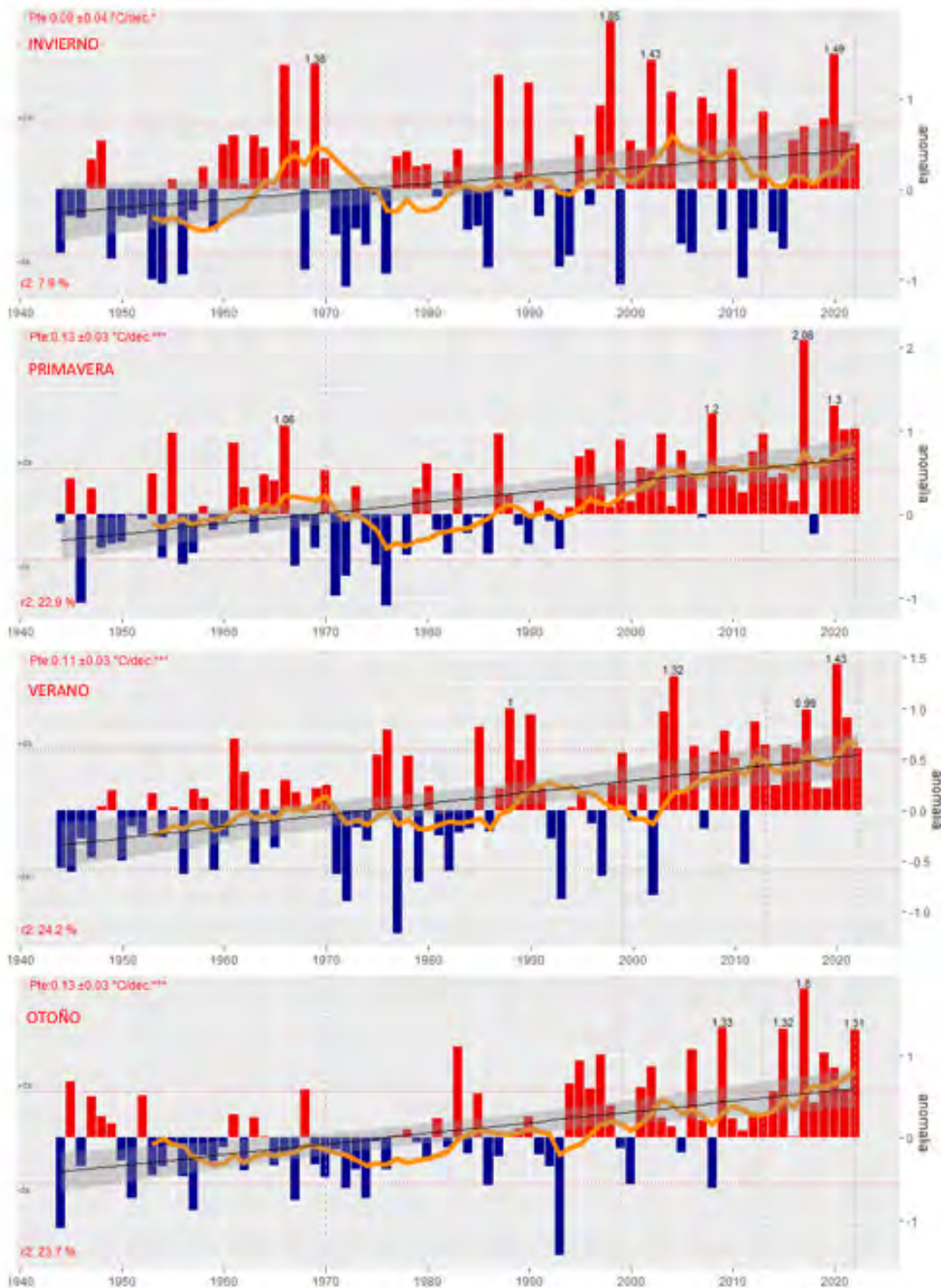
		Invierno	nº	Primavera	nº	Verano	nº	Otoño	nº
ISLA	Temp.	+0,51 °C		+1,02°C	5º	+0,61°C		+1,31 °C	3º
	Prec.	+22 l/m ²		+2 l/m ²	2º	+121 l/m ²		-37 l/m ²	6º
Norte	Temp.	+0,80°C	12º	+0,66 °C	16º	+0,38 °C		+1,08°C	4º
	Prec.	+15,2 l/m ²		-4,9 l/m ²	3º	+73,5 l/m ²		-39,0 l/m ²	14º
Sur	Temp.	+0,72°C	13º	+0,88 °C	7º	+0,89 °C	12º	+1,05 °C	5º
	Prec.	+21,3 l/m ²		+2,0 l/m ²		+152,3 l/m ²		-22,1 l/m ²	
Cumbre	Temp.	-0,25°C		+1,96°C	7º	+0,81°C		+2,11°C	3º
	Prec.	+44,3 l/m ²		+6,4 l/m ²	8º	+126,7 l/m ²	15º	-108,5 l/m ²	7º

*El nº indica la posición en los 20 años más cálidos (temperatura) o los 20 años más secos (precipitación)

La primavera de 2022, 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).

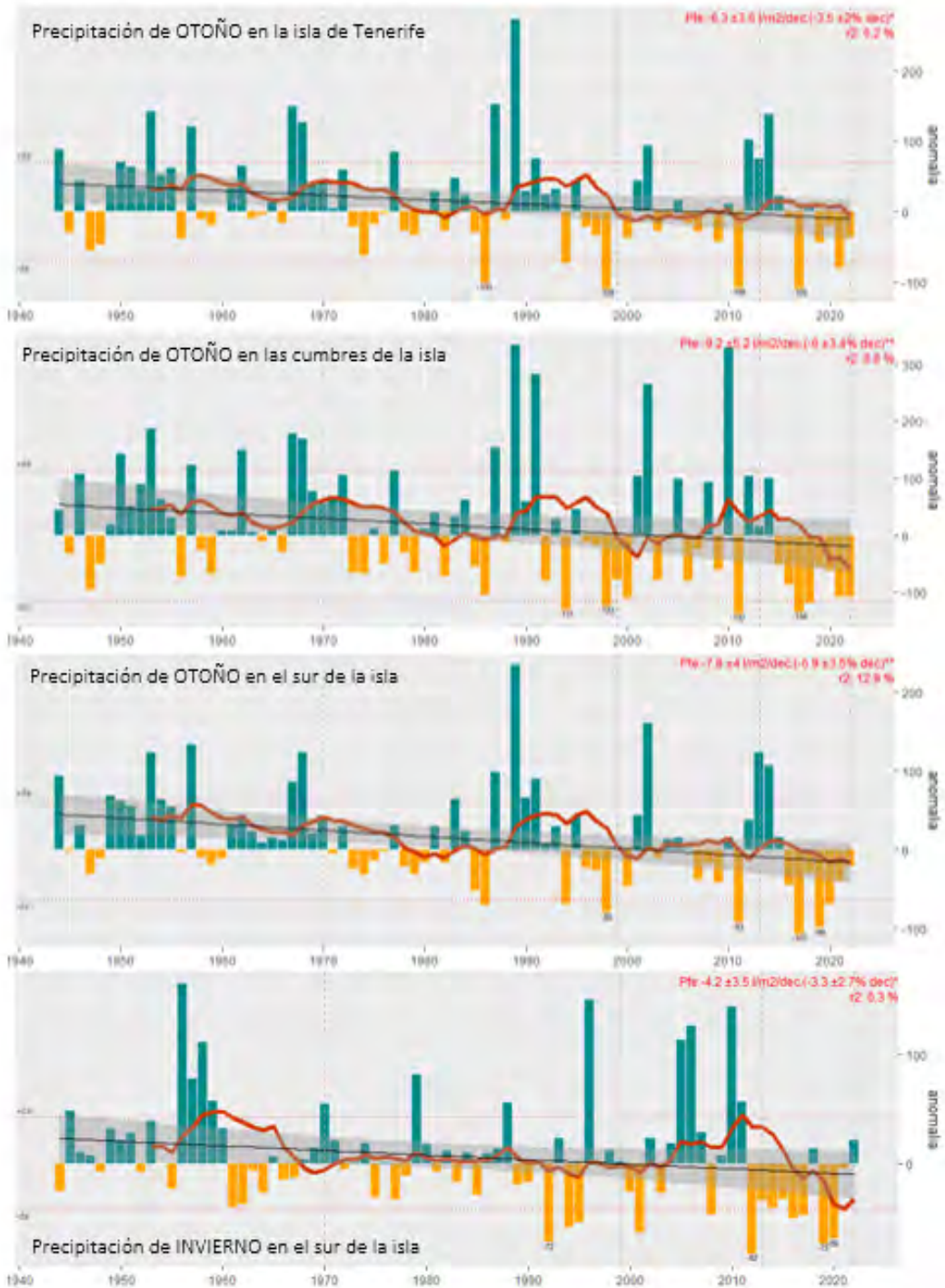
LÁMINA - 2

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, de otoño e invierno.



CAMBIO CLIMÁTICO POR MESES (1944-2022)

Temperatura

La isla de Tenerife

Mayo es el mes con el calentamiento más acelerado de todos, pues está más cerca de las dos décimas de grado por década que de una décima de grado ($0,17 \pm 0,05$ °C/déc). A continuación, viene octubre y enero. En los restantes meses el calentamiento se aproxima más a una décima de grado por década, a excepción de febrero, marzo y abril que muestran una tendencia estable, apuntando ligeramente al enfriamiento (sobre todo en febrero) pero en ningún caso la tendencia fue significativa en términos estadísticos (tabla IV).

Este calentamiento se está acelerando y prueba de ello es que entre 1970 y 2022, es casi el doble. Así ocurre en los meses de diciembre ($0,13 \rightarrow 0,26$ °C/década), mayo ($0,17 \rightarrow 0,31$ °C/década) y junio ($0,13 \rightarrow 0,24$ °C/década).

Tabla IV. tendencias en 2022 en las temperaturas mensuales en la isla de Tenerife. Solo se muestran valores significativos en términos estadísticos ($\alpha > 0,95$)

	Media		Máximas		Mínimas	
	1944-2022 °C/déc	1970-2022 °C/déc	1944-2022 °C/déc	1970-2022 °C/déc	1944-2022 °C/déc	1970-2022 °C/déc
Enero	$0,15 \pm 0,04$ r ² : 17,6%	$0,16 \pm 0,08$ r ² : 9,2%	$0,11 \pm 0,05$ r ² : 6,5%	n.s.	$0,20 \pm 0,04$ r ² : 35,7%	$0,19 \pm 0,08$ r ² : 15,3%
Febrero	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	$0,17 \pm 0,05$ r ² : 14,8%	n.s.
Marzo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	$0,12 \pm 0,04$ r ² : 11,1%	$0,17 \pm 0,01$ r ² : 10,0%
Abril	n.s.	$0,21 \pm 0,07$ r ² : 10,1%	n.s.	n.s.	$0,12 \pm 0,04$ r ² : 13,5%	$0,24 \pm 0,07$ r ² : 20,8%
Mayo	$0,17 \pm 0,05$ r ² : 18,5%	$0,31 \pm 0,07$ r ² : 27,3%	$0,10 \pm 0,05$ r ² : 5,8%	$0,25 \pm 0,08$ r ² : 13,9%	$0,23 \pm 0,05$ r ² : 34,2%	$0,37 \pm 0,07$ r ² : 42,1%
Junio	$0,13 \pm 0,03$ r ² : 22,9%	$0,24 \pm 0,06$ r ² : 29,4%	$0,06 \pm 0,03$ r ² : 5,1%	$0,16 \pm 0,06$ r ² : 14,2%	$0,20 \pm 0,04$ r ² : 41,6%	$0,31 \pm 0,07$ r ² : 41,1%
Julio	$0,10 \pm 0,03$ r ² : 9,4%	$0,15 \pm 0,07$ r ² : 8,0%	n.s.	n.s.	$0,16 \pm 0,03$ r ² : 26,8%	$0,21 \pm 0,07$ r ² : 20,8%
Agosto	$0,13 \pm 0,05$ r ² : 12,4%	$0,22 \pm 0,09$ r ² : 16,8%	n.s.	n.s.	$0,21 \pm 0,05$ r ² : 34,4%	$0,31 \pm 0,09$ r ² : 29,2%
Septiembre	$0,11 \pm 0,03$ r ² : 16,6%	$0,17 \pm 0,07$ r ² : 17,4%	n.s.	n.s.	$0,18 \pm 0,03$ r ² : 41,6%	$0,27 \pm 0,07$ r ² : 37,9%
Octubre	$0,16 \pm 0,04$ r ² : 20,2%	$0,24 \pm 0,08$ r ² : 21,2%	$0,10 \pm 0,05$ r ² : 6,3%	$0,18 \pm 0,01$ r ² : 10,0%	$0,22 \pm 0,03$ r ² : 41,7%	$0,29 \pm 0,06$ r ² : 36,9%
Noviembre	$0,10 \pm 0,04$ r ² : 7,6%	$0,18 \pm 0,07$ r ² : 11,0%	n.s.	n.s.	$0,18 \pm 0,03$ r ² : 29,2%	$0,24 \pm 0,06$ r ² : 23,7%
Diciembre	$0,13 \pm 0,04$ r ² : 13,4%	$0,26 \pm 0,07$ r ² : 25,5%	$0,12 \pm 0,05$ r ² : 7,7%	$0,27 \pm 0,09$ r ² : 17,6%	$0,14 \pm 0,03$ r ² : 23,1%	$0,26 \pm 0,07$ r ² : 37,6%

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

El calentamiento es esencialmente nocturno, es decir, se nota principalmente en las mínimas. En los meses de mayo, octubre y enero tiene sus valores más elevados, en torno a las dos décimas de grado por década ($0,23$, $0,22$ y $0,20$ °C/década, respectivamente). Es de destacar el elevado r², que indica cuánto explican los años dicho calentamiento: en varios meses está en torno al 40%.

Las temperaturas máximas -diurnas- aumentan poco y en varios meses no es significativa en términos estadísticos. Sin embargo, si en 2021 solo había una tendencia robusta en enero, octubre y diciembre, este año de 2022 se han incorporado los meses de mayo y junio. En cualquier caso, los valores están cercanos a una décima de grado por década, que es inferior a los contabilizados en las temperaturas nocturnas (tabla IV).

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 es menos patente en las mínimas, pero a partir de abril todas las tasas de crecimiento son superiores a dos décimas de grado por década y en tres meses -mayo, junio y agosto-, 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 superar los tres grados por encima de la registrada en la actualidad. Si a esto sumamos el calentamiento acumulado desde el siglo pasado, se podrían alcanzar ascensos superiores a cuatro grados dentro de cien años.

Las anomalías de temperatura media en 2022 fueron máximas en mayo, noviembre y diciembre (> 1,5 °C). Estos meses registraron los valores muy altos durante el día, evidenciando que el calentamiento este año fue particularmente notorio en las temperaturas diurnas, a diferencia de otros años, en donde acontecían mayormente en las nocturnas. La anomalía más baja se dio en marzo, y se apreció tanto en las máximas como en las mínimas. Este fue el único mes que registró una anomalía negativa y por tanto fue más frío de lo normal (tabla V).

Tabla V. Anomalías de las temperaturas medias mensuales del año 2022 y de las temperaturas medias de la década más reciente con respecto al periodo base 1970-99, en la isla de Tenerife.

	Temperatura media (°C)		Temperatura máxima (°C)		Temperatura mínima (°C)				
	Año 2022	nº	Década 2013-2022	Año 2022	nº	Década 2013-2022	Año 2022	nº	Década 2013-2022
Enero	+0,73	19º	+0,74	+0,79	20º	+0,71	+0,69	18º	+0,57
Febrero	+0,87	20º	+0,59	+0,99		+0,33	+0,73	17º	+0,61
Marzo	-0,08		+0,28	-0,06		+0,25	-0,08		+0,32
Abril	+0,71	19º	+0,79	+0,77		+0,76	+0,63	20º	+0,79
Mayo	+1,66	7º	+1,06	+1,77	6º	+0,97	+1,54	6º	+1,15
Junio	+0,73		+0,56	+0,54		+0,41	+0,93	11º	+0,71
Julio	+0,94		+0,48	+0,98	12º	+0,38	+0,87	10º	+0,56
Agosto	+0,67		+0,81	+0,48		+0,64	+0,85		+0,91
Septiembre	+0,22		+0,61	-0,39		+0,31	+0,82	12º	+0,86
Octubre	+0,91	17º	+0,92	+0,8	20º	+0,86	+1,02	14º	+0,98
Noviembre	+1,53	3º	+0,63	+1,77		+0,54	+1,28	5º	+0,73
Diciembre	+1,54	5º	+0,93	+1,76	5º	+1,05	+1,29	4º	+0,81

*la columna nº indica la posición dentro de los 20 años más calientes

Los meses donde la temperatura fue más alta en 2022 ocuparon puestos avanzados en el ranquin de los más calientes de la serie. Así sucedió con noviembre y diciembre, que fueron el tercero y el quinto más calientes de todos los años. Obsérvese que noviembre tuvo el pasado año de 2021 una temperatura muy fría, de hecho, fue la única anomalía negativa registrada entonces. El tercer lugar

de los meses más cálidos de 2022 lo ocupó mayo, que fue el séptimo de los 20 más calientes de todos los años.

Los registros promediados de la última década (media entre 2013 y 2022) 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. La segunda parte del año registró anomalías positivas, casi siempre más elevadas en las mínimas que en las máximas. Mayo fue el mes más caliente en esta década (+1,06 °C), sobre todo en las temperaturas mínimas (+1,15 °C) donde también ostentó el récord de anomalía más alta. En las máximas, en cambio, mayor la anomalía estuvo en las máximas de diciembre (+1,05 °C).

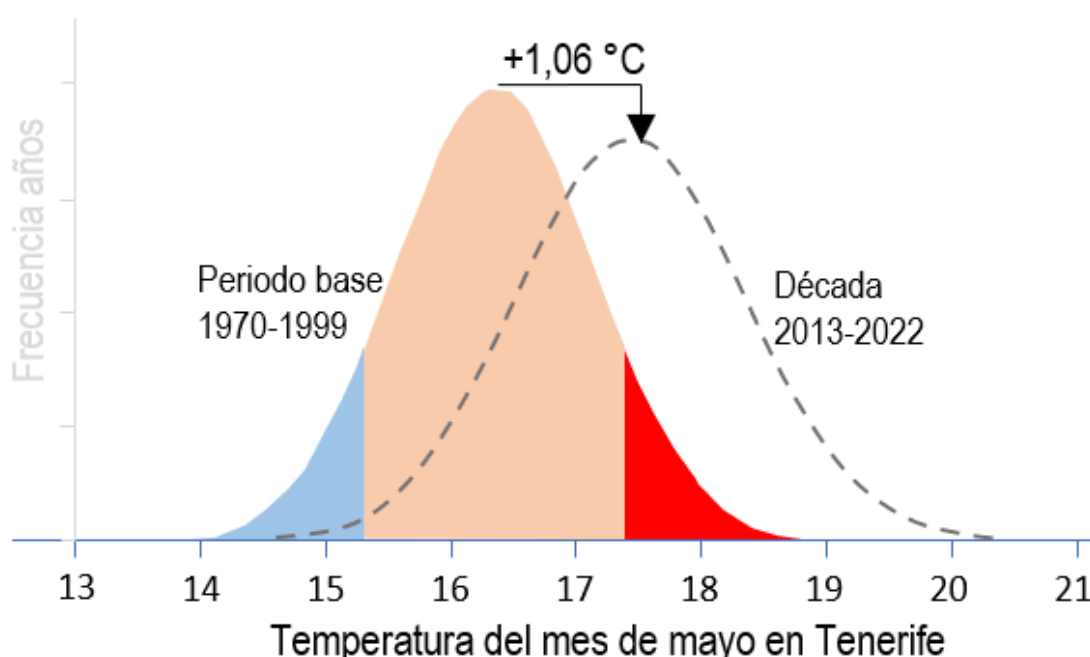
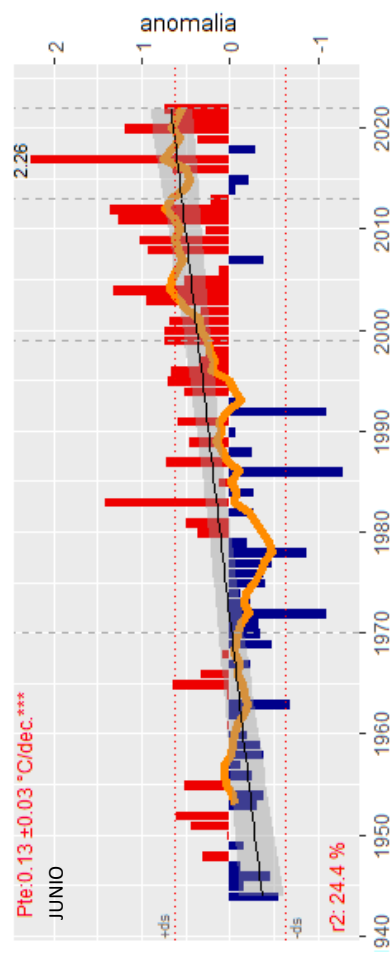
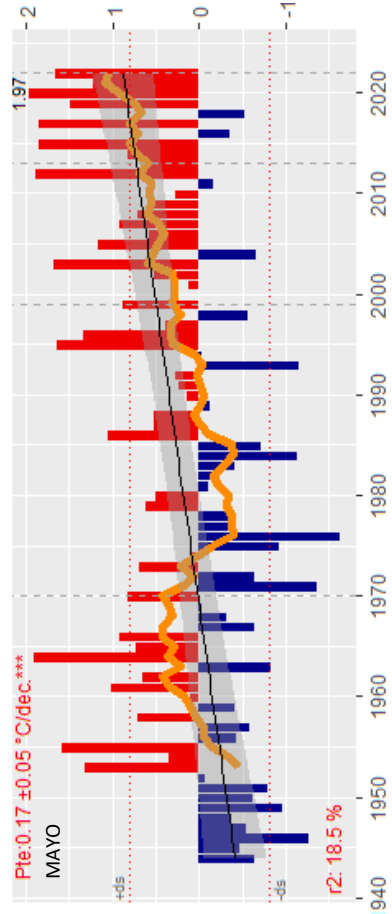
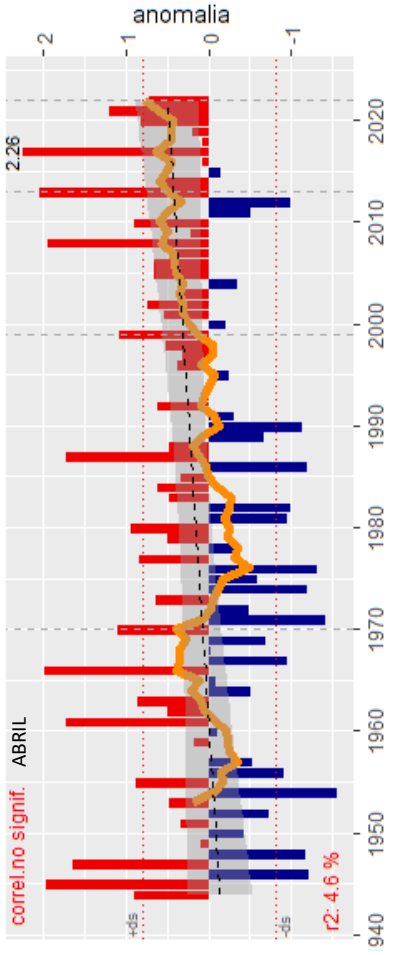
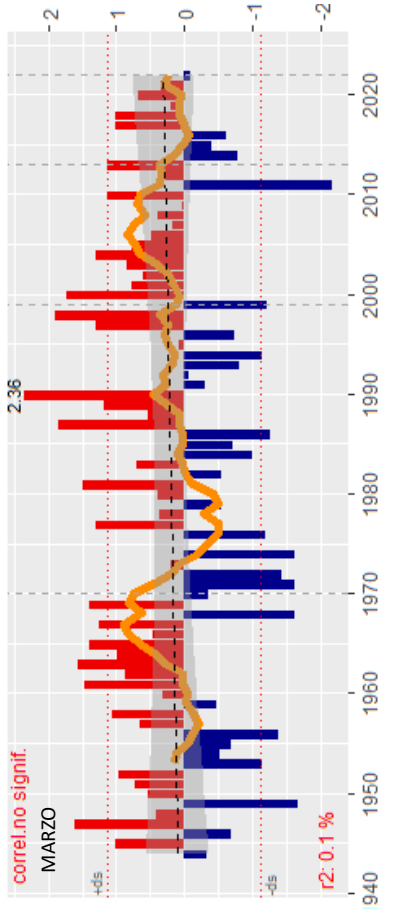
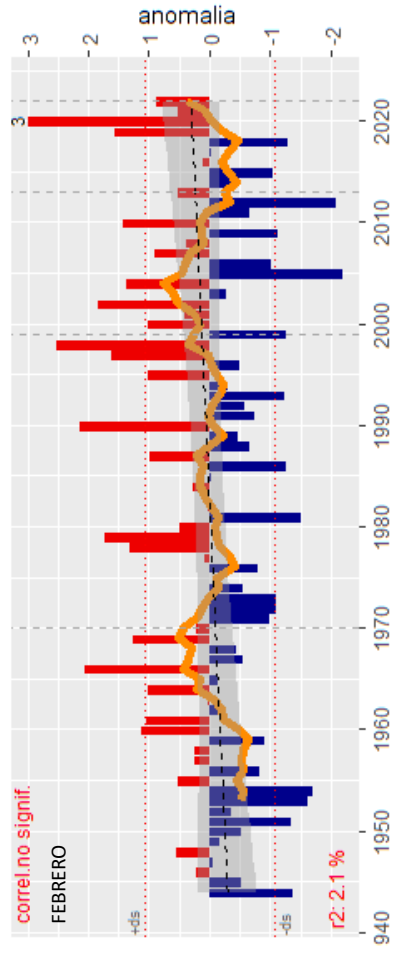
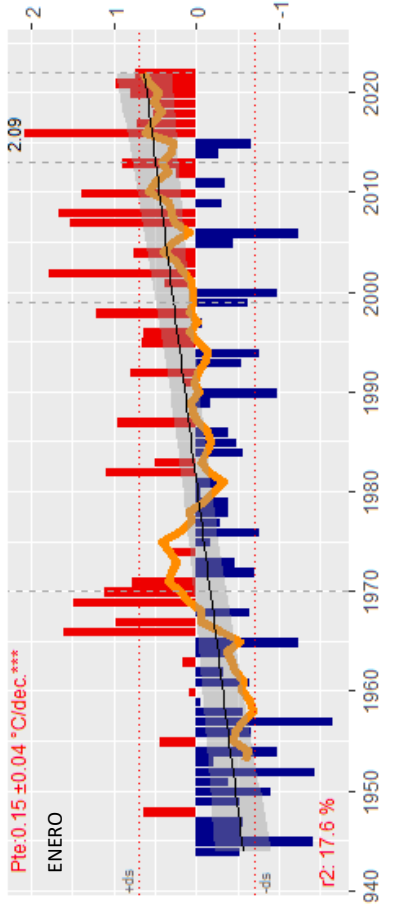
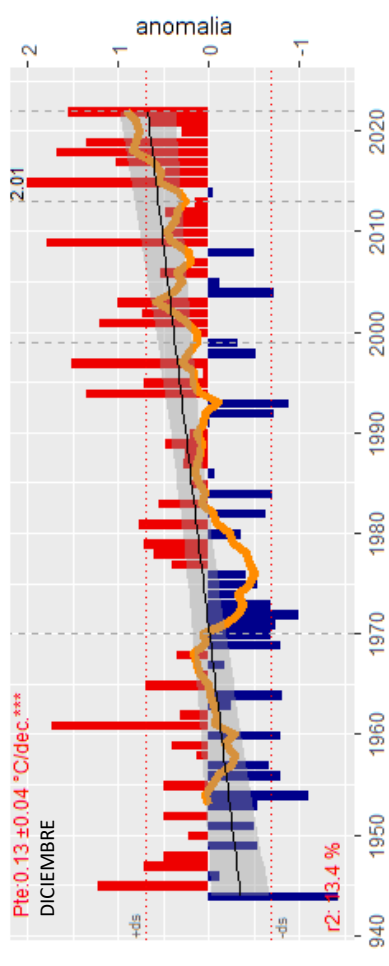
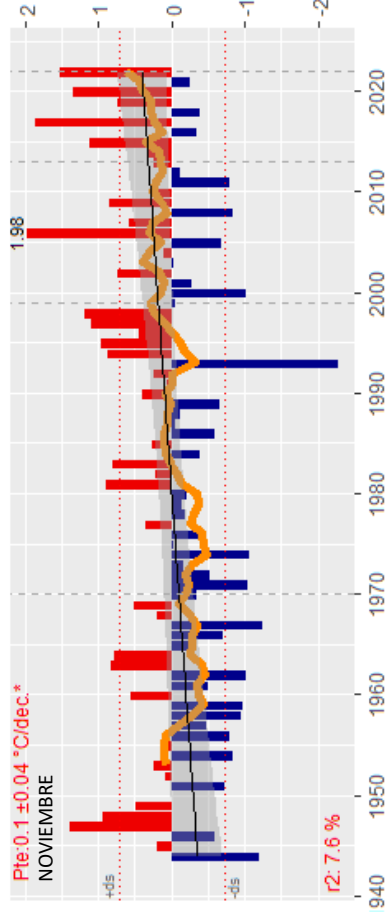
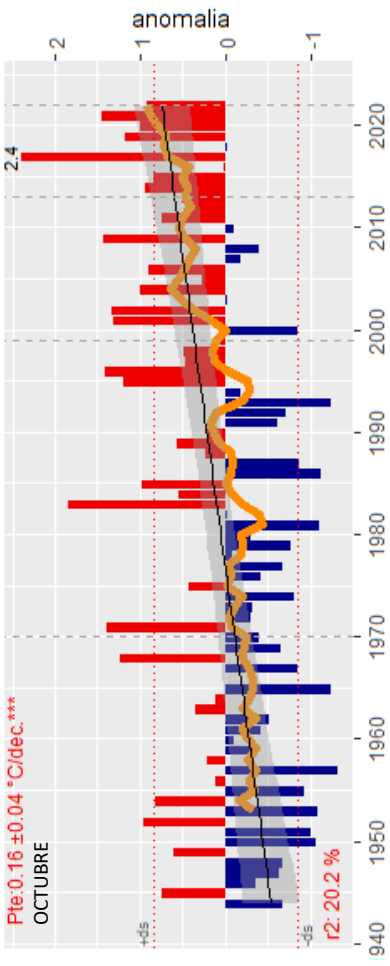
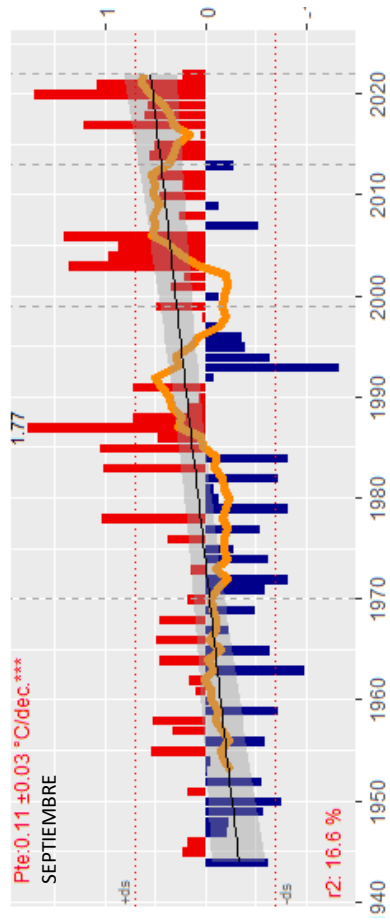
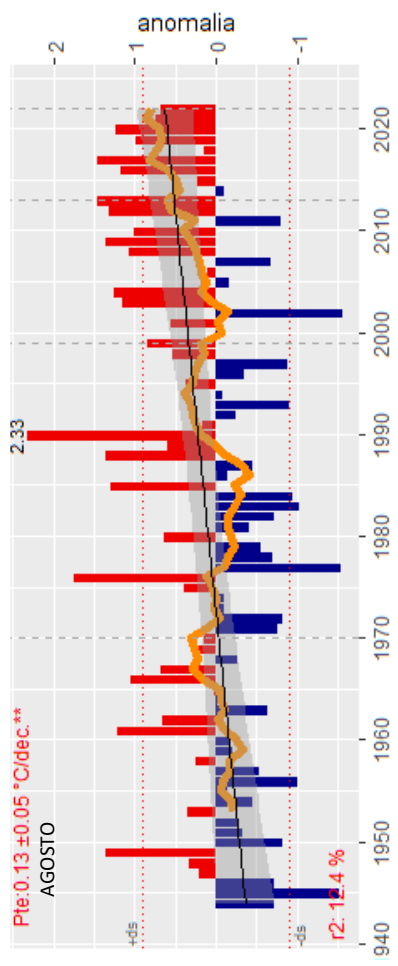
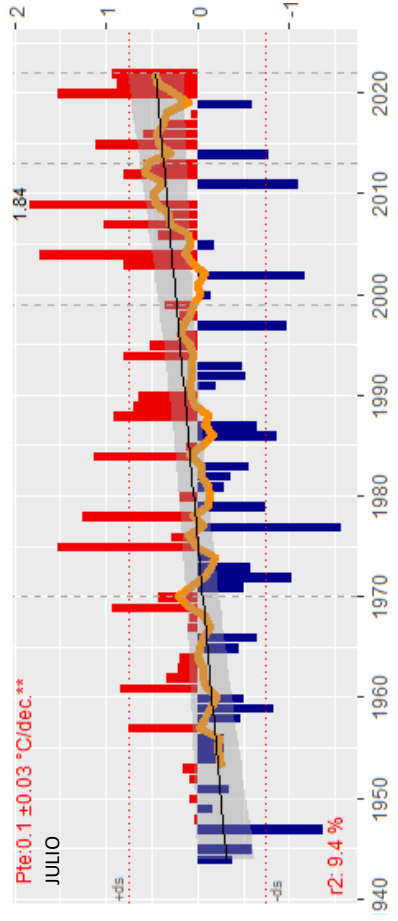


Fig. 13. Curvas “normalizadas” de la temperatura media anual en Tenerife en el periodo base de referencia y en la última década. En azul se representa el percentil 10% de las temperaturas del periodo base que se corresponden con los valores más fríos (<15,3 °C). En rojo se muestra el percentil 90%, equivalente al 10% de los valores más calientes (>17,4 °C). La diferencia entre los registros en el periodo base y los de la última década es estadísticamente significativa (ttest 3,29, pval 0,005). Los registros de la década ultima (2013-2022) están en la mayoría de los casos por encima de los 17,4, de modo que se encuadran en las frecuencias de lo que entre 1970 y 1999 se consideraba el 10% más cálido. Al mismo tiempo, en el mes de mayo ya casi no hay registros de temperaturas por debajo de 15,3 °C. La temperatura media mensual ha ascendido en esta década 1,06 °C sobre la del periodo base, y la variabilidad termométrica ha aumentado ligeramente (achatamiento de la curva).

Anomalías de temperatura media mensual en la isla de Tenerife, entre 1944 y 2022





Las cumbres de Tenerife

El ritmo de calentamiento fue superior a las dos décimas de grado por década en cinco de los doce meses (enero, mayo, junio, octubre y diciembre) y en dos de ellos, diciembre y mayo, fue de casi tres décimas de grado por década. La tendencia de calentamiento fue mínima en los meses estivales de julio y agosto, pero así y todo fue más de una décima de grado por década. Solo en los meses invernales el calentamiento no fue apreciable en términos estadísticos (tabla VI).

El mayor calentamiento se registró en las temperaturas nocturnas (mínimas) con una tasa de aumento que en los casos de mayo y junio fue superior a las tres décimas de grado por década. La tendencia de mayo incrementó en dos centésimas el registro del año pasado y alcanzó este año la velocidad récord de tres décimas y media de grado por década.

Tabla VI. tendencias en las temperaturas mensuales en la cumbre entre 1944 y 2022. Solo se muestran valores significativos en términos estadísticos (p.val<0.05)

	Media		Máximas		Mínimas	
	1944-2022 °C/déc	1970-2022 °C/déc	1944-2022 °C/déc	1970-2022 °C/déc	1944-2022 °C/déc	1970-2022 °C/déc
Enero	0,23 ±0,09 r ² : 10,9%	0,30 ±0,16 r ² : 7,5%	0,19 ±0,11 r ² : 6,9%	n.s.	0,27 ±0,08 r ² : 16,2%	0,30 ±0,13 r ² : 7,9%
Febrero	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,24 ±0,11 r ² : 9,1%	n.s.
Marzo	n.s.	0,37 ±0,15 r ² : 9,8%	n.s.	0,34 ±0,16 r ² : 8,0%	n.s.	0,33 ±0,16 r ² : 10,4%
Abril	0,18 ±0,09 r ² : 5,7%	0,34 ±0,15 r ² : 8,5%	n.s.	0,37 ±0,16 r ² : 8,2%	0,22 ±0,08 r ² : 8,9%	0,35 ±0,14 r ² : 9,8%
Mayo	0,29 ±0,09 r ² : 13,9%	0,53 ±0,15 r ² : 18,4%	0,23 ±0,09 r ² : 8,8%	0,48 ±0,17 r ² : 13,9%	0,35 ±0,1 r ² : 19,5%	0,58 ±0,15 r ² : 23,3%
Junio	0,23 ±0,07 r ² : 18,6%	0,37 ±0,14 r ² : 20,4%	n.s.	n.s.	0,34 ±0,09 r ² : 31,0%	0,53 ±0,16 r ² : 32,6%
Julio	0,13 ±0,05 r ² : 6,6%	n.s.	n.s.	n.s.	0,19 ±0,06 r ² : 13,1%	0,27 ±0,12 r ² : 9,9%
Agosto	0,13 ±0,06 r ² : 8,1%	n.s.	n.s.	n.s.	0,21 ±0,06 r ² : 15,6%	0,27 ±0,11 r ² : 12,1%
Septiembre	0,15 ±0,06 r ² : 6,5%	0,30 ±0,12 r ² : 8,9%	n.s.	n.s.	0,26 ±0,07 r ² : 19,5%	0,43 ±0,13 r ² : 26,2%
Octubre	0,23 ±0,07 r ² : 10,4%	0,36 ±0,13 r ² : 14,6%	n.s.	0,31 ±0,14 r ² : 7,6%	0,26 ±0,07 r ² : 19,5%	0,41 ±0,13 r ² : 18,4%
Noviembre	0,14 ±0,07 r ² : 5,9%	0,31 ±0,12 r ² : 9,1%	0,14 ±0,08 r ² : 6,0%	0,31 ±0,13 r ² : 9,4%	0,15 ±0,07 r ² : 6,9%	0,30 ±0,13 r ² : 9,6%
Diciembre	0,29 ±0,08 r ² : 14,9%	0,54 ±0,16 r ² : 32,5%	0,28 ±0,10 r ² : 10,7%	0,56 ±0,17 r ² : 24,6%	0,29 ±0,08 r ² : 19,2%	0,51 ±0,17 r ² : 32,0%

"n.s": no significativa desde el punto de vista estadístico

En todos los casos el calentamiento ha experimentado un aceleramiento notable a partir de 1970, con valores que a veces fueron superiores a medio grado por década. Así ocurrió por ejemplo con las temperaturas medias de mayo y diciembre, las máximas de este último mes y las mínimas de mayo, junio y diciembre. El calentamiento más alto desde 1970 hasta la actualidad estuvo este año en las temperaturas nocturnas del mes de mayo, con una tasa de aumento cercana a las seis décimas de grado por década (0,58 ±0,15). Superaron así a las mínimas de

septiembre, que en 2021 ostentaron el récord de calentamiento con un valor similar al de las mínimas de mayo de este año de 2022. Estos valores tan altos hacen de las cumbres de Tenerife el lugar donde más intenso es el calentamiento climático que, de seguir así, puede llevar a que las anomalías térmicas de algunos meses a finales de siglo sean mayores de seis grados.

Las anomalías térmicas de 2022 fueron sido importantes y, salvo en los meses de agosto y noviembre, siempre fueron positivas, sobre todo en mayo, donde estuvo en torno a los tres grados, tanto en las máximas como en las mínimas y por consiguiente también en la media (tabla VII). La temperatura mínima de mayo fue la sexta más alta de todos los registros desde 1944. El mes de octubre, que el año pasado registró la mayor anomalía positiva (+3,30 en la media y +3,71 en las máximas), tuvo este año un valor más comedido, denotando que en 2022 el calentamiento se concentró en primavera, mientras que en 2021 fue en otoño. Conviene señalar, como ya se indicó en el apartado de temperaturas por estaciones, que primavera y otoño son las estaciones que comandan el calentamiento en la isla y también en las cumbres.

Las anomalías positivas fueron por lo general más altas en las temperaturas nocturnas que en las diurnas, aunque con algunas excepciones. En efecto, marzo y abril tuvieron anomalías nocturnas menos altas y en el caso del primero de estos dos meses fue incluso negativa. También fueron negativas las anomalías diurnas de los meses de enero, febrero y septiembre, con valores cercanos a un grado.

Tabla VII. Anomalías de las temperaturas medias mensuales del año 2022 y de las temperaturas medias de la década más reciente con respecto al periodo base 1970-99, en las cumbres de Tenerife. La columna nº refiere al puesto en el ranquin de 20 años que estuvo la temperatura del mes en cuestión.

	Temperatura media (°C)		Temperatura máxima (°C)			Temperatura mínima (°C)		
	Año 2022	nº	Año 2022	nº	Década 2013-2022	Año 2022	nº	Década 2013-2022
Enero	-0,42		-0,90		+1,53	0,07		+1,31
Febrero	-0,39		-0,76		+0,49	0,02		+0,69
Marzo	0,05		0,58		+0,95	-0,46		+0,91
Abril	1,17		1,28		+0,96	1,08		+1,05
Mayo	2,99	9º	+2,02	8º	+1,87	3,04	6º	+1,98
Junio	1,74	9º	+0,79	11º	+0,16	2,19	8º	+1,42
Julio	1,47	10º	+0,46	20º	+0,25	2,03	5º	+0,72
Agosto	1,03	15º	+0,33		-0,05	1,37	15º	+0,72
Septiembre	-0,09		+1,00		+0,50	0,82		+1,56
Octubre	1,88	10º	+1,46		+1,16	2,41	6º	+1,79
Noviembre	2,85	3º	+1,05	4º	+0,88	2,75	4º	+1,23
Diciembre	1,63	18º	+1,55		+1,45	1,72	13º	+1,66

*la columna nº indica la posición dentro de los 20 años más calientes

Las anomalías de la última década (periodo 2013-2022) también fueron relevantes. En la temperatura media fueron siempre positivas y destacan los meses de enero y diciembre, en este último con más de un grado u medio por encima del valor del periodo de referencia (+1,55 °C). Las temperaturas diurnas de la última década tuvieron en mayo su valor más alto (+1,87 °C), y en agosto fueron negativas

Las nocturnas fueron siempre positivas y mayo ostento el valor más alto (+1,98 °C), lo cual es congruente con la fuerte tasa de calentamiento en este mes.

El norte de Tenerife

Los meses de mayo y octubre son los que mostraron mayor tasa de calentamiento entre 1944 y 2022 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 éste fue muy débil.

Tabla VIII. tendencias en las temperaturas mensuales entre 1944 y 2022 en la fachada norte de Tenerife. Solo se muestran valores significativos en términos estadísticos (p.val<0.05)

	Media		Máximas		Mínimas	
	1944-2022 °C/déc	1970-2022 °C/déc	1944-2022 °C/déc	1970-2022 °C/déc	1944-2022 °C/déc	1970-2022 °C/déc
Enero	0,17 ±0,04 r ² : 28,6%	0,17 ±0,07 r ² : 11,2%	0,11 ±0,04 r ² : 5,9%	n.s.	0,23 ±0,05 r ² : 51,5%	0,21 ±0,08 r ² : 24,3%
Febrero	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,2 ±0,04 r ² : 30,5%	0,22 ±0,08 r ² : 15,3%
Marzo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,15 ±0,04 r ² : 19,0%	0,18 ±0,09 r ² : 14,5%
Abril	n.s.	0,14 ±0,07 r ² : 7,5%	n.s.	n.s.	0,08 ±0,03 r ² : 8,7%	0,22 ±0,06 r ² : 27,7%
Mayo	0,12 ±0,03 r ² : 17,1%	0,23 ±0,06 r ² : 27,9%	n.s.	n.s.	0,2 ±0,04 r ² : 39,9%	0,32 ±0,07 r ² : 48,3%
Junio	0,11 ±0,03 r ² : 18,1%	0,18 ±0,06 r ² : 21,0%	n.s.	n.s.	0,21 ±0,04 r ² : 42,7%	0,30 ±0,08 r ² : 33,2%
Julio	0,07 ±0,03 r ² : 2,7%	n.s.	n.s.	n.s.	0,14 ±0,04 r ² : 28,6%	0,17 ±0,08 r ² : 17,9%
Agosto	0,1 ±0,05 r ² : 8,7%	0,19 ±0,09 r ² : 17,2%	n.s.	n.s.	0,23 ±0,05 r ² : 39,9%	0,35 ±0,15 r ² : 35,1%
Septiembre	0,07 ±0,03 r ² : 5,3%	n.s.	n.s.	n.s.	0,12 ±0,04 r ² : 22,0%	0,19 ±0,08 r ² : 18,9%
Octubre	0,16 ±0,04 r ² : 22,1%	0,20 ±0,08 r ² : 18,9%	0,07 ±0,05 r ² : 5,5%	n.s.	0,23 ±0,03 r ² : 51,4%	0,29 ±0,07 r ² : 35,9%
Noviembre	0,08 ±0,04 r ² : 5,9%	0,13 ±0,07 r ² : 7,7%	n.s.	n.s.	0,22 ±0,04 r ² : 45,2%	0,25 ±0,07 r ² : 29,3%
Diciembre	0,08 ±0,04 r ² : 8,2%	0,21 ±0,06 r ² : 20,8%	n.s.	0,20 ±0,09 r ² : 8,7%	0,10 ±0,03 r ² : 18,7%	0,23 ±0,05 r ² : 34,8%

"n.s": no significativa desde el punto de vista estadístico

Los meses de febrero y marzo merecen un comentario aparte, pues hasta el año 2018 las temperaturas en ellos registraron una clara tendencia de enfriamiento que solo en los últimos años ha empezado a corregirse con elevaciones que, sin embargo, no son suficientes para denotar una tendencia de calentamiento clara. De hecho, en la actualidad la tendencia en estos dos meses sigue siendo de enfriamiento, aunque sin valor estadístico. Este extraño comportamiento debe estar conectado con cambios en la intensidad, frecuencia y rango altitudinal de los vientos alisios, que no han sido estudiados aun con suficiente profundidad.

Como ocurre en el resto de la isla, el calentamiento está acelerado desde los años setenta y en algún caso, como en el mes de diciembre, es prácticamente el doble (0,13 → 0,26 °C/década).

El calentamiento es mayormente nocturno, pues las mínimas registraron tendencias positivas todos los meses y a menudo de más de dos décimas de grado por década. Las máximas solo anotaron un calentamiento significativo en enero, mayo, junio octubre y diciembre. Aun así, el hecho de que en el pasado año de 2021 sólo se hubiera registrado un calentamiento apreciable en las máximas de octubre y en este año el calentamiento abarque hasta cinco meses denota que la subida de temperatura se está expandiendo también a los registros diurnos.

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 y agosto el calentamiento casi se duplicó en el periodo 1970-2022 (con relación al registrado entre 1944 y 2022) y en diciembre fue dos veces y media mayor, pero en enero, julio y septiembre se ralentizó. De hecho, en los dos últimos meses no dio resultados estadísticamente significativos. Esto último fue también lo que ocurrió con las máximas de enero y octubre. Las mínimas solo duplicaron la tasa de calentamiento en abril (0,08 → 0,22 °C/década) y en diciembre (0,10 → 0,23 °C/década), y en mayo, junio y agosto la aceleración se tradujo en que pasó 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 2022, con 0,35 ±0,11 °C/década, seguido de mayo (0,32 ±0,07 °C/década).

Tabla IX. Anomalías de las temperaturas medias mensuales del año 2022 y de las temperaturas medias de la década más reciente con respecto al periodo base 1970-99, en el norte de la isla. La columna n° refiere al puesto en el ranquin de 20 años que estuvo la temperatura del mes en cuestión,

	Temperatura media (°C)		Temperatura máxima (°C)		Temperatura mínima (°C)	
	Año 2022	Década 2013-2022	Año 2022	Década 2013-2022	Año 2022	Década 2013-2022
Enero	+1,27 ^{5º}	+0,62	+1,56	+0,64	+1,02 ^{8º}	+0,42
Febrero	+1,28	+0,50	+1,45 ^{18º}	+0,16	+1,08 ^{9º}	+0,49
Marzo	-0,18	+0,11	-0,48	-0,05	+0,14 ^{19º}	+0,27
Abril	+0,64	+0,68	+0,62	+0,65	+0,66 ^{8º}	+0,71
Mayo	+1,22	+0,66	+1,33	+0,46	+1,07	+0,84
Junio	+0,20	+0,34	-0,04	+0,12	+0,45	+0,48
Julio	+0,44	+0,14	+0,52 ^{15º}	-0,01	+0,30	+0,27
Agosto	+0,44	+0,78	+0,21	+0,68	+0,66	+0,99
Septiembre	+0,24	+0,30	-0,36	+0,07	+0,84 ^{10º}	+0,54
Octubre	+0,54	+0,86	+0,48	+0,83	+0,62 ^{20º}	+0,82
Noviembre	+1,14 ^{7º}	+0,41	+1,50 ^{9º}	+0,05	+0,76 ^{14º}	+0,59
Diciembre	+1,61 ^{5º}	+0,80	+1,96 ^{6º}	+0,95	+1,22 ^{6º}	+0,57

*la columna n° indica la posición dentro de los 20 años más calientes

Las anomalías térmicas específicamente de 2022 fueron siempre positivas a excepción del mes de marzo, donde durante el día hubo más frío del esperado lo cual influyó para que la media mensual fuera negativa a pesar de que en la noche hubo más calor del previsto. Las máximas (diurnas) de septiembre también fueron más bajas de lo esperado. La anomalía térmica más alta se registró en diciembre, sobre todo en las máximas (+1,96 °C) (Tabla IX).

Si nos fijamos en la anomalía térmica de la última década, ésta fue siempre positiva en los valores de las medias, pero no en las máximas, que resultaron negativas en marzo (-0,48 °C), junio (-0,04 °C) y septiembre (-0,36 °C).

Tres de los doce meses estuvieron en la lista de los veinte meses de temperatura media anual más alta desde 1944, pero si nos referimos a las mínimas, siete meses estuvieron dentro de dicha lista (tabla IX).

Tabla X. tendencias en las temperaturas mensuales entre 1944 y 2022 en la fachada sur de Tenerife. Solo se muestran valores significativos en términos estadísticos (p.val<0,05)

	Media		Máximas		Mínimas	
	1944-2022 °C/déc r ² : 7,1%	1970-2022 °C/déc n.s.	1944-2022 °C/déc n.s.	1970-2022 °C/déc n.s.	1944-2022 °C/déc r ² : 12,7%	1970-2022 °C/déc n.s.
Enero	0,08 ±0,04 r ² : 7,1%	n.s.	n.s.	n.s.	0,11 ±0,04 r ² : 12,7%	n.s.
Febrero	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Marzo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,06 ±0,5 r ² : 6,3%	n.s.
Abril	n.s.	0,19 ±0,08 r ² : 8,8%	n.s.	n.s.	0,14 ±0,04 r ² : 23,1%	0,21 ±0,07 r ² : 19,2%
Mayo	0,15 ±0,05 r ² : 14,0%	0,29 ±0,09 r ² : 20,0%	n.s.	0,27 ±0,11 r ² : 13,1%	0,21 ±0,05 r ² : 32,2%	0,30 ±0,08 r ² : 29,7%
Junio	0,09 ±0,04 r ² : 5,7%	0,24 ±0,07 r ² : 17,4%	n.s.	0,25 ±0,08 r ² : 13,6%	0,12 ±0,04 r ² : 11,4%	0,21 ±0,07 r ² : 15,7%
Julio	0,12 ±0,05 r ² : 8,8%	0,22 ±0,09 r ² : 11,9%	n.s.	0,19 ±0,12 r ² : 7,7%	0,19 ±0,04 r ² : 25,9%	0,24 ±0,08 r ² : 18,3%
Agosto	0,16 ±0,06 r ² : 11,1%	0,29 ±0,11 r ² : 15,6%	n.s.	0,25 ±0,13 r ² : 8,6%	0,21 ±0,05 r ² : 25,4%	0,29 ±0,11 r ² : 20,8%
Septiembre	0,16 ±0,04 r ² : 22,6%	0,21 ±0,08 r ² : 16,2%	n.s.	n.s.	0,24 ±0,03 r ² : 41,6%	0,28 ±0,07 r ² : 25,8%
Octubre	0,13 ±0,03 r ² : 20,7%	0,22 ±0,08 r ² : 22,0%	n.s.	0,18 ±0,11 r ² : 8,8%	0,17 ±0,03 r ² : 37,6%	0,21 ±0,06 r ² : 27,7%
Noviembre	0,1 ±0,04 r ² : 9,3%	n.s.	n.s.	n.s.	0,17 ±0,03 r ² : 25,0%	0,18 ±0,07 r ² : 14,1%
Diciembre	0,10 ±0,03 r ² : 10,2%	0,16 ±0,07 r ² : 10,0%	0,10 ±0,05 r ² : 6,5%	0,18 ±0,1 r ² : 10,3%	0,09 ±0,03 r ² : 11,6%	0,13 ±0,06 r ² : 12,0%

“n.s.”: no significativa desde el punto de vista estadístico

El sur de Tenerife

Los meses de agosto y septiembre mostraron la mayor tasa de calentamiento entre 1944 y 2022 en la fachada sur de Tenerife, y febrero, marzo, abril y junio no registraron calentamiento significativo en términos estadísticos. El calentamiento está acelerado desde los años setenta y desde abril a junio es donde más se ha acrecentado, siendo los meses de mayo y agosto los que muestran un mayor incremento progresivo en la temperatura (tabla X).

Durante el día (máximas) las temperaturas no registraron una tendencia de cambio estadísticamente significativa, salvo en diciembre, que fue una décima de grado por década (una centésima más que en 2021). 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 alcanzó los 0,24 °C/década.

El aceleramiento a partir de los setenta se nota en las máximas en mayo, junio, julio, agosto y octubre, que pasaron de no registrar tendencia significativa de calentamiento en el periodo 1944-2022, a aumentar a un ritmo de 0,26 °C/década en mayo, de 0,25 °C/década en junio y agosto, y 0,19 °C/década en julio durante el periodo 1970-2022. Diciembre, que ya crecía en el periodo 1944-2022 a un ritmo de una décima de grado por década, continúa haciéndolo de forma acelerada en 1970-2022 donde está próximo a las dos décimas de grado por década.

Las anomalías térmicas de 2022 fueron positivas todos los meses a excepción de marzo, donde prácticamente no hubo anomalía (-0,02 °C) (tabla XI). Las anomalías positivas superaron el grado en cinco de los doce meses, y mayo fue el mes con el valor más alto (+1,36 °C), una circunstancia que también se dio en las mínimas, pero no en las máximas. Entre estas últimas, el mes con el valor más alto fue julio (+1,98 °C), seguido de diciembre (+1,67 °C) y finalmente mayo (+1,61 °C). Las mínimas de marzo también registraron anomalía negativa -0,13 °C).

Las anomalías decadales fueron casi siempre positivas, con su valor más alto en agosto y mayo. Febrero, que en 2022 registró una anomalía negativa con un apenas -0,03 °C, ahora la tuvo positiva, evidenciando que este mes está teniendo en la zona sur un notable ascenso de temperatura en los últimos años

Tabla XI. Anomalías de las temperaturas medias mensuales del año 2022 y de las temperaturas medias de la década más reciente con respecto al periodo base 1970-99, en el sur de la isla.

	Temperatura media (°C)		Temperatura máxima (°C)		Temperatura mínima (°C)	
	Año 2022	Década 2013-2022	Año 2022	Década 2013-2022	Año 2022	Década 2013-2022
Enero	+0,82 12º	+0,38	+0,96	+0,39	+0,68 12º	+0,46
Febrero	+1,33 9º	+0,55	+1,84 8º	+0,46	+0,78	+0,43
Marzo	-0,02	+0,32	+0,14	+0,48	-0,13	+0,18
Abril	+0,41	+0,78	+0,60	+0,78	+0,20	+0,74
Mayo	+1,36	+1,10	+1,61 13º	+1,19	+1,10 10º	+1,02
Junio	+0,81 12º	+0,68	+0,94 16º	+0,85	+0,68 18º	+0,50
Julio	+1,45	+0,93	+1,98 8º	+1,00	+0,90	+0,84
Agosto	+0,80	+1,12	+0,83	+1,22	+0,80	+1,04
Septiembre	+0,46	+0,76	+0,09	+0,70	+0,82	+0,80
Octubre	+0,69	+0,78	+0,87 17º	+0,90	+0,50	+0,63
Noviembre	+1,11 6º	+0,51	+1,26 6º	+0,66	+0,93 5º	+0,47
Diciembre	+1,40 3º	+0,68	+1,67 4º	+0,90	+1,05 7º	+0,43

*la columna nº indica la posición dentro de los 20 años más calientes

Hasta cinco de los doce meses en las temperaturas medias, siete meses en las máximas y cinco meses en las mínimas, estuvieron dentro del ranking de los 20 más calientes de toda la serie. La temperatura media de diciembre fue la tercera más caliente de todo el periodo analizado y la máxima de este mismo mes fue la cuarta del ranking. En cuanto a las temperaturas mínimas, noviembre ocupó el puesto quinto del ranking.

Precipitación

La isla de Tenerife

La tendencia general de la precipitación en la zona de Canarias es hacia una disminución de la cantidad de lluvias, y así se refleja en tres de los cinco únicos meses donde sí se pudo obtener una tendencia de cambio significativa, enero ($-3,7 \pm 2,8$ l/m²/déc), mayo ($-0,7 \pm 0,3$ l/m²/déc) y diciembre ($-3,7 \pm 2$ l/m²/déc). Sin embargo, también se aprecia cierta tendencia al alza en abril ($+1,3 \pm 0,8$ l/m²/déc) y agosto ($+0,7 \pm 0,4$ l/m²/déc). Este último aumento se ha asociado con una ligera tropicalización del clima de Canarias²³, pues las lluvias en las latitudes al sur de Canarias comienzan en julio. Los datos del periodo decadal 2013-2022 muestran un notable incremento de las lluvias en julio y agosto con respecto al periodo base, y aunque son escasas por la época en que se desarrollan, manifiestan una tendencia creciente.

Tabla XII tendencias y anomalías de precipitación en la isla de Tenerife, posición de cada mes entre los 20 de mayor sequía desde 1944, y variación decadal con respecto al periodo base de referencia 1970-1999

	tendencia 1944-2022 (l/m ² /déc)	Anomalía 2022 (l/m ²)	Ranking sequía	Variación (l/m ² y %) década 2012-2022
Enero	$-3,7 \pm 2,8$ r ² :9,2%	+16		-11 l/m ² (-33%)
Febrero	n.s.	+10		+7 l/m ² (+25%)
Marzo	n.s.	+5		-5 l/m ² (-16%)
Abril	$+1,3 \pm 0,8$ r ² :5,3%	+10		+4 l/m ² (+51%)
Mayo	$-0,7 \pm 0,3$ r ² :5,8%	-7		+1 l/m ² (+15%)
Junio	n.s.	+3		+1 l/m ² (+30%)
Julio	n.s.	0		0
Agosto	$+0,7 \pm 0,4$ r ² :7,3%	+5		+5 l/m ² (Inf)
Septiembre	n.s.	+108		+9 l/m ² (+313%)
Octubre	n.s.	-9		+16 l/m ² (+68%)
Noviembre	n.s.	-26		+7 l/m ² (+2%)
Diciembre	$-3,7 \pm 2$ r ² :7,4%	+5		-13 l/m ² (-22%)

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

"Inf": porcentaje excesivo (infinito) debido a que el valor de referencia sobre el que se calcula es casi cero

Las anomalías de precipitación en el año 2022 fueron positivas todos los meses a excepción de mayo, octubre y noviembre. La anomalía más alta se dio en septiembre ($+108$ l/m²) (tabla XII).

La disminución de las lluvias de octubre coincide con lo observado en los últimos años y explica en parte el descenso que se aprecia en las lluvias otoñales.

Las lluvias en 2022 estuvieron por encima del percentil 75 en abril, junio, agosto y, sobre todo, septiembre. Los valores de lluvia de este último mes caen perfectamente en la categoría de un "extremo". Entre los percentiles 50-75% estuvieron las lluvias de los meses de enero, febrero, marzo y diciembre (fig. 11). Octubre estuvo rozando el percentil 25 y en mayo y noviembre llovió claramente

por debajo del percentil 25. Es particularmente notorio el dato de noviembre, que normalmente es un mes que acumula mucha agua.

Las cumbres de Tenerife

La precipitación anual en las cumbres no muestra una tendencia de cambio estadísticamente significativa, salvo en el mes de agosto (+1,0 ±0,5 l/m²/déc) (tabla XIII). Las anomalías de este año 2022 fueron positivas casi todos los meses, particularmente en septiembre (+116 l/m²), salvo en el periodo otoñal. Podría ser un indicador de que la prolongada sequía de los últimos años haya comenzado a atenuarse.

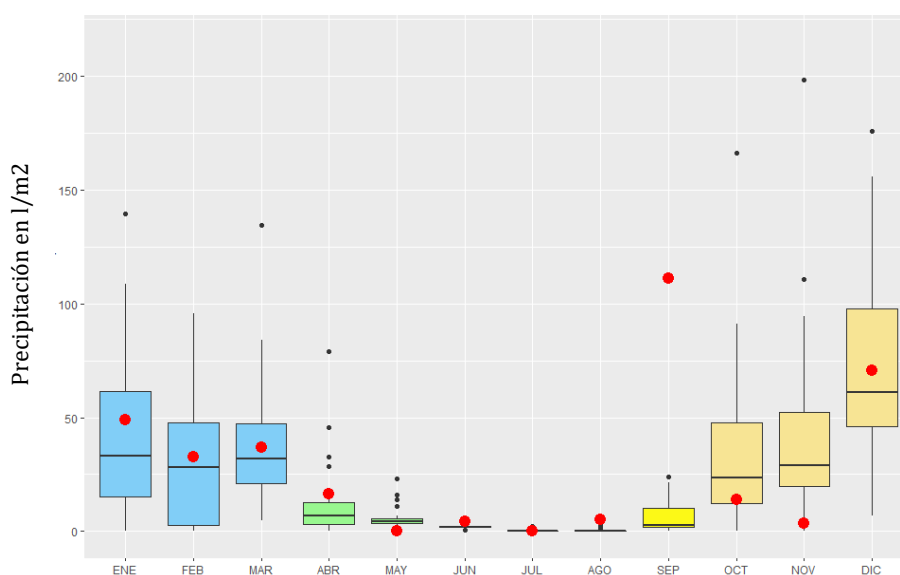


Fig. 14. Precipitación en el periodo base 1970-1999 (boxplot). Los puntos rojos son los valores de precipitación registrados en l/m² para el año 2022 en la isla de Tenerife

Desde el punto de vista del análisis decadal da la impresión de que las lluvias comienzan a aumentar ligeramente en las cumbres de la isla, pues todas las anomalías decadales fueron positivas: enero y diciembre son los únicos meses que en la década 2013-2022 registraron una anomalía negativa, al igual que sucedió en el conjunto de la isla (ver tabla XII para los datos de la isla).

Tabla XIII, tendencias y anomalías de precipitación en las cumbres de Tenerife, posición de cada mes entre los 20 de mayor sequía y variación decadal con respecto al periodo base 1970-1999

	tendencia 1944-2022 (l/m ² /déc)	Anomalía 2022 (l/m ²)	Ranking sequía	Variación (l/m ² y %) década 2013-2022
Enero	n.s.	+43		-7 l/m ² (-26%)
Febrero	n.s.	+32		+17 l/m ² (+107%)
Marzo	n.s.	+5		+14 l/m ² (+51%)
Abril	n.s.	+10		+8 l/m ² (+800%)
Mayo	n.s.	0		+2 l/m ² (Inf)
Junio	n.s.	0		+1 l/m ² (Inf)
Julio	n.s.	0		0
Agosto	+1,0 ±0,5 r ² :11,1%	+13		+7 l/m ² (Inf)
Septiembre	n.s.	+116		+15 l/m ² (Inf)

Octubre	n.s.	-12	+20 l/m ² (+162%)
Noviembre	n.s.	-26	+0 l/m ² (0%)
Diciembre	n.s.	-16	-12 l/m ² (-22%)

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

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

Las lluvias estuvieron por encima del percentil 50 en todos los meses, salvo octubre, noviembre y diciembre, como ya suele ser común en los últimos tiempos y en congruencia con el declive de las lluvias otoñales. En diciembre estuvo entre el percentil 25 y el 50, pero en octubre no siquiera llegaron al percentil 25. En cambio, en enero, agosto y septiembre llovió más de lo normal, sobre todo este último mes que ha resultado ser el septiembre más lluvioso de toda la serie (hasta ahora el más lluvioso era 2010 con 74 l/ m²).

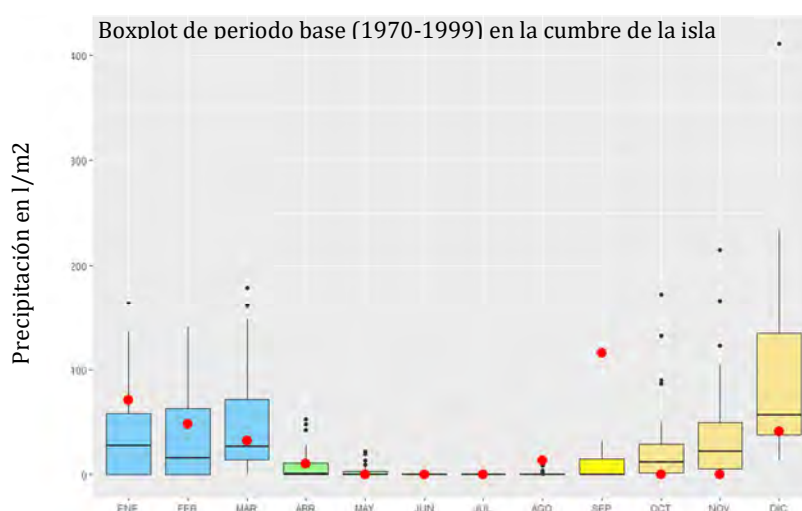


Fig. 15. Precipitación en el periodo base 1970-1999 (boxplot). Los puntos rojos son los valores de precipitación registrados en l/m² para el año 2022 en la isla de Tenerife

El norte de Tenerife

La precipitación mostró una tendencia negativa en los meses de enero (-6,1 ±3,5 l/m²/déc.) y diciembre (-3,7 ±1,8 l/m²/déc.), y positiva en el mes seco de mayo (+1,1 ±0,6 l/m²/déc.). En los demás meses no se detectó tendencia alguna que fuera estadísticamente significativa. Así y todo, la anomalía de precipitación en 2022 fue positiva en varios meses, sobre todo septiembre (+70 l/m²) y febrero (+21 l/m²). Las anomalías negativas más importantes estuvieron en noviembre (-41 l/m²) (tabla XIV). Lo más interesante de los registros de la lluvia media en la última década fueron los ligeros valores positivos de los meses “secos” de julio y agosto, y el hecho de que en general las precipitaciones invernales tuvieron registros positivos.

Tabla XIV. tendencias y anomalías de precipitación en el norte de Tenerife, posición de cada mes entre los 20 de mayor sequía desde 1944, y variación decadal con respecto al periodo base de referencia 1970-1999

	tendencia 1944-2022 (l/m ² /déc)	Anomalía 2022 (l/m ²)	Ranking sequía	Variación (l/m ² y %) década 2012-2022
Enero	-6,1 ±3,5 r ² :13,6%	+2		-16 l/m ² (-21%)
Febrero	n.s.	+21		+18 l/m ² (+39%)

Marzo	n.s.	-5	-8 l/m ² (-14%)
Abril	n.s.	-6	+3 l/m ² (+15%)
Mayo	-1,1 ±0,6 r ² :5,1%	-13	-2 l/m ² (-13%)
Junio	n.s.	+10	+4 l/m ² (+65%)
Julio	n.s.	+4	+3 l/m ² Inf
Agosto	n.s.	+5	+7 l/m ² (Inf)
Septiembre	n.s.	+70	+3 l/m ² (+41%)
Octubre	n.s.	-6	-19 l/m ² (+55%)
Noviembre	n.s.	-41	+15 l/m ² (+23%)
Diciembre	-3,7 ±1,8 r ² :6,1%	+5	-16 l/m ² (-18%)

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

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

En 2022 llovió algo más que en el año precedente y ningún mes estuvo entre el ranquin de los 20 más secos de la serie. En los meses de febrero, junio, septiembre y diciembre llovió claramente bastante más que en el periodo base de referencia, mientras que en enero, julio y agosto lo hizo solo un poco por encima de valor en el periodo de referencia (fig. 13). Los meses de junio y septiembre tuvieron precipitaciones por encima incluso del percentil 75. Entre los meses donde en 2022 llovió menos de lo esperado sobresalen mayo y noviembre, que ni siquiera alcanzaron el percentil 25.

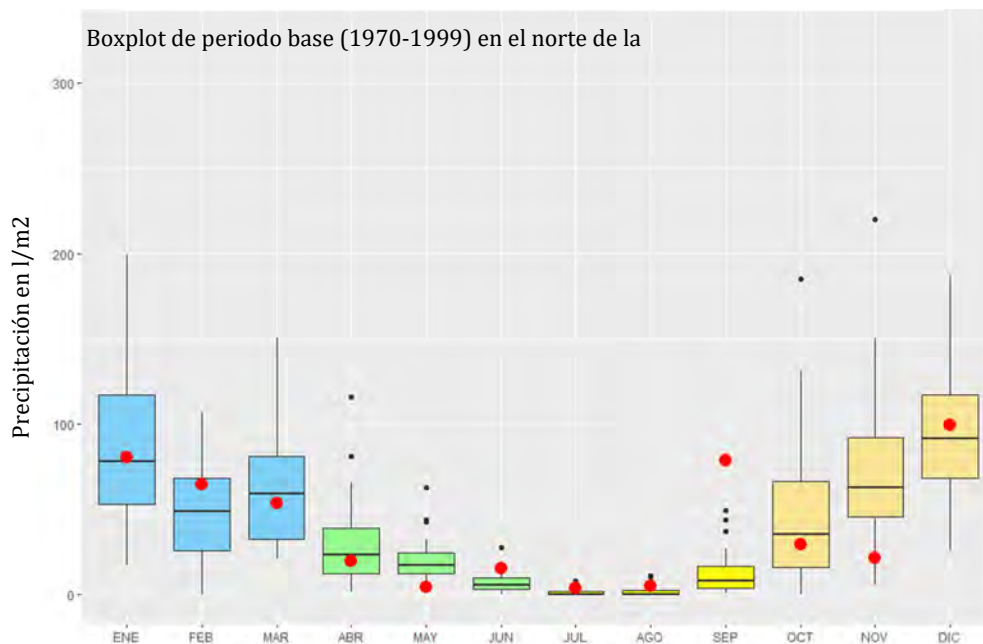


Fig. 16. Precipitación en el periodo base 1970-1999 (boxplot). Los puntos rojos son los valores de precipitación registrados en l/m² para el año 2022 en la isla de Tenerife

El sur de Tenerife

La precipitación mostró una tendencia negativa en los meses lluviosos de enero (-2,4 ±2 l/m²/déc) y diciembre (-2,5 ±2,2 l/m²/déc), y positiva en abril (-1,0 ±0,6 l/m²/déc) y en el tradicionalmente seco mes de agosto (+0,6 ±0,4 l/m²/déc). Esto coincide con lo que se viene observando de un ligero aumento de las lluvias estivales, muy suave por ahora, y quizás más perceptible en el sur de la isla. En los

demás meses no se detectó tendencia alguna que fuera estadísticamente significativa.

Tabla XV. tendencias y anomalías de precipitación en el sur de Tenerife, posición de cada mes entre los 20 de mayor sequía desde 1944, y variación decadal con respecto al periodo base de referencia

	tendencia 1944-2022 (l/m ² /déc)	Anomalía 2022 (l/m ²)	Ranking sequía	Variación (l/m ² y %) década 2012-2022
Enero	-2,4 ±2 r ² :6,2%	+27		-4 l/m ² (-24%)
Febrero	n.s.	-1		-1 l/m ² (-6%)
Marzo	n.s.	+12	15º	-2 l/m ² (-8%)
Abril	+1.0 ±0,6 r ² :7,8%	+12		+4 l/m ² (+420%)
Mayo	n.s.	+1	2º	+2 l/m ² (Inf)
Junio	n.s.	0	12º	+1 l/m ² (Inf)
Julio	n.s.	0		0
Agosto	+0,6 ±0,4 r ² :6,4%	+5		+5 l/m ² (Inf)
Septiembre	n.s.	+113	8º	+12 l/m ² (Inf)
Octubre	n.s.	-12	20º	+20 l/m ² (+131%)
Noviembre	n.s.	-12		+5 l/m ² (-23%)
Diciembre	-2,5 ±2,2 r ² :5,6%	+14	12º	-13 l/m ² (-30%)

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

"Inf": porcentaje excesivo debido a que parte de cero

Así y todo, las lluvias de septiembre superaron en mucho el valor esperado (+113 l/m²) y las de enero, marzo, abril y diciembre sólo fueron un poco mayores. Esto último también aconteció en agosto, con 5 l/m². Esta cantidad de precipitación es baja en términos generales pero alta para el mes de agosto. (fig.14). Seis de los doce meses de 2022 estuvieron entre los veinte más secos desde 1944, y mayo en concreto fue el segundo 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 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.

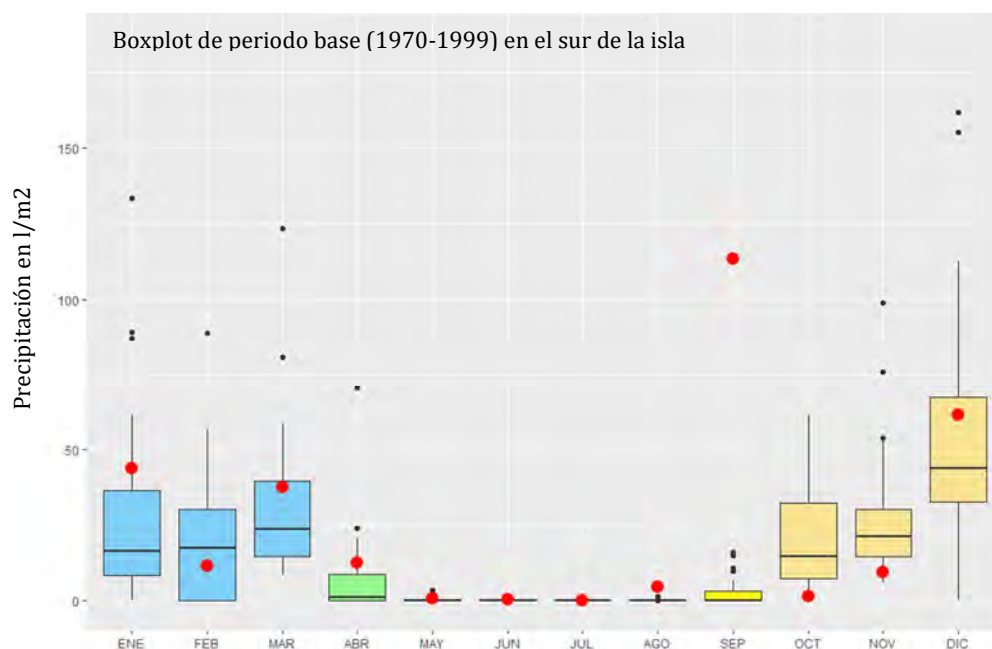


Fig. 17. Precipitación en el periodo base 1970-1999 (boxplot). Los puntos rojos son los valores de precipitación registrados en l/m² para el año 2022 en la isla de Tenerife

Salvo octubre y noviembre, cuyas lluvias estuvieron por debajo del percentil 25, y febrero que estuvo por debajo del percentil cincuenta, en los demás meses las lluvias estuvieron por encima del mismo. A veces sobrepasaron incluso el percentil 75, y en el caso de septiembre, llovió tanto que el agua acumulada este mes podría considerarse como una lluvia extrema.

La oscilación del Atlántico Norte (NAO)

El índice de Oscilación del Atlántico Norte (NAO = North Atlantic Oscillation) es un indicador de la circulación atmosférica desde Norteamérica hasta Europa. Es en realidad la diferencia de presión a nivel del mar entre Azores e Islandia, y puede discurrir más hacia Europa central (NAO +) o hacia el sur de Europa (NAO -). Es importante porque dependiendo de su posición, las lluvias se desplazarán más al norte, haciendo que la presión se eleve en Canarias y a consecuencia de ellos el clima se vuelva más seco, o más hacia el sur, y entonces en Canarias la presión baja y las borrascas favorecen la aparición de lluvias. Si a esto le unimos que parece haber ciclos en las fases positivas y negativas de la NAO, es fácil imaginar que las lluvias en Canarias también podrían explicarse parcialmente como una consecuencia de esos ciclos. Hay que tener en cuenta que la escarpada orografía de Tenerife hace que sea muy sensible a pequeñas variaciones sinópticas,

proporcionando un excelente laboratorio para comprobar estas conexiones. García Herrera et al (2001)²⁴, ya demostraron una fuerte correlación inversa y estadísticamente significativa entre la posición de la NAO en invierno y las lluvias en Tenerife, tanto en lo concerniente al volumen de la precipitación como al número de días de lluvia. Es decir, cuando la NAO es negativa, el volumen de lluvia en Canarias es mayor y lo mismo sucede con la cantidad de días de lluvia. De esta relación se dependen, además, otras consecuencias como por ejemplo, la conexión de la NAO con las capturas de pulpos en las aguas de Canarias (Polanco et al 2011)²⁵.

La media de las anomalías de precipitación de diciembre a febrero se correlaciona bien con la media de las anomalías de la NAO en esos meses. El ajuste aumenta a medida que se consideran solo las precipitaciones importantes, y es máximo cuando estas son superiores a los 50 l/m²: la mejor correlación que encontramos es entre los meses de enero y febrero de la NAO con anomalía media de las lluvias de enero, febrero y marzo. En este caso, la posición de la NAO llega a explicar hasta el 41% las lluvias de Tenerife. La NAO invernal de 2021 fue ligeramente negativa, pero la tendencia es claramente positiva, lo cual podría explicar parcialmente la sequía de los últimos años.

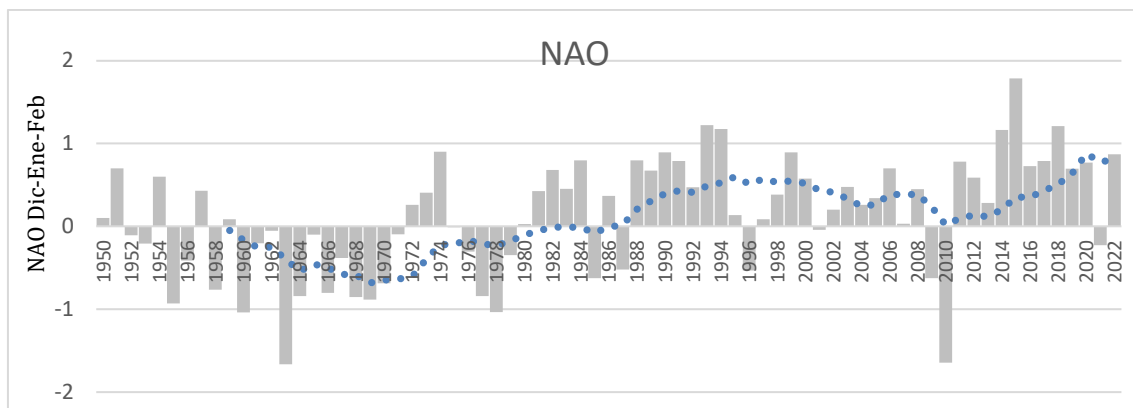


Figura 18. Evolución de la NAO desde 1950 hasta 2022.

Climogramas

Los climogramas comparados del periodo base de 1970-1999 y la década más reciente (2013-2022) 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 en algunas zonas sigue siendo el mes más lluvioso a pesar de registrar una caída importante (-13 l/m² en la isla), pero en las fachadas norte y sur de la isla por debajo de los 800 m, ocupa el segundo lugar. Cuando no fue diciembre el mes más lluvioso de la década, este puesto recayó en octubre o noviembre.
2. Salvo en la zona sur, las lluvias de febrero y marzo aumentaron esta década de manera apreciable, pero el mayor incremento estuvo en el mes de octubre.

3. Hay un aumento generalizado de las lluvias estivales, sobre todo en agosto, aunque en el cómputo global 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 especialmente en las cumbres de la isla donde se registró un promedio decadal de la temperatura de mayo de +1,7 °C por encima de la que hubo en el periodo base de referencia. Los aumentos en los meses estivales y otoñales son más propios de las zonas bajas, tanto del norte como del sur de la isla

En general la sequía tiende a disminuir en los meses secos (aquellos donde la temperatura es igual o mayor que el doble de la precipitación) y a aumentar en los meses húmedos (aquellos donde la temperatura es menor que el doble de la precipitación). La proporción de meses secos/húmedos se mantuvo constante entre el periodo base y la década 2013-2022 en el conjunto de la isla (6 meses secos y 6 meses húmedos) y en la cumbre 6 meses secos y 6 meses húmedos), pero no en la fachada norte (4 meses secos en periodo base y 5 en década reciente debido a la incorporación de mayo) ni en la fachada sur. En esta última hubo 8 meses secos en el periodo base y otros ocho en la década reciente, pero no fueron los mismos: la ligera disminución de las lluvias de febrero y el aumento de las lluvias de octubre hicieron que el primero pasara a considerarse seco y el segundo, húmedo.

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 2013-2022,

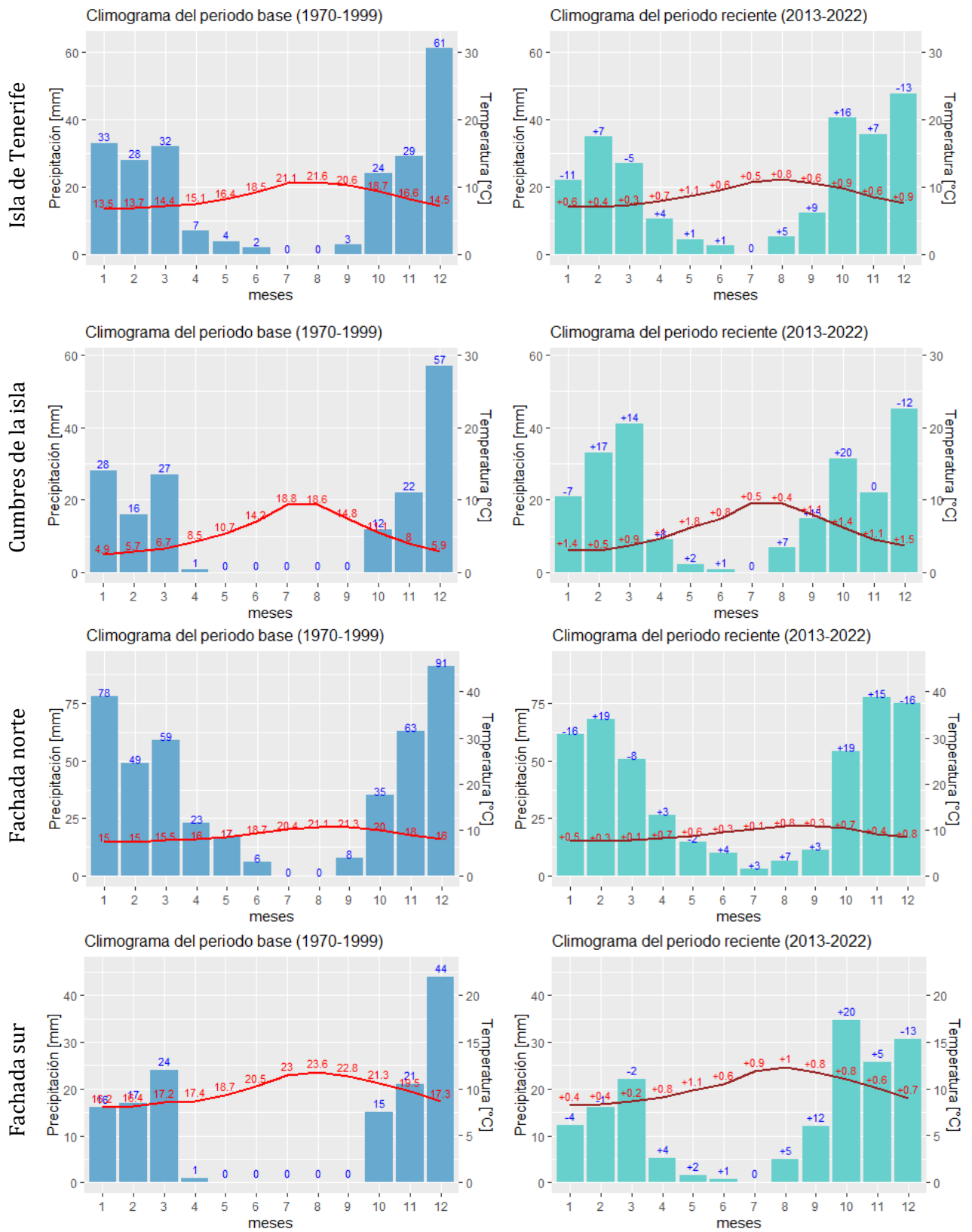


Fig. 19. Climogramas de 2022 y variaciones en temperaturas y precipitaciones mensuales con respecto al periodo base en Tenerife, las cumbres, el norte y el sur, respectivamente

PARTE II

DATOS INTERPOLADOS

PRECIPITACION

Las interpolaciones de precipitación con *Thin Plate Spline* (TPL) utilizando la altitud como covariable, a partir de estaciones meteorológicas de Aemet y agrocabildo, en Tenerife, se muestran en la figura 20. La precipitación media en 2022 en la isla de Tenerife fue de 434 ± 199 l/m². El valor máximo registrado fue 649 l/m² en la laurisilva de Anaga y el mínimo 206 l/m² en la zona de Alcalá y San Juan, en la costa de Guía de Isora. Curiosamente, el municipio que registró una precipitación más alta fue Arafo (551 \pm 61 l/m²), que está en la vertiente Sur de la isla, pero la mayor parte de su superficie ocupa las zonas altas de dorsal.

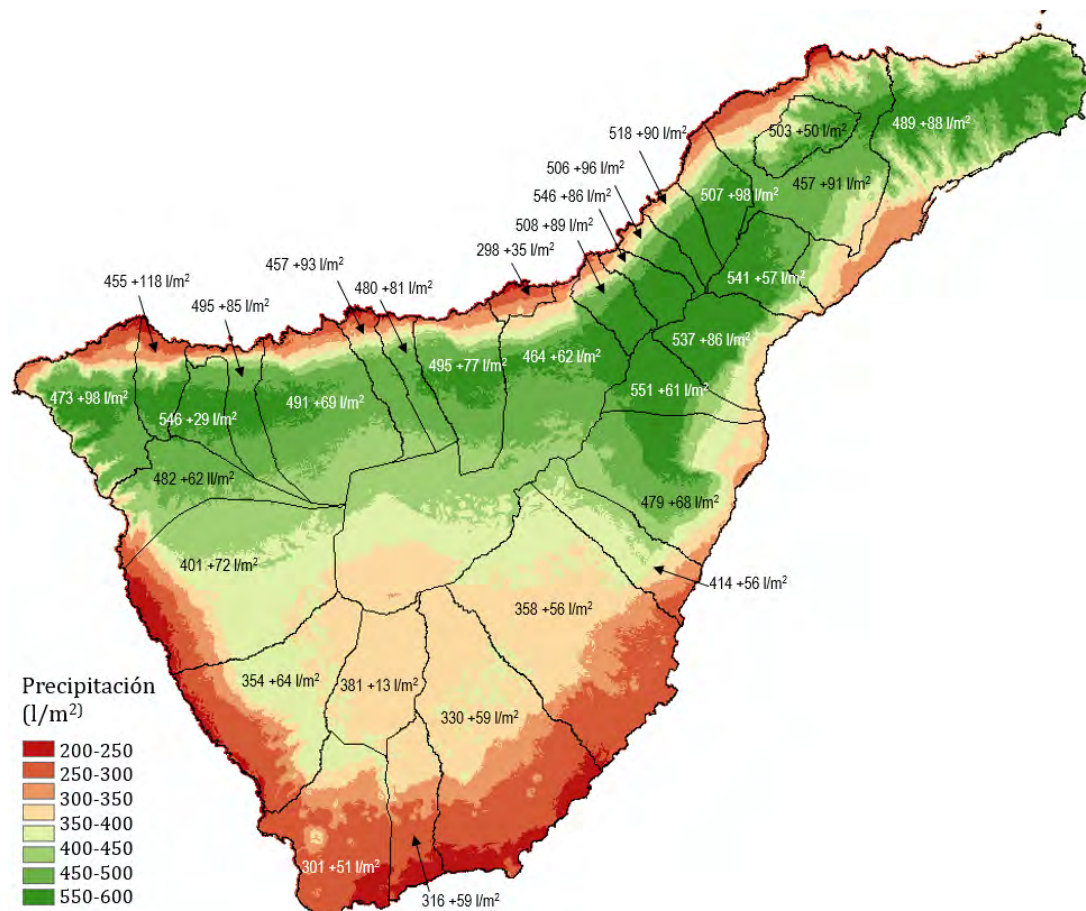


Fig. 20. Mapa interpolado de Precipitación acumulada anual de 2022 en la isla de Tenerife y límites de términos municipales con sus registros promediados para la totalidad de cada uno de ellos.

INDICES DE ARIDEZ

Los valores más altos de evapotranspiración potencia estuvieron en el suroeste de la isla, desde la vertiente sur de Anaga hasta prácticamente las Galletas (fig, 21). Desde esa zona fue decreciendo hacia el noroeste, de modo que en Teno es donde se registraron los valores más bajos. La reserva Natural de Ijuana fue el espacio protegido de mayor evapotranspiración potencial, y el Parque Rural de Teno, el de menor evapotranspiración potencial (Tabla XVI).

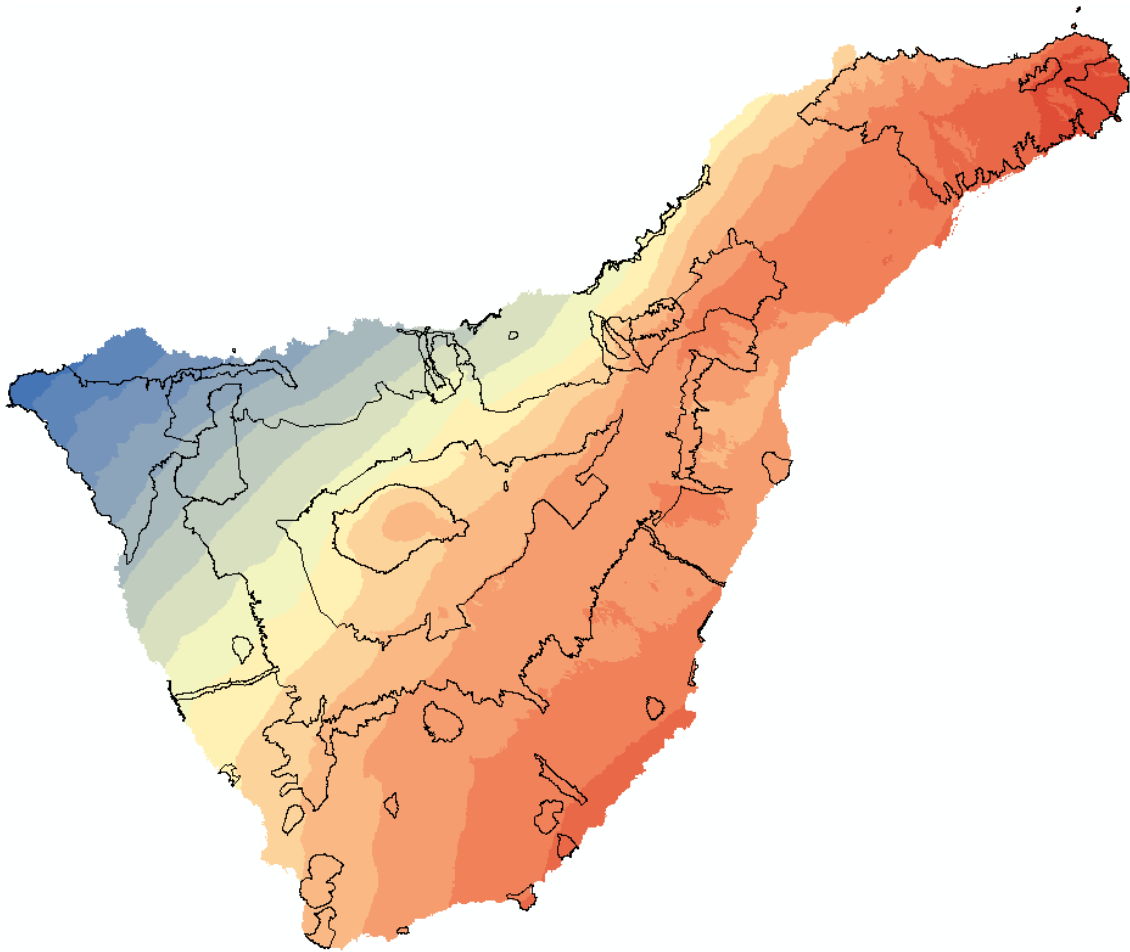


Fig. 21. Evapotranspiración potencial en 2022 en Tenerife, interpolado a partir de los mapas de temperatura y precipitación.

Se calcularon cuatro índices bioclimáticos: el Índice de sequía severa de Palmer (autocalibrado), el Índice de Martonne, el Índice de Emberger y el Índice de Lang. Los valores obtenidos en 2022 para el conjunto de la isla, a partir de los mapas interpolados (figs. 22 y 23) dieron para el índice de sequía severa de Palmer un valor de $-0,32 \pm 1,0$. Teniendo en cuenta que este índice oscila entre -4 (sequía severa) y $+4$. El registro de 2022 indica un ámbito de sequía, pero cómo el intervalo en que se mueve es muy grande, se trataría de una sequía débil. Esto indica una alta variabilidad en la superficie de la isla.

El índice de Emberger dio un valor de $84,1 \pm 22$ equivalente a un bioclima de tipo subhúmedo, pero el intervalo de confianza indica que se mueve entre subhúmedo y húmedo. El índice de Lang dio un valor de $25,8 \pm 9,3$, es decir un bioclima de carácter árido, aunque oscilando entre desértico y árido si tenemos en cuenta el intervalo de confianza. Finalmente, el índice de Martonne dio un valor de $16 \pm 4,5$, es decir, un bioclima semiárido de tipo mediterráneo. Los registros de estos índices en los espacios naturales protegidos se relacionan en la tabla XVI.

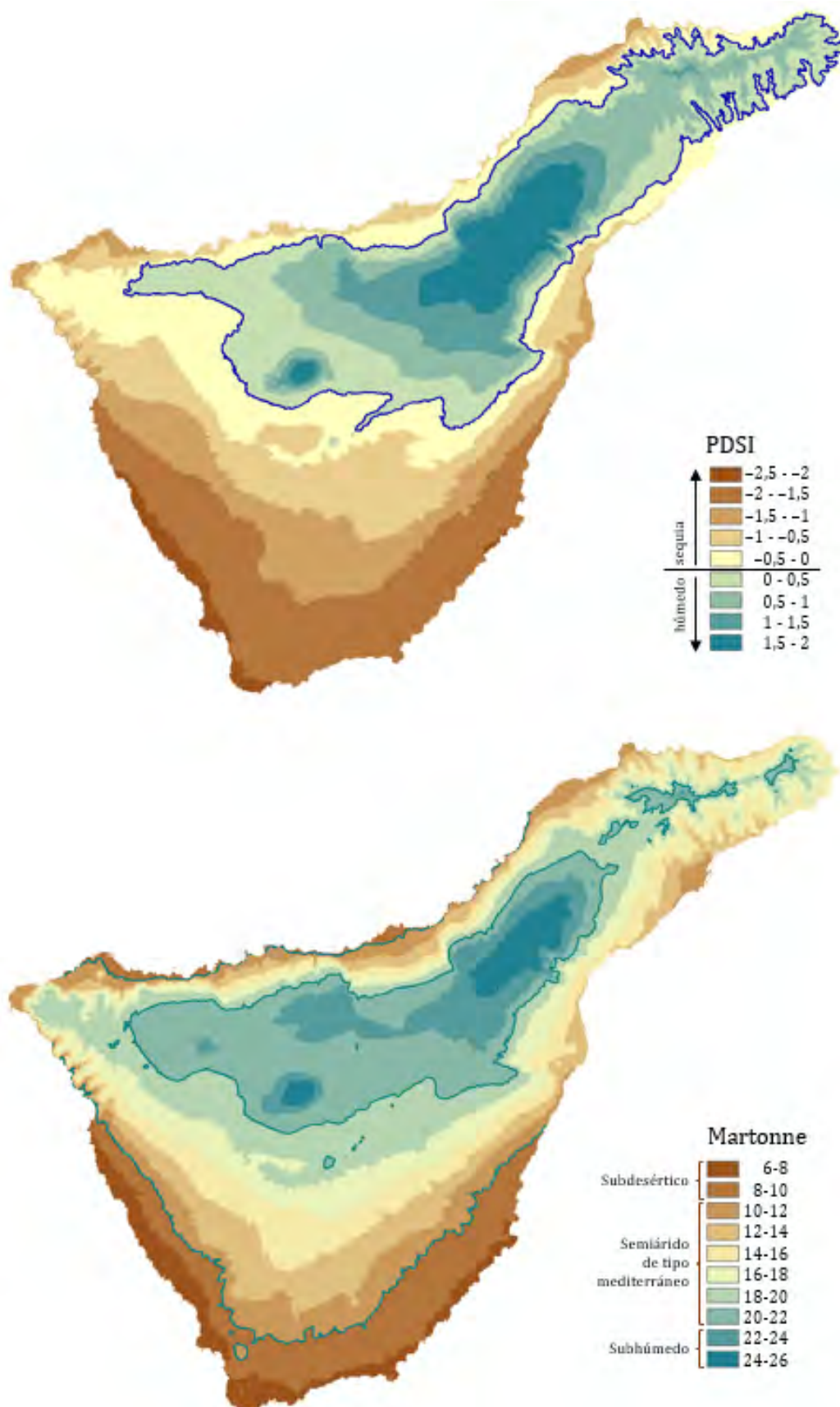


Fig. 22. Índices de sequía severa de Palmer (PDSI, arriba) y de Martonne (abajo) en 2022

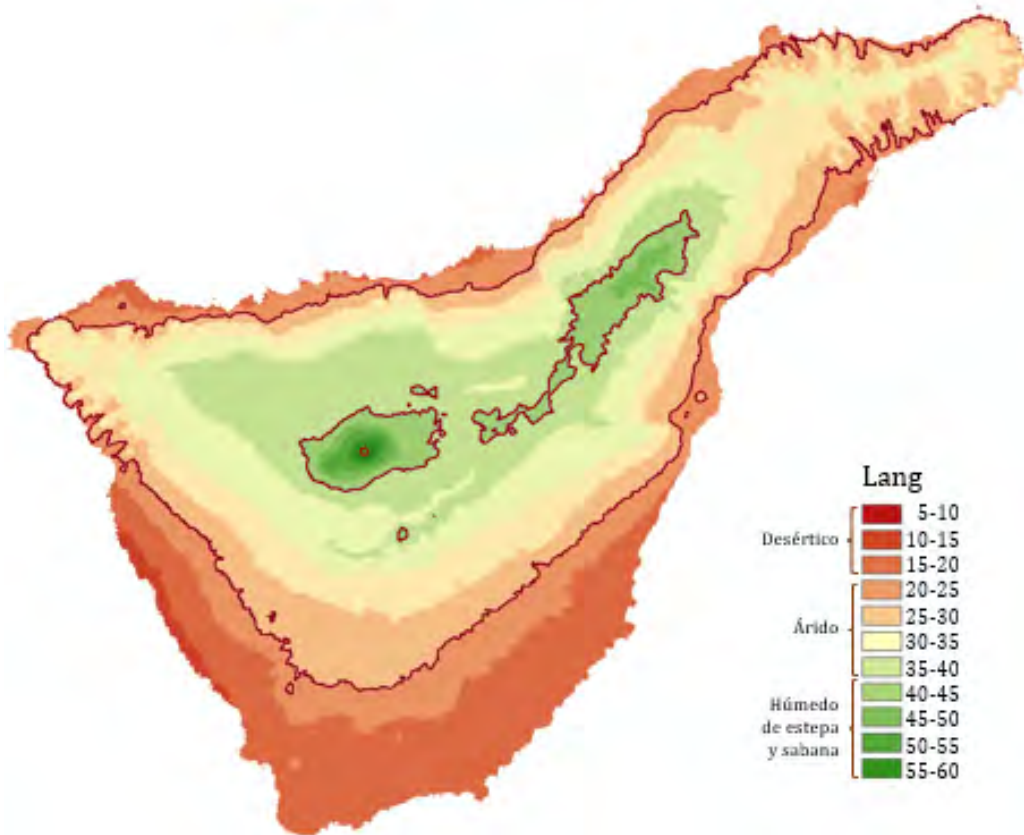
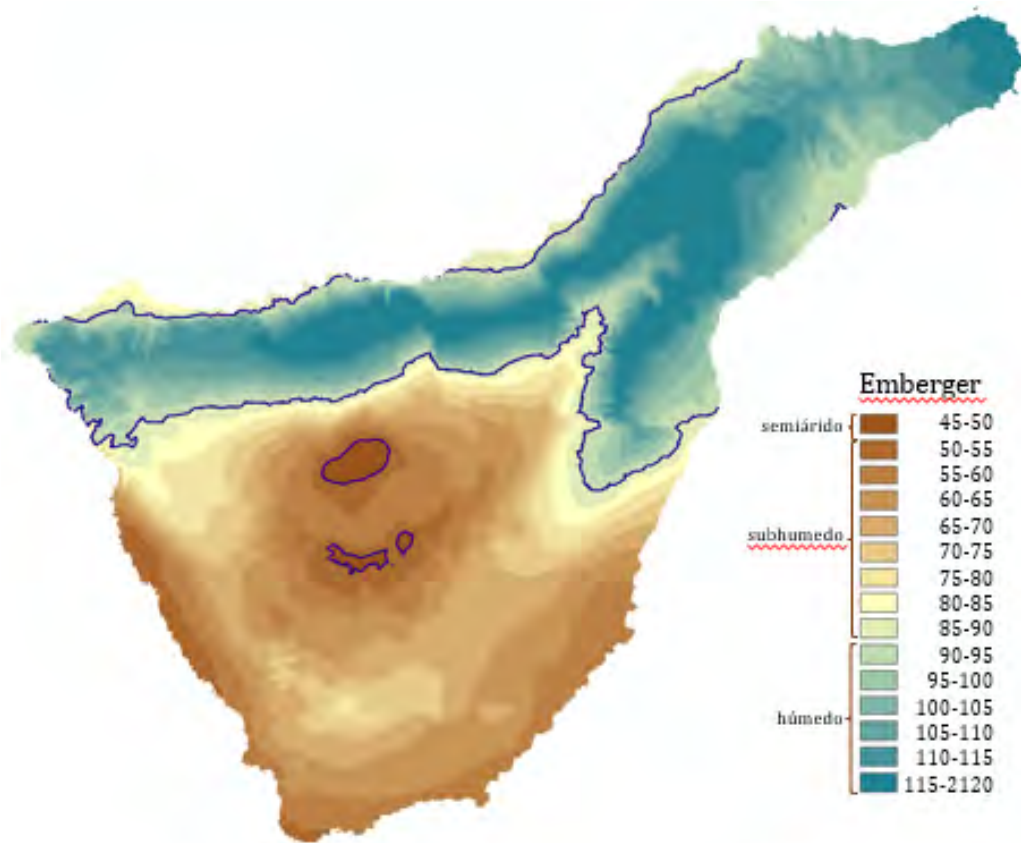


Fig. 23. Índices de Emberger (arriba) y de Lang (abajo) en 2022

Tabla XVI. evapotranspiración potencial y otros índices de aridez de los espacios naturales protegidos

COD	CAT	NOMBRE	Evapotran	PDSI	Martonne	Emberger	Lang
T-0	PN	El Teide	823 ±5	0,3 ±0,6	20,3 ±1,5	59,5 ±7,2	38,9 ±5,3
T-1	RNI	Ijuana	847 ±1	0,2 ±0,2	17,2 ±1,4	118,0 ±1,4	25,3 ±2,3
T-2	RNI	Pijaral	843 ±2	0,4 ±0,3	18,4 ±1,4	113,8 ±1,2	27,3 ±2,6
T-3	RNI	Roques de Anaga	839 ±1	-0,3 ±0,1	14,4 ±0,3	116,2 ±0,4	19,4 ±0,7
T-4	RNE	Pinoleris	823 ±3	1,5 ±0,4	21,4 ±1,2	115,4 ±5,3	33,8 ±2,3
T-5	RNE	Malpaís de Güímar	833 ±1	-1,0 ±0,1	13,5 ±1,1	92,5 ±2,8	18,5 ±1,7
T-6	RNE	Montaña Roja	840 ±1	-1,8 ±0,0	7,9 ±0,2	57,4 ±0,4	11,3 ±0,4
T-7	RNE	Malpaís de La Rasca	828 ±0	-2,0 ±0,1	7,7 ±0,3	55,3 ±1,4	11,1 ±0,5
T-8	RNE	Barranco del Infierno	824 ±2	-1,7 ±0,1	11,5 ±1,3	68,3 ±2,3	17,4 ±2,6
T-9	RNE	Chinyero	799 ±3	-0,3 ±0,3	20,5 ±0,9	95,9 ±10,2	34,2 ±1,9
T-11	PN	Corona Forestal	823 ±11	0,2 ±0,9	19,5 ±3,0	78,9 ±18,4	33,2 ±5,3
T-12	PR	Anaga	839 ±5	0,2 ±0,4	16,8 ±2,2	107,7 ±6,3	25,2 ±3,7
T-13	PR	Teno	788 ±5	-0,5 ±0,3	16,7 ±2,8	101,4 ±9,1	26,0 ±4,9
T-14	MN	Barranco de Fasnía y Güímar	834 ±0	-0,3 ±0,8	15,1 ±3,1	86,9 ±8,3	24,2 ±5,7
T-15	MN	Montaña Centinela	839 ±0	-1,8 ±0,1	8,7 ±0,3	57,4 ±0,6	12,6 ±0,5
T-16	MN	Derriscaderos	838 ±1	-1,7 ±0,1	8,9 ±0,5	62,7 ±1,1	13,2 ±0,7
T-17	MN	Montañas de Ifara /Los Riscos	839 ±0	-1,7 ±0,0	8,8 ±0,2	64,5 ±1,1	13,2 ±0,5
T-18	MN	Montaña Pelada	841 ±0	-1,7 ±0,0	8,2 ±0,2	59,4 ±0,7	11,8 ±0,3
T-19	MN	Montaña Colorada	833 ±0	-1,0 ±0,1	14,7 ±0,5	65,3 ±2,0	23,8 ±0,8
T-20	MN	Roque de Jama	831 ±1	-1,4 ±0,0	12,3 ±0,4	75,0 ±1,7	17,5 ±1,1
T-21	MN	Montaña Amarilla	833 ±0	-1,9 ±0,0	7,8 ±0,2	56,5 ±0,3	11,0 ±0,2
T-22	MN	Montaña de Guaza	827 ±1	-1,9 ±0,1	9,2 ±1,0	61,7 ±2,4	13,2 ±0,9
T-23	MN	Caldera del Rey	824 ±0	-1,9 ±0,0	8,8 ±0,4	64,8 ±0,9	12,3 ±0,5
T-24	MN	El Teide	823 ±3	0,7 ±0,5	22,4 ±1,6	51,9 ±3,7	47,2 ±5,6
T-25	MN	Montaña Tejina	814 ±1	-1,5 ±0,0	13,0 ±0,5	68,6 ±1,4	20,6 ±0,9
T-26	MN	Roque de Garachico	789 ±0	-0,9 ±0,0	9,3 ±0,1	85,4 ±0,3	14,1 ±0,1
T-27	MN	Montaña de los Frailes	808 ±0	-0,2 ±0,1	13,0 ±0,4	101,4 ±1,3	20,6 ±0,7
T-28	PP	Rambla de Castro	804 ±1	-0,7 ±0,1	9,8 ±0,5	92,0 ±2,3	14,9 ±0,8
T-29	PP	Las Lagunetas	833 ±4	1,9 ±0,2	24,2 ±1,2	113,2 ±8,5	40,4 ±3,3
T-30	PP	Barranco de Erques	816 ±1	-1,8 ±0,2	9,7 ±2,1	60,3 ±5,4	14,4 ±4,0
T-31	PP	Siete Lomas	831 ±1	1,1 ±0,6	21,2 ±2,0	115,3 ±2,9	34,9 ±2,2
T-32	PP	Ifonche	828 ±1	-1,3 ±0,2	14,0 ±0,6	62,5 ±1,6	22,8 ±1,3
T-33	PP	Acantilados de La Culata	792 ±3	-0,3 ±0,3	13,8 ±1,9	101,8 ±5,9	20,2 ±2,6
T-34	PP	Campeches, Tigaiga y Ruíz	806 ±4	0,4 ±0,5	17,9 ±4,2	112,0 ±7,7	27,8 ±7,0
T-35	PP	La Resbala	824 ±5	1,4 ±0,6	21,2 ±2,6	109,9 ±9,0	34,5 ±4,9
T-36	PP	Costa de Acentejo	815 ±2	-0,7 ±0,2	10,9 ±0,9	89,7 ±3,8	18,0 ±1,6
T-37	SIC	Acantilado de la Hondura	836 ±0	-1,7 ±0,0	8,5 ±0,1	64,3 ±1,4	12,2 ±0,2
T-38	SIC	Tabaibal del Porís	838 ±0	-1,9 ±0,0	8,1 ±0,1	58,5 ±0,7	11,4 ±0,1
T-39	SIC	Acantilados de Isorana	813 ±1	-2,1 ±0,0	6,8 ±0,1	52,8 ±0,7	8,8 ±0,2
T-40	SIC	La Caleta	819 ±0	-2,1 ±0,0	7,0 ±0,2	53,8 ±0,7	9,7 ±0,3

TEMPERATURA Y ANOMALIAS EN 2022

Temperatura media

Las interpolaciones con el método de mínimos cuadrados y ajuste de residuos de la temperatura media anual en las distintas estaciones meteorológicas analizadas indica que las temperaturas oscilaron en 2022 entre los +4,3 °C del punto más alto del Teide, dentro del municipio de la Orotava, y los +22,7 °C de la costa de Rasca y las Galletas, en el municipio de Arona (fig. 24). La temperatura media anual de la isla fue +17,3 ±3,3 °C, y el municipio que registró en su conjunto la temperatura media anual más alta fue Arona, con +21,4 ±1,1 °C. El municipio que registró la temperatura media anual más baja fue La Orotava: +12,8 ±3,3 °C.

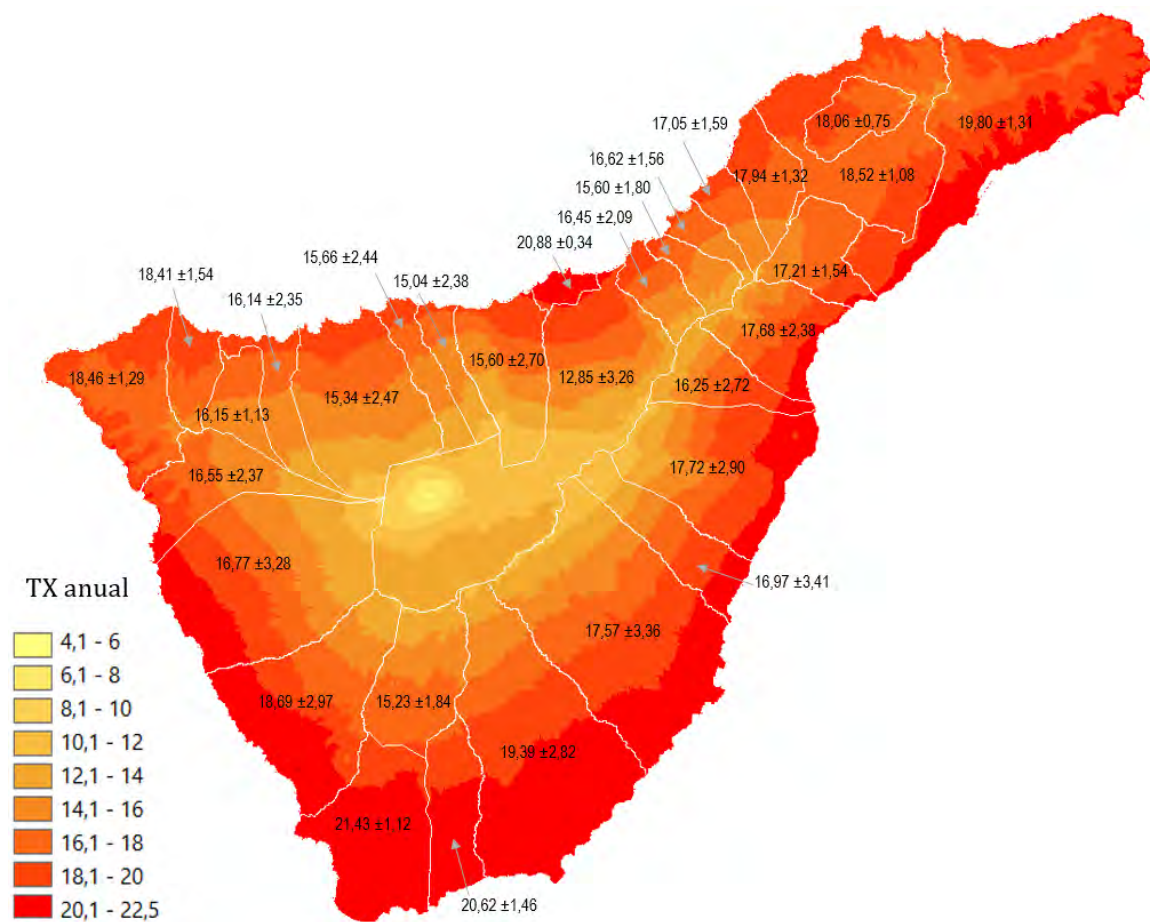


Fig. 24. Mapa interpolado de temperatura media anual de 2022 en la isla de Tenerife y límites de términos municipales con sus temperaturas medias para la totalidad de cada uno de ellos.

Las anomalías de la temperatura media en este año 2022 (fig. 17), es decir la medida de cuantos grados se desvió la temperatura del periodo base, fueron máximas en el sur de la isla, aunque también se registró un punto muy caliente en el Puerto de la Cruz y en la costa de Anaga a la altura de San Andrés. El macizo de Teno registró una anomalía ligeramente negativa, es decir, la temperatura fue en 2022 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 oriental con respecto al occidental de la isla (véanse las gráficas de densidad en los bordes superior y derecha de la figura 25).

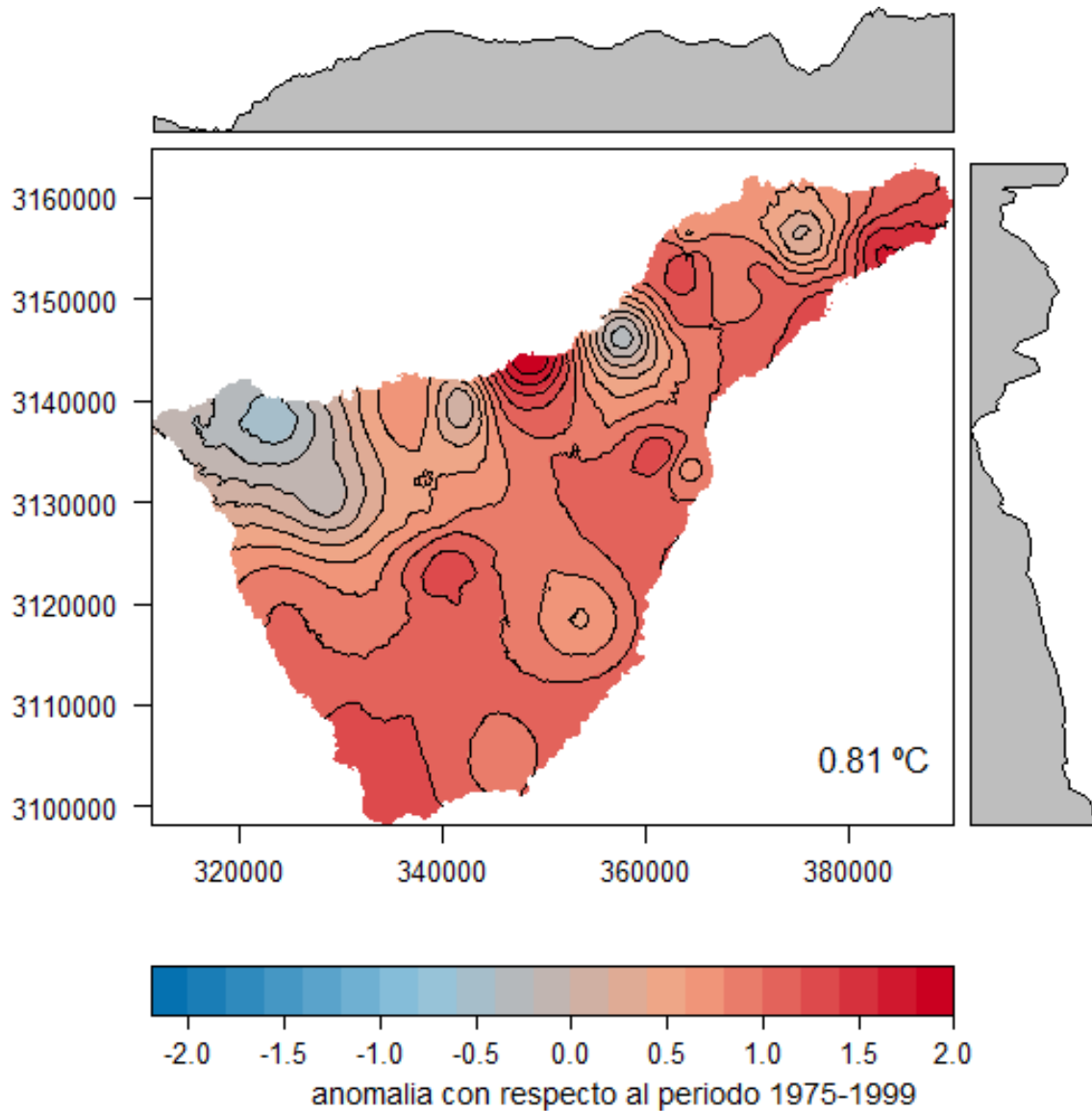


Fig. 25. Mapa interpolado de anomalías de 2022 en la temperatura media anual de la isla de Tenerife y gráficas de valores de anomalías promediados en rangos de longitud y latitud respectivamente.

Temperatura mínima

Las interpolaciones con el método de mínimos cuadrados y ajuste de residuos de la temperatura mínima anual en las distintas estaciones meteorológicas analizadas indica que en 2022 oscilaron entre -1,9 °C en el punto más alto del Teide en las montañas que circundan el estratovolcán dentro del municipio de la Orotava y +19,5 °C justo en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife, que es donde más están creciendo los registros nocturnos (fig. 26). También resultó elevada la temperatura

nocturna en la costa de Las Galletas, en el municipio de Arona. En general, en toda la banda sur con temperaturas nocturnas medias entre $+18,1^{\circ}\text{C}$ y $+20^{\circ}\text{C}$ son cada vez más frecuentes las noches donde la temperatura supera los $+20^{\circ}\text{C}$, es decir, las noches tropicales. Esta constatado que en la isla cada vez se suceden más las noches tropicales²⁶.

La temperatura media anual de las mínimas en este año de 2022 fue de $+13,2^{\circ}\text{C} \pm 3,8^{\circ}\text{C}$, y el municipio que registró en su conjunto la temperatura media anual de las mínimas más alta fue el Puerto de la Cruz, con $+17,2 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. El municipio que registró la temperatura media anual de las mínimas más baja fue La Orotava: $+8,12^{\circ}\text{C} \pm 4,0^{\circ}\text{C}$.



Fig. 26. Mapa interpolado de temperatura mínima anual de 2022 en la isla de Tenerife y graficas de valores de anomalías promediados en rangos de longitud y latitud respectivamente.

Las anomalías de la temperatura mínima resultantes de restar los valores del año 2022 al promediado de temperaturas mínimas entre 1970 y 1999 (periodo base de referencias) se muestran en la figura 27. Las anomalías negativas de 2022 se concentraron en la zona de Teno, donde se registraron los valores negativos más anómalos. Las anomalías positivas más altas se dieron en la costa de los municipios del Sur, desde Santa Cruz hasta Guía de Isora y en el Puerto de la Cruz.

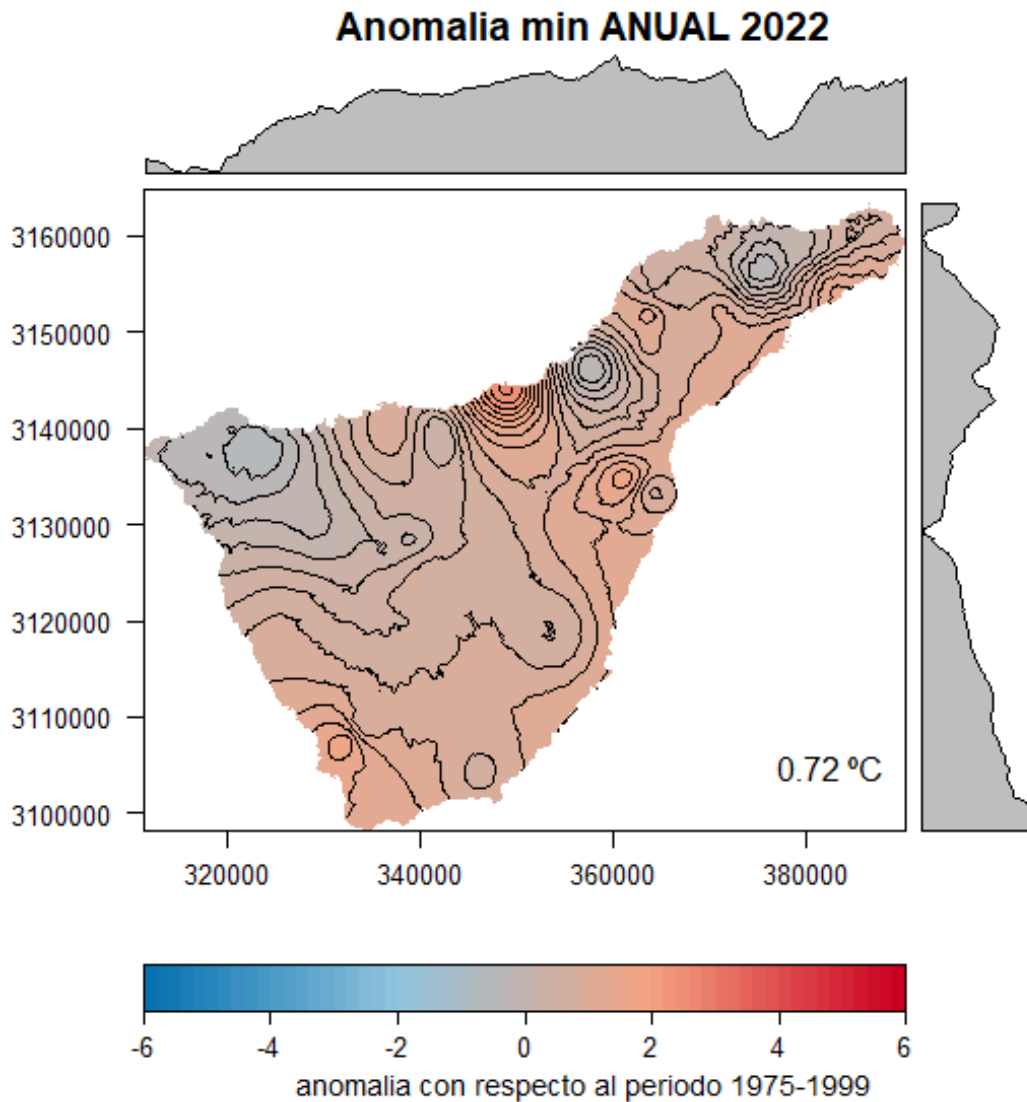


Fig. 27. Mapa interpolado de anomalías de 2022 en la temperatura mínima anual de la isla de Tenerife y graficas de valores de anomalías promediados en rangos de longitud y latitud respectivamente

Temperatura máxima

Las interpolaciones con el método de mínimos cuadrados y ajuste de residuos de la temperatura máxima anual en las distintas estaciones meteorológicas analizadas indica que en 2022 oscilaron entre +10,5 °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. 28). Hay además un sector en la costa de la ciudad de Santa Cruz de Tenerife que suele estar muy caliente y queda reflejado en una mancha rojo más oscura, casi imperceptible, de la figura 28.

La temperatura media anual de las máximas en la isla de Tenerife fue de +21,4 ±2,9 °C. El municipio que registro en su conjunto la temperatura media anual de las máximas más alta fue Arona con +25,5 ±1,0 °C, y el que tuvo la media anual de las máximas más bajas, La Orotava, con +17,8 ±2,6 °C.

Las anomalías de la temperatura máxima de 2022, es decir la diferencia entre la temperatura de 2022 y la del periodo base, fueron máximas en toda la mitad meridional de la isla, especialmente cerca de la costa (fig. 29). También se registraron puntos muy calientes dentro del valle de la Orotava y especialmente en el municipio del Puerto de la Cruz.

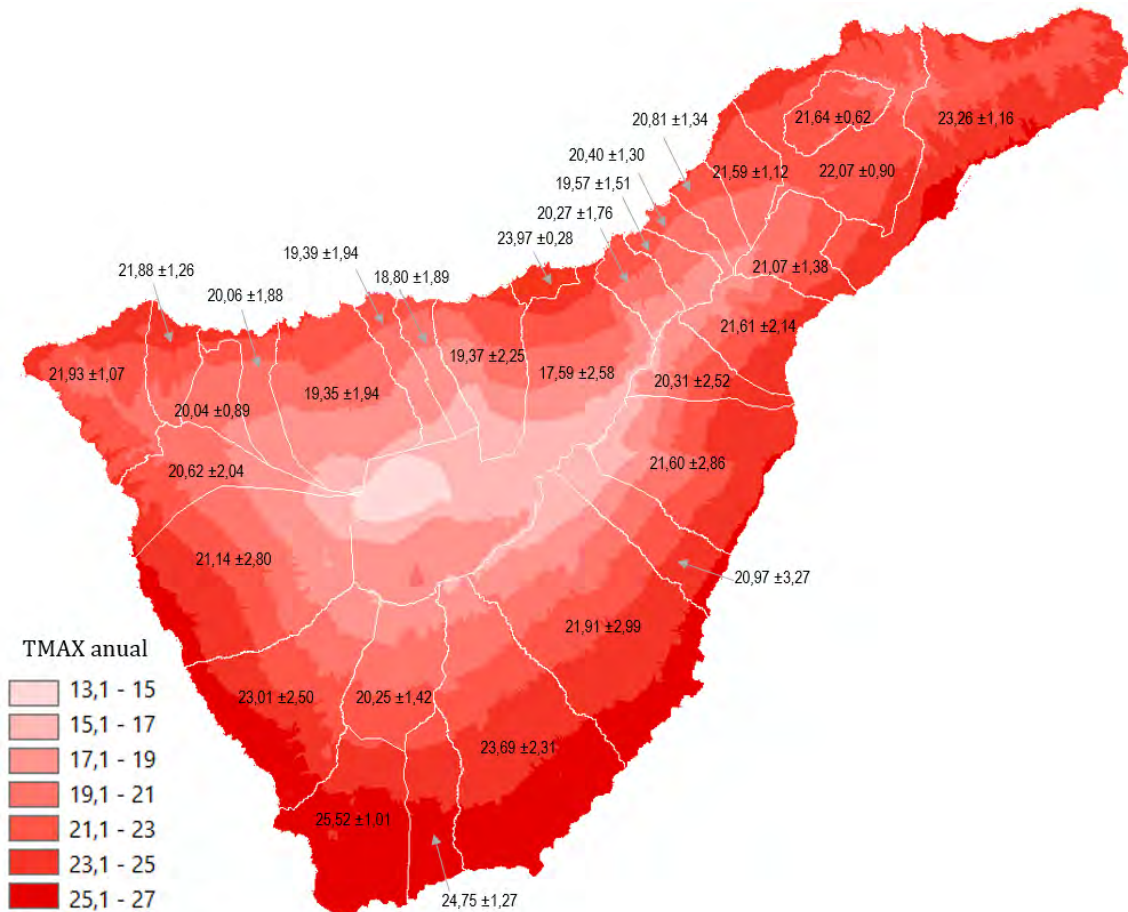


Fig. 28. Mapa interpolado de temperatura máxima anual de 2022 en la isla de Tenerife y graficas de valores de anomalías promediados en rangos de longitud y latitud respectivamente-

De forma general las anomalías positivas más altas en la temperatura máxima estuvieron en el centro-sur de la isla, en todo el macizo montañosos que abarca el Teide y Pico Viejo, y se expande hacia el suroeste hacia Adeje y hacia el este por Izaña. En la fachada sur de Anaga también se aprecia un sector de anomalías elevadas. Las anomalías fueron en general más altas en la mitad sur de la isla que en la mitad norte, a excepción del mencionado sector de Anaga que registro valores muy elevados (fig. 29). En la costa norte las temperaturas no fueron tan altas y se registraron anomalías negativas desde el Sauzal hasta Teno.

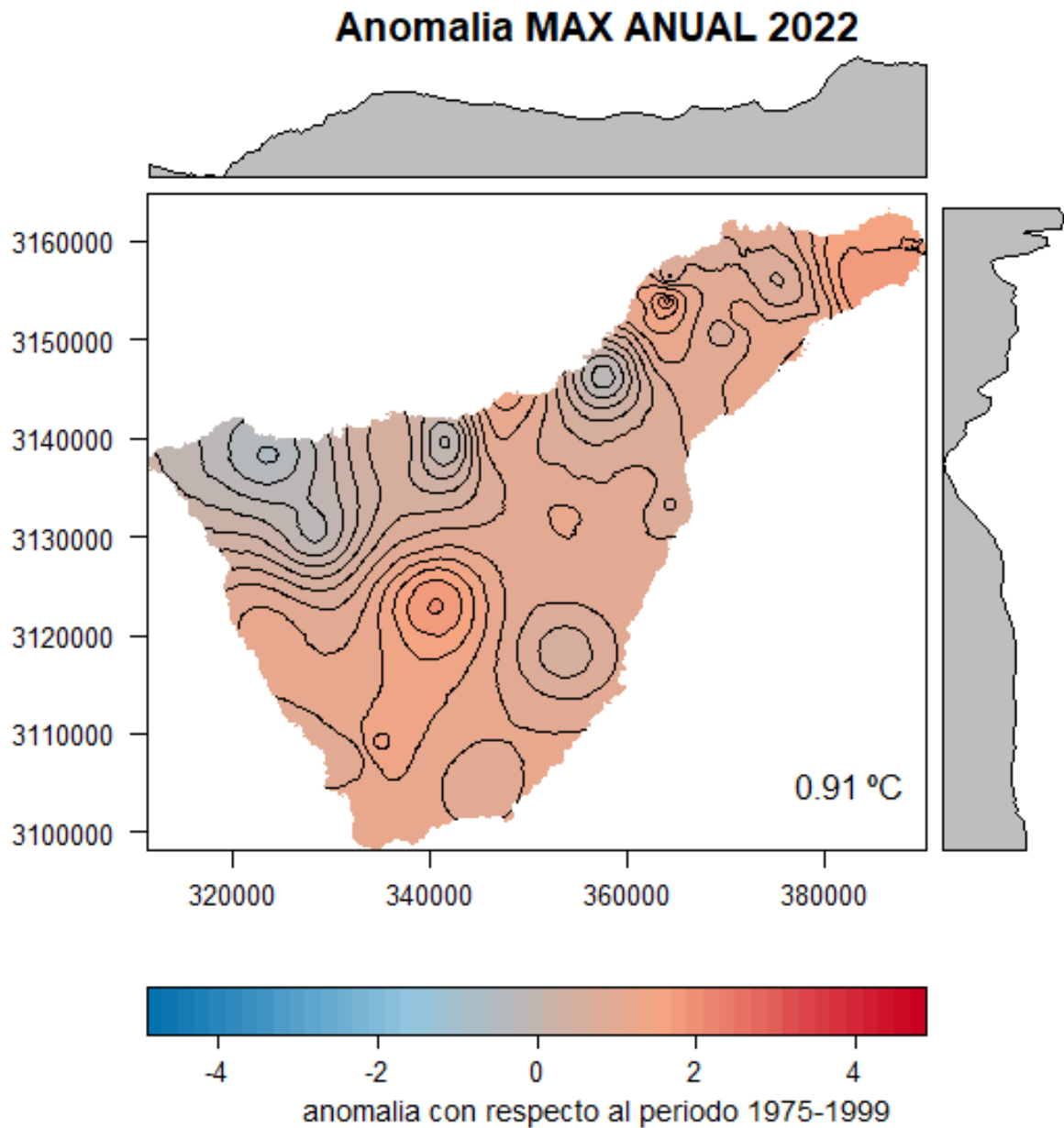


Fig. 29. Mapa interpolado de anomalías de 2022 en la temperatura MAXIMA anual de la isla de Tenerife y graficas de valores de anomalías promediados en rangos de longitud y latitud respectivamente

ANOMALÍAS DE TEMPERATURA MEDIA POR MUNICIPIOS

Los municipios de Vilaflor, con una anomalía de +1,42 °C, fue el municipio con el registro más alto, seguido de Santa Cruz y con +1,38 °C por encima del periodo base (fig. 30). Los siguientes municipios con temperaturas más altas en 2022 fueron, por orden de mayor a menor, Tacoronte, Arona, Puerto de la Cruz, San Miguel, Adeje, Granadilla. La Orotava, Fasnia, Tegueste, La Laguna y el Rosario, que también superaron 1 °C (fig. 31).

En general, los municipios del noreste y los de la vertiente sur de la isla registraron anomalías más cálidas que los del norte, y aunque las anomalías no superaron los 1,5 °C, como en años anteriores, este año hay bastantes en la horquilla entre 1°C y 1,5 °C (13 municipios, frente a solo dos en 2021). Del mismo modo, este año hubo 27 municipios en la horquilla de 0 °C -1 °C, dos más que el año pasado, y solo cuatro con anomalías negativas (6 en 2021), lo cual denota que la temperatura de 2022 ha sido de forma general un poco más alta que en 2021 (fig. 31).

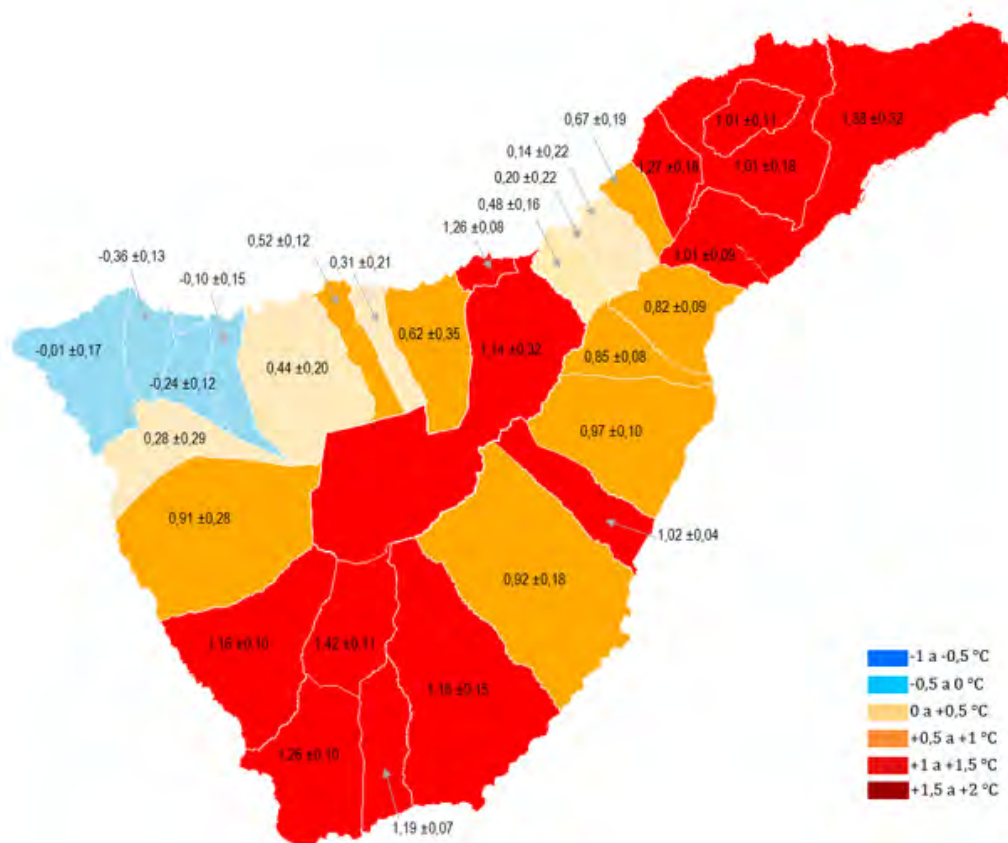


Fig. 30. Anomalías de la temperatura media anual en el conjunto de cada uno de los municipios de la isla de Tenerife.

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 más alto lo anotó la Reserva Natural Integral de Ijuana. Este pequeño espacio, dentro del Parque Rural de Anaga registró una anomalía de 1,70 °C. En el Parque Rural de Anaga hay dos reservas naturales más, la del Pijaral y la de los Roques de Anaga: ambas registraron también anomalías térmicas elevadísimas (+1,66 °C y +1,55 °C, respectivamente). Los siguientes espacios protegidos con anomalías altas se encuentra en el sur de Tenerife, son el Paisaje Protegido de Ifonche, el Monumento Natural de Jama y hasta 19 espacios protegidos más que anotaron todos más de 1 °C de anomalía positiva. El Parque Nacional del Teide y el Monumento natural homónimo, que otros años se encontraban entre los lugares de anomalías más altas, este año de 2002 quedaron relegados a los puestos 13 y 14 (fig. 32).

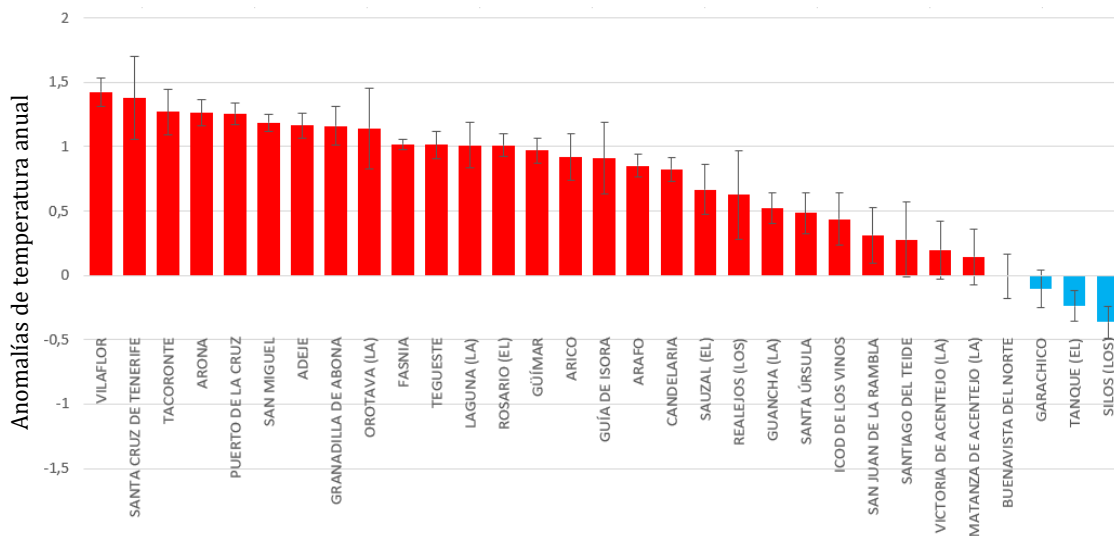


Fig. 31. Ranking de anomalías de temperatura media anual en los municipios de Tenerife, ordenados secuencialmente de más alta (positiva) a más baja (negativa)

Comparativamente con 2021 la cantidad de espacios protegidos en la horquilla de 1 a 1,5 °C es en este 2022 mucho mayor, pues donde en 2021 fueron cinco lugares este año se convirtieron en 21. En cuanto a la horquilla entre 0,5 °C y 1°C, si en 2021 fueron 25 espacios, este año hubieron solo 11. En 2021 hubo cinco espacios en la horquilla 0°C-0,5m y este año solo cuatro. Finalmente, cuatro espacios tuvieron anomalías negativas, al igual que en 2021. Tres de ellos, la Reserva Natural del Chinyero, el Sitio de Interés Científico de Interian y el Monumento Natural del Roque de Garachico fueron los mismos, pero el cuarto fue este año el Paisaje protegido de la Culata, mientras que el año pasado era el Parque Rural de Teno. Lo notorio es que todos se localizan en la misma zona al noroeste de Tenerife, pareciendo indicar que este lugar de la isla esta más preservada del calentamiento general que afecta al resto.

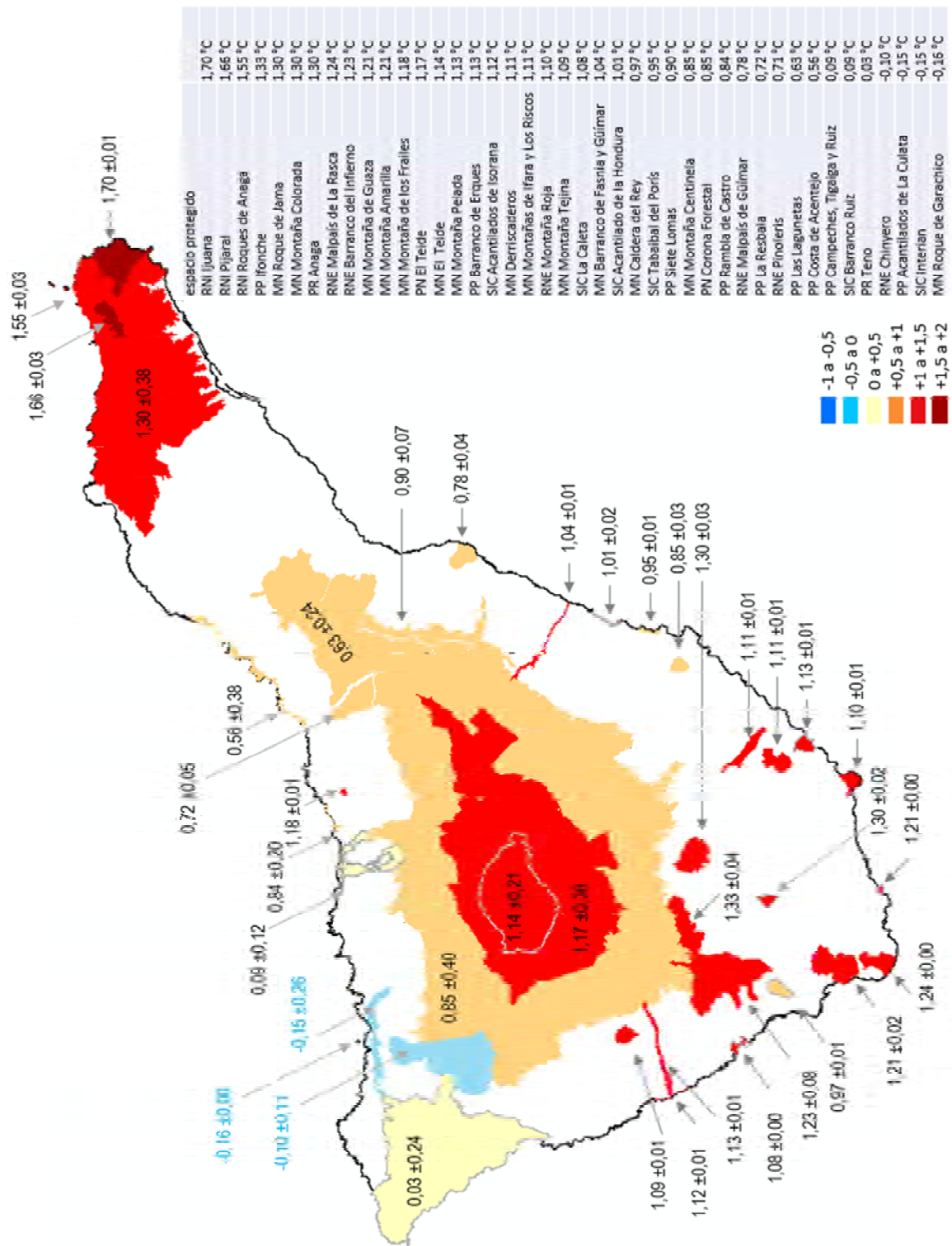


Fig. 32. Anomalías en la temperatura media anual de con respecto al periodo base 1970-1999, en los espacios naturales protegidos de Tenerife

Parque Nacional del Teide

El Parque nacional del Teide se localiza en una zona alejada de la influencia de los alisios y del mar, de modo que es un lugar donde el calentamiento es bastante patente. Sin embargo, 2022 no registró una anomalía térmica tan alta como en años anteriores, a pesar de que sí fue uno de los valores más elevados en el contexto de Tenerife. Como suele ser normal, los registros más altos se concentran en el mismo Pico Teide y en lo alto de la montaña de Guajara, de modo que el sector central del Parque y el más meridional es más cálido que el más oriental del Parque Nacional (figura 33). En la zona del Portillo, al Este, que es la zona más sometida a la influencia esporádico del mar de nubes asociado a los vientos alisios, la anomalía fue mínima.

La figura 33 muestra cómo se produce el avance del calentamiento en este espacio protegido. Obsérvese en la imagen superior izquierda como la isoterma de 12 °C se expande de Oeste a Este por la base de las Cañadas del Teide, delimitando un sector suroeste más cálido que el del nordeste. Eso también se aprecia en el mapa de precipitaciones de la imagen superior derecha, y en el de evapotranspiración potencial de la imagen inferior derecha, que también muestra un sector suroeste menos lluvioso y con mayor evapotranspiración potencial que el del nordeste.

Parque Rural de Anaga

Anaga fue uno de los espacios naturales protegidos donde la anomalía térmica de 2022 fue más alta, concretamente en la punta de Anaga, donde se encuentra la Reserva Natural Integral de Ijuana, y en las cumbres, donde está la Reserva natural Integral del Pijaral. Es destacar cómo se elevaron las temperaturas en torno al valle de San Andrés, propagándose a las cumbres y a la misma punta de Anaga. Las consecuencias ecológicas de este calentamiento súbito de 2022 son desconocidas, pero merecen un análisis particular. Esto mismo es aplicable a la Reserva de los Roques de Anaga, no suficientemente representadas en la figura 26, pero que también registraron temperaturas elevadísimas.

En la misma cumbre, en la zona de la Cruz del Carmen y la vertiente sur del monte de Aguirre la anomalía fue casi nula, posiblemente por la influencia de los alisios. Esta zona no suele registrar temperaturas muy altas, y su tendencia de calentamiento por el momento no es significativa desde el punto de vista estadístico.

La imagen de la figura 34 muestra como las precipitaciones dominan la cumbre y la punta de Anaga (imagen superior derecha). Sin embargo, la punta de Anaga es la zona de mayor evapotranspiración (imagen inferior derecha), debido a que es la zona donde la temperatura fue más alta en 2022 (imágenes superior e inferior izquierda). En efecto, las zonas más calientes están en los barranquillos del sur de Anaga y en el sector de la punta, donde se encuentra la Reserva Natural Integral de Ijuana.

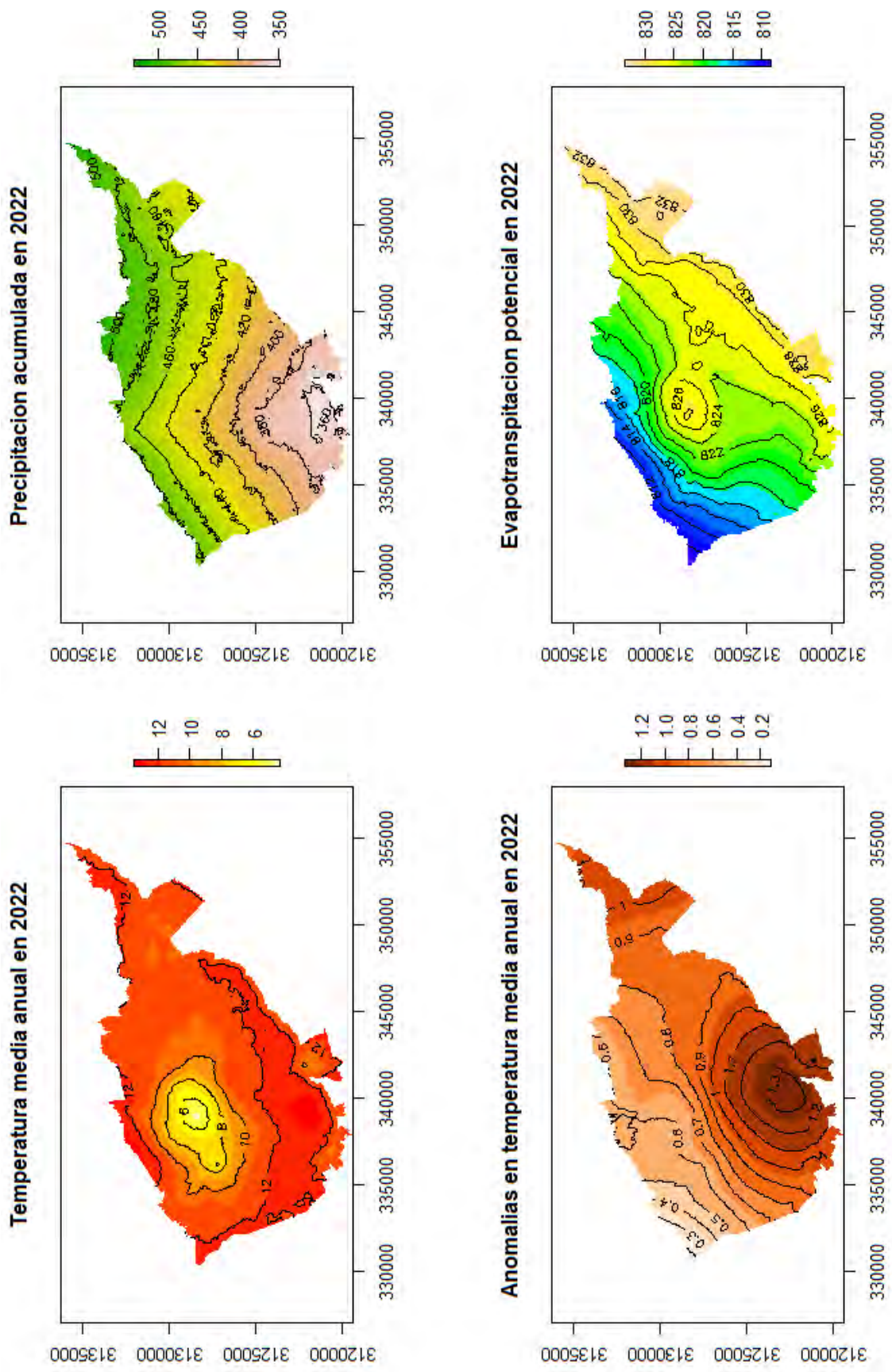


Fig. 33. Temperatura en grados Celsius, precipitación en litro por metro cuadrado, anomalías térmicas en grados Celsius y evapotranspiración potencial en litros por metro cuadrado en el Parque Nacional del Teide en 2022

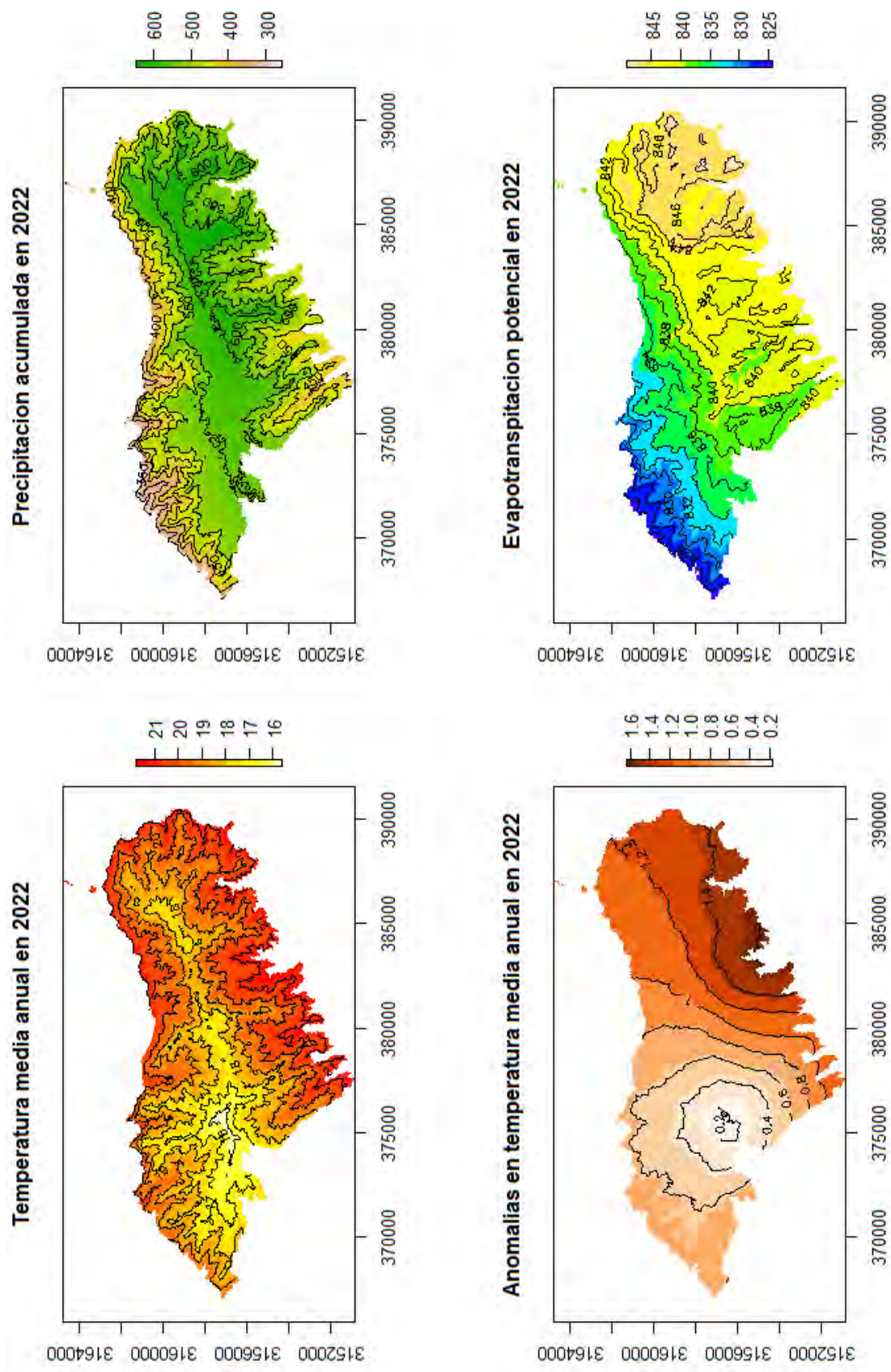


Fig. 34. Temperatura en grados Celsius, precipitación en litro por metro cuadrado, anomalías térmicas en grados Celsius y evapotranspiración potencial en litros por metro cuadrado en el Parque Rural de Anaga en 2022

TENDENCIAS DE CALENTAMIENTO 1970-2022

Isla de Tenerife

A pesar de que el cambio en el clima es una tónica generalizada en la isla de Tenerife, la tendencia de calentamiento no es significativa en todos los lugares de su territorio, pues a menudo la temperatura muestra una alta variabilidad entre unos años y otros lo cual demanda series muy largas de datos para que la tendencia sea estadísticamente robusta. Es cuestión de tiempo, a medida que se van sumando años de datos los análisis irán mejorando progresivamente. (fig. 27).

Los mapas de tendencias desde 1975 hasta 2022 se obtuvieron aplicando el método de Loarie et al (2009)²⁷ y muestran qué esta no fue significativa en todos los lugares de la isla. De hecho, abundan las zonas “blancas” sin tendencia significativa en el suroeste de la isla. Esto, no quiere decir que se trate de zonas donde no haya calentamiento, sino simplemente que no hay suficiente información como para concluir algo al respecto, al menos en nuestra resolución espacial de 50 m. De todos modos, 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 impedir los análisis (fig. 27). Por ejemplo, cuando se dice que la temperatura es de 2 grados positivos con una variación estadística de cinco grados en ambos sentidos, equivale a decir que la temperatura real oscila entre -3 °C (2-5) y es negativa, o entre +7°C (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.

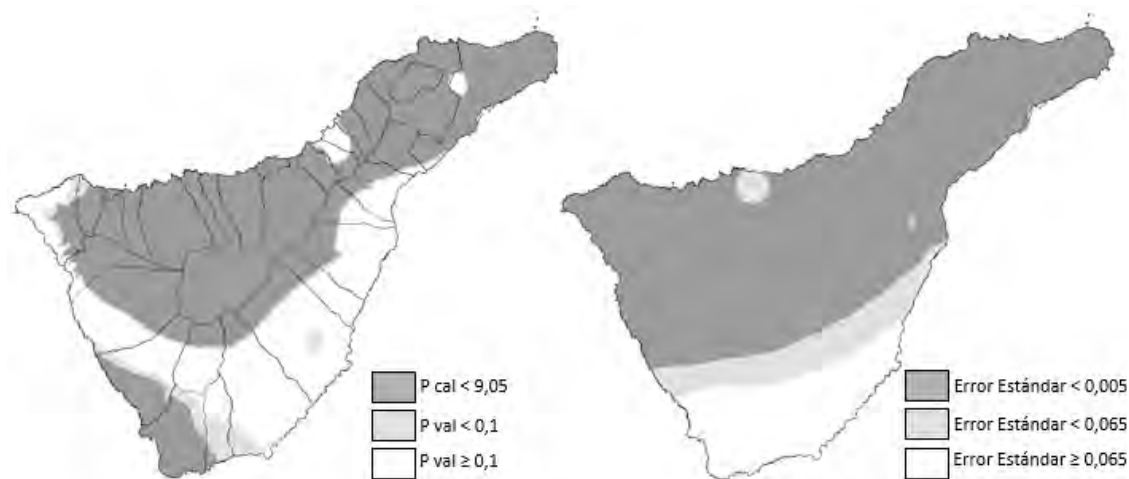


Fig. 35. Mapa de confiabilidad (izquierda) y de error estándar (derecha) para los cálculos de tendencias entre 1975 y 2022 en la isla de Tenerife. Las zonas con P.val mayor o igual de 0,1 y error estándar mayor de 0,005 (zonas blancas), no se consideran por su alta incertidumbre.

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. 36).

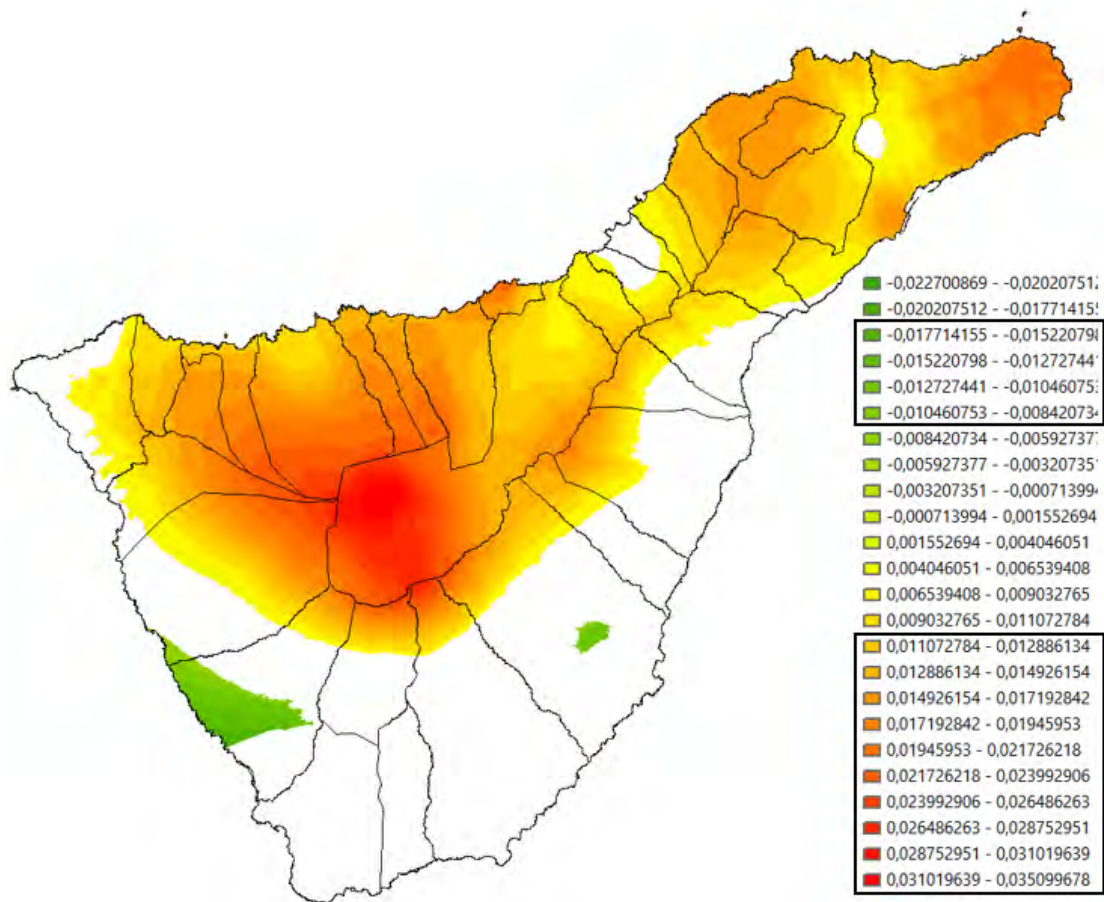


Fig. 36. mapa de tendencias de calentamiento entre 1975 y 2022 en la isla de Tenerife donde solo se han representado las cuadrículas de 50 m de lado con valores confiables (significación $< 0,05$ y error $< 0,005$). Cuando más intenso es el amarillo, hasta el rojo, más confiable es el dato. Los verdes 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 dicho valor refleja el nivel de calentamiento en grados por siglo.

En las cumbres de los municipios de La Orotava, Los Realejos, La Guancha, Icod, Santiago del Teide y Guía de Isora es donde se encuentra la mayor tendencia positiva de calentamiento, justo coincidiendo con la zona donde se localiza el Parque Nacional del Teide. En este lugar, el calentamiento esta más cercano a las tres décimas de grado por década que en cualquier otro de la isla. En la punta de Anaga hay otro núcleo de calentamiento, aunque en este caso solamente en torno a los dos grados por siglo. Por el contrario, en la costa de Adeje hay una tendencia a enfriar con una tendencia de aproximadamente una décima de grado negativo por década.

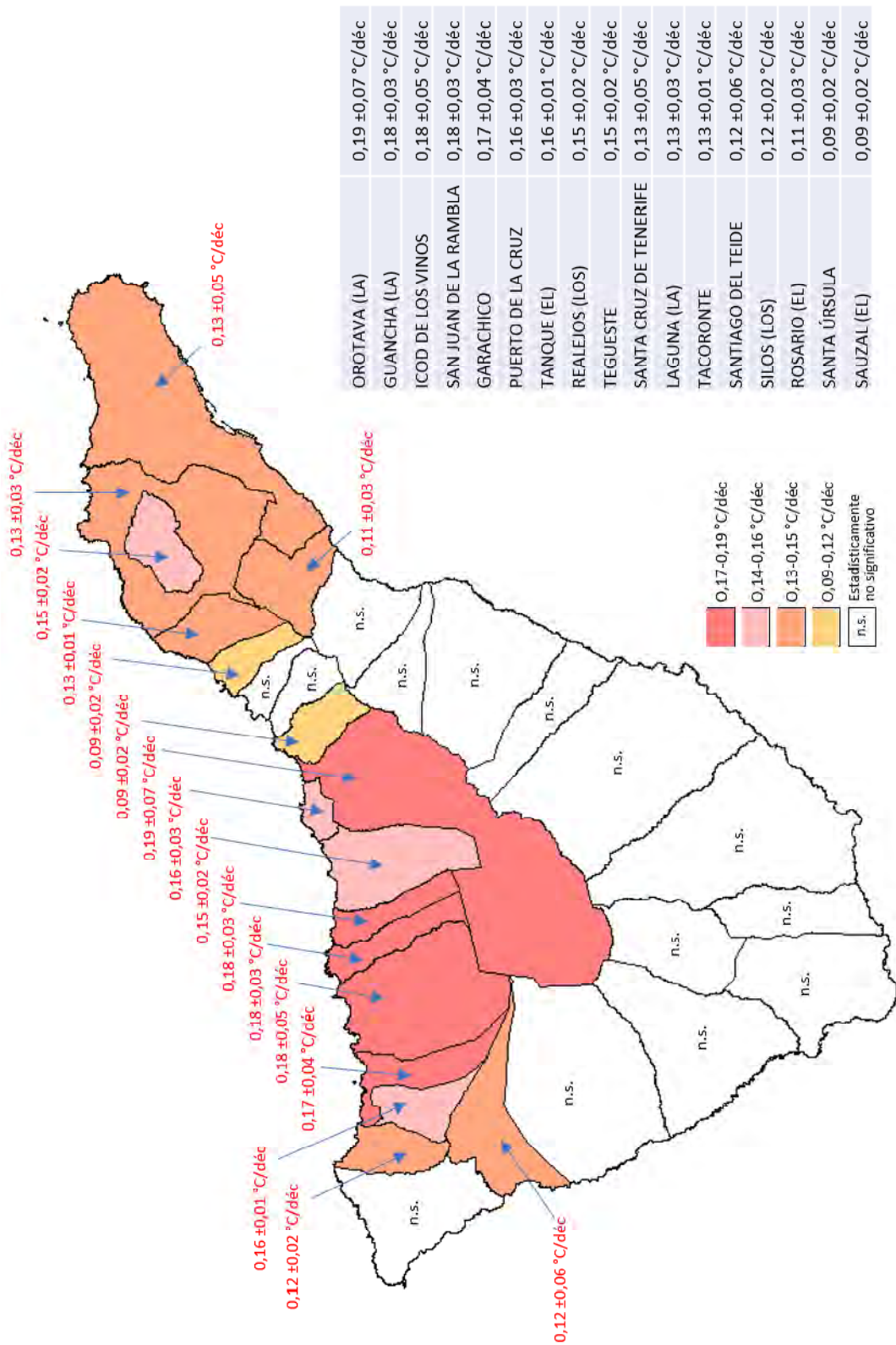


Fig. 37. Mapa de tendencia de calentamiento en la temperatura media anual de los municipios de la isla de Tenerife entre 1975 y 2022.

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 37, sobre tendencias de calentamiento por municipios. Esta imagen es prácticamente la misma obtenida el pasado año, pues los cambios a nivel de tendencia son muy lentos.

El ritmo de calentamiento más acelerado entre 1975 y 2022 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 2000 m. En este municipio el calentamiento fue de 0,19 °C/década, que es equivalente a decir que desde 1975 la temperatura media anual se ha elevado +0,88 °C y que en el año 2100 será, si la tendencia actual se mantiene, +1,45 °C más alta todavía que en la actualidad (calentamiento total acumulado desde 1975 hasta 2100 = +2,33 °C).

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 0,83 °C (0,84 °C en el caso de La Guancha) y que en el año 2100 ésta será 1,39 °C, 1,38 °C y 1,37 °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 2022 de +0,18 °C/década. Es decir, en este periodo la temperatura ha aumentado 0,81 °C. De mantenerse la misma tendencia de calentamiento de la actualidad, en el año 2100 la temperatura se elevaría +1,35 °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 2022 de 0,16 °C/década. Desde 1975 la temperatura se ha elevado en ellos +0,77 °C y +0,73 °C, respectivamente. De mantenerse la tendencia actual, es previsible que en 2100 aumente +1,27 °C y +1,21 °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 2022 de 0,15 °C/década. La temperatura en ellos se ha elevado desde 1975 en 0,71 °C. De mantenerse la tendencia actual, es previsible que en 2100 aumente 1,18 °C, lo cual entrañaría un calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 de 1,90°C.

Entre 1975 y 2022 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 +0,63 °C, +0,61 °C y +0,60 °C, respectivamente. De mantenerse las tendencias actuales es previsible que en 2100 las temperaturas

medias anuales vuelvan a elevarse otros +1,05 °C, +1,01 °C y +1,00, 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 2022 un ritmo de calentamiento de 0,12 °C/década. Desde 1975 sus temperaturas aumentaron hasta +0,59 °C y +0,56, respectivamente y, de mantenerse la tendencia actual, es previsible que en 2100 aumenten otros +0,97 °C y +0,92 °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 0,52 °C. De mantenerse esta tendencia de calentamiento en 2100 la temperatura media anual volverá a aumentar otros 0,86 °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 0,44 y 0,42 °C respectivamente y si las tendencias actuales se mantienen, en 2100 se volverán a elevar otros 0,73 °C y 0,69 °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 2022.

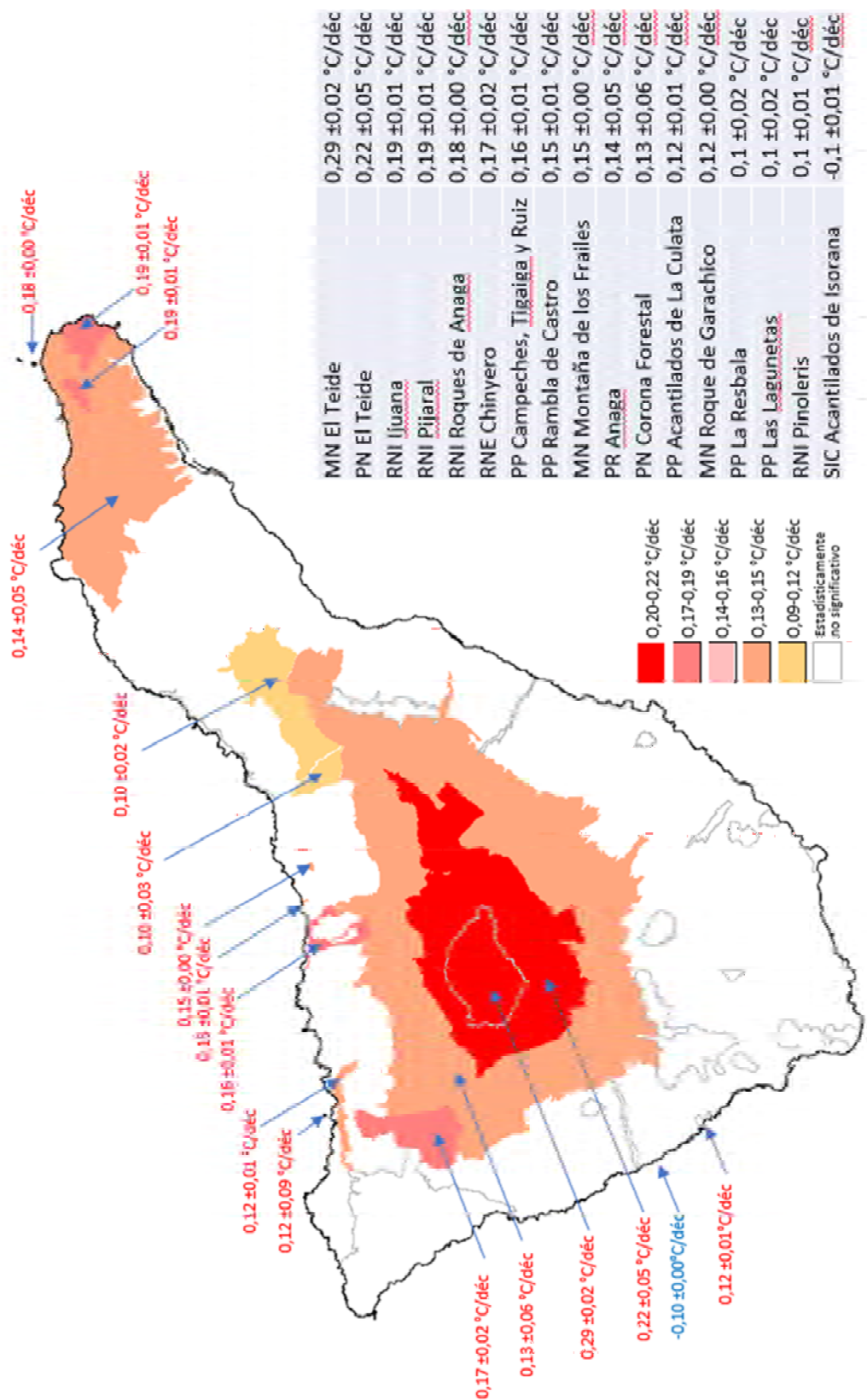


Fig. 38. Mapa de tendencia de calentamiento en la temperatura media anual de los espacios naturales protegidos de Tenerife entre 1975 y 2022

Tendencias de calentamiento en los espacios naturales protegidos

En la mayoría de los espacios naturales protegidos ha podido detectarse un calentamiento estadísticamente significativo y sólo en los pequeños territorios protegidos del sur ello no fue posible por las razones antes expuestas de la variabilidad de las temperaturas y el grado de error estándar (fig. 38).

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 2022 a un ritmo de 0,29 °C/década, es decir, casi tres décimas de grado por década. En este periodo la temperatura se elevó 1,36 °C, y de mantenerse la actual tendencia en el año 2100 podría aumentar otros +2,26 °C, lo cual significaría un aumento acumulado entre 1975 y 2100 de +3,62 °C. Nótese que estos valores no tienen en cuenta el calentamiento acumulado anterior a 1975, que de acuerdo con la tendencia medida por las estaciones meteorológica (ver cumbres en tabla II) ya se viene produciendo desde antes. El aumento acumulado de temperatura a final de siglo podría superar ampliamente los 4 °C.

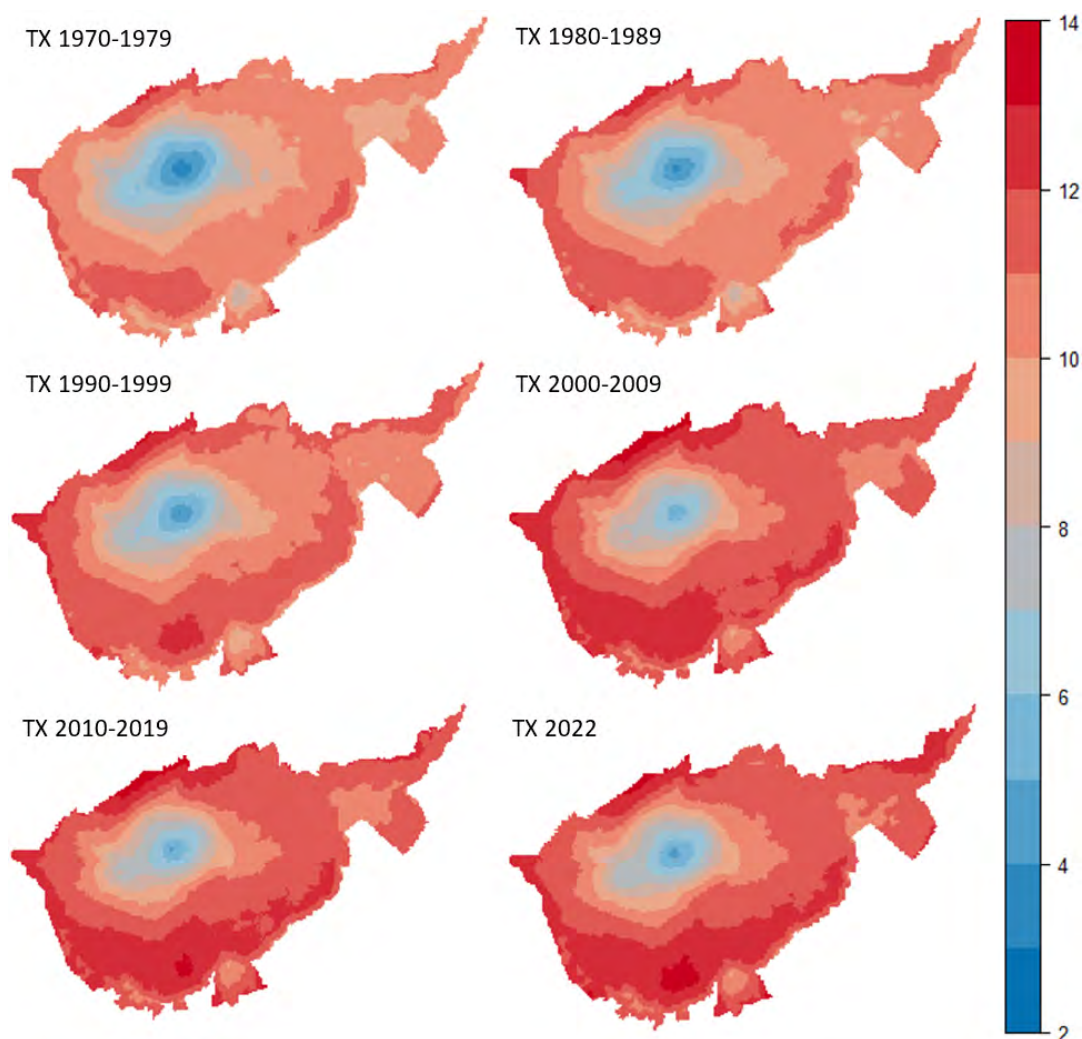


Fig. 39. Evolución de la temperatura media anual en el Parque Nacional del Teide por décadas, desde la década 1970-1979 hasta 2010-2019, y cartografía de temperatura media anual en 2022

El Parque Nacional del Teide es el siguiente espacio protegido con mayor tasa de calentamiento entre 1975 y 2022: 0,22 °C/década. En los cuarenta y siete años que median entre 1975 y la actualidad su temperatura media anual ha subido +1,05 °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 +2,79 °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 de menor altitud, circundando el estrato volcán Teide-Pico Viejo (fig. 39).

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 +0,90°C y 0,88 °C, respectivamente, desde 1975 hasta la actualidad, y previsiblemente la incrementarían otros 1,50 °C y 1,46 °C hasta 2100. Por tanto, el calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 de estos dos espacios protegidos podría ser de +2,40 °C y +2,34 °C, respectivamente.

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 aumentó entre 1975 y 2022 hasta +0,86°C, y si la tendencia actual de calentamiento se mantiene, será de +1,43 °C más alta todavía en el año 2100. De modo que el calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 podría ser de +2,29 °C.

En la Reserva Natural Especial de El Chinyero la temperatura entre 1975 y 2022 aumento a un ritmo de 0,17 °C, lo cual significa que en este periodo se elevó +079 °C. Si la actual tendencia de calentamiento se mantuviera es previsible que todavía se eleve +1,31 °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 +2,10°C.

El Paisaje Protegido de los Campeches, Tigaiga y Ruiz registró una tasa de calentamiento entre 1975 y 2022 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 1,23 °C en 2100, lo cual significaría un calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 de +1,97 °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 0,70 °C entre 1975 y 2022. Si este ritmo de calentamiento se mantiene, la temperatura seguirá subiendo hasta 1,17 °C más en 2022, lo cual entrañaría un calentamiento acumulado desde 1975 hasta 2100 de 1,87 °C.

El calentamiento entre 1975 y 2022 en el Parque Rural de Anaga fue de 0,14 °C/década. En este periodo la temperatura global de este espacio protegido aumentó 0,63 °C, y si la tasa actual de calentamiento se mantiene, aumentará 1,06 °C más antes de 2100. Es decir, el calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 sería de +1,69 °C. (fig. 40). En este espacio el avance del calentamiento se nota sobre todo por una banda de más de 20 °C de temperatura que ocupa los barrancos del sur, y progresivamente hacia la cumbre. En el mapa de temperaturas de 2022 (fig. 32) se aprecia como esta banda cálida ocupa ya una superficie claramente visible en el sur del espacio protegidos y se desplaza hacia la punta de Anaga e invade el norte por la zona del arco de Taganana. En las cumbres de la dorsal de Anaga también se aprecia el calentamiento, sobre todo porque la banda entre 15 y 16 °C de temperatura media anual ha ido adelgazándose y reduciendo su extensión, especialmente en el sector oriental de dicha cordillera.

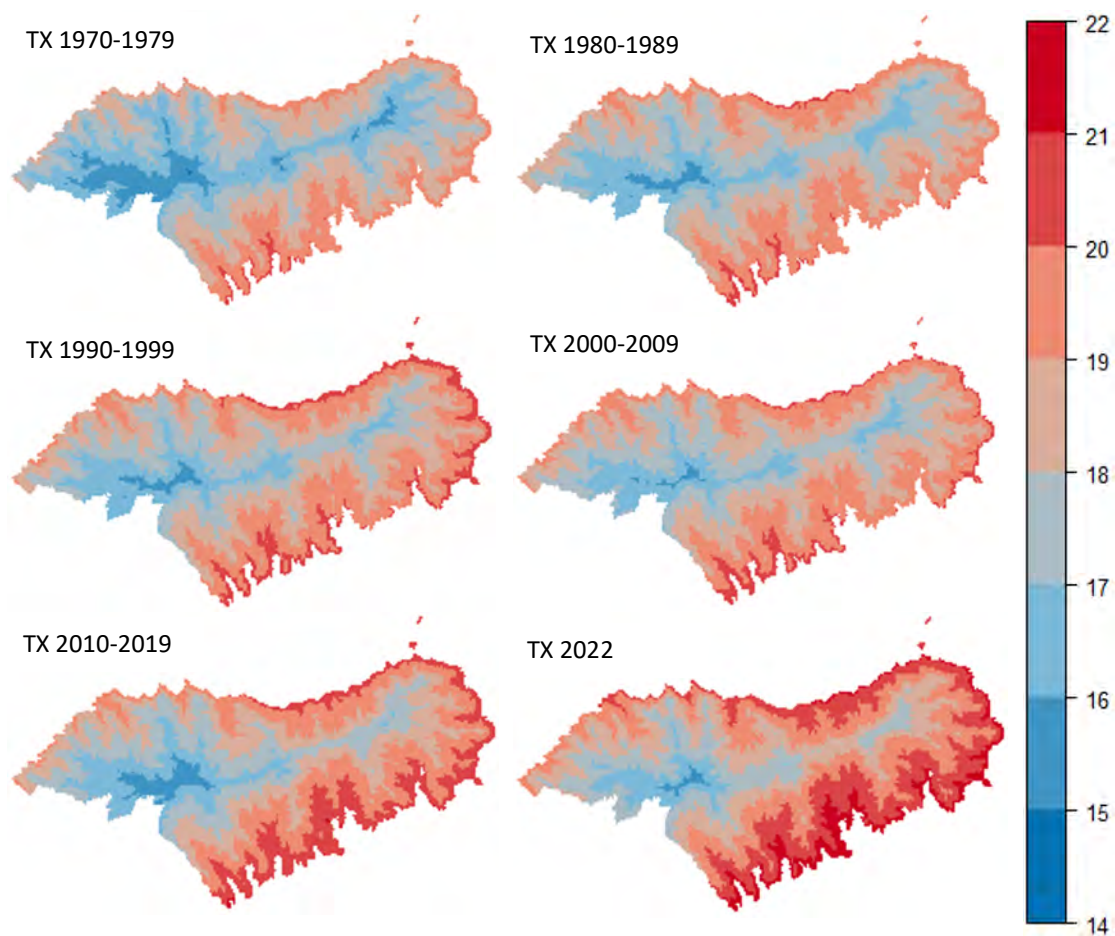


Fig. 40. Evolución de la temperatura media anual en el Parque Nacional del Teide por décadas, desde la década 1970-1979 hasta 2010-2019, y cartografía de temperatura media anual en 2022

En el Parque Natural de Corona Forestal, el mayor espacio protegido de la isla, la temperatura subió entre 1944 y 2022 hasta +0,60 °C, que es lo mismo que decir que se elevó a una tasa de 0,13 C/década. Si esta tasa de calentamiento se mantiene, la temperatura media anual seguiría subiendo hasta ser en 2100 unos 0,99 °C más alta que en la actualidad, lo cual supondría un calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 de hasta +1,59 °C.

El Paisaje Protegido de la Culata y el Monumento Natural del Roque de Garachico se han estado calentando a un ritmo medio de 0,12 °C/década entre 1975 y 2022. Es decir, en este periodo su temperatura media anual se elevó 0,55 °C. De mantener semejante tasa de calentamiento, dicha temperatura todavía se elevará progresivamente más hasta ser 0,90 °C más alta que en la actualidad en 2100. Es decir, entre 1975 y 2100 podría alcanzarse un calentamiento total acumulado de +1,45 °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 2022 de 0,1 °C/década. La temperatura en estos espacios se elevó 0,48 °C entre 1975 y 2022, y si la tasa actual de calentamiento se mantiene, se volverá a elevar 0,80 °C más entre la actualidad y 2100. El calentamiento acumulado entre 1975 y 2100 sería entonces de +1,28 °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 2022 descendió 0,45°C. Si esta tasa de enfriamiento se mantiene, en 2010 podría ser 0,79 grados más fría todavía, lo cual significaría que el enfriamiento acumulado entre 1975 y 2100 en este lugar sería de -1,24 °C.

Nota final

El análisis de las tendencias en puntos concretos por la geografía de la isla permite calibrar de forma puntual los datos generales para la isla y también es una manera de contratar los cambios que se producen entre un año y otro. En realidad los datos de 2021 son muy parecidos a los de 2022 los espacios naturales protegidos y de los municipios en su conjunto. Sólo hay cambios menores, de decimas a nivel de isla y de centésimas a nivel de lugares muy concretos a la resolución de 50m de los modelos trabajados. No obstante, téngase en cuenta que un cambio de una décima, es equivalente a un grado en un siglo, parece poco pero no es tan poco, teniendo en cuenta que se está tratando con valores medios anuales, que en teoría no debieran fluctuar mucho, y menos mayoritariamente en un sentido ascendente como está sucediendo.

Toda la información aportada está sometida a exquisitos análisis estadísticos y siempre que corresponde se indican los intervalos de confianza en que se mueve el valor. Así y todo, en algunas zonas no se ha podido obtener información suficientemente significativa en términos estadísticos para reflejarla en las tablas. Siempre queda la duda de si la causa está en la variabilidad climática o en errores en la toma de datos. Ya hemos indicado como el excesivo calentamiento que marcaba la estación de los Rodeos no era real, sino que obedecía a un desplazamiento de la estación meteorológica de referencia desde una zona más fría a otra más cálida. Desde entonces los valores de temperatura eran mas altos, no tanto por el calentamiento sino por el cambio de ubicación de los sensores. Eto podría ocurrir en alguna estación más y debe ser investigado concienzudamente.

Por ejemplo, nos sorprende mucho que algunas estaciones en las inmediaciones de Teno muestren un repentino enfriamiento en 2007, que no sabemos exactamente a que obedece, si a causas naturales o artificiales.

Aunque en algunos municipios y en los 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. 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 2022 y lo que previsiblemente subirá en 2100, si las tendencias actuales se mantuvieran exactamente al mismo ritmo.

A este nivel de precisión, la tendencia 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 atmósfera está profundamente estratificada y no sabemos cómo 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 climático²⁸. No hay nada concluyente por ahora, pero si ocurriera, serían 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 está en ascenso en 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; más de cuatro grados por encima de la temperatura que hay hoy. Es decir, el calentamiento que se acumule entre 1975 y 2100 podría llegar a ser 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 XVII. Calentamiento previsible en la ubicación de los ayuntamientos de Tenerife

Ayuntamiento	Tendencia de la Temperatura anual	Actual 1975-2022	Previsible 2022-2100	Acumulado 1975-2100
Adeje	0,17 ±0,09 °C/década	0,80 ±0,42 °C	1,33 ±0,70 °C	2,13 ±1,13 °C
Arafo	0,38 ±0,09 °C/década	1,79 ±0,42 °C	2,96 ±0,70 °C	4,75 ±1,13 °C
Arico	0,16 ±0,06 °C/década	0,75 ±0,28 °C	1,25 ±0,47 °C	2,00 ±0,75 °C
Arona	0,22 ±0,08 °C/década	1,03 ±0,38 °C	1,72 ±0,62 °C	2,75 ±1,00 °C
Buenavista	n.s.			
Candelaria	0,26 ±0,07 °C/década	1,22 ±0,33 °C	2,03 ±0,55 °C	3,25 ±0,88 °C
El Rosario	0,25 ±0,07 °C/década	1,18 ±0,33 °C	1,95 ±0,55 °C	3,13 ±0,88 °C
El Sauzal	0,17 ±0,05 °C/década	0,80 ±0,24 °C	1,33 ±0,39 °C	2,13 ±0,63 °C
El Tanque	n.s.			
Fasnia	0,28 ±0,07 °C/década	1,32 ±0,33 °C	2,18 ±0,55 °C	3,50 ±0,88 °C
Garachico	n.s.			
Granadilla	0,26 ±0,06 °C/década	1,22 ±0,28 °C	2,03 ±0,47 °C	3,25 ±0,75 °C
Guía de Isora	0,16 ±0,05 °C/década	0,75 ±0,24 °C	1,25 ±0,39 °C	2,00 ±0,63 °C
Güímar	0,31 ±0,07 °C/década	1,46 ±0,33 °C	2,42 ±0,55 °C	3,88 ±0,88 °C
Icod	0,17 ±0,09 °C/década	0,80 ±0,42 °C	1,33 ±0,70 °C	2,13 ±1,13 °C
La Guancha	0,41 ±0,15 °C/década	1,93 ±0,71 °C	3,20 ±1,17 °C	5,13 ±1,88 °C
La Laguna	0,16 ±0,09 °C/década	0,75 ±0,42 °C	1,25 ±0,70 °C	2,00 ±1,13 °C
La Matanza	n.s.			
La Orotava	0,33 ±0,10 °C/década	1,55 ±0,47 °C	2,57 ±0,78 °C	4,13 ±1,25 °C
La Victoria	0,14 ±0,08 °C/década	0,66 ±0,38 °C	1,09 ±0,62 °C	1,75 ±1,00 °C
Los Realejos	0,37 ±0,09 °C/década	1,74 ±0,42 °C	2,89 ±0,70 °C	4,63 ±1,13 °C
Los Silos	-0,16 ±0,11 °C/década	-0,75 ±0,52 °C	-1,25 ±0,86 °C	-2,00 ±1,38 °C
Puerto de la Cruz	0,55 ±0,09 °C/década	2,59 ±0,42 °C	4,29 ±0,70 °C	6,88 ±1,13 °C
San Juan de la Rambla	0,4 ±0,15 °C/década	1,88 ±0,71 °C	3,12 ±1,17 °C	5,00 ±1,88 °C
San Miguel	0,24 ±0,07 °C/década	1,13 ±0,33 °C	1,87 ±0,55 °C	3,00 ±0,88 °C
Santa Cruz de Tenerife	0,27 ±0,07 °C/década	1,27 ±0,33 °C	2,11 ±0,55 °C	3,38 ±0,88 °C
Santa Úrsula	0,25 ±0,08 °C/década	1,18 ±0,38 °C	1,95 ±0,62 °C	3,13 ±1,00 °C
Santiago del Teide	n.s.			
Tacoronte	0,26 ±0,07 °C/década	1,20 ±0,32 °C	2,05 ±0,55 °C	3,25 ±0,88 °C
Tegueste	0,16 ±0,05 °C/década	0,74 ±0,23 °C	1,26 ±0,40 °C	2,00 ±0,63 °C
Vilafior	0,31 ±0,07 °C/década	1,43 ±0,32 °C	2,45 ±0,55 °C	3,88 ±0,88 °C

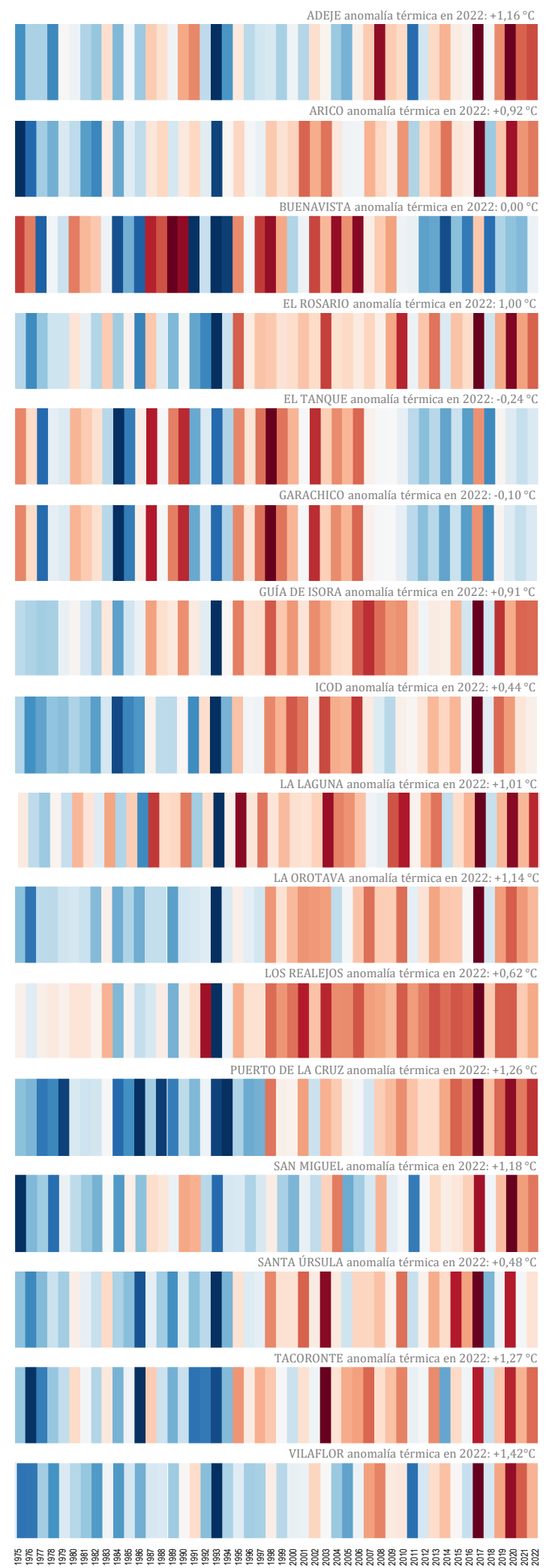
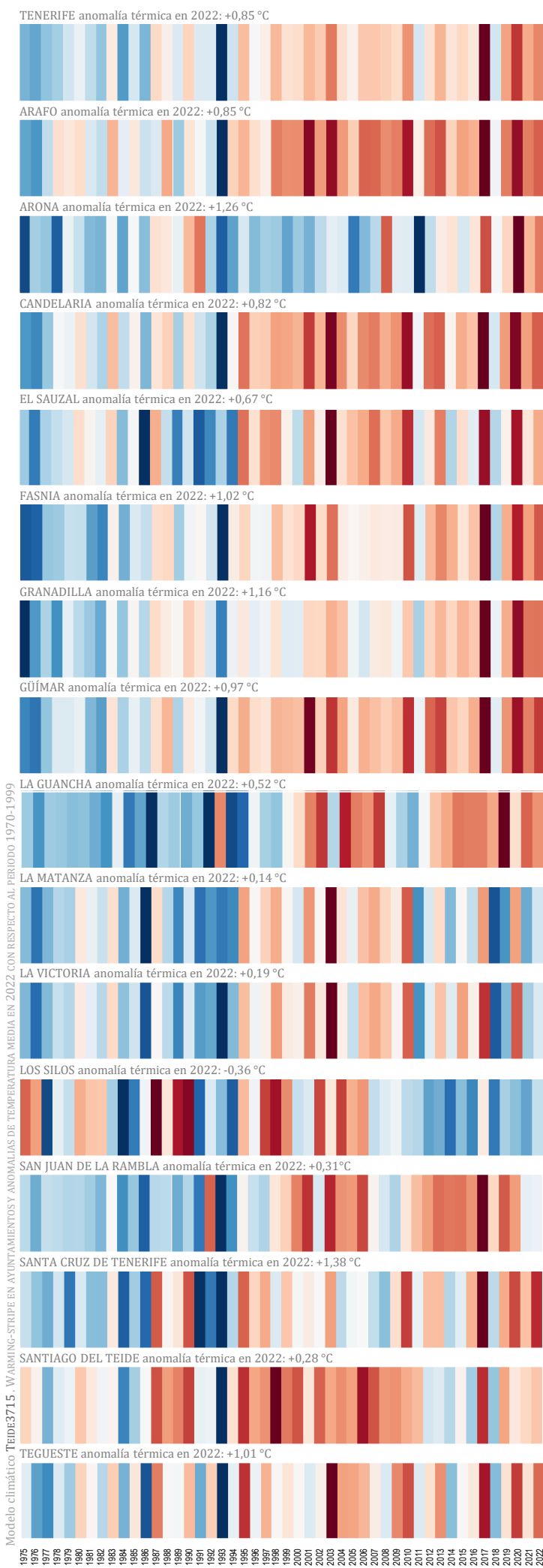
n.s. indica que no hay tendencia estadísticamente significativa en ese lugar concreto

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. & M.J. 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 Luis, T. & Martín-Esquivel, J.L. 2021. Cambio climático en Tenerife 2021. Observatorio del cambio climático y la energía de Tenerife. https://ocet.es/wp-content/uploads/2023/01/Cambioclimatico_Tenerife_2021_Luis_Martin2022.pdf
- ⁴ 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.
- ⁵ Cuevas, E, García, O.E., Rivas P.P. & León-Luis S.F. 2022. Las concentraciones atmosféricas de CO₂ y CH₄ medidas en el Observatorio de Izaña continúan su tendencia ascendente. *Publicada el 23 junio, 2022 por aemetblog*
- ⁶ Luque, A. & J.L. Martín-Esquivel (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. Inédito, Viceconsejería de Transición ecológica, Gobierno de Canarias.
- ⁷ 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.
- ⁸ WMO (2010). *Guide to the GCOS Surface Network (GSN) and GCOS Upper-Air Network (GUAN)*, GCOS-144, WMO TD 1558
- ⁹ Stepanek P (2007). AnClim—software for time series analysis (for Windows). Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, Masaryk University, Brno. 1.47 MB.
- ¹⁰ Guijarro, J. A. (2018). Homogenization of climatic series with Climatol. Reporte técnico State Meteorological Agency (AEMET), Balearic Islands Office, Spain.
- ¹¹ Alexandersson H, Moberg (1997). A homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends. *Int J Climatol* 17:25–34
- ¹² 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
- ¹³ 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

- ¹⁴ Osborn T.K., Briffa K.R., Jones P.D. (1997). Adjusting variance for sample-size in tree-ring chronologies and other regional mean time series. *Dendrochronologia* 15:89-99
- ¹⁵ Santer, B.D, Wigley, T.M.L., Boyle, J.S., Gaffen, D.J., Hnilo J.J., Nychka D., Parker D.E. & Taylor K.E. (2000). Statistical significance of trends and trend differences in layer-average atmospheric temperature time series. *J Geophys Res* 105(D6):7337-7356
- ¹⁶ 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.
- ¹⁷ Thornthwaite, C.W. (1948) An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, Vol. 38, No. 1(Jan.):55-94.
- ¹⁸ Thornthwaite, C. W., and Mather, J.R. (1955) The water balance. *Publications in Climatology*, Volume 8(1), Laboratory of Climatology
- ¹⁹ Thornthwaite, C. W., and Mather, J.R. (1957). Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Publications in climatology*, Volume 10(3), Laboratory of Climatology
- ²⁰ Emberger, L. (1955) Une classification biogeographique des climats. *Receuil des travaux des laboratoires de botanique, geologie et zoologie de la faculte des sciences de l'universite de Montpellier (Serie Botanique)*, Fascicule 7, 3-43.
- ²¹ Lang, R., (1920). *Verwitterung und Bodenbildung als Einfuehrung in die Bodenkunde*. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart
- ²² De Martonne E. (1925). *Traite de Geographie Physique*: 3 tomes, Paris
- ²³ Dorta, P., López-Díaz, A. & Díaz-Pacheco, J. (2018). El calentamiento global en el Atlántico Norte Suroriental *Cuadernos Geográficos* 57(2), 27-52
- ²⁴ García Herrera, R., Gallego Puyol, D., Hernández-Martin, E., Gimeno Presa, L & Ribera Rodriguez, P. (2001). Influence of the North Atlantic Oscillation on the Canary Islands Precipitation. *Journal of climate*, 14: 3889-3903
- ²⁵ Polanco, J., Ganzedo, U., Sáenz, J., Caballero-Alfonso, A. M., & Castro-Hernández, J. J. (2011). Wavelet analysis of correlation among Canary Islands octopus captures per unit effort, sea-surface temperatures and the North Atlantic Oscillation. *Fisheries research*, 107(1-3), 177-183
- ²⁶ 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.
- ²⁷ Loarie, S. R., Duffy, P. B., Hamilton, H., Asner, G. P., Field, C. B., & Ackerly, D. D. (2009). The velocity of climate change. *Nature*, 462(7276), 1052-1055.
- ²⁸ 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.



1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022