



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“Análisis hidroclimático histórico de ecosistemas de páramo en la provincia de
Tungurahua en puntos centinela”**

Trabajo de titulación modalidad proyecto técnico, presentado previo a la obtención del título
de Ingeniera Civil.

Autora: Daniela Cristina Sánchez Falconí

Tutor: Ing. Bolívar Eduardo Paredes Beltrán, PhD.

Ambato – Ecuador

Junio - 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor proyecto técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **"ANÁLISIS HIDROCLIMÁTICO HISTÓRICO DE ECOSISTEMAS DE PARAMO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA EN PUNTOS CENTINELA"**, elaborado por la estudiante Sánchez Falconi Daniela Cristina, portador de la cédula de ciudadanía número 0504304874, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, junio 2026



Ing. Bolívar Eduardo Paredes Beltrán, PhD.

C.C.: 1804041646

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Daniela Cristina Sánchez Falconí**, con C.C.: 0504304874 declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente proyecto técnico con el tema: **"ANÁLISIS HIDROCLIMÁTICO HISTÓRICO DE ECOSISTEMAS DE PARAMO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA EN PUNTOS CENTINELA"**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto técnico, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, junio 2026



.....
Daniela Cristina Sánchez Falconí

C.C.: 0504304874

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi proyecto técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, junio 2026



Sánchez Falconí Daniela Cristina

C.C. 0504304874

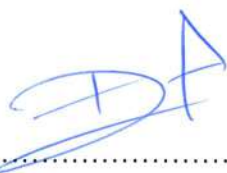
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del proyecto técnico realizado por el estudiante nombres y apellidos, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **"ANÁLISIS HIDROCLIMÁTICO HISTÓRICO DE ECOSISTEMAS DE PARAMO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA EN PUNTOS CENTINELA"**.

Ambato, junio 2026

Por constancia firma:



.....
Ing. Diana Victoria Arellano Yasaca, Mg
C.I. 0603812975

MIEMBRO CALIFICADOR



.....
Ing. Lidia Johanna Gallardo Donoso, MsC.
C.I. 0604485961

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios, por ser guía y fortaleza en cada momento, por darme la sabiduría necesaria para llegar hasta aquí y la fe para no rendirme.

A mi familia, mi fortaleza constante de amor y sacrificio, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por cada palabra de aliento y cada abrazo oportuno. Este logro es tan suyo como mío.

A mis amigos, compañeros de camino, por las risas compartidas, el apoyo sincero y por recordarme que no estaba sola en este proceso.

A mi ingeniero, por su orientación y paciencia, por compartir su conocimiento y guiarme con dedicación a lo largo de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Culminar este proyecto de titulación representa el cierre de una de las etapas más desafiantes y gratificantes de mi vida. Este logro no es solo mío, sino el resultado del apoyo, la fe y el esfuerzo de personas maravillosas que caminaron a mi lado.

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso. Por darme la sabiduría necesaria para no rendirme en los momentos de incertidumbre y por permitirme llegar a la meta con la satisfacción del deber cumplido. Su presencia en mi vida ha sido el motor que me impulsó a superar cada obstáculo con fe y esperanza.

A mi familia, por su amor incondicional y sus sacrificios. Ustedes han sido mi refugio seguro y mi mayor motivación. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por sus palabras de aliento y por cada abrazo que me dio las fuerzas para continuar. Este título les pertenece, pues es el fruto de todo lo que han sembrado en mí.

A mis amigos, por los momentos compartidos y el apoyo leal. Gracias por las risas que aligeraron las jornadas de estudio, por estar presentes en los días de presión y por recordarme siempre que no estaba sola en este camino. Su amistad ha sido un regalo invaluable que hizo este proceso mucho más especial.

A mi tutor, el Ing. Bolívar Eduardo Paredes Beltrán, PhD., por su guía magistral y su confianza en mi capacidad. Gracias por compartir su conocimiento con generosidad, por su paciencia en cada revisión y por exigirme siempre la excelencia. Su mentoría no solo orientó este trabajo académico, sino que dejó una huella importante en mi formación como futura profesional.

Finalmente, a la Universidad Técnica de Ambato, mi casa de estudios, por brindarme las herramientas y el entorno necesario para crecer académica y personalmente durante estos años.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

Portada.....	i
Aprobación del tutor.....	ii
Autoría del trabajo de titulación	iii
Derechos de autor	iv
Aprobación del tribunal de grado	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Índice general de contenido.....	viii
Índice de figuras	x
Índice de tablas	xi
Índice de anexos	xi
Siglas, acrónimos y abreviaturas	xiii
Resumen ejecutivo.....	xiv
Abstract.....	xv
Capítulo I.- Marco teórico	1
I. Justificación.....	1
II. Antecedentes investigativos	2
III. Objetivos	3
A. Objetivo general	3
B. Objetivo específico.....	3
Capítulo II.-Metodología	4
I. Equipos y materiales	4
II. Metodología	5
Capítulo III.-Resultados y discusión	12
I. Análisis y discusión de los resultados	12

A. Primera fase.....	12
Capítulo IV.-Conclusiones y recomendaciones	51
I. Conclusiones	51
II. Recomendaciones.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	54
ANEXOS	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1. Estación Cevallos climatología mensual.....	19
Fig 2. Estación Embalse Chiquiurcu climatología mensual.....	19
Fig 3. Estación Colegio Antonio José de Sucre climatología mensual	20
Fig 4. Estación Hacienda Cunchibamba climatología mensual	20
Fig 5. Estación Hacienda Guadalupe climatología mensual	21
Fig 6. Estación Parque Familia Baños climatología mensual	21
Fig 7. Estación Aeropuerto Ambato climatología mensual	22
Fig 8. Estación Embalse Mula Corral climatología mensual	22
Fig 9. Estación Chaupiloma climatología mensual	23
Fig 10. Estación Pampas de Salasaca climatología mensual.....	23
Fig 11. Estación Escuela Tansiteo climatología mensual	24
Fig 12. Estación Embalse Pisayambo climatología mensual	24
Fig 13. Estación Baños climatología mensual.....	25
Fig 14. Estación Colegio Pedro Fermin Cevallos (Cevallos) climatología mensual.....	25
Fig 15. Estación Querochaca (UTA) climatología mensual	26
Fig 16. Estación Patate climatología mensual	26
Fig 17. Estación Píllaro climatología mensual	27
Fig 18. Estación Cevallos anomalías.....	30
Fig 19. Estación Embalse Chiquiurcu anomalías	30
Fig 20. Estación Colegio Antonio José de Sucre anomalías	31
Fig 21. Estación Hacienda Cunchibamba anomalías.....	31
Fig 22. Estación Hacienda Guadalupe anomalías	32
Fig 23. Estación Parque Familia Baños anomalías.....	32
Fig 24. Estación Aeropuerto Ambato anomalías	33
Fig 25. Estación Embalse Mula Corral anomalías	33
Fig 26. Estación Chaupiloma anomalías	34
Fig 27. Estación Pampas de Salasaca anomalías	34
Fig 28. Estación Escuela Tasinteo anomalías	35
Fig 29. Estación Embalse Pisayambo anomalías.....	35
Fig 30. Estación Baños anomalías.....	36
Fig 31. Estación Colegio Pedro Fermin Cevallos anomalías	36

Fig 32. Estación Querochaca (UTA) anomalías	37
Fig 33. Estación Patate anomalías	37
Fig 34. Estación Píllaro anomalías	38
Fig 35. Estación Cevallos series anuales	38
Fig 36. Estación Embalse Chiquiurcu series anuales	39
Fig 37. Estación Colegio Antonio José de Sucre series anuales.....	39
Fig 38. Estación Hacienda Cunchibamba series anuales.....	40
Fig 39. Estación Hacienda Guadalupe series anuales.....	40
Fig 40. Estación Parque Familia Baños series anuales.....	41
Fig 41. Estación Aeropuerto Ambato series anuales	41
Fig 42. Estación Embalse Mula Corral series anuales.....	42
Fig 43. Estación Chaupiloma series anuales	42
Fig 44. Estación Pampas de Salasaca series anuales	43
Fig 45. Estación Escuela Tasinteo series anuales	43
Fig 46. Estación Pisayambo series anuales	44
Fig 47. Estación Baños series anuales	44
Fig 48. Estación Colegio Pedro Fermín series anuales	45
Fig 49. Estación Querochaca (UTA) series anuales	45
Fig 50. Estación Patate series anuales	46
Fig 51. Estación Píllaro series anuales	46

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I.....	13
TABLA II.....	16
TABLA III	17

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: estación Cevallos comparación de traslape en precipitación.....	57
Anexo 2: estación Cevallos comparación de traslape en temperatura.....	57
Anexo 3: estación Patate comparación de traslape en precipitación	57

Anexo 4: estación Píllaro comparación de traslape en precipitación	58
Anexo 5: estación Píllaro comparación de traslape en temperatura.....	58
Anexo 6: estación Colegio Pedro Fermin Cevallos comparación de traslape en precipitación	58
Anexo 7: estación Colegio Pedro Fermin Cevallos comparación de traslape en temperatura	58
Anexo 8: estación Patate comparación de traslape en precipitación	58
Anexo 9: estación Píllaro comparación de traslape en precipitación	59
Anexo 10: estación Píllaro comparación de traslape en temperatura	59
Anexo 27: estación Colegio Jorge Araujo (Píllaro) test Buishand precipitación	64
Anexo 33: estación Píllaro test Buishand precipitación	66
Anexo 35: estación Cevallos Test de Pettitt precipitación.....	66
Anexo 36: estación Cevallos Test de Pettitt temperatura	67
Anexo 39: estación Colegio Jorge Araujo (Píllaro) Test de Pettitt precipitación	68
Anexo 40: estación Colegio Jorge Araujo (Píllaro) Test de Pettitt temperatura.....	68
Anexo 41: estación Colegio Pedro Fermin Cevallos Test de Pettitt precipitación	68
Anexo 45: estación Píllaro Test de Pettitt precipitación.....	70
Anexo 48: estación Cevallos test SNHT temperatura	71
Anexo 50: estación Colegio Benjamín Araujo (Patate) test SNHT temperatura.....	71
Anexo 51: estación Colegio Jorge Araujo (Píllaro) test SNHT precipitación	71
Anexo 53: estación Colegio Pedro Fermin Cevallos test SNHT precipitación.....	72
Anexo 54: estación Colegio Pedro Fermin Cevallos test SNHT temperatura.....	72
Anexo 59: Tabla de comparación métrica	76
Anexo 60: Tabla de estadística descriptiva de estaciones	76
Anexo 61: Resultados de test de Mann-Kendall y pendiente sen.....	77

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

OMM	Organización Meteorológica Mundial
ERA5	Land Reanálisis climático de ECMWF para superficie terrestre
CHIRPS	Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations
SIG	Sistemas de Información Geográfica
HGPT	Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua
SNHT	Standard Normal Homogeneity Test
m s n m	metros sobre el nivel del mar
°C grados	Celsius
PBIAS	Percent Bias
MAE	Mean Absolute Error
RMSE	Root Mean Square Error
r	coeficiente de correlación de Pearson
MK	Mann Kendall
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
ECMWF	European Centre for Medium Range Weather Forecasts
v2	versión 2
s n	sin número
UCSB	University of California Santa Barbara

RESUMEN EJECUTIVO

La seguridad hídrica de Tungurahua depende de los ecosistemas de páramo, fuente vital para Ambato, Pillaro, Cevallos, Patate y Baños. No obstante, su gestión técnica es limitada por la escasa cobertura meteorológica en alta montaña y registros históricos incompletos. Esta investigación analizó el comportamiento hidroclimático histórico (1985-2024) mediante puntos centinela, integrando registros de 17 estaciones (redes INAMHI y HGPT) con las bases globales ERA5-Land y CHIRPS v2.0.

La metodología incluyó protocolos de homogeneización estadística (test de Pettitt, SNHT y Buishand) y una validación cruzada que permitió aplicar una corrección de sesgo mensual, detectando que ERA5-Land subestima la temperatura en un promedio de $+2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se emplearon el test de Mann-Kendall y el estimador Sen's Slope para identificar tendencias significativas.

Los hallazgos evidencian un calentamiento estadísticamente significativo en la estación Pillaro ($+0.023^{\circ}\text{C/año}$), con un aumento acumulado de $+0.75\text{ }^{\circ}\text{C}$. La precipitación no presentó tendencias lineales significativas, indicando que la variabilidad interanual domina el régimen local. Como producto de transferencia, se generaron fichas climatológicas automatizadas y cartografía temática para el HGPT y el Fondo de Páramos, facilitando una gestión territorial basada en evidencia científica.

Se concluye que la integración de datos globales corregidos es una herramienta sólida para reducir los vacíos de información en ecosistemas de montaña, aportando insumos críticos para la planificación hídrica y la adaptación al cambio climático en Tungurahua.

Palabras clave: PÁRAMO, HIDROCLIMA, ERA5-LAND, CHIRPS, MANN-KENDALL, TUNGURAHUA, REGULACIÓN HÍDRICA.

ABSTRACT

Water security in Tungurahua relies on páramo ecosystems, a vital source for Ambato, Píllaro, Cevallos, Patate, and Baños. Nonetheless, technical management is limited by sparse meteorological coverage in high-mountain areas and incomplete historical records. This research analyzed historical hydroclimatic behavior (1985–2024) through sentinel points, integrating records from 17 stations (INAMHI and HGPT networks) with global ERA5-Land and CHIRPS v2.0 datasets.

The methodology included statistical homogenization protocols (Pettitt, SNHT, and Buishand tests) and a cross-validation procedure that enabled the application of monthly bias correction, detecting that ERA5-Land underestimates temperature by an average of $+2.2^{\circ}\text{C}$. The non-parametric Mann-Kendall test and Sen's Slope estimator were employed to identify significant trends.

Findings reveal a statistically significant warming trend at the Píllaro station ($+0.023^{\circ}\text{C}/\text{year}$), resulting in a cumulative increase of $+0.75^{\circ}\text{C}$ over the study period. Precipitation presented no significant linear trends, indicating that interannual variability dominates the local pluviometric regime. As a knowledge transfer product, automated climatological fact sheets and thematic cartography were developed for the HGPT and the Páramo Fund, facilitating evidence-based territorial management.

It is concluded that integrating bias-corrected global data is a robust tool for bridging information gaps in mountain ecosystems, providing essential inputs for water resource planning and climate change adaptation in the province of Tungurahua

Keywords: PÁRAMO, HYDROCLIMATE, ERA5-LAND, CHIRPS, MANN-KENDALL, TUNGURAHUA, HYDROLOGICAL REGULATION.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

I. JUSTIFICACIÓN

El estudio de ecosistemas de páramo en la provincia de Tungurahua es una prioridad estratégica para la seguridad hídrica regional. Estos ecosistemas contribuyen significativamente al almacenamiento y liberación gradual del agua, permitiendo el sostenimiento de caudales y el abastecimiento hídrico en zonas bajas, lo que los convierte en sistemas estratégicos para el desarrollo sostenible del territorio.

A pesar de su importancia vital, la gestión técnica de estos recursos enfrenta un obstáculo crítico: la escasez de información hidroclimática continua y de alta calidad en zonas sobre los 3000 m s.n.m. La red observacional convencional presenta limitaciones en densidad y continuidad temporal, lo que genera vacíos de conocimiento que dificultan la predicción de respuestas ecosistémicas ante la variabilidad climática. Por ello, esta investigación se justifica técnicamente al proponer una solución innovadora: la integración de registros observados locales con productos climáticos globales de vanguardia, específicamente ERA5-Land para temperatura y CHIRPS v2.0 para precipitación. [1] [2]

Desde el punto de vista científico, el uso de series temporales que cubren un período de 40 años (1985-2024) cumple con creces los estándares de la Organización Meteorológica Mundial para establecer líneas base climatológicas robustas. La aplicación de protocolos de homogeneización estadística (test de Pettitt, SNHT, Buishand) y la corrección de sesgo mensual garantizan que los resultados no solo sean descriptivos, sino que posean una validez estadística que respalde hallazgos críticos, como la tendencia de calentamiento identificada en la estación Píllaro (+0,023 °C/año). [3] [4] [5]

En el ámbito metodológico y territorial, la combinación del análisis estadístico de Mann-Kendall con herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite espacializar la variabilidad climática, transformando datos numéricos abstractos en cartografía temática y fichas climatológicas automáticas. Estos productos constituyen un aporte directo de transferencia de conocimiento para el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT) y el Fondo de Páramos, permitiendo que los planes de manejo y las estrategias de conservación se diseñen sobre una base técnica de evidencia histórica corregida y validada localmente. [6]

Finalmente, este estudio adquiere una relevancia imperativa ante el escenario de cambio climático. Comprender las tendencias históricas de la temperatura y la precipitación en los

puntos centinela de Tungurahua no solo enriquece el acervo científico académico, sino que dota a la provincia de herramientas de resiliencia y adaptación, asegurando que la protección de los páramos se traduzca en el bienestar de su población.

II. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Los ecosistemas de paramo han sido ampliamente estudiados en el Ecuador debido a su rol crítico en la regulación hídrica y en la provisión de servicios ecosistemas. Diversas investigaciones han abordado el análisis hidrológico y climático de estas zonas, destacando su papel en el almacenamiento, regulación y distribución del agua en cuencas altoandinas. [7], [8], [9]

A nivel nacional, el estudio desarrollado por Patricio Crespo (2010) analizó el comportamiento hidrológico de cuencas con cobertura de paramo en el sur del Ecuador, evidenciando la alta capacidad de estos ecosistemas para regular caudales, especialmente durante periodos secos. El autor resalta la importancia del uso de series temporales de largo plazo para comprender la dinámica hidrológica y la relación entre precipitación, escorrentía y caudales base. [10]

Por su parte, Córdova (2013) evaluó la variabilidad climática en ecosistemas de paramo del Ecuador central, mediante el análisis de datos de precipitación y temperatura provenientes de estaciones meteorológicas. Los resultados mostraron patrones de variabilidad estacional e interanual influenciados por factores altitudinales y geográficos, lo que evidencia la complejidad del comportamiento climático en regiones de alta montaña. [11]

En el ámbito de la caracterización hidroclimática, Guallpa (2017) analizo series históricas de precipitación y temperatura en cuencas de alta montaña, destacando la influencia de la variabilidad climática sobre los procesos hidrológicos. El estudio enfatiza la necesidad de integrar análisis temporal y espacial mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para una mejor comprensión del comportamiento hidro climático. [8]

De igual manera, Mena (2018) investigo la influencia del cambio climático en la disponibilidad hídrica de los ecosistemas del páramo, identificando tendencias en las variables climáticas que evidencian la sensibilidad de estos sistemas frente a cambios en el clima. Este trabajo resalta la importancia de fortalecer estudios históricos para apoyar la toma de decisiones en gestión ambiental. [9]

Más recientemente, Villacis (2020) desarrollo un análisis espacial de variables climáticas en ecosistemas de paramo utilizando herramientas SIG, demostrando la utilidad de la cartografía temática para representar la distribución espacial de la precipitación y la temperatura, así como para apoyar procesos de planificación territorial. [12]

En conjunto, estos estudios evidencian que, si bien existe un importante avance en el análisis hidrológico y climático de los ecosistemas de paramo en el Ecuador, aún persisten vacíos en la integración de análisis hidro climáticos históricos con enfoques espaciales aplicados a escalas locales específicas, como la provincia de Tungurahua. En este contexto, la presente investigación aporta al fortalecimiento del conocimiento técnico mediante el análisis conjunto de series temporales y la representación espacial de variables hidro climáticas en puntos centinela.

III.OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Analizar el comportamiento hidroclimático histórico de los ecosistemas de páramo en la provincia de Tungurahua en puntos centinela.

B. OBJETIVO ESPECÍFICO

- 1) Caracterizar la precipitación y la temperatura históricas en ecosistemas de páramo de la provincia de Tungurahua en puntos centinela, mediante el control de calidad y estadística descriptiva de series temporales verificables.
- 2) Evaluar la variabilidad temporal (estacional e interanual) de la precipitación y temperatura en el área de estudio, aplicando métodos estadísticos apropiados a la naturaleza de los datos.
- 3) Representar espacialmente los patrones hidroclimáticos identificados mediante cartografía térmica elaborada en un entorno SIG, con criterios técnicos reproducibles.

CAPÍTULO II.-METODOLOGÍA

I. EQUIPOS Y MATERIALES

Para el cumplimiento de los objetivos de la presenta investigación, se emplearon recursos tecnológicos de alto rendimiento, lenguajes de programación especializados y bases de datos hidroclimáticas global y local.

Equipos

- **Unidad de procesamiento:** Computadora portátil con arquitectura de 64 bits y capacidad de procesamiento multihilo, necesario para el manejo de grandes volúmenes de datos geoespaciales (Big Data climático).
- **Almacenamiento:** Sistemas de respaldo físico (disco duro externo) y digital en la nube, destinados a asegurar la integridad de los 480 archivos GeoTIFF y los productos NetCDF generados.

Software y Herramientas de programación

A diferencia de los métodos convencionales, esta tesis integró algoritmos automatizados para garantizar la reproducibilidad de los resultados:

- **Python 3.11 (Entorno de desarrollo):** Constituyó la herramienta principal para la arquitectura de datos. Se utilizaron librerías específicas para la gestión hidroclimática.
 - *Pandas y Openpyxl:* Para la estructuración, limpieza y depuración de las series temporales de las estaciones meteorológicas
 - *Xarray y NetCDF4:* Para la lectura, manipulación y conversión (kelvin a Celsius) de los datos multidimensionales de ERA5-Land.
 - *Pymannkendall:* Para la ejecución del test estadístico no paramétrico de Mann-Kendall y la identificación de tendencias climáticas.
 - *Geopandas:* Para la gestión de información vectorial (shapefiles) de los planes de manejo y el cálculo de centroides.
- **Sistema de Información Geográfica (SIG):** Se emplearon ArcMap 10.x, ArcGis Pro y QGIS para la elaboración de la cartografía temática con una resolución de salida de 300 dpi, permitiendo la representación espacial de las tendencias de calentamiento y precipitación
- **Microsoft Excel:** Utilizando exclusivamente como interfaz de entrada para el catálogo de estaciones y metadatos operativos.

Fuentes de información

Se integraron datos de tres fuentes institucionales y dos repositorios globales de vanguardia.

- **Datos Observados (Red Local):**
 - **INAMHI:** Registros históricos mensuales de temperatura y precipitación (período 1992-2013).
 - **Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT):** Datos operativos de la Red Hidrometeorológica de Tungurahua (período 2013-2025)
- **Bases de Datos Climáticas Globales:**
 - **ERA5-Land (ECMWF):** Reanálisis atmosférico con resolución de ~ 9 km, utilizado para obtener series continuas de temperatura del aire a 2 metros.
 - **CHIRPS v2.0 (UCSB):** Producto satelital con resolución de ~ 5.5 km, diseñado para el monitoreo de precipitación en zonas de topografía compleja como los páramos andinos.

II. METODOLOGÍA

Enfoque y tipo de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, fundamentado en la recolección y el procesamiento numérico de variables hidroclimáticas esenciales: temperatura del aire a 2 metros y precipitación acumulada. Este enfoque permitió la aplicación de métodos estadísticos robustos para identificar patrones, tendencias monotónicas y la magnitud de la variabilidad en series de tiempo de largo plazo.

El tipo de estudio es descriptivo-analítico, orientado no solo para caracterizar el comportamiento histórico de las variables, sino a analizar críticamente su variabilidad temporal y distribución espacial en el territorio. Este nivel de análisis es fundamental para comprender la dinámica climática en los ecosistemas de páramo y su incidencia directa en la regulación del recurso hídrico en la región interandina.

El diseño de la investigación es no experimental y retrospectivo, dado que se analizaron datos históricos ya registrados por redes observacionales y sistemas globales de reanálisis, sin manipulación directa de las variables. El carácter retrospectivo permitió evaluar el comportamiento hidroclimático en un horizonte de 40 años, garantizando la representatividad estadística de los hallazgos.

Área de estudio y delimitación

El área de estudio comprende los ecosistemas de páramo de la provincia de Tungurahua localizados en el callejón interandino del Ecuador, delimitados geográficamente entre las coordenadas 1°0' S -1°54'S y 78 °0'W -79°18'W. Estos ecosistemas se sitúan en zonas de alta montaña, generando sobre los 3000 m s.n.m., y se caracterizan por una vegetación adaptada y suelos ándicos con alta capacidad de retención de agua actuando como fuentes de abastecimiento para cantones como Ambato, Píllaro, Cevallos, Patate y Baños.

La delimitación espacial se enfocó en zonas estratégicas de conservación administradas por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT) y en el Fondo de Páramos Tungurahua y Lucha contra la Pobreza. El análisis principal se desarrolló considerando cuatro puntos centinela representativos: PMP Poaló, PMP Sucre, PMP Frente Sur Occidental y PMP Llangahua. Adicionalmente, al verificarse la factibilidad metodológica y la disponibilidad de información geoespacial, se extendió la generación de fichas climatológicas al conjunto de planes de manejo de páramo de la provincia de Tungurahua. Esta ampliación constituye un producto técnico complementario de transferencia, sin modificar el alcance central aprobado del trabajo.

Delimitación temporal

Desde el punto de vista cronológico, la investigación abarca el período comprendido entre enero de 1985 y diciembre de 2024, totalizando 480 meses de datos continuos. Esta extensión temporal cumple y supera el umbral mínimo de 30 años recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para establecer condiciones climáticas normales y caracterizar la variabilidad de largo plazo. Adicionalmente, se definió el período 1991-2020 como la línea base de referencia climatológica para el cálculo de anomalías y la generación de cartografía temática. [13]

Recolección de datos

La recolección de datos se realizó mediante la obtención de series históricas de precipitación y temperatura provenientes de fuentes oficiales y bases de datos globales. Se priorizó la selección de información continua y de alta calidad, con el fin de asegurar la representatividad del análisis.

Fuentes de Datos Observados (Red Local)

Se recopilaron registros mensuales de temperatura media y precipitación acumulada de un total de 17 estaciones meteorológicas con incidencia en la provincia de Tungurahua. La construcción de las series históricas se realizó mediante la fusión de dos fuentes institucionales principales.

Para garantizar la coherencia técnica del estudio y evitar confusiones en los alcances temporales, se definieron marcos cronológicos específicos según su función metodológica. Se estableció el periodo 1985–2024 como el horizonte central de estudio para las series globales corregidas, utilizando la línea base 1991–2020 de la OMM para el cálculo de estadísticas descriptivas, anomalías y la caracterización climática de referencia. Estos productos fueron validados y ajustados mediante registros observados *in situ* que abarcan los periodos 1992–2013 (INAMHI) y 2013–2025 (HGPT). Finalmente, se empleó el periodo común de traslape instrumental entre las estaciones físicas y los modelos globales para la validación cruzada y la determinación de los factores de corrección de sesgo mensual. [13] [14]

- **Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI):** Se extrajeron registros históricos validados correspondientes al período 1992-2013.
- **Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT):** Se integraron los datos operativos de la Red hidrometeorológica de Tungurahua para el período 2013-2025 permitiendo dar continuidad a las series del INAMHI y añadir nuevos puntos de monitoreo en zonas de páramo.

Bases de Datos Climáticas Globales

Para garantizar una cobertura espacial total y un período de análisis uniforme de 40 años (1985-2024), se utilizaron dos productos globales de alta resolución, seleccionados por su trazabilidad y amplio uso en ecosistemas andinos.

1. **ERA5-Land (ECMWF):** Reanálisis climático que proporciona datos de temperatura del aire a 2 metros con una resolución espacial de ~ 9 km ($0.1^\circ \times 0.1^\circ$). Este producto permite representar gradientes térmicos en zonas de topografía compleja donde no existen estaciones físicas. [1]
2. **CHIRPS v2.0 (UCSB):** Producto satelital diseñado por el Climate Hazards Group que combina datos infrarrojos con registros de estaciones terrestres para estimar la precipitación mensual a una resolución de $\sim 5,5$ km ($0.05^\circ \times 0.05^\circ$). Su uso es

fundamental para el monitoreo hidroclicmático en regiones con baja densidad de sensores. [2]

Clasificación y Criterios de Selección

Con el fin de asegurar la robustez estadística, las estaciones meteorológicas fueron clasificadas en dos niveles de análisis según la longitud y calidad de sus registros.

- **Grupo A:** Estaciones con series históricas de mayor longitud, superiores a 20 años o con continuidad suficiente para realizar análisis temporal, considerando las limitaciones propias de la disponibilidad de datos en la provincia. Estos registros se consideran aceptables para análisis temporal bajo las limitaciones de información disponible para la detección de tendencias climáticas mediante el test Mann-Kendall
- **Grupo B (Series ~12-15 años):** Estaciones con registros más cortos, mayoritariamente de la red HGPT, utilizadas exclusivamente para la caracterización estadística descriptiva y validación espacial.

Los datos fueron organizados en estructuras digitales estandarizadas, homogeneizando unidades (grados Celsius para temperatura y milímetros para precipitación) y formatos, asegurando que cada registro mensual correspondiera a una fila única para facilitar su procesamiento algorítmico en Python.

Fases del procedimiento metodológico

El desarrollo de la presente investigación se estructuró en tres fases metodológicas interrelacionadas, diseñadas para transformar datos hidroclicmáticos brutos de diversas fuentes en producto de información territorial con validez estadística. Esta estructuración garantiza la trazabilidad de los procesos y la reproducibilidad de los resultados mediante el uso de algoritmos programados en Python 3.11.

Fase 1. Levantamiento, selección y preparación de la información

En esta fase inicial se realizó la identificación, recopilación y organización de la información hidroclicmática disponible para los ecosistemas de páramo de la provincia de Tungurahua.

1. **Consolidación de la Red de monitoreo:** Se considero como fuentes principales los registros del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y la Red Hidrometeorológica del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT). Se

seleccionaron 17 estaciones meteorológicas bajo criterios de representatividad altitudinal y continuidad temporal.

2. **Integración de Bases de Datos Globales (Big Data):** Ante la escasez de estaciones en las zonas altas de la montaña, se integraron productos de reanálisis y satelitales para el período de 40 años (1985-2024). Se utilizó ERA5-Land para temperatura y CHIRPS v2.0 para precipitación.
3. **Configuración del Entorno Computacional:** Se preparó un entorno de desarrollo en Python 3.11, instalando librerías especializadas como *xarray* y *netcdf4* para el manejo de archivos multidimensionales (.nc), y *rasterio* con *shapely* para el procesamiento de archivos GeoTIFF (.tif).
4. **Preprocesamiento Geoespacial:** Mediante el uso de las librerías *rasterio* y *shapely*, se normalizaron los datos globales. Los 480 archivos mensuales de CHIRPS fueron sometidos a un proceso de recorte espacial (masking) utilizando el límite provincial de Tungurahua (coordenadas 1°0' S – 1°54' S y 78°0' W – 79°18' W), reduciendo la carga computacional para los análisis posteriores

Fase 2. Control de calidad y análisis hidro climático temporal

En esta fase se desarrolló el proceso de depuración y validación de las series hidroclimáticas con el objetivo de garantizar la confiabilidad de los datos.

1. **Protocolo de Homogeneización Estricta:** Las series compuestas (fusión INAMHI+HGPT) fueron validadas mediante los tests de Pettitt (1979) y Buishand (1982). Un hallazgo crítico fue la detección de una ruptura estadística ($p < 0,01$) en la temperatura de la estación Cevallos. Al ser el valor de p inferior al nivel de significancia del 1%, se rechaza la hipótesis de homogeneidad, lo que resultó en su exclusión del análisis de tendencia para mantener el rigor científico del estudio. [5] [3]
2. **Validación Cruzada (Validation Metrics):** Se compararon los valores de los píxeles de los modelos globales con los registros con las estaciones in situ durante el período común. Se calcularon métricas de desempeño como el PBIAS (%), el Error Absoluto Medio (MAE), el Error Cuadrático Medio (RMSE) y la correlación de Pearson (r). [15], [16]
3. **Corrección de sesgo (Bias Correction):** Se aplicó la metodología de Teutschbein y Seibert (2012) para ajustar los datos globales a la realidad local. Se determinó que ERA5-Land subestima la temperatura en un promedio de +2.2°C, por lo que se aplicó

una corrección aditiva mensual. Para la precipitación, se empleó una corrección multiplicativa mensual basándose en un factor único provincial para minimizar la incertidumbre en zonas con baja densidad de sensores.

4. **Estadística Descriptiva:** Una vez validadas las series, se caracterizó el comportamiento histórico mediante el cálculo de la media, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación, utilizando el período de referencia OMM 1991-2020. [13]

Fase 3. Análisis espacial, cartografía temática y síntesis técnica

En la fase final se realizó la integración de la información hidroclimática validada en su entorno de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el análisis de tendencias a largo plazo.

1. **Detección de Tendencias (Mann-Kendall):** Se aplicó el test no paramétrico de Mann-Kendall mediante la librería `pymannkendall` sobre series anuales para identificar tendencias monotónicas (crecientes o decrecientes) con un nivel de significancia $\alpha=0.05$. Este método fue seleccionado por su capacidad para tolerar vacíos de información y su independencia de la distribución normal de datos. [6]
2. **Cuantificación del Cambio (Sen's Slope):** La magnitud de las tendencias significativas se estimó mediante la pendiente de Sen, permitiendo hallar resultados como el calentamiento de $+0.023^{\circ}\text{C/año}$ en la estación de Píllaro. [17]
3. **Modelamiento Cartográfico SIG:** Es importante precisar que, si bien el objetivo específico 3 contemplaba inicialmente la representación espacial mediante cartografía térmica, el procesamiento hidroclimático integral realizado permitió complementar este producto con cartografía de precipitación, tendencias y fichas climatológicas. Esta ampliación fortalece el valor técnico del trabajo y ofrece una visión multivariable del ecosistema, sin alterar los alcances centrales aprobados para la investigación. Utilizando ArcMap y ArcGIS Pro, se elaboraron 4 mapas temáticos con una resolución mínima de 300 dpi:
 - i. Red de estaciones
 - ii. Temperatura media corregida
 - iii. Precipitación media corregida
 - iv. Tendencias significativas
4. **Generación de productos de transferencia (Fichas Centinela):** Se automatizó la creación de fichas climatológicas en formatos PDF y PNG para los planes de manejo

del HGPT y el Fondo de Páramos. Estas fichas incluyen climogramas, análisis de las anomalías y ubicación geográfica, vinculando los resultados científicos con la planificación ambiental y territorial de la provincia. Si bien el estudio se centra en los cuatro puntos centinela de referencia (Poaló, Sucre, Frente Sur Occidental y Llangahua), se aprovechó la robustez del algoritmo para generar fichas para los 22 planes de manejo vigentes, funcionando como un producto de transferencia técnica hacia las instituciones locales.

CAPÍTULO III.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A. PRIMERA FASE

Red de Estaciones Meteorológicas

La red de monitoreo hidroclimática utilizada en el presente estudio integra registros de 17 estaciones meteorológicas activas en la provincia de Tungurahua, provenientes de dos fuentes institucionales: el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) con registros históricos de (1992-2013), y el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT), con datos operativos recientes (2013-2025). Tres de estas estaciones (Cevallos, Píllaro, Patate) cuentan con series compuestas que unifican ambas fuentes cubriendo un periodo de 33 años. Las estaciones se clasifican en dos grupos según la longitud y continuidad de sus registros.

- **Grupo A (Análisis de Tendencia):** Incluye estaciones con series superiores a 20 años o con continuidad suficiente para realizar análisis temporal, considerando las limitaciones de la provincia. Estas series son aceptables para análisis temporal bajo las limitaciones de información disponible mediante el test de Mann-Kendall. Este grupo lo integra Píllaro, Querochaca (M258), Baños (M029), Patate (solo precipitación) y Cevallos. Es importante señalar que la temperatura compuesta de Cevallos fue excluida del análisis de tendencia debido a una ruptura de homogeneidad estadísticamente significativa ($p < 0,01$), detectada mediante los tests de Pettitt, SNHT y Buishand, utilizándose únicamente su resgrito histórico INAMHI (1992-2013).
- **Grupo B (Estadística Descriptiva):** Comprende las 12 estaciones de la red automática del HGPT con registros de 10 a 12 años (2013-2025), destinadas exclusivamente a la caracterización del período actual y validación espacial de modelos globales.

El rango altitudinal de los puntos con registro oficial oscila entre los 1820 m s.n.m. (Baños) y los 2940 m s.n.m. (Querochaca), cubriendo los pisos montano alto y subpáramo. Las estaciones de la red HGPT, situadas mayoritariamente sobre los 3000 m s.n.m., carecen de datos altimétricos en el catálogo original, por lo que su altitud fue estimada mediante un modelo de elevación digital (DEM) para la generación de las fichas climatológicas centinela.

TABLA I
RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Nota: INAMHI (1992–2013); HGPT (2013–2025). Red de estaciones meteorológicas activas en la provincia de Tungurahua. Grupo A: series de mayor longitud, aceptables para análisis temporal bajo las limitaciones de información disponible. Grupo P excluir: excluida del análisis de tendencia por ruptura estadística.

Código	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud. (m)	Fuente	Período	N años	Gpo. T	Gpo. P
CEVALLOS	Cevallos	-1.356	-78.613	2910	INAMHI+HGPT	1992– 2025	34	excluir	A
PÍLLARO	Pillaro	-1.169	-78.553	2805	INAMHI+HGPT	1992– 2025	34	A	A
PATATE	Patate	-1.309	-78.509	2360	INAMHI+HGPT	1992– 2025	34	excluir	A
HGPT-MT- 01	Emb. Chiquiurcu	-1.211	-78.810	3280	HGPT	2013– 2025	12	B	B
HGPT-MT- 02	Col. A.J. Sucre	-1.260	-78.494	2360	HGPT	2013– 2023	10	B	B
HGPT-MT- 03	Hda. Cunchibamba	-1.134	-78.598	2640	HGPT	2013– 2025	12	B	B
HGPT-MT- 05	Hda. Guadalupe	-1.362	-78.494	2300	HGPT	2013– 2025	12	B	B
HGPT-MT- 06	Pq. Familia Baños	-1.397	-78.381	1820	HGPT	2013– 2025	12	B	B
HGPT-MT- 07	Aerop. Ambato	-1.214	-78.574	2550	HGPT	2013– 2025	12	B	B
HGPT-MT- 10	Emb. Mula Corral	-1.196	-78.829	3740	HGPT	2013– 2025	12	B	B
HGPT-MT- 11	Chaupiloma	-1.212	-78.721	3100	HGPT	2013– 2025	12	B	B
HGPT-MT- 12	Pampas Salasaca	-1.406	-78.689	3350	HGPT	2013– 2025	12	B	B
HGPT-MT- 13	Escuela Tasinteo	-1.167	-78.502	2850	HGPT	2013– 2025	12	B	B
HGPT-MT- 14	Emb. Pisayambo	-1.071	-78.394	3550	HGPT	2013– 2025	12	B	B
M029	Baños	-1.391	-78.418	2360	INAMHI	1992– 2013	21	A	A
M258	Querochaca (UTA)	-1.367	-78.605	2940	INAMHI	1992– 2013	21	A	A
M128	Col. P.F. Cevallos	-1.356	-78.613	2910	INAMHI	1992– 2013	21	A	excluir

La distribución espacial de las estaciones se presenta en el MAPA 1 (Lámina 1 de 4). El análisis del mapa revela una distribución heterogénea condicionada por la topografía provincial: la mayor densidad de estaciones se concentra en el sector central y oriental de Tungurahua (valles interandinos de los cantones Ambato, Cevallos, Patate, Baños), mientras que los sectores de paramo alto ubicados en el flanco occidental correspondientes a los páramos de la Cordillera Occidental, cuentan con menor cobertura instrumental. Esta limitación es reconocida como inherente a la disponibilidad de datos en la región y fue compensada mediante la integración de los productos globales ERA5-Land y CHIRPS, corregidos por sesgo sistemático respecto a las observaciones locales.

Las estaciones de HGPT (código HGPT-MT-XX) representan el aporte institucional más reciente a la red de monitoreo provincial, instaladas en el marco de proyectos de conservación y gestión de páramos. Su cobertura espacial es complementaria a la red histórica INAMHI, aunque sus series de corto plazo limitan su aplicación en análisis de tendencia de largo plazo.

Validación de datos globales y factores de corrección de sesgo

Previo al análisis espacial continuo sobre la provincia de Tungurahua, se evaluó el desempeño de los productos globales ERA5-Land (temperatura) y CHIRPS v2.0 (precipitación) frente a el registro observado de la red de estaciones. La validación se realizó sobre el periodo común de traslape instrumental de cada estación, calculando métricas de sesgo porcentual (PBIAS), error absoluto medio (MAE), raíz de error cuadrático medio (RMSE) y el coeficiente de correlación de Pearson (r), a partir de estos resultados se determinaron los factores de corrección de sesgo mensual. La información detallada se presenta en Anexo, Tabla1 (tabla de comparación métrica).

Los resultados de la validación revelan un patrón de sesgo sistemático de subestimación de temperatura por parte de ERA5-Land, con valores de PBIAS consistentemente positivos que promedian el 20%, y oscilan entre el 4.34% (estación Colegio A.J. de Sucre) y el 35.12% (estación Baños, M029). Estos sesgos equivalen a diferencias medias de temperatura (MAE) de 1.20 °C y 6.33 °C respectivamente. Este comportamiento es consistente con la literatura que documenta las limitaciones de los modelos de reanálisis en relieves complejos: a la resolución de ~ 9km de ERA5-Land, los gradientes altitudinales y microclimas de los valles y relieves volcánicos de Tungurahua no son capturados plenamente.

Para la precipitación, el desempeño de CHIRPS es espacialmente heterogénea. Se observan sobreestimaciones críticas (PBias negativos) en sitios como Hacienda Guadalupe (-101.41%) y Cevallos (-73.92%), mientras que en la estación del sector oriental y de arista, como Escuela Tasinteo y Embalse Mula Corral, el modelo subestima la lluvia en un 54.77% y 53.55% respectivamente. Esta variabilidad refleja la complejidad del régimen pluviométrico interandino, influenciado simultáneamente por el flujo de humedad amazónico y la sombra orográfica de la Cordillera Occidental.

Los coeficientes de correlación para temperatura (r entre 0.25 y 0.93) son significativamente superiores a los de la precipitación (r entre 0.02 y 0.48). Esto es coherente con la dinámica climática esperada: la temperatura presenta menor variabilidad intramensual y una respuesta más previsible al gradiente altitudinal que la lluvia. Las estaciones con mayor fidelidad térmica son M258-Querchaca ($r=0.931$) y M128-Cevallos ($r=0.924$) ubicadas en el fondo del valle donde el modelo representa mejor las condiciones regionales.

Factores de corrección de sesgo y su aplicación

Una vez evaluado el desempeño de los modelos globales, se procedió a la corrección de los datos para alinearlos con la realidad climática de la provincia de Tungurahua. Siguiendo la metodología de Teutschbein y Seibert (2012), se aplica factores de corrección de medios mensuales: aditivos para la temperatura ($FC_T = \bar{T}_{obs} - \bar{T}_{ERA5}$) y multiplicativos para la precipitación ($FC_{PAG} = \bar{PAG}_{obs} / \bar{PAG}_{CHIRPS}$), la cual consiste en promediar los factores de todas las estaciones de referencia para obtener un ajuste estadísticamente robusto aplicable a toda la superficie provincial. [18]

Análisis de los factores aditivos de temperatura (FC_T)

Los factores calculados para la temperatura confirman una subestimación sistemática (sesgo frío) por parte de ERA5-Land durante todos los meses del año. Los ajustes presentan una notable estabilidad, con un promedio provisional de +2.2°C. El factor mínimo se registra en septiembre (+2.0692°C) y el máximo en julio (+2.4408°C). Técnicamente, esta subestimación sistemática se atribuye a la resolución espacial del modelo (~9km), la cual no es capaz de captar planamente los gradientes altitudinales y la complejidad del relieve volcánico de Tungurahua. Al aplicar estos factores, se logra corregir el desplazamiento de la media, permitiendo que los datos se reflejen con mayor precisión el gradiente térmico altitudinal de 6,5°C/km valor estándar para los Andes ecuatoriales.

TABLA II

FACTORES DE CORRECCION DE SESGO MENSUAL PARA TEMPERATURA

mes	mes_nombre	factor_aditivo_T_C	n_estaciones
1	Ene	2,2402	244
2	Feb	2,0951	243
3	Mar	2,2132	245
4	Abr	2,2283	245
5	May	2,2478	261
6	Jun	2,3437	262
7	Jul	2,4408	261
8	Ago	2,1524	259
9	Sep	2,0692	255
10	Oct	2,3388	258
11	Nov	2,3396	256
12	Dic	2,2255	257

Nota: Elaboración a partir de datos de INAMHI, HGPT, ERA5-Land (ECMWF) y CHIRPS v2.0 (UCSB)

Análisis de los factores multiplicativos de precipitación (FC_P)

Para la precipitación, los factores muestran una variabilidad estacional marcada, lo que evidencia que el sesgo de CHIRPS no es constante, sino que depende de los mecanismos de lluvia predominantes en cada época del año. [19], [20]

Se identifican dos comportamientos críticos

1. **Subestimación en época de vientos amazónicos (Junio-Julio):** En junio el factor alcanza su valor máximo de 1.9856, seguido de julio con el 1.6715. Esto indica que CHIRPS subestima significativamente la lluvia en estos meses, requiriendo casi duplicar los valores del satélite. Este fenómeno se debe a la dificultad de los sensores infrarrojos para detectar las lloviznas orográficas y nubosidad baja que ingresa desde la Amazonia en este período.
2. **Sobreestimación en marzo:** El factor de 0.7977 en marzo (único mes se significativo inferior a 1) indica que CHIRPS tiene a sobreestimar la precipitación durante el pico de la primera estación lluviosa, probablemente debido a una sobreestimación de los eventos convectivos intensos comunes en este mes.

TABLA III

FACTORES DE CORRECCION DE SESGO MENSUAL PARA PRECIPITACION

mes	mes_nombre	factor_multiplicativo_P	n_estaciones
1	Ene	1,0893	258
2	Feb	1,3189	255
3	Mar	0,7977	255
4	Abr	1,0239	256
5	May	1,2972	258
6	Jun	1,9856	272
7	Jul	1,6715	270
8	Ago	1,2605	271
9	Sep	1,4581	266
10	Oct	1,0676	269
11	Nov	1,1817	268
12	Dic	1,3702	267

Nota: Elaboración a partir de datos de INAMHI, HGPT, ERA5-Land (ECMWF) y CHIRPS v2.0 (UCSB)

La aplicación de estos factores garantiza que la caracterización climatológica de los planes de manejo de páramo sea precisa, permitiendo generar productos de transferencia como las fichas climatológicas que reflejan las condiciones reales de cada sitio.

Caracterización climatológica: Estadística descriptiva

Análisis de la estadística descriptiva de la red: La caracterización del clima en la provincia de Tungurahua se fundamenta en la estadística descriptiva calculada para las 17 estaciones de monitoreo, utilizando el período de referencia climatológica OMM 1991 – 2020. El análisis revela una marcada segmentación climática producto de la compleja orografía y el gradiente altitudinal del territorio.

- **Régimen térmico y estabilidad:** Se observa una clara diferenciación altitudinal en las temperaturas. Las estaciones de páramo alto (como Embalse Pisayambo, Mula Corral y Chiquiurcu) registran temperaturas medias anuales entre 6.47°C y 6.82°C. Por el contrario, las estaciones ubicadas en el corredor interandino (Cevallos, Píllaro, Patate) presentan un rango térmico superior, entre 9.77°C y 11.62°C. La estabilidad térmica es la característica dominante en toda la red, con coeficiente de variación (CV) bajos que oscilan entre el 2.2% y 6.3%, lo que confirma el carácter isotérmico del régimen ecuatorial de montaña. Esta distribución térmica responde a un gradiente térmico altitudinal (lapse rate) de aproximadamente 0.65°C por cada 100 metros de elevación, valor que sugiere compatibilidad con la física atmosférica de los Andes ecuatoriales.

- **Variabilidad Pluviométrica:** La precipitación total anual exhibe una heterogeneidad espacial significativamente mayor que la temperatura. Los valores mínimos se localizan en el sector nor-oriental seco (Escuela Tasinteo 359.3mm) y los máximos en la vertiente oriental con influencia amazónica (Parque Familia Baños 1581.0 mm). Los coeficientes de variación interanual se sitúan entre el 13.7% y 16.3% lo que evidencia una variabilidad moderada, que podría ser asociada a la influencia de forzantes climáticos de gran escala como la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y eventos del ciclo ENSO (El Niños-Oscilación del sur) según lo reportado en la literatura para regiones altoandinas. [19]

Análisis de régimen mensual (Figuras de climatología)

El comportamiento intraestacional de las variables, se analizó a través de las figuras de climatología mensual (climatogramas), las cuales representan el promedio multianual de cada mes para el período de referencia.

1. **Patrón Pluviométrico Bimodal:** La mayoría de las estaciones (ej. Cevallos, Pillaro, Querochaca) muestran un patrón inicial bimodal definido con dos picos de lluvia: el primero entre febrero y mayo, y un segundo período entre septiembre y noviembre. Este ciclo está separado por dos épocas de menor precipitación, destacando el estío de junio – agosto (verano andino), donde la lluvia desciende a sus niveles mínimos provinciales. Este comportamiento está regido por el desplazamiento latitudinal de la ZCIT sobre Ecuador.
2. **Influencia Amazónica (régimen modificado):** Las estaciones del sector oriental, como Baños (M029) y Parque Familia Baños (HGPT-MT-06), presentan una modificación de este régimen. En estos sitios, la precipitación no disminuye drásticamente en junio y julio, sino que se mantiene desde la cuenca amazónica por el corredor del río Pastaza.
3. **Isotermia Mensual:** En todas las figuras de climatología, la curva de temperatura (línea roja) se mantiene notablemente estable a lo largo del año. La fluctuación entre el mes más cálido y el más frío es de apenas 1.0°C a 1.5°C. Esta falta de estacionalidad térmica implica que los procesos eco hidrológicos en los páramos de Tungurahua están regulados casi exclusivamente por la disponibilidad hídrica (lluvia) y no por cambios en el calor estacional.

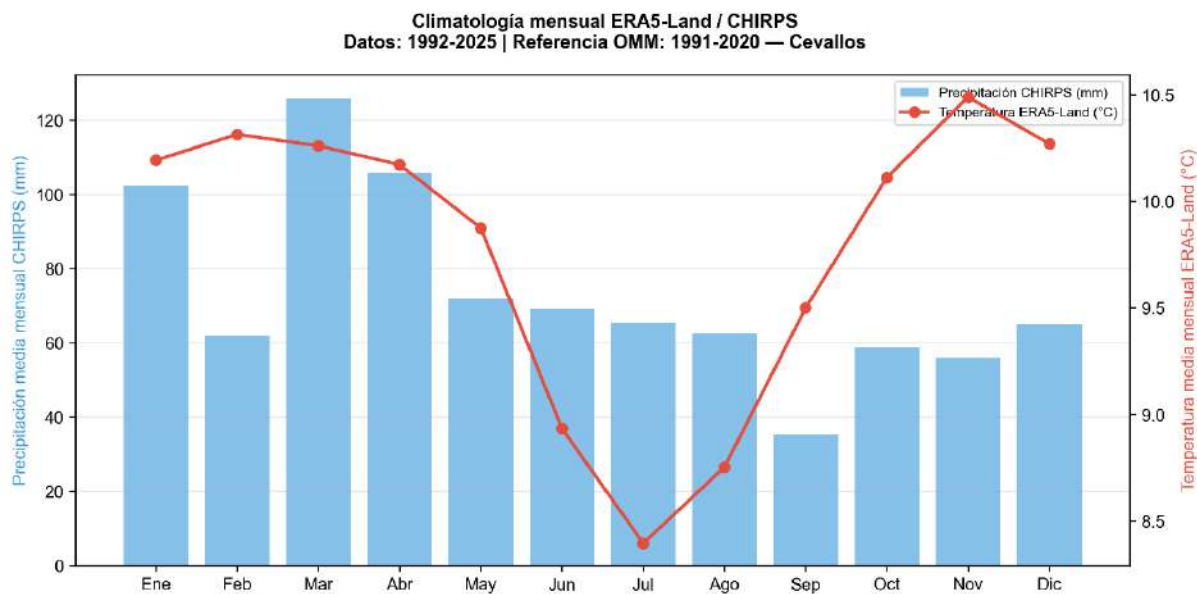


Fig 1. Estación Cevallos climatología mensual

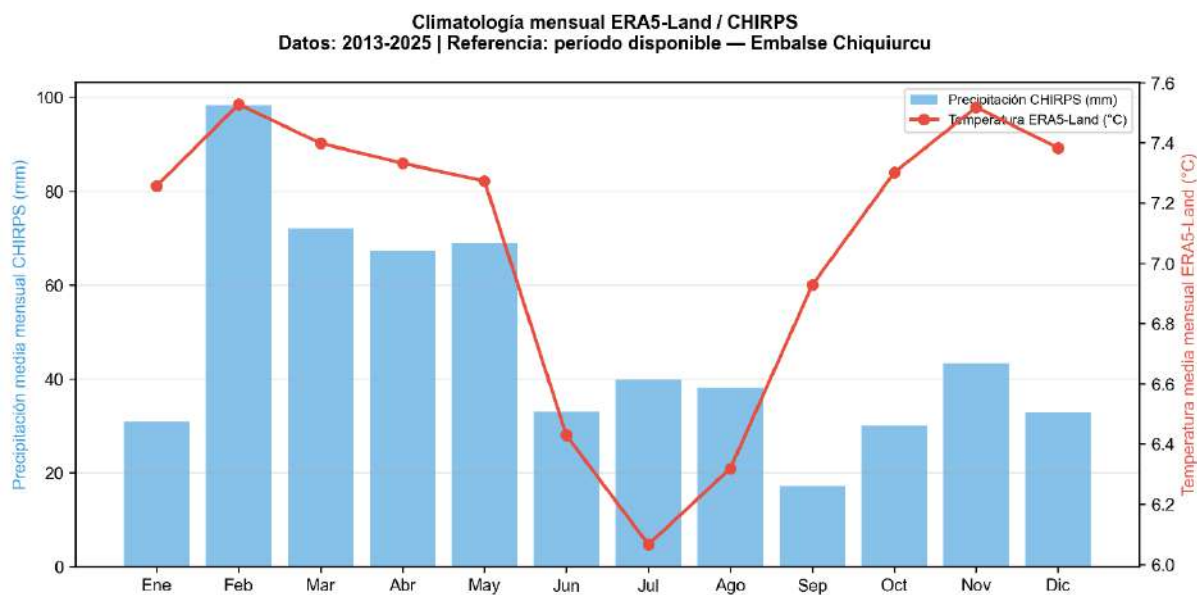


Fig 2. Estación Embalse Chiquiurcu climatología mensual

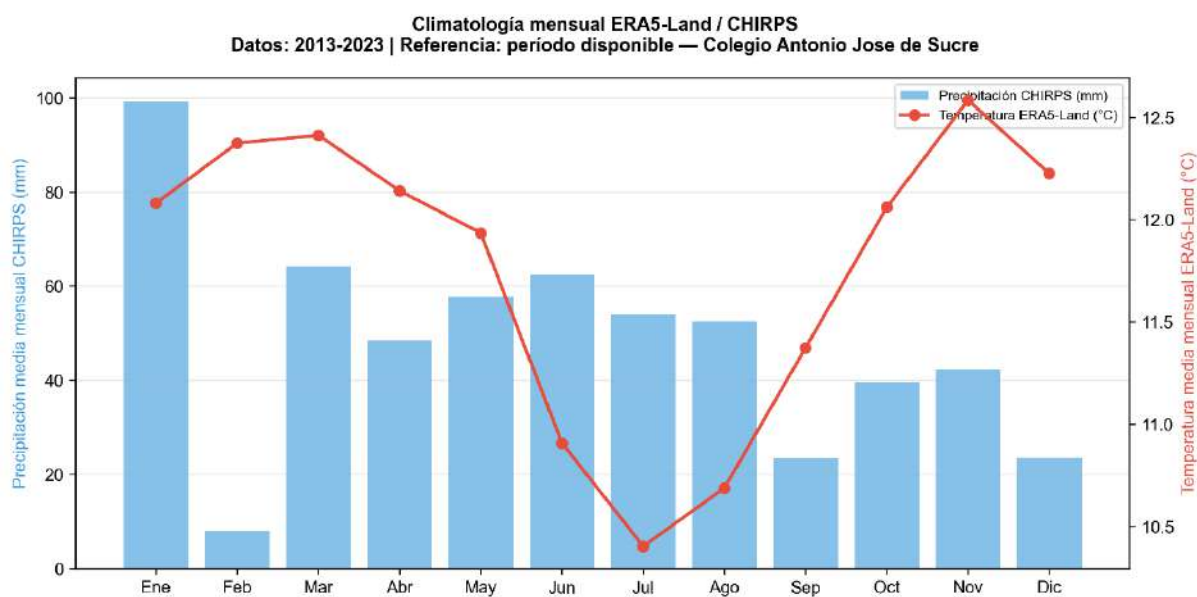


Fig 3. Estación Colegio Antonio José de Sucre climatología mensual

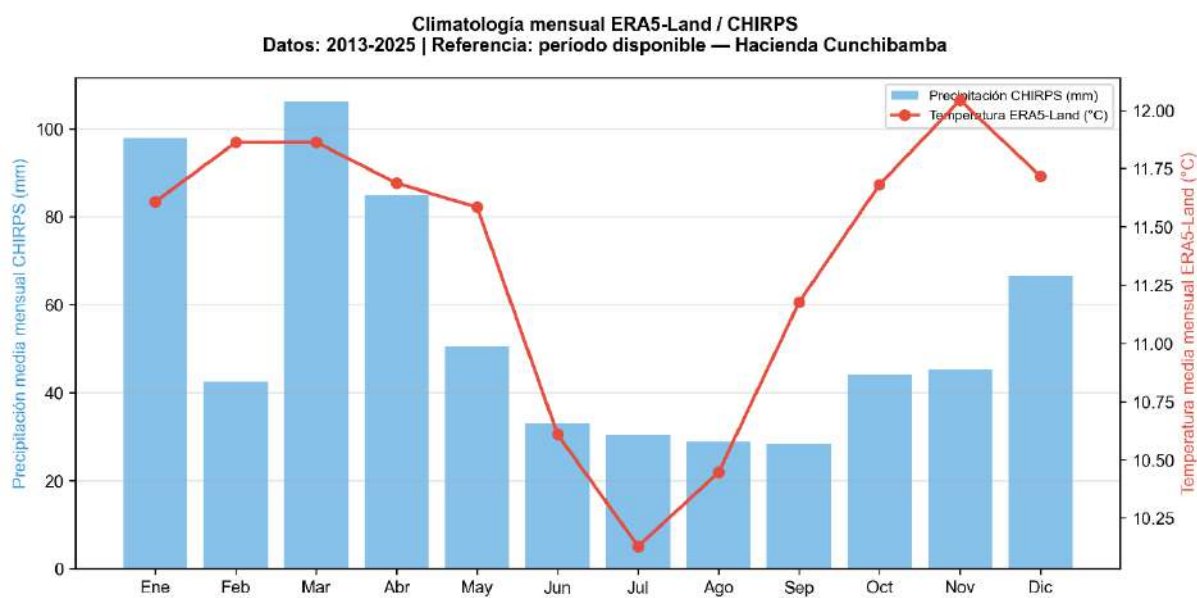


Fig 4. Estación Hacienda Cunchibamba climatología mensual

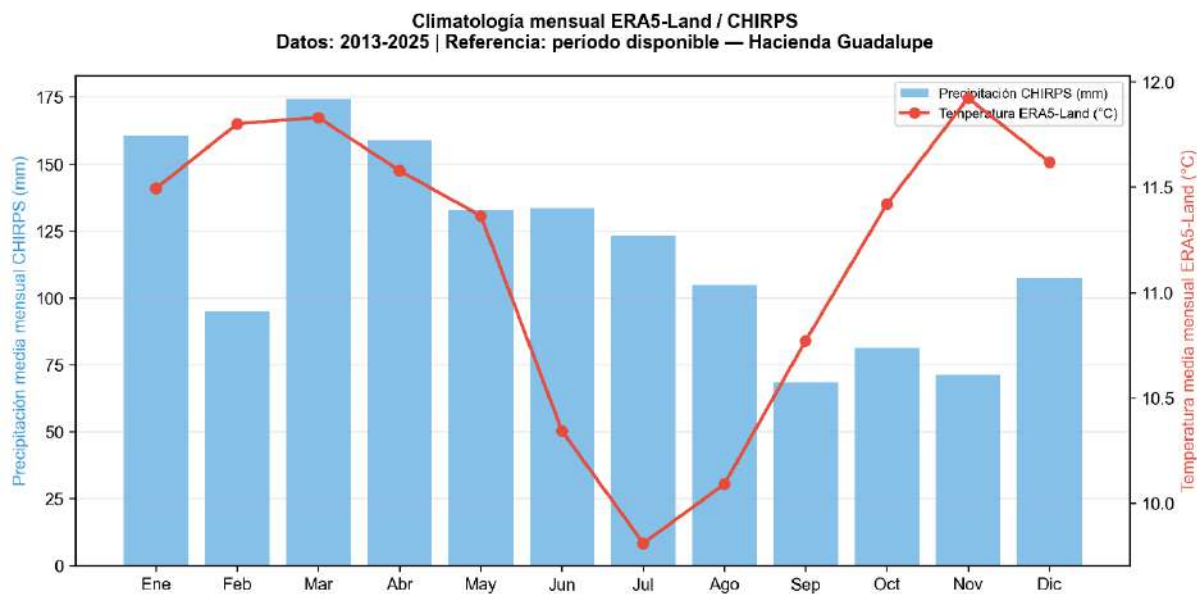


Fig 5. Estación Hacienda Guadalupe climatología mensual

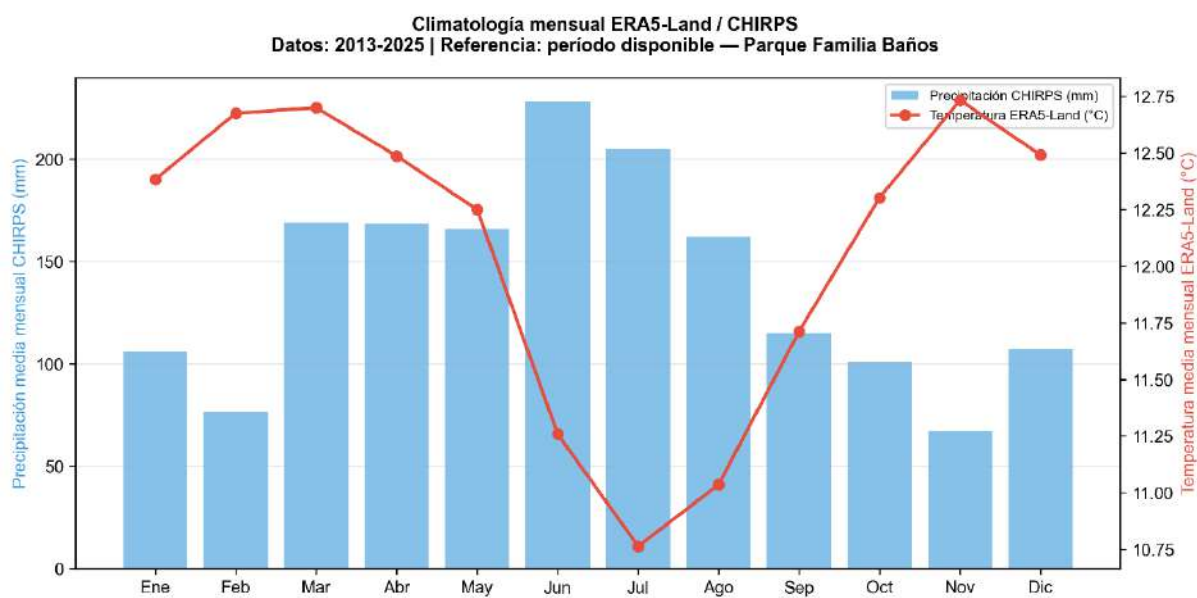


Fig 6. Estación Parque Familia Baños climatología mensual

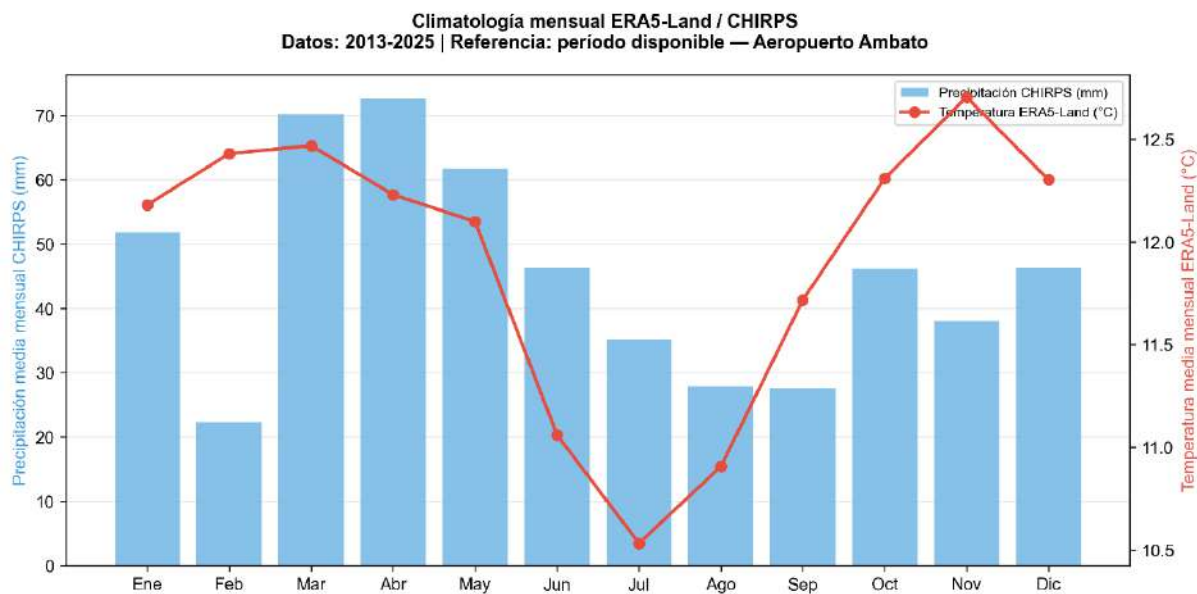


Fig 7. Estación Aeropuerto Ambato climatología mensual

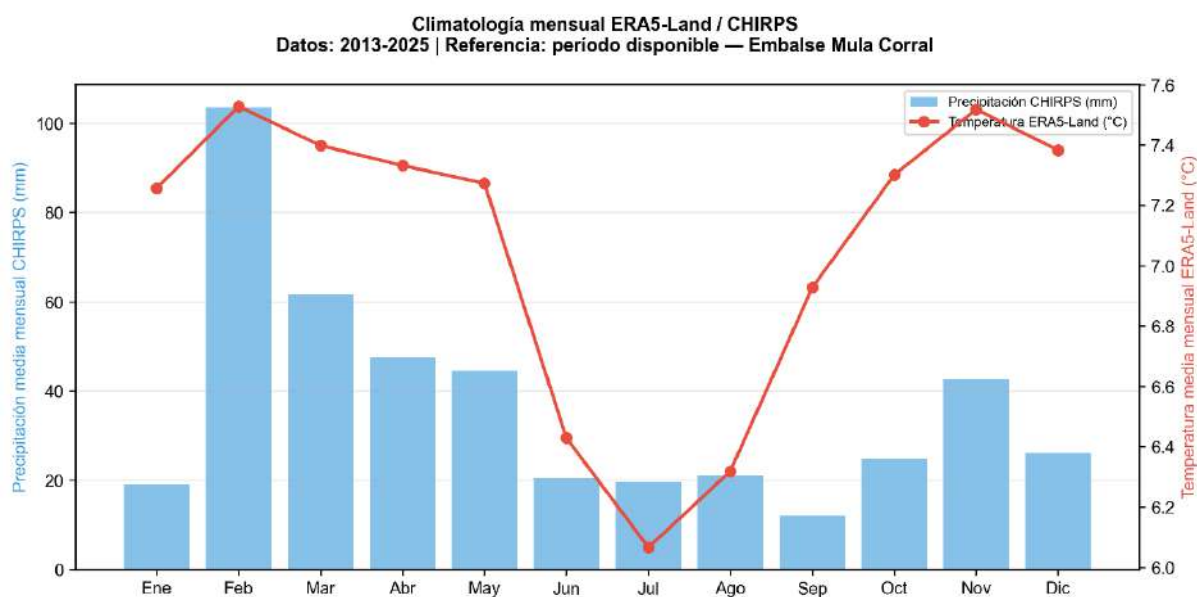


Fig 8. Estación Embalse Mula Corral climatología mensual

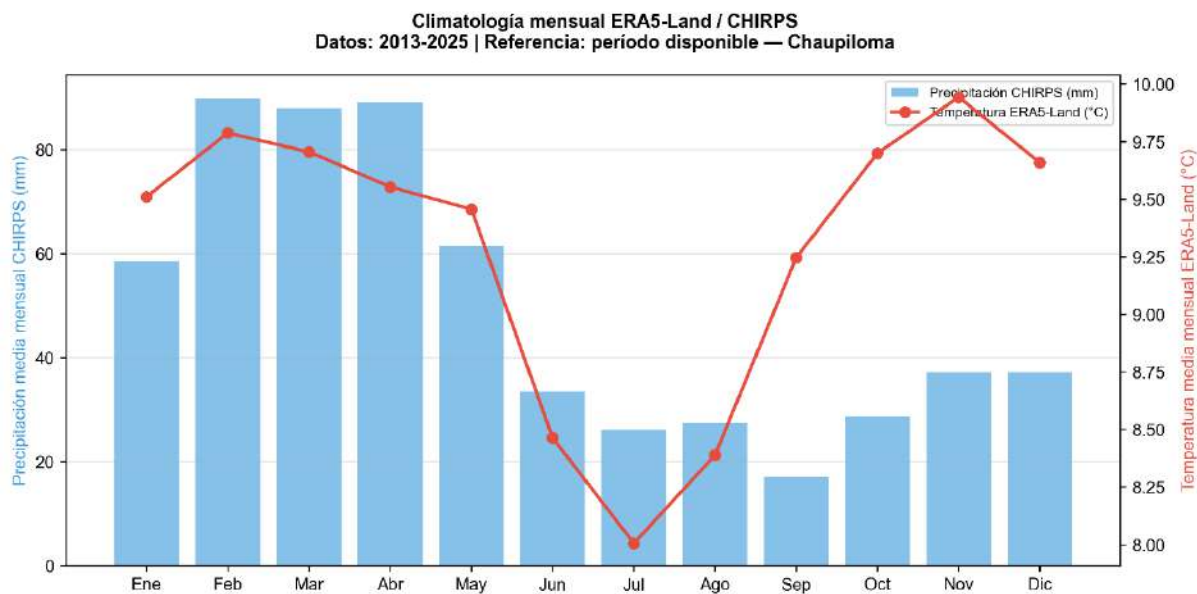


Fig 9. Estación Chaupiloma climatología mensual

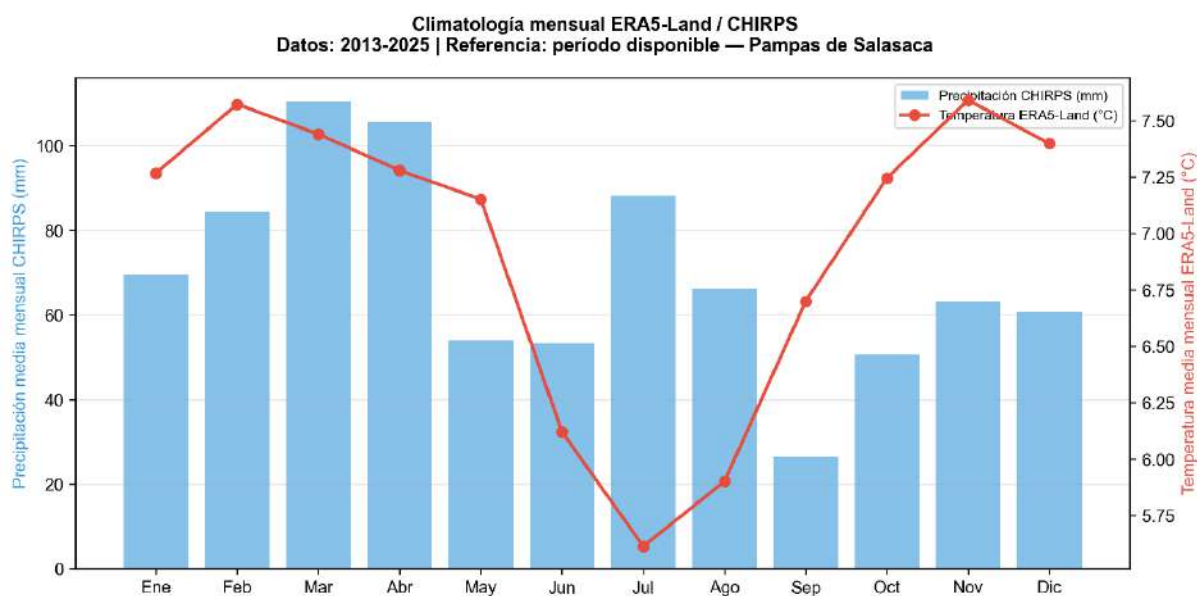


Fig 10. Estación Pampas de Salasaca climatología mensual

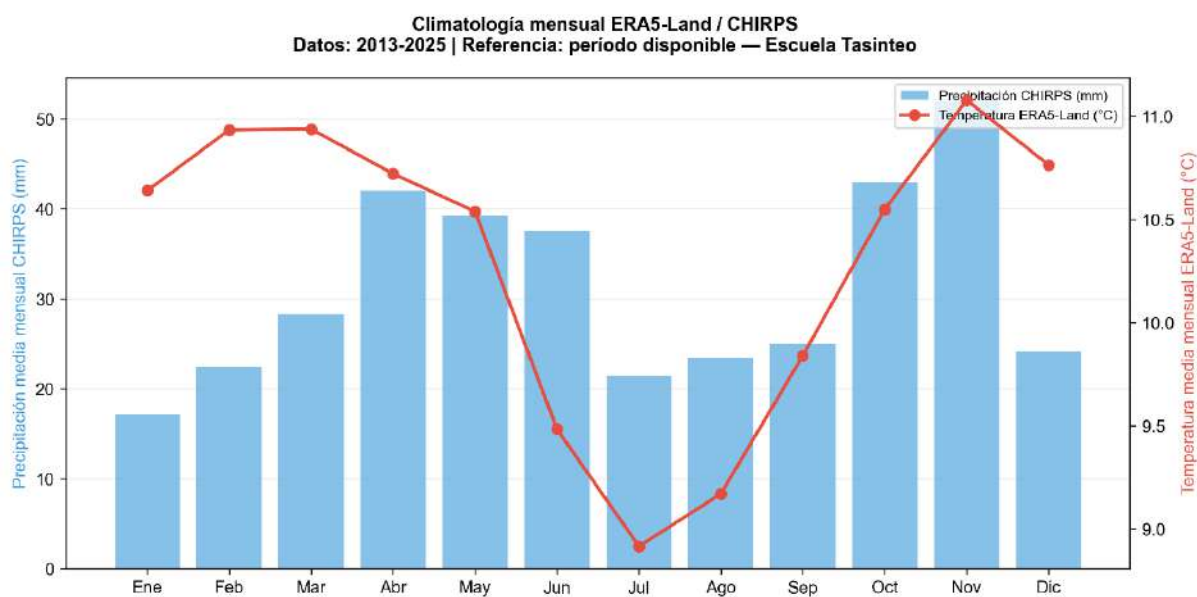


Fig 11. Estación Escuela Tansiteo climatología mensual

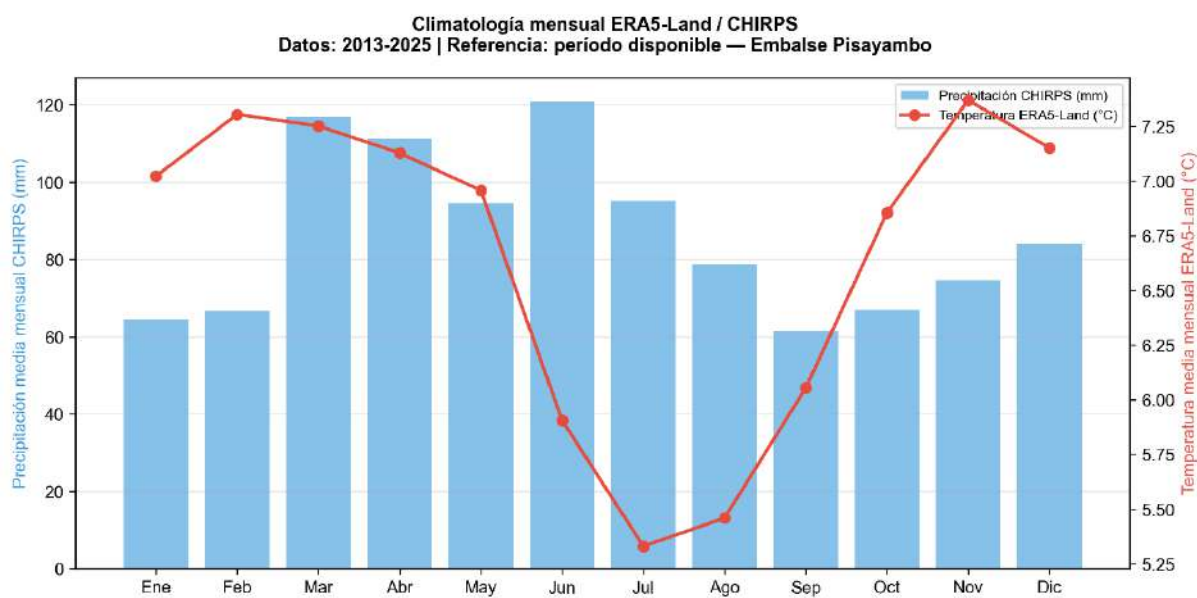


Fig 12. Estación Embalse Pisayambo climatología mensual

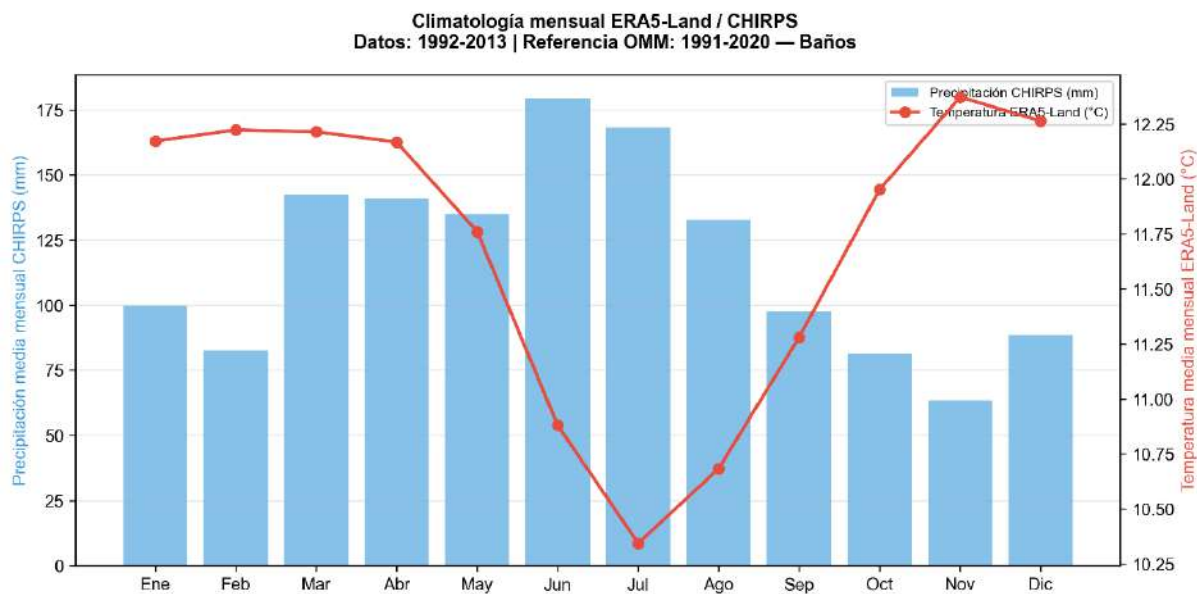


Fig 13. Estación Baños climatología mensual

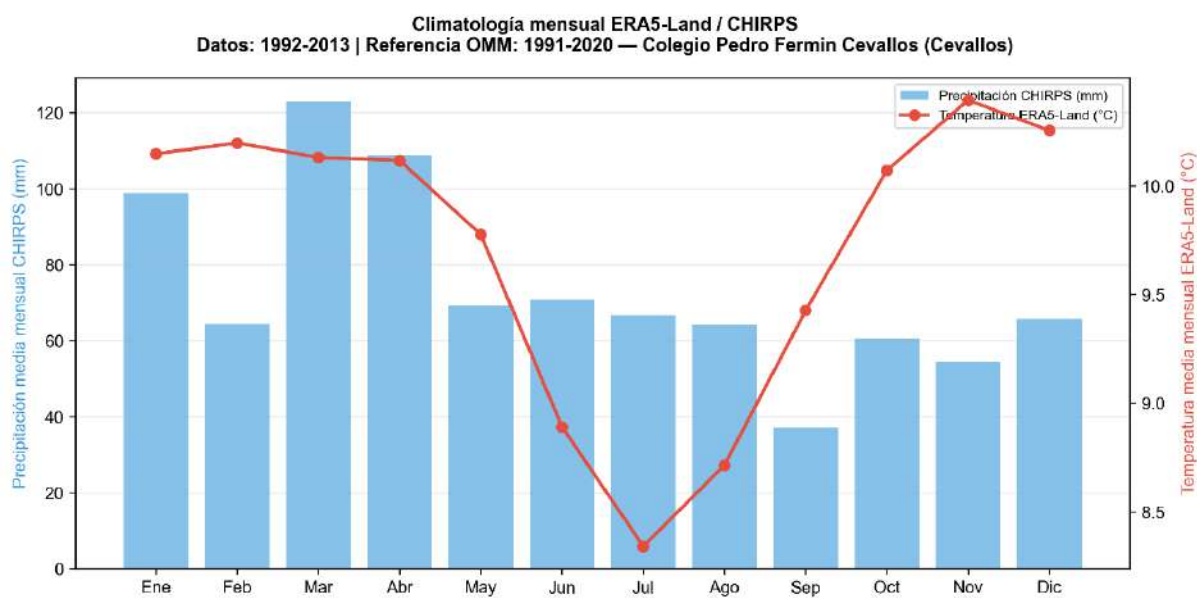


Fig 14. Estación Colegio Pedro Fermin Cevallos (Cevallos) climatología mensual

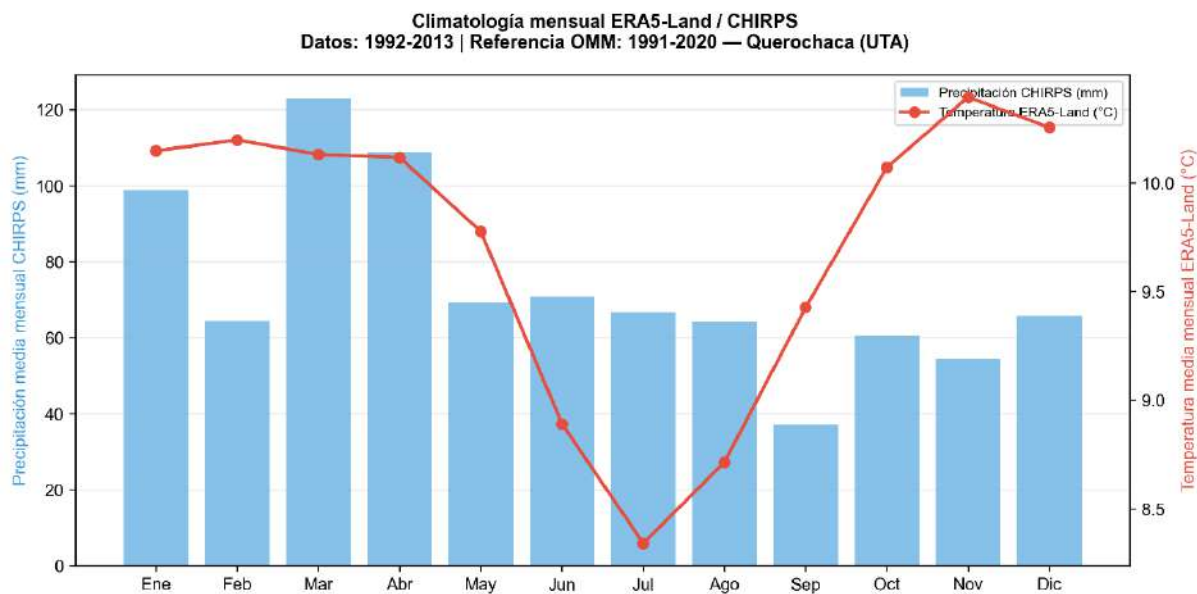


Fig 15. Estación Querochaca (UTA) climatología mensual

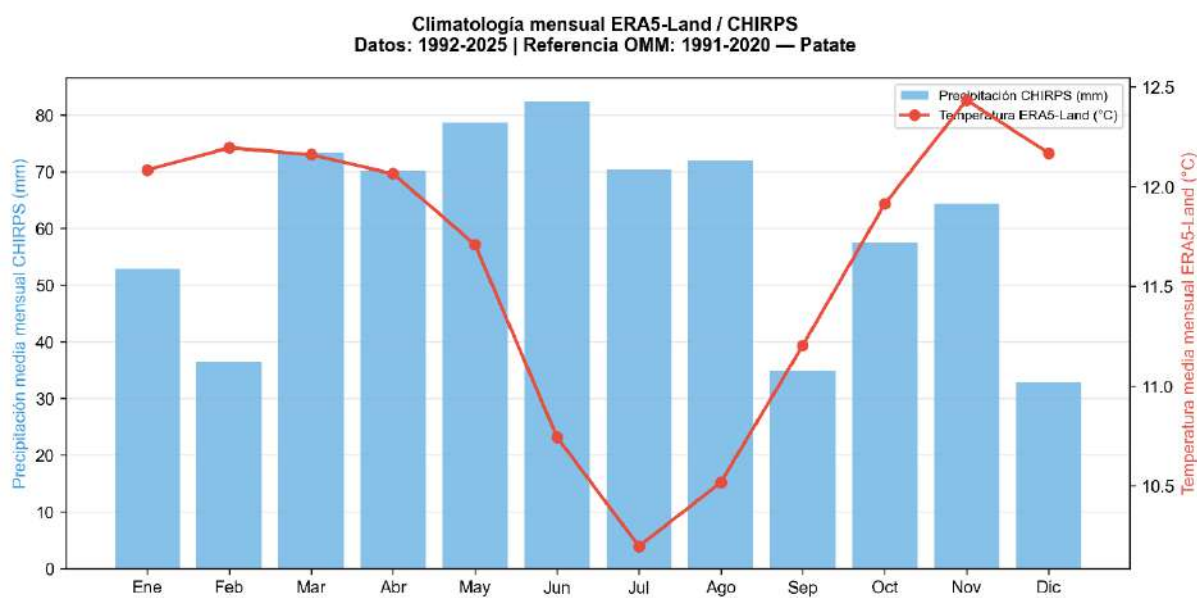


Fig 16. Estación Patate climatología mensual

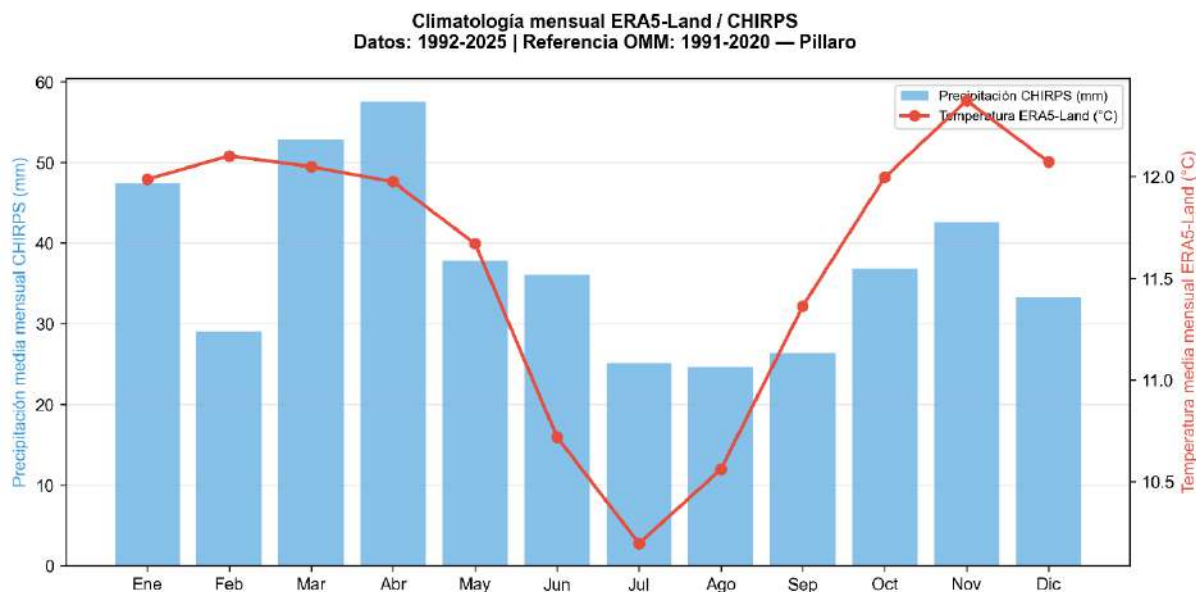


Fig 17. Estación Pillaro climatología mensual

Variabilidad Temporal (series anuales y anomalías climatológicas)

Las series temporales anuales y precipitación, construidas a partir de los datos de ERA5-Land y CHIRPS corregidos para el período 1985 – 2024, permiten caracterizar la variabilidad interanual de las condiciones climáticas en los ecosistemas de páramo de Tungurahua a lo largo de cuatro décadas. El análisis utiliza como línea base el período de referencia climatológica de la OMM 1991 – 2020 para el cálculo de anomalías.

Comportamiento térmico (Temperatura)

El análisis de las series de temperatura revela una alta sincronía espacial en toda la provincia. Se identifican los siguientes patrones clave:

- **Período frío (1993 – 1999):** Este intervalo fue sistemáticamente más frío que la referencia con anomalías negativas de entre -0.4°C y -0.5°C . El bienio 1997 – 1998 destaca por las anomalías negativas más pronunciadas, coincidiendo con la influencia del evento La Niña (1998 – 2000) sobre los Andes septentrionales.
- **Tendencias de calentamiento (post – 2010):** A partir 2010, se observa en la totalidad de las estaciones de la red una transición hacia anomalías positivas sostenida. Esto significa que las temperaturas anuales han dejado de oscilar de forma aleatoria alrededor del promedio para mantenerse sistemáticamente por encima de la media de referencia. Visualmente esto se traduce en el predominio casi absoluto de barras rojas

en los gráficos de anomalías (como se observa en las estaciones Cevallos, Píllaro, Patate) lo que evidencia un calentamiento que ya no responde a eventos aislados, sino a una tendencia climática de fondo. Esta señal de calentamiento se intensifica notablemente en el trienio 2022 – 2024, alcanzando su punto máximo en el año 2024. Dicho año se consolida como el más cálido del registro histórico de 40 años en los puntos evaluados, con anomalías extremas que oscilan entre $+0.6^{\circ}\text{C}$ y $+1.0^{\circ}\text{C}$ por encima del promedio normal.

- La sincronía espacial de estas anomalías, es decir, que el calentamiento ocurrió al mismo tiempo y con magnitudes similares en todas las provincias sugiere que el fenómeno está impulsado por forzantes climáticos regionales y globales, más que por factores locales. Este hallazgo es plenamente coherente con la tendencia destacada en la estación Píllaro, donde el test Mann-Kendall confirmó un calentamiento significativo de $+0.023^{\circ}\text{C/año}$ ($+0.75^{\circ}\text{C}$ acumulados en 33 años)
- Científicamente, este comportamiento es consistente con el fenómeno de Calentamiento Dependiente de la Elevación (EDW), que predice tasas de incremento térmico más aceleradas en zonas de alta montaña como los páramos de Tungurahua en comparación con las tierras bajas. La persistencia de estas anomalías positivas desde 2010 subraya la vulnerabilidad de estos ecosistemas ante el cambio climático, dado que el régimen térmico de páramos es históricamente isotérmico y muy estable.

Comportamiento pluviométrico (Precipitación)

A diferencia de la temperatura, las anomalías de precipitación muestran una marcada irregularidad espacial y temporal, reflejando la compleja interacción entre la topografía volcánica, la sombra orográfica y la convección diferencial sobre los páramos. Mientras que el sector oriental recibe humedad constante de la Amazonía, el flanco occidental experimenta déficits hídricos significativos debido al bloque de la cordillera.

- **Años secos críticos:** el bienio 1997 – 1998 destaca por presentar anomalías negativas pronunciadas en el sector occidental y el corredor interandino, asociados en la fase cálida del evento El Niño, que en la sierra interior ecuatoriana suele suprimir la convección y generar déficits pluviométricos. Asimismo, el trienio 2010 – 2012 exhibe déficits consistentes en gran parte de la red, con anomalías negativas de hasta el -20% respecto a la media referencia 1991 – 2020

- **Años húmedos y superávit:** Los años 2000 y 2016 y 2024 se consolidan como los períodos con mayores excedentes pluviométricos del registro histórico, alcanzando entre el +25% y +40% sobre la media climatológica en la mayoría de las estaciones. El año 2024 destaca de forma excepcional: además de ser un año más cálido, registro un superávit hídrico extremo para sitios como el Pmp COCAP, donde el excedente alcanzó el +44% respecto a su media histórica.

La alta coherencia espacial observada en las anomalías de temperatura caracterizada por un comportamiento sincrónico en toda la provincia contrasta con la naturaleza marcadamente local de la precipitación. Mientras que el calentamiento reciente es un forzante regional capturado de forma uniforme por la red de monitoreo, la lluvia responde a variables geográficas específicas de cada vertiente, como la exposición a los vientos alisios y la altitud.

Esta variabilidad interanual dominante, expresada en coeficientes de variación (CV) que oscilan entre 13.7% y 16.3%, está modulada por mecanismos de gran escala como el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y las fases del ciclo ENSO. La dominancia de este ruido interanual sobre las señales de largo plazo explica por qué, a pesar de registrarse años extremadamente secos o húmedos, las señales de tendencia lineal en la precipitación son estadísticas más difíciles de detectar que en la temperatura, requiriendo series de tiempo más extensas para alcanzar significancia.

GRÁFICAS ANOMALÍAS

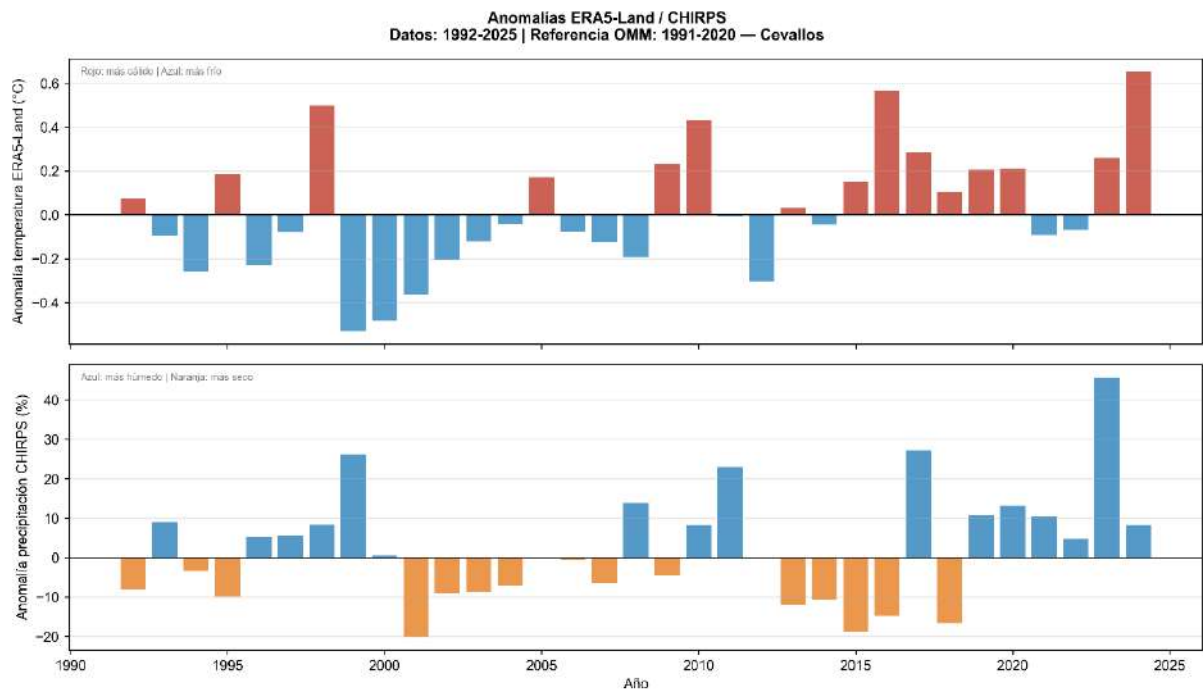


Fig 18. Estación Cevallos anomalías

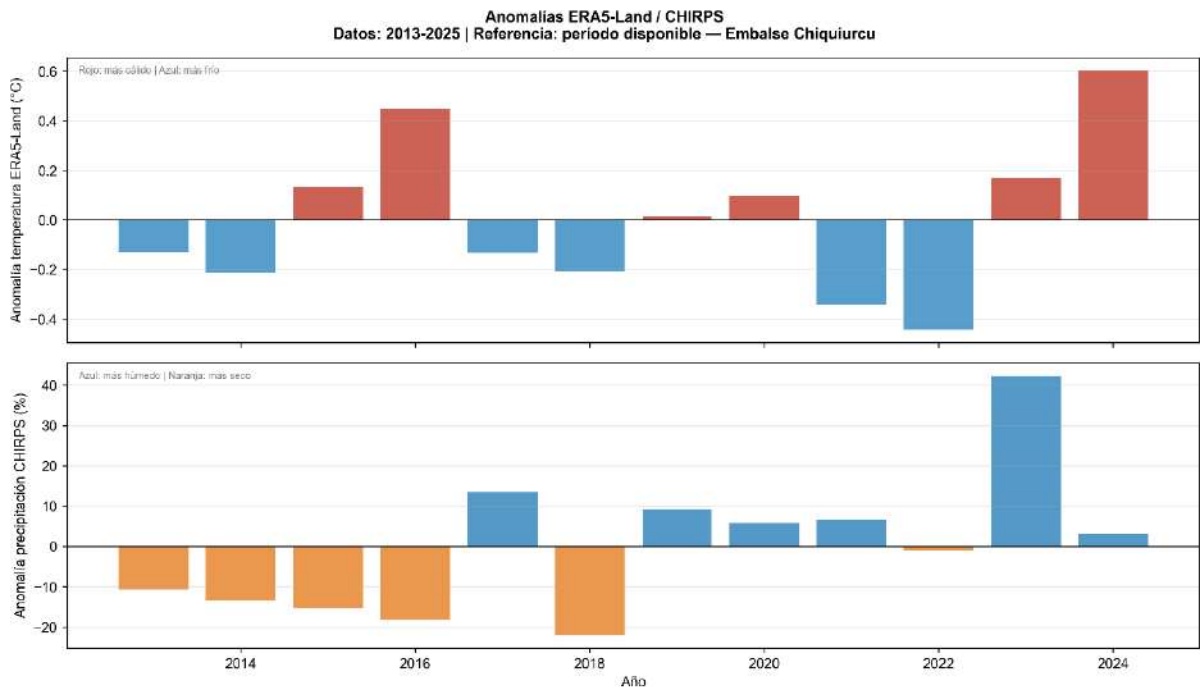


Fig 19. Estación Embalse Chiquiurcu anomalías

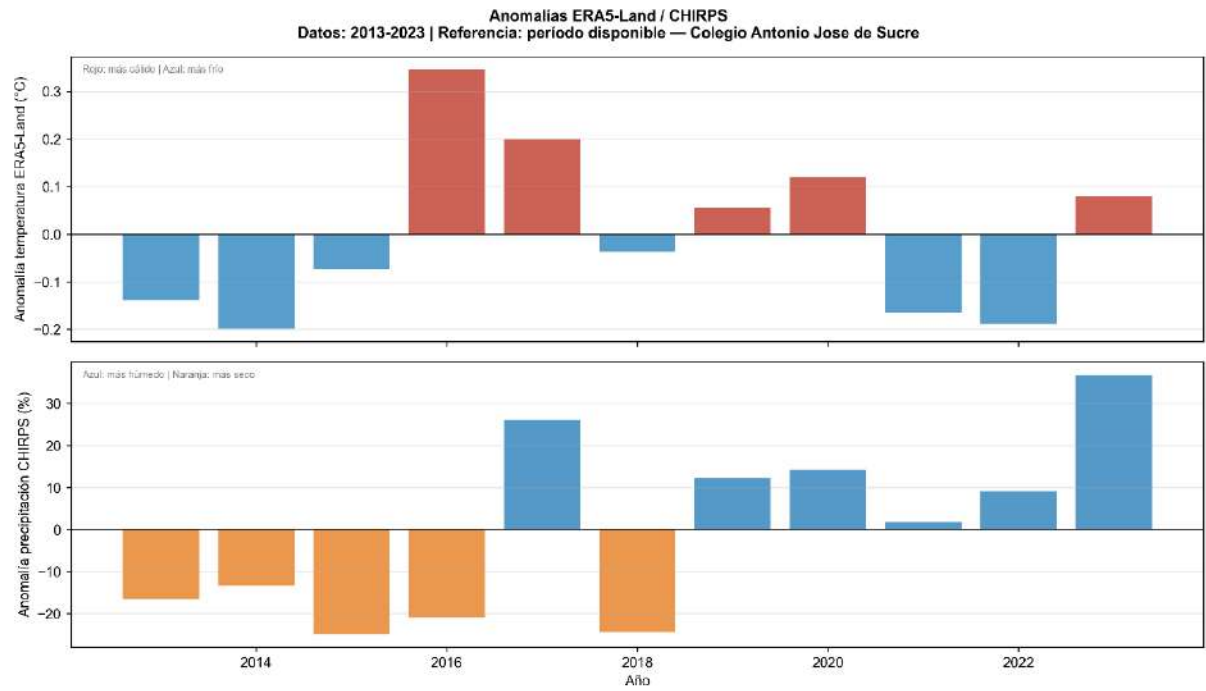


Fig 20. Estación Colegio Antonio José de Sucre anomalías

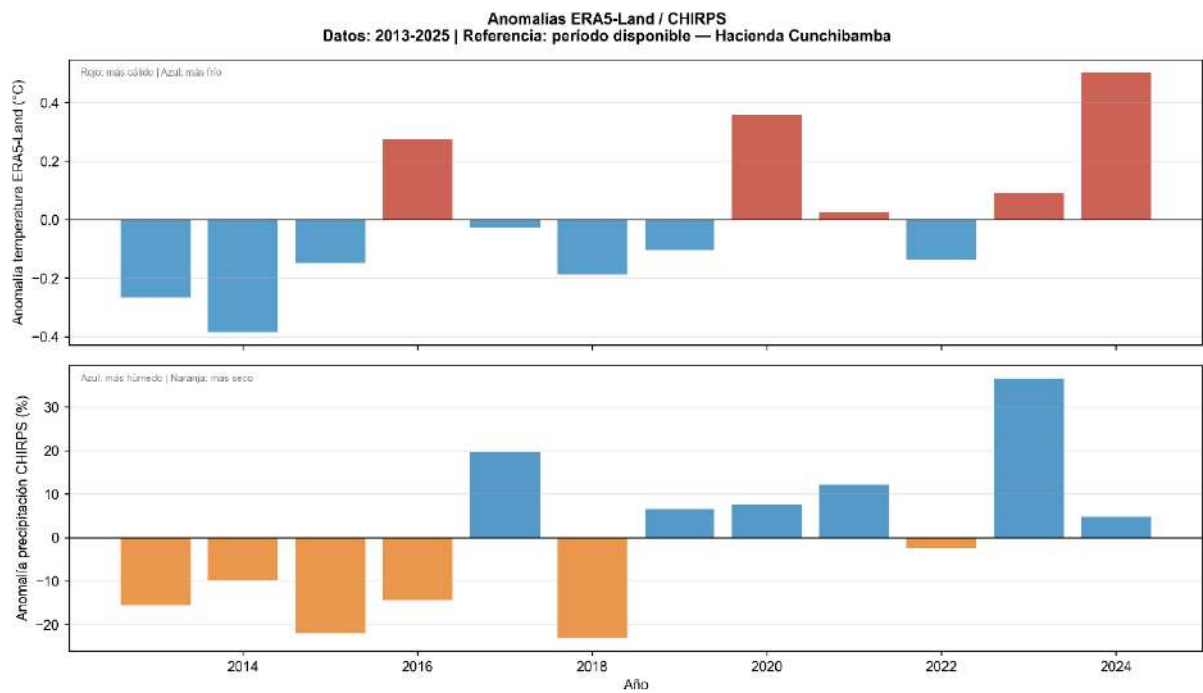


Fig 21. Estación Hacienda Cunchibamba anomalías

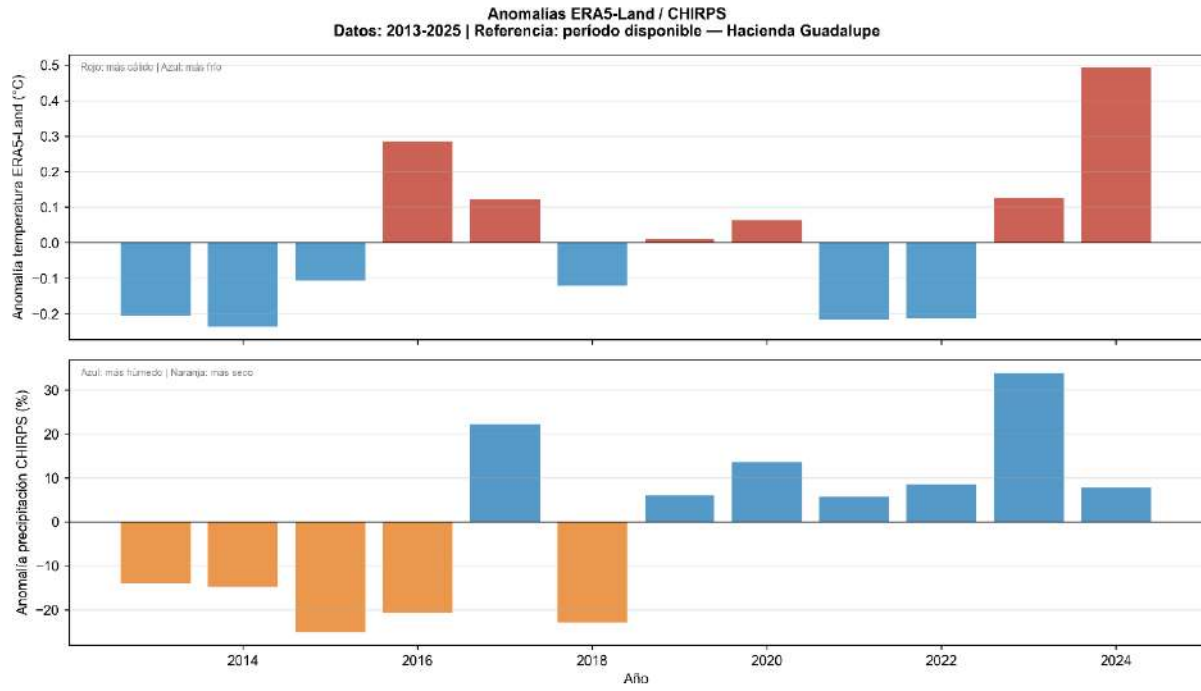


Fig 22. Estación Hacienda Guadalupe anomalías

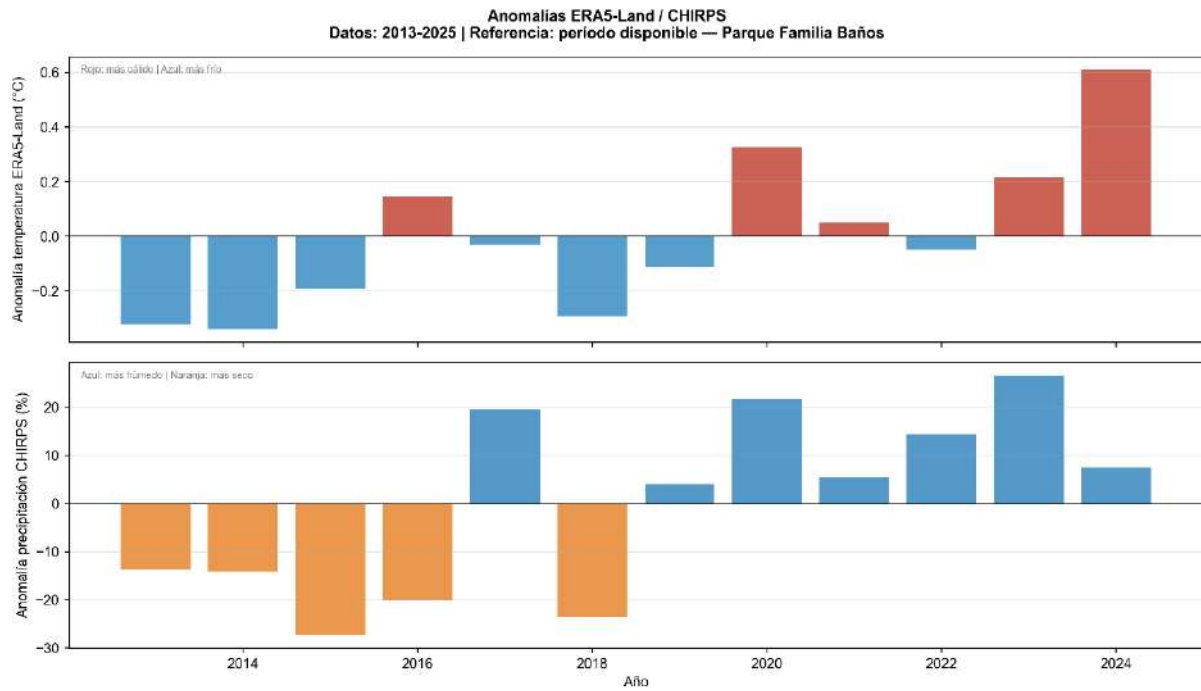


Fig 23. Estación Parque Familia Baños anomalías

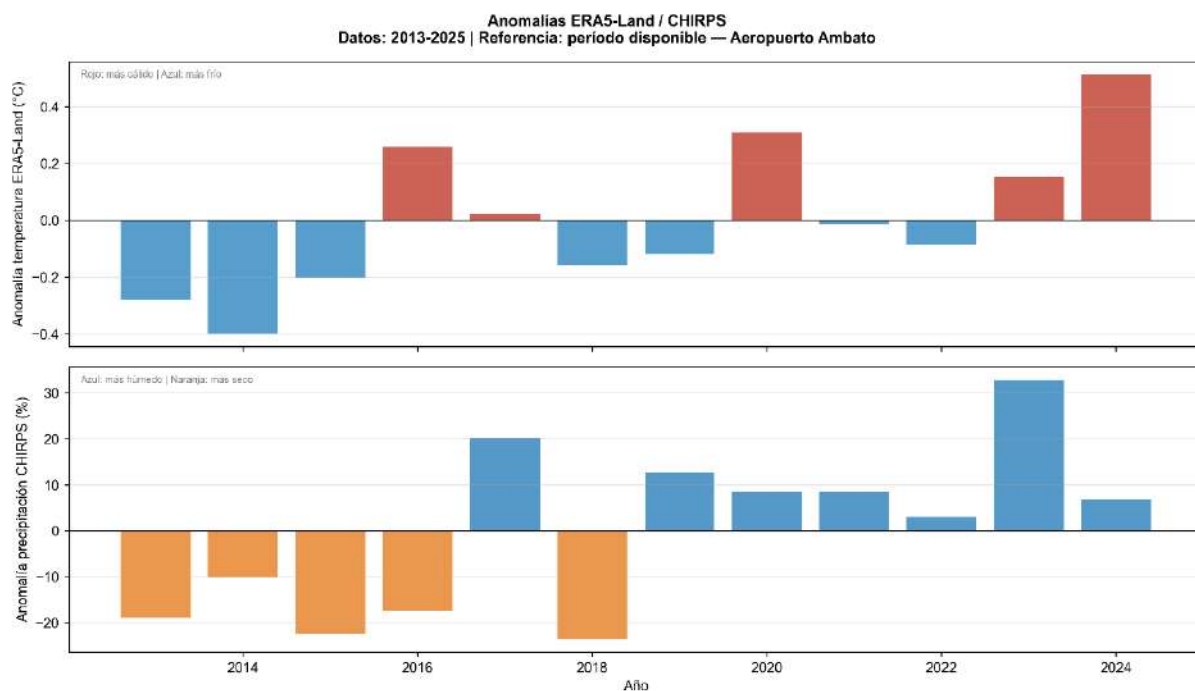


Fig 24. Estación Aeropuerto Ambato anomalías

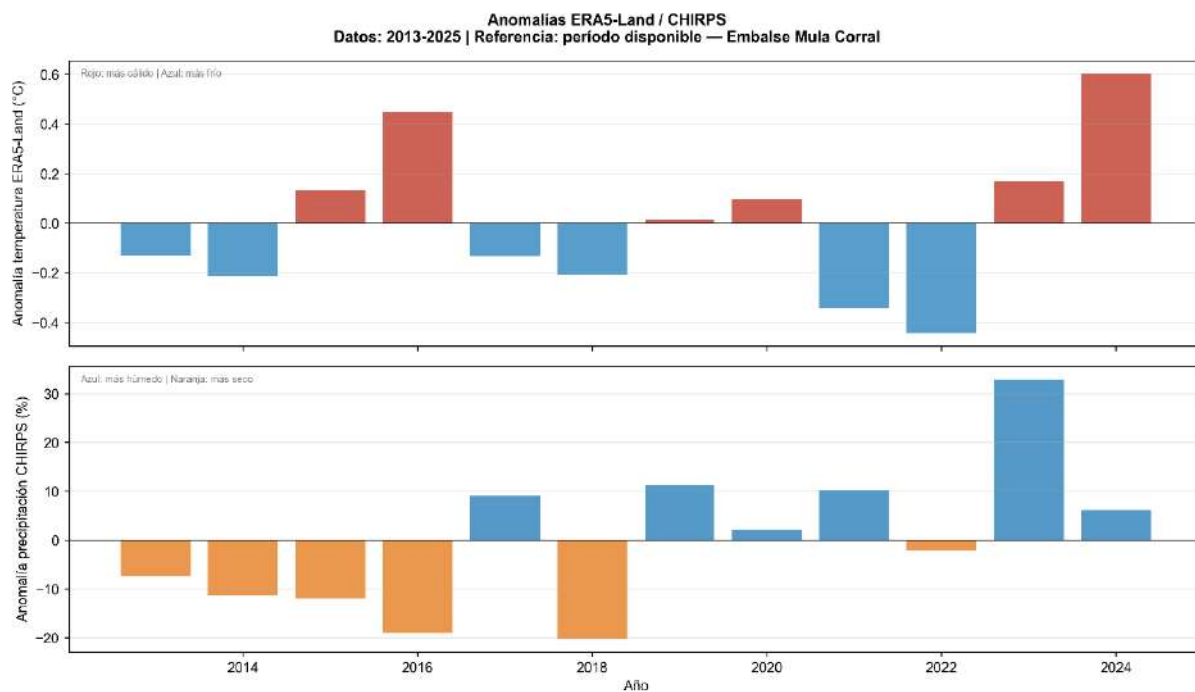


Fig 25. Estación Embalse Mula Corral anomalías

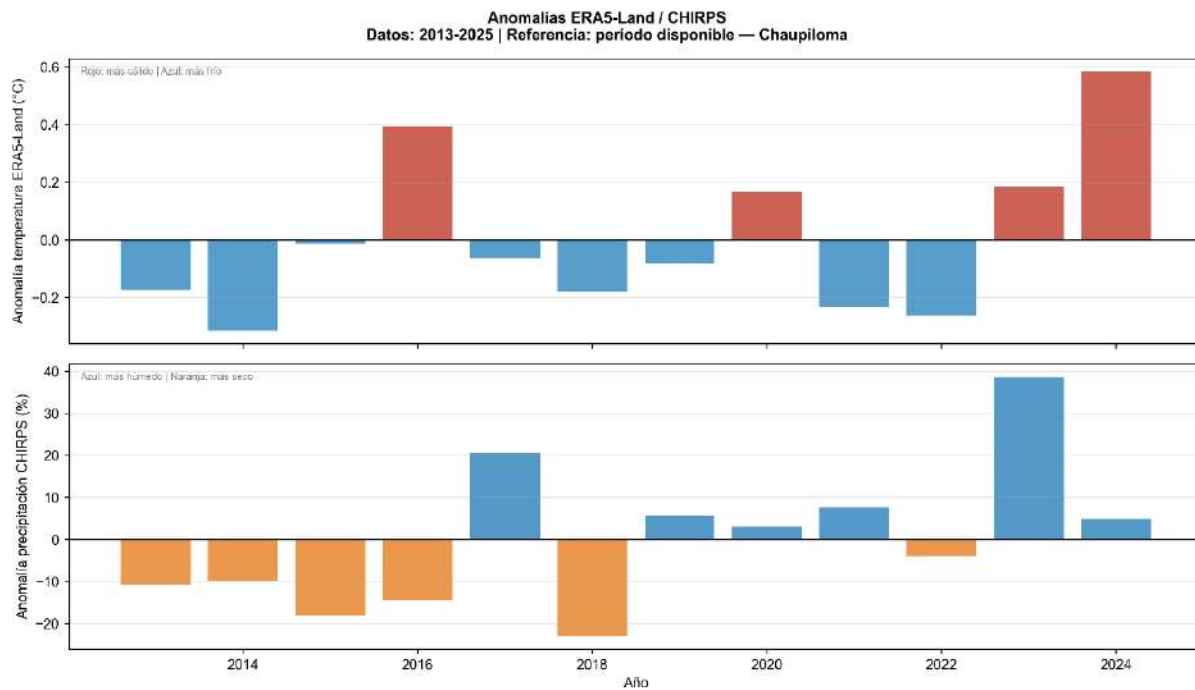


Fig 26. Estación Chaupiloma anomalías

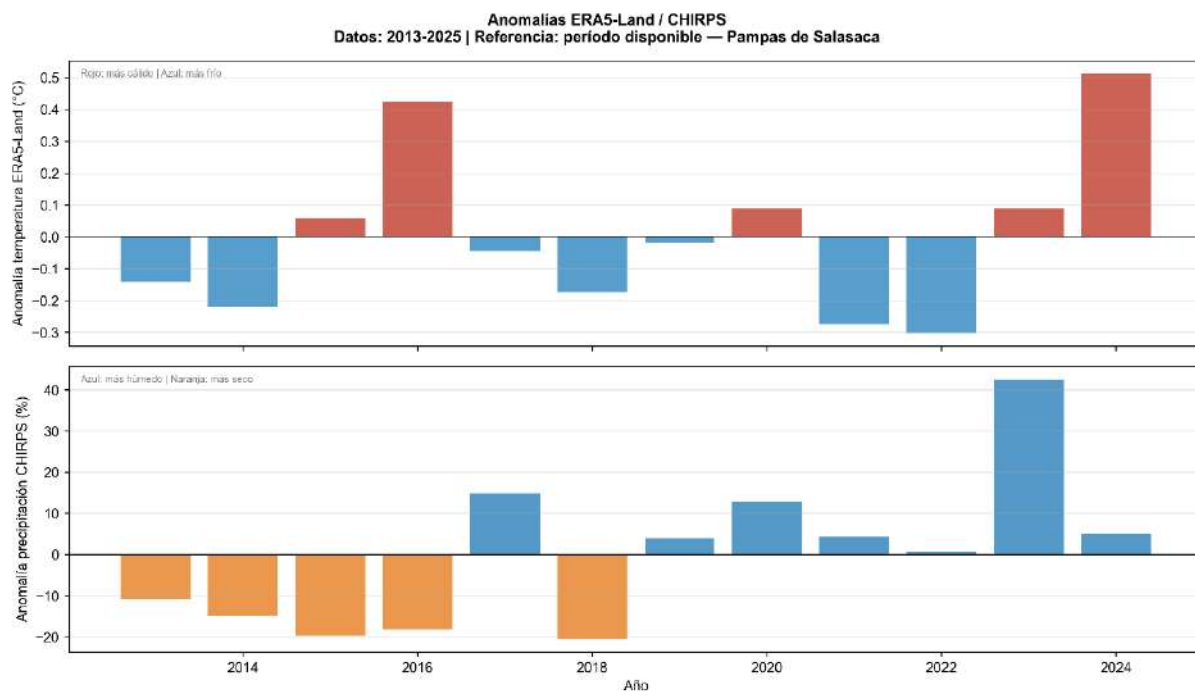


Fig 27. Estación Pampas de Salasaca anomalías

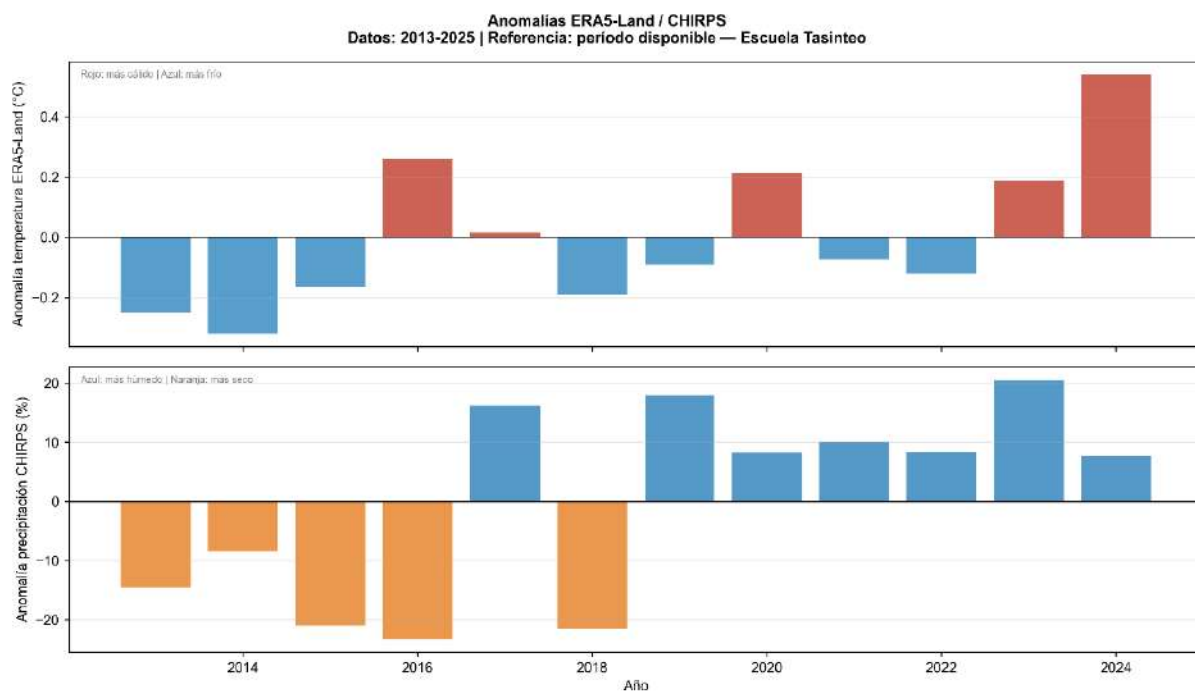


Fig 28. Estación Escuela Tasinteo anomalías

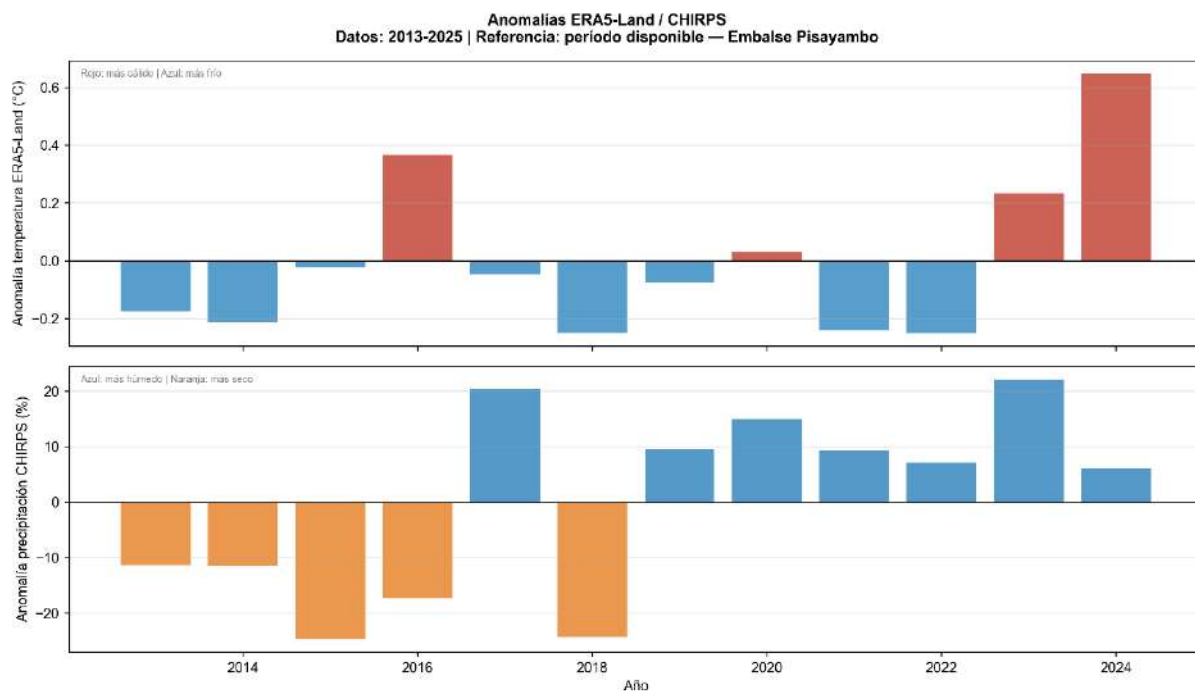


Fig 29. Estación Embalse Pisayambo anomalías

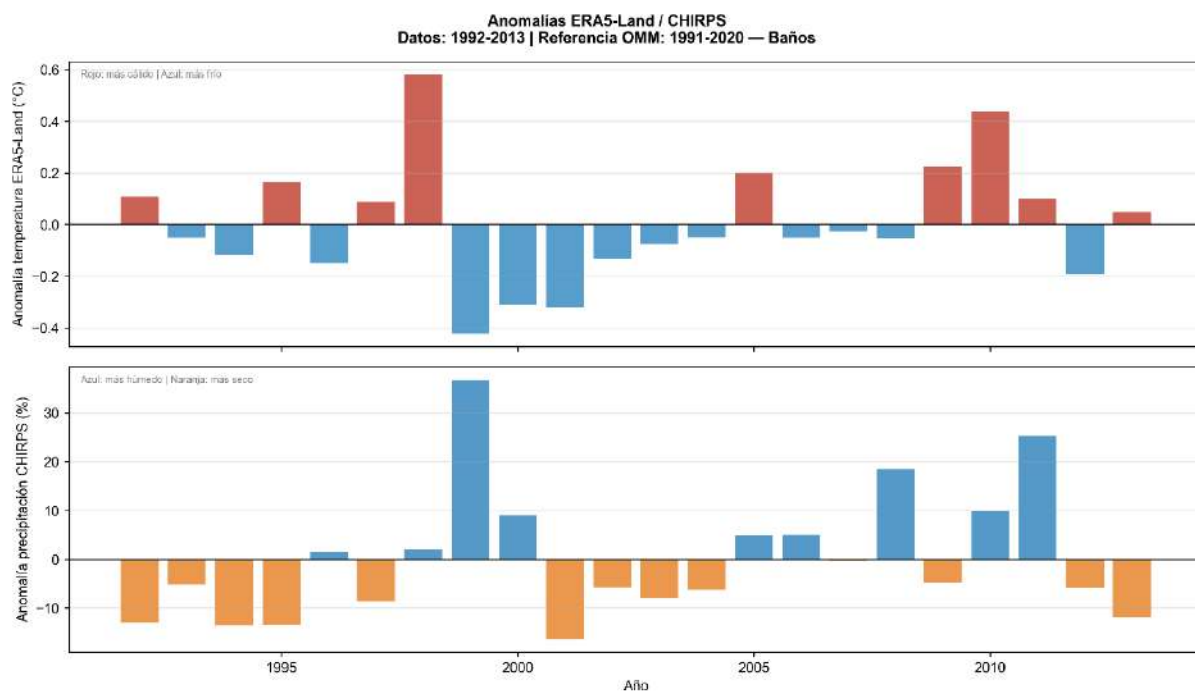


Fig 30. Estación Baños anomalías

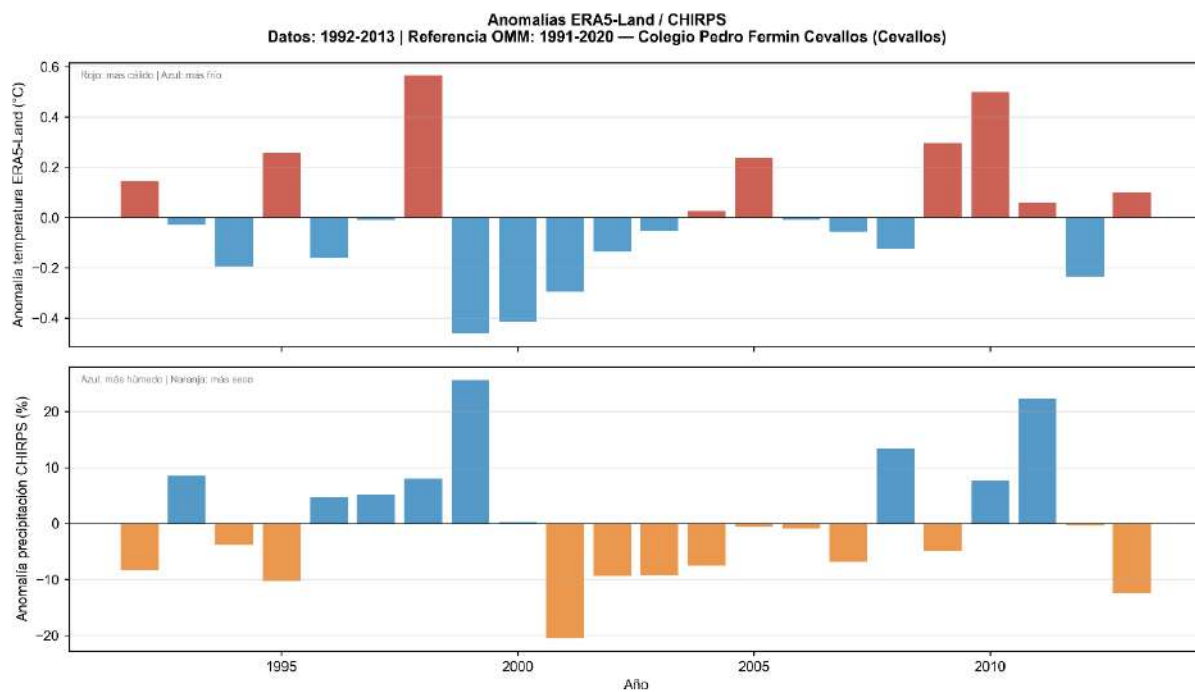


Fig 31. Estación Colegio Pedro Fermin Cevallos anomalías

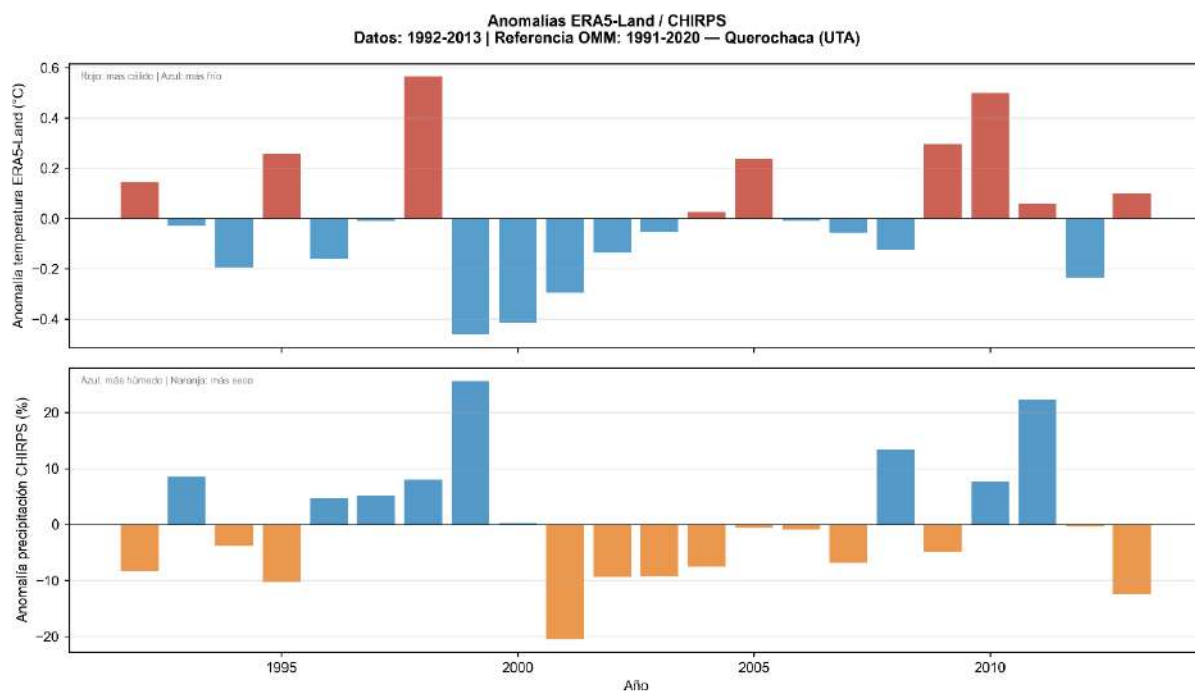


Fig 32. Estación Querochaca (UTA) anomalías

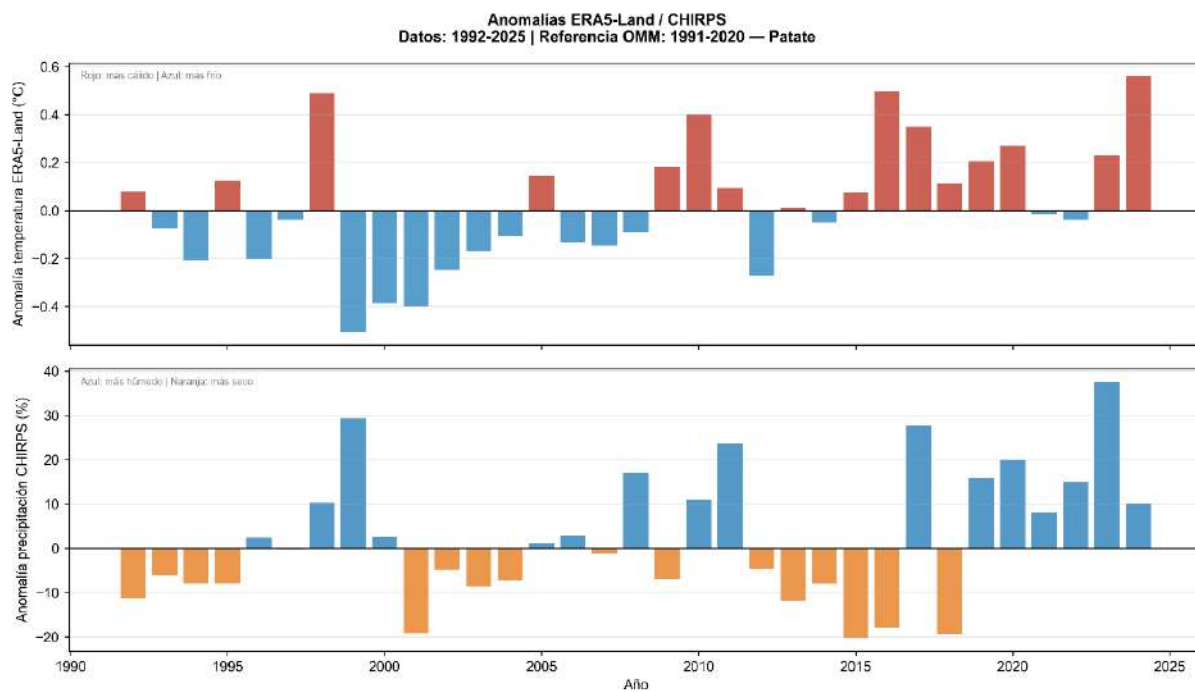


Fig 33. Estación Patate anomalías

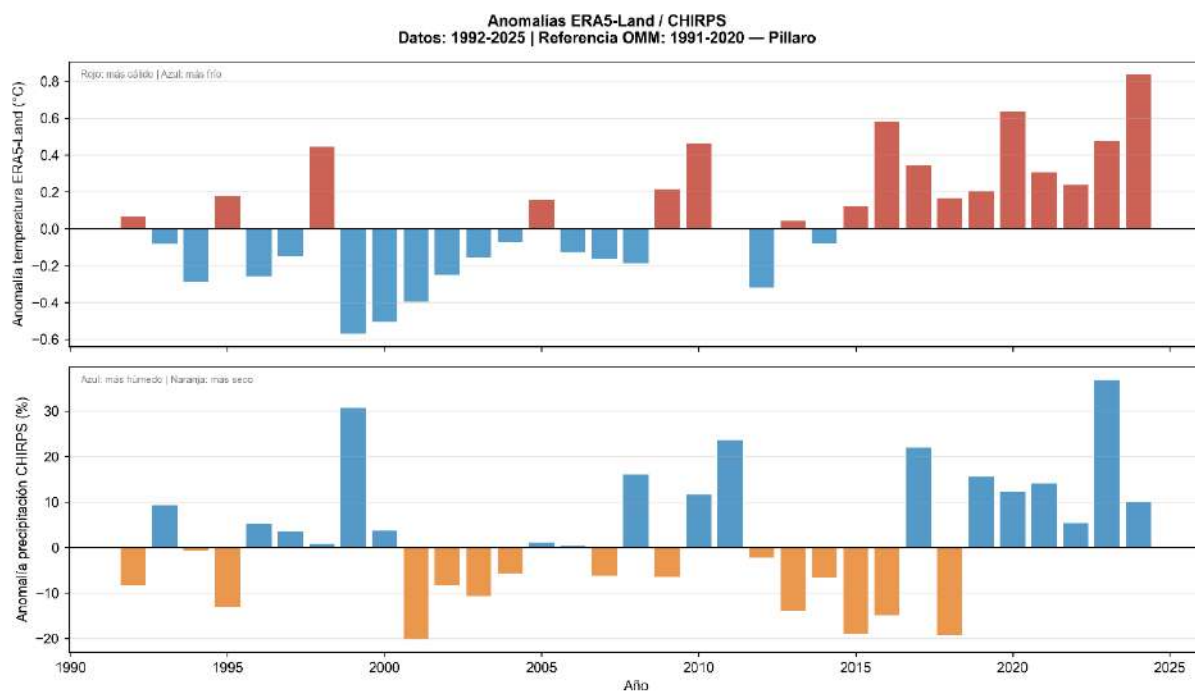


Fig 34. Estación Pillaro anomalías

GRAFICAS SERIES ANUALES

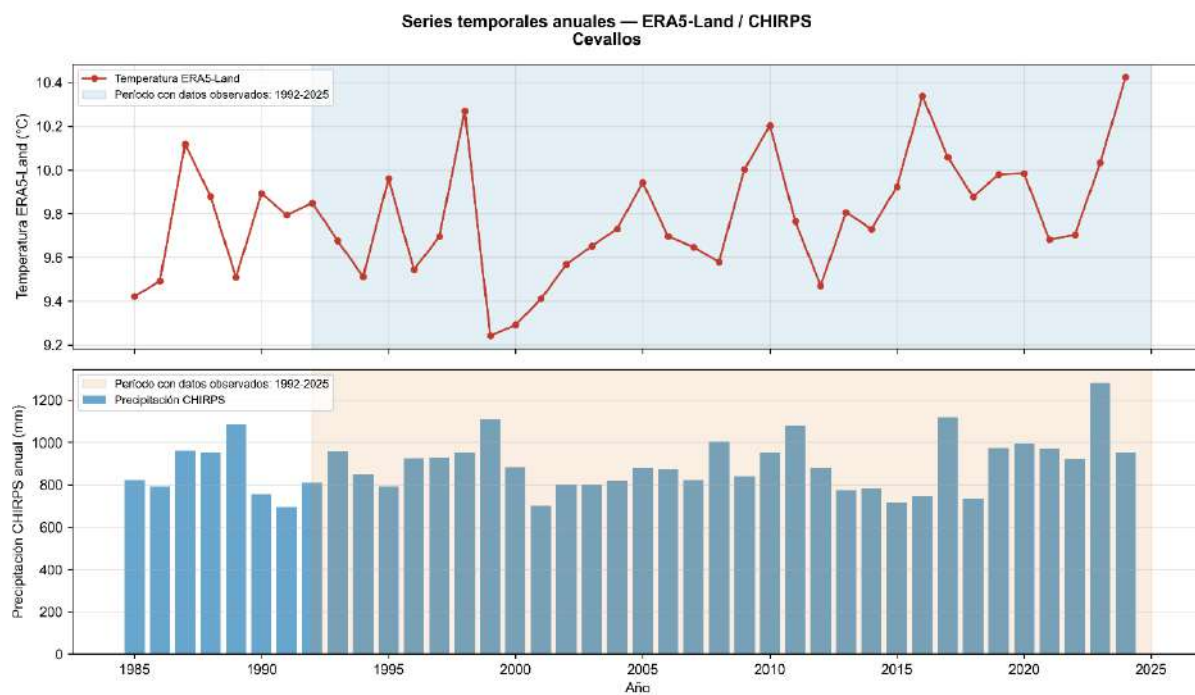


Fig 35. Estación Cevallos series anuales

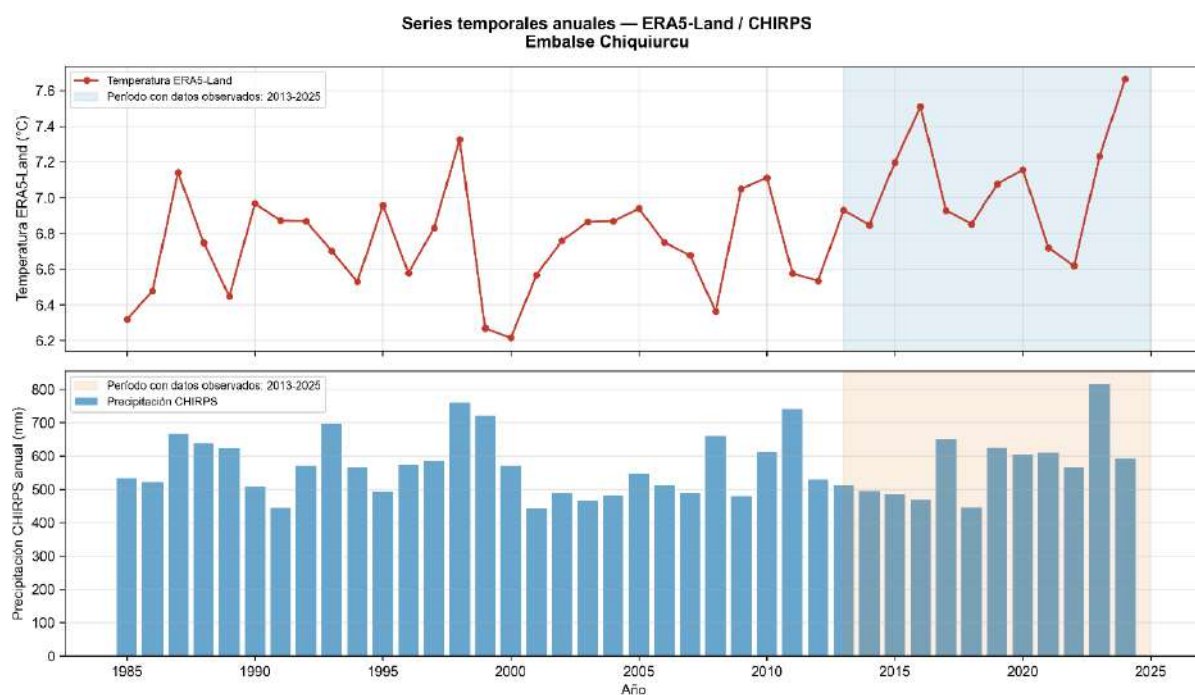


Fig 36. Estación Embalse Chiquiurcu series anuales

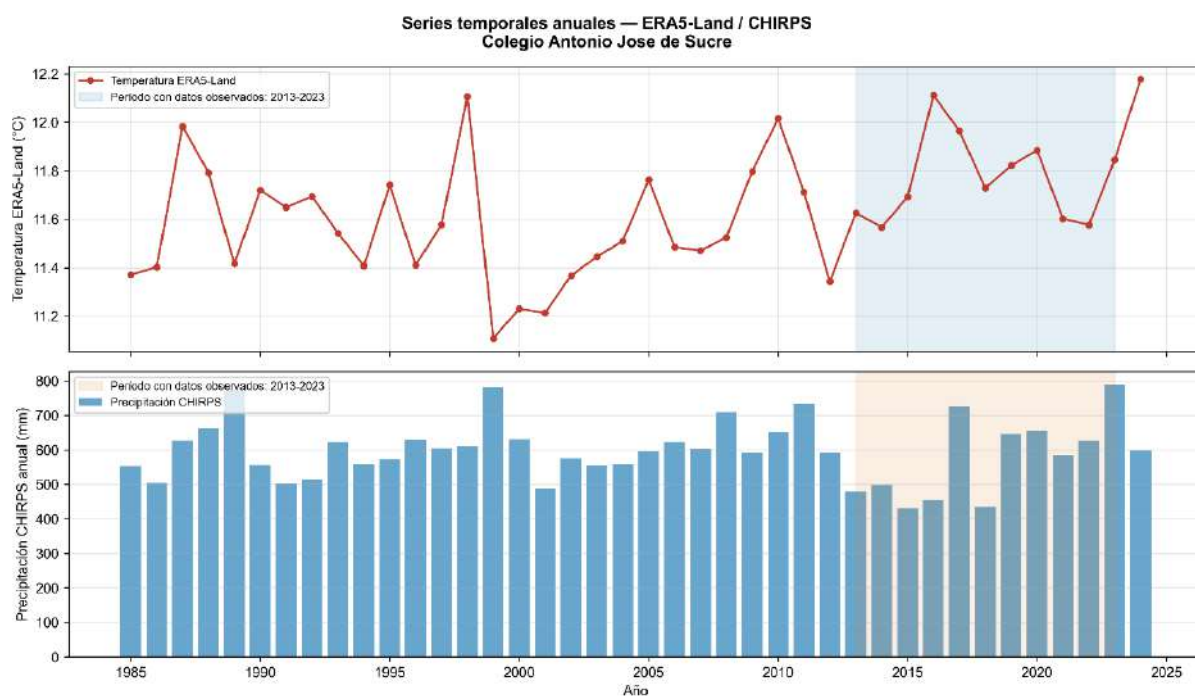


Fig 37. Estación Colegio Antonio José de Sucre series anuales

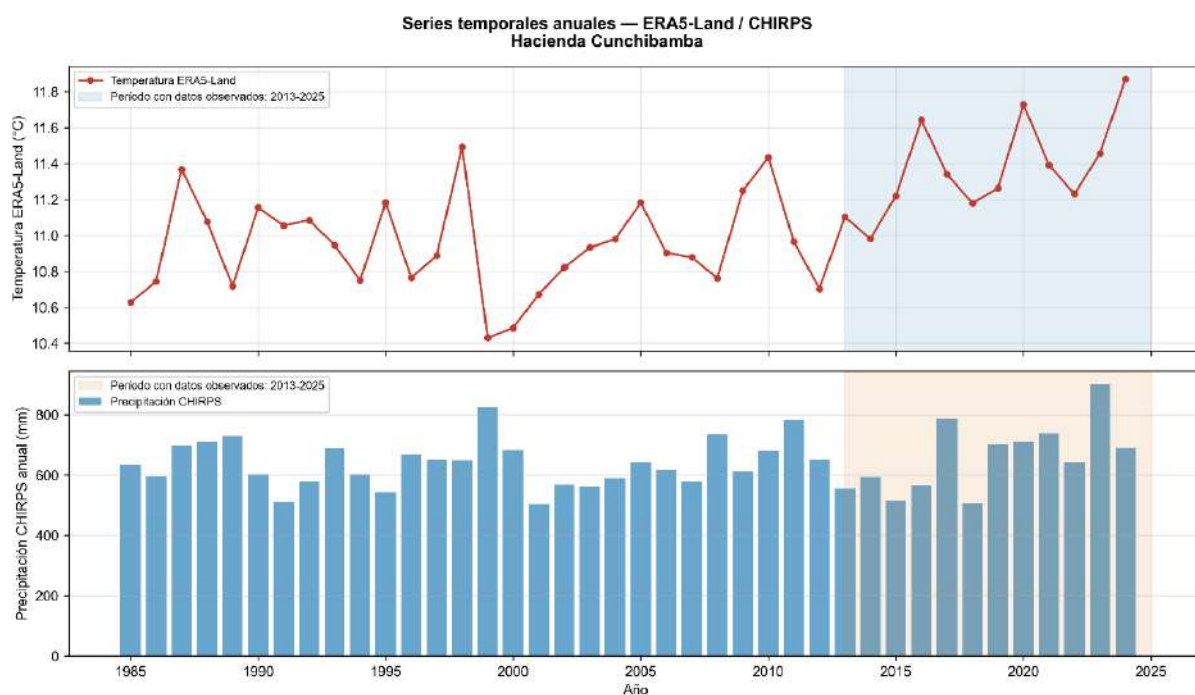


Fig 38. Estación Hacienda Cunchibamba series anuales

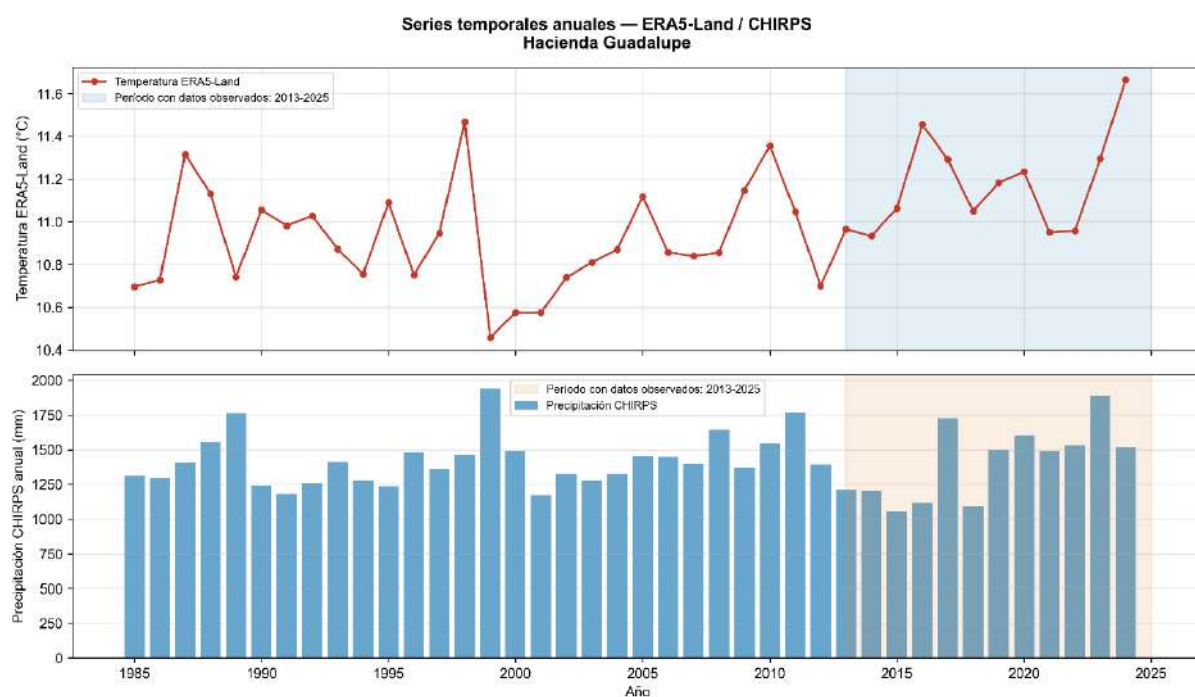


Fig 39. Estación Hacienda Guadalupe series anuales

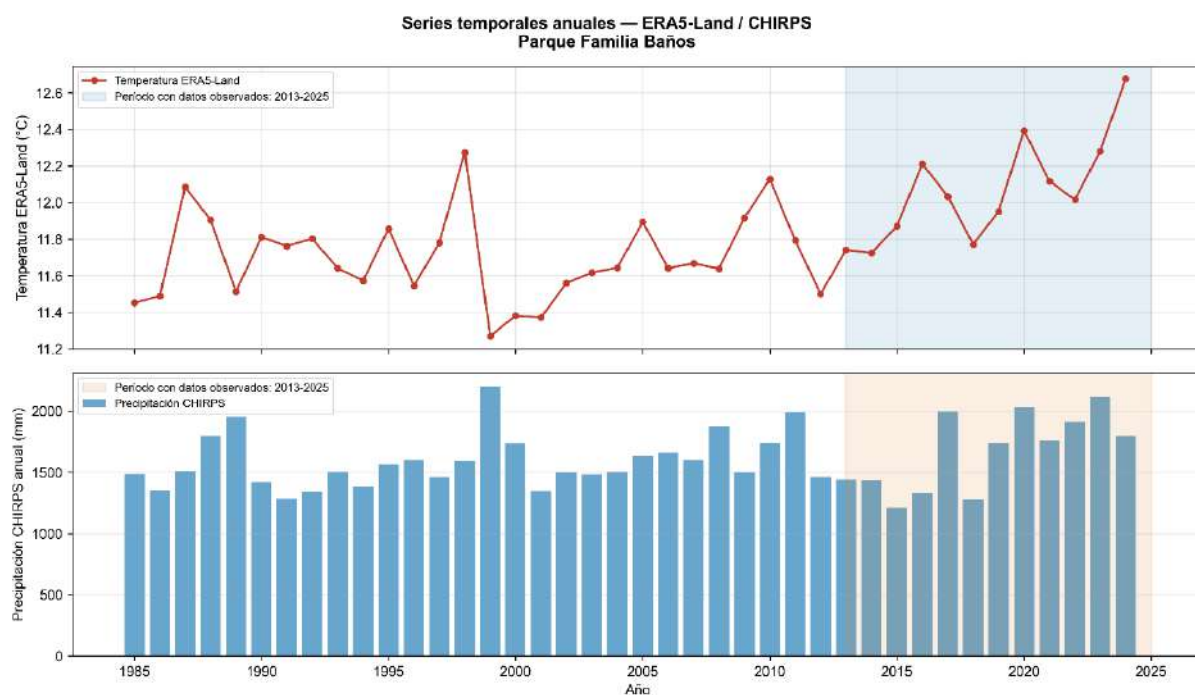


Fig 40. Estación Parque Familia Baños series anuales

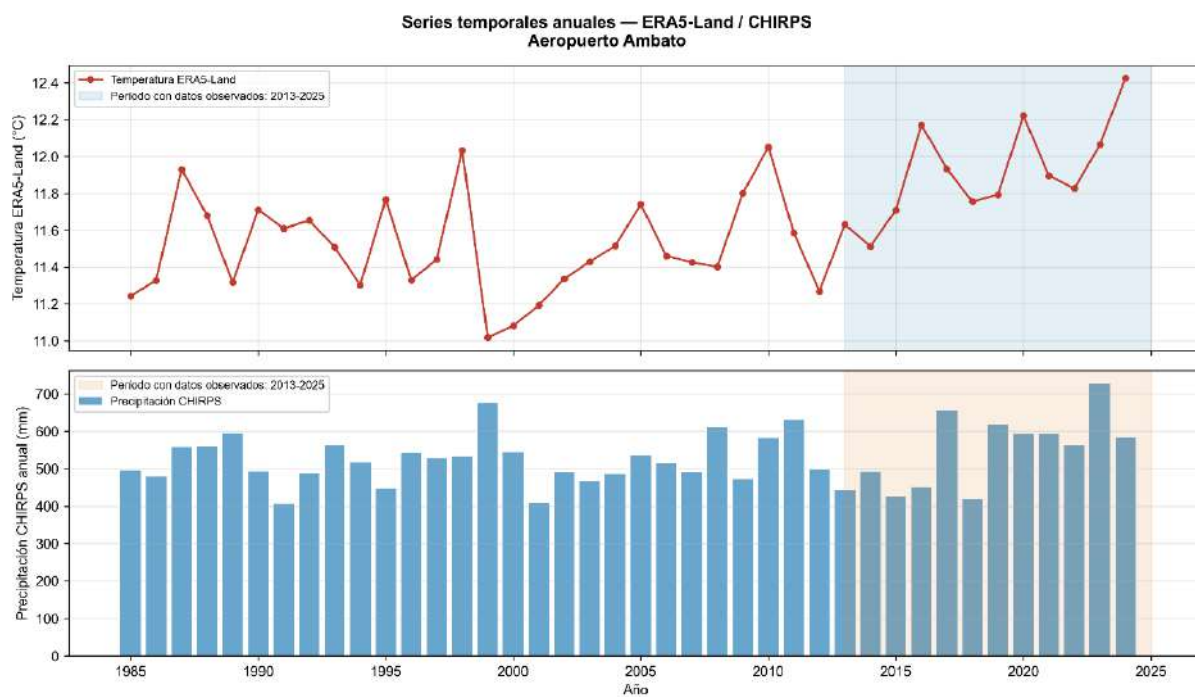


Fig 41. Estación Aeropuerto Ambato series anuales

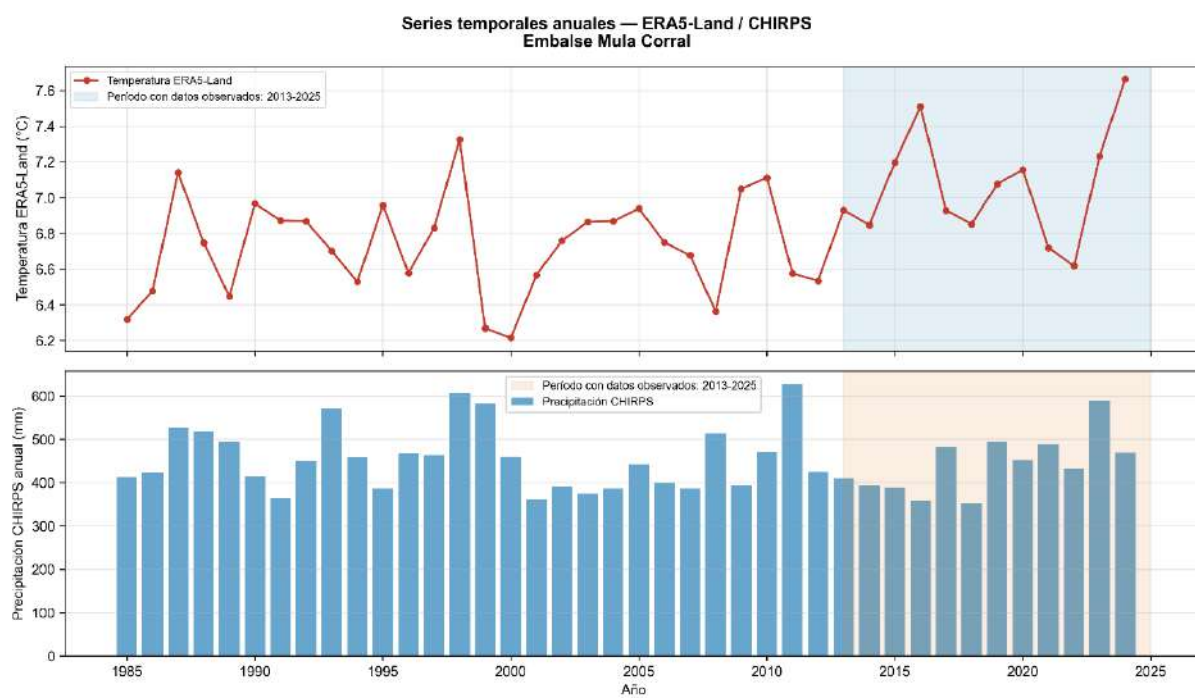


Fig 42. Estación Embalse Mula Corral series anuales

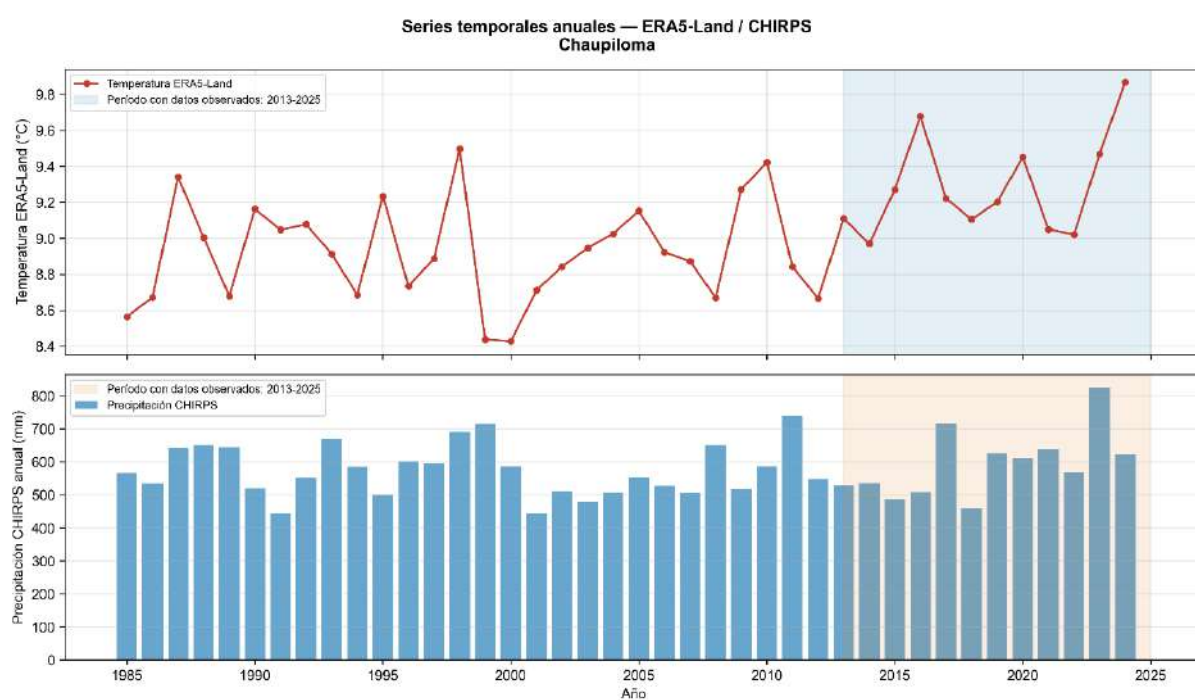


Fig 43. Estación Chaupiloma series anuales

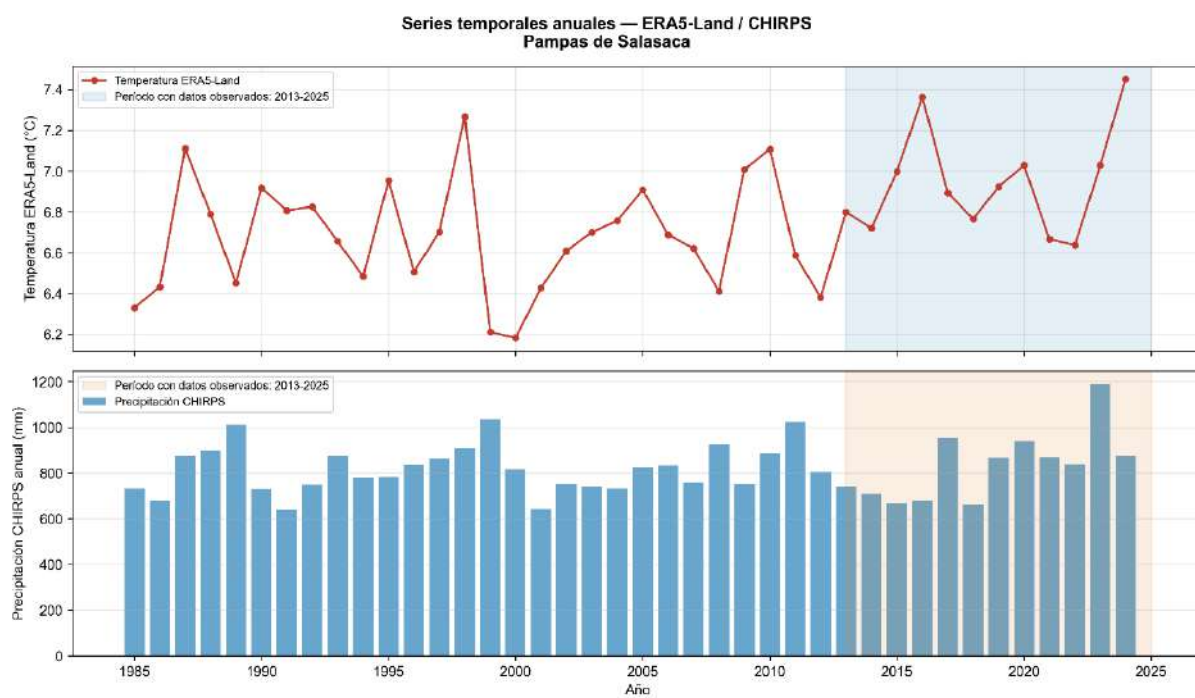


Fig 44. Estación Pampas de Salasaca series anuales

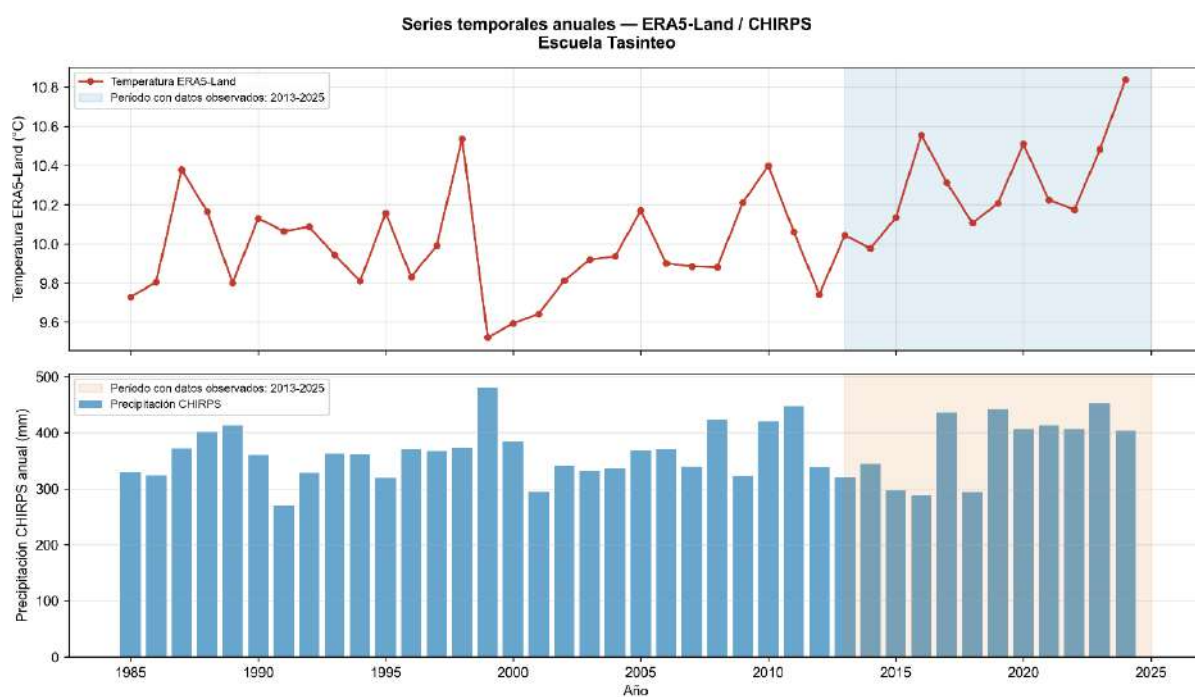


Fig 45. Estación Escuela Tasinteo series anuales

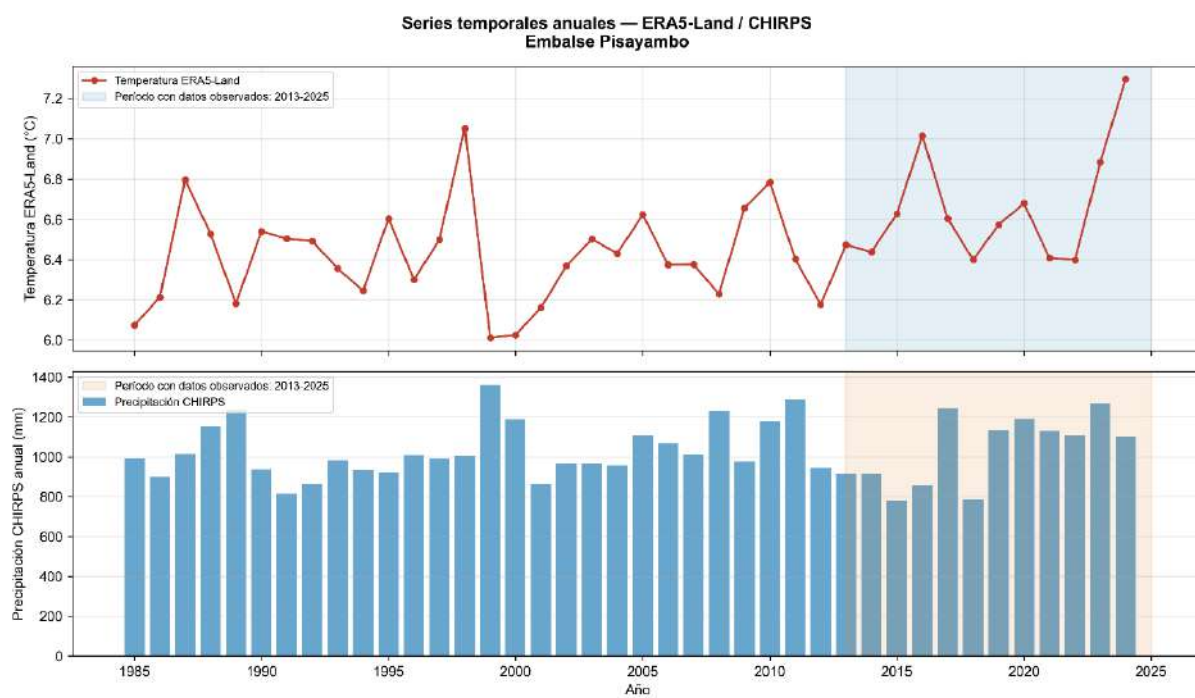


Fig 46. Estación Pisayambo series anuales

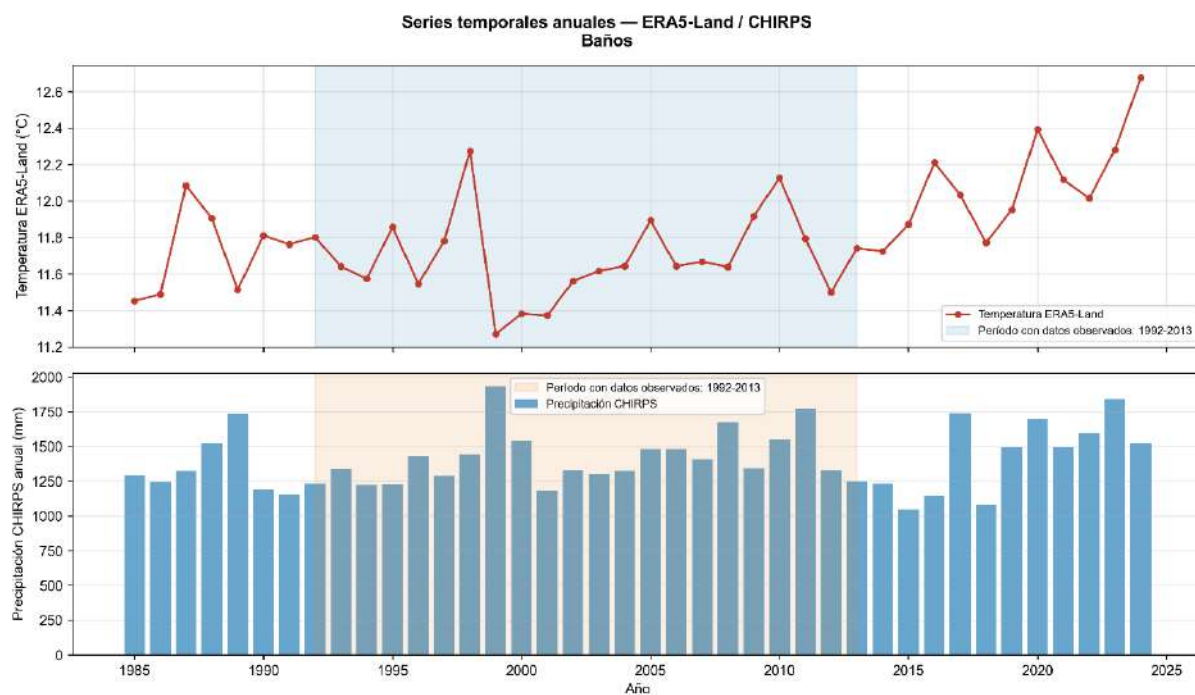


Fig 47. Estación Baños series anuales

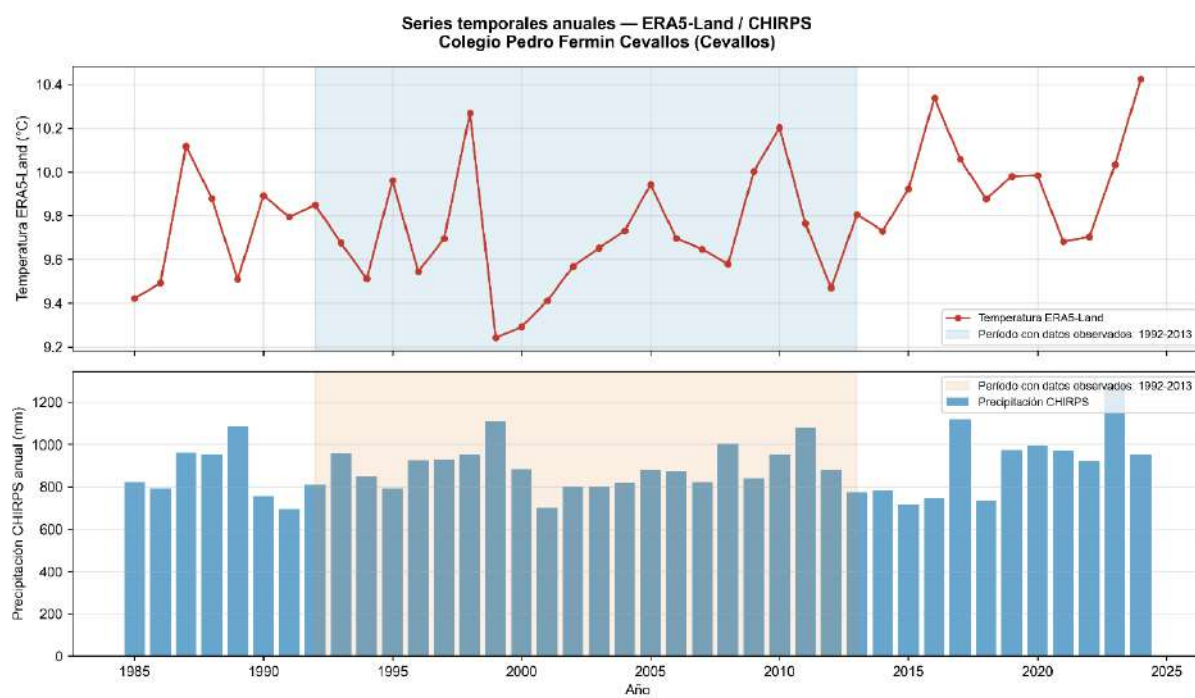


Fig 48. Estación Colegio Pedro Fermin series anuales

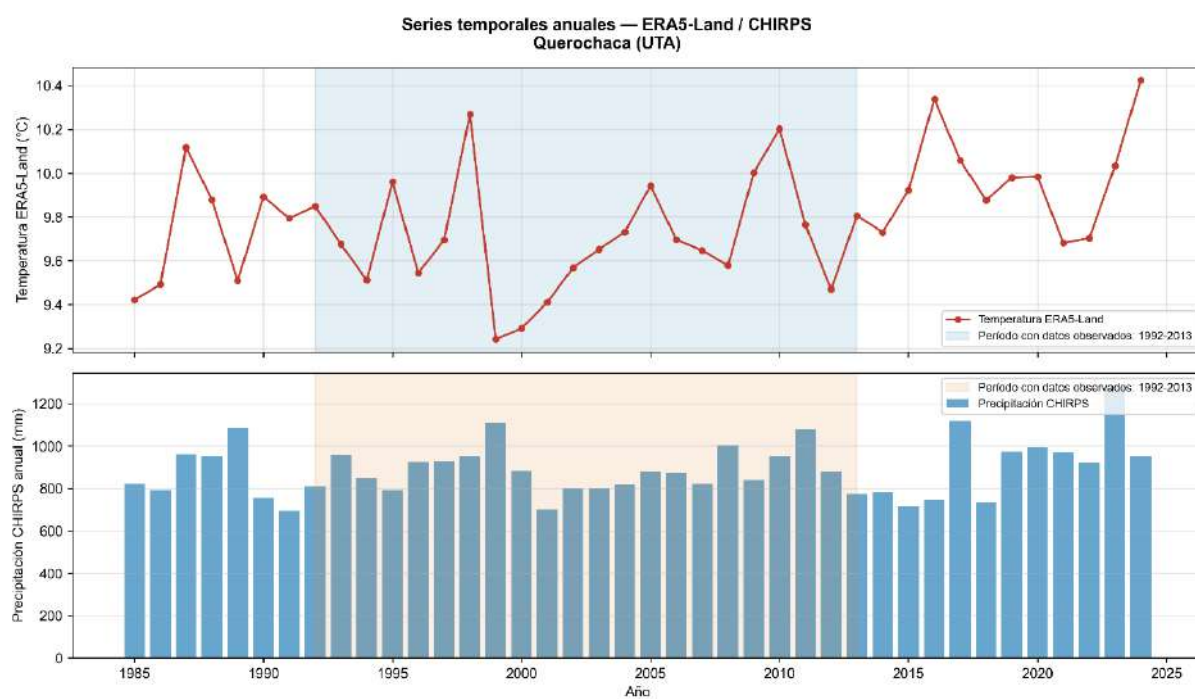


Fig 49. Estación Querochaca (UTA) series anuales

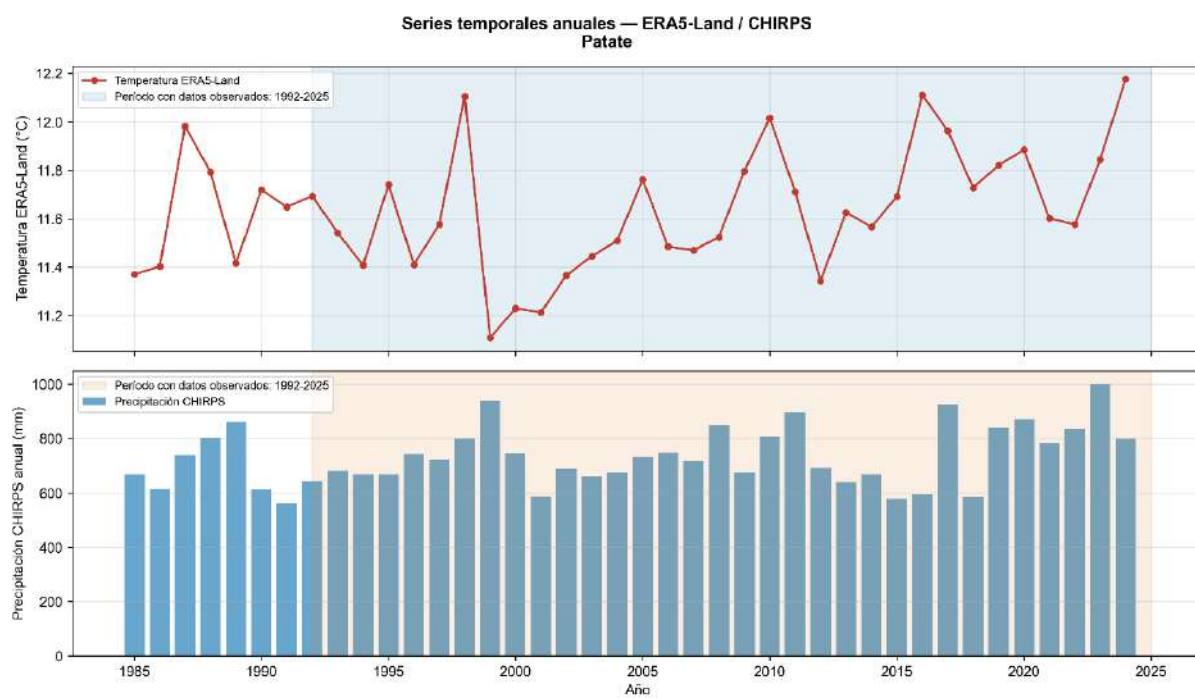


Fig 50. Estación Patate series anuales

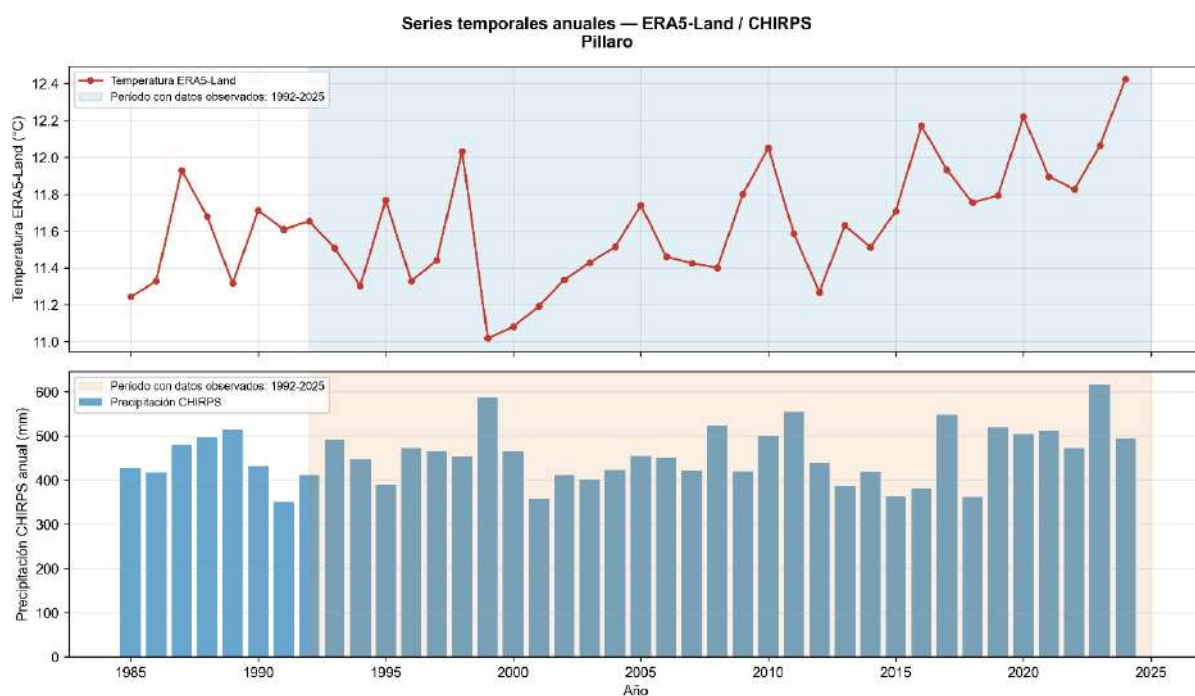


Fig 51. Estación Pillaro series anuales

Análisis de tendencias temporales – test de Mann – Kendall

- **Dinámica térmica (Temperatura):** El hallazgo central y más relevante de este análisis es el calentamiento estadísticamente significativo detectado en la estación Píllaro ($p = 0,0001$), con un incremento de $+ 0,0027^{\circ}\text{C/año}$. Este valor representa un aumento térmico acumulado de aproximadamente $+ 0.75^{\circ}\text{C}$ en tres décadas, resultados plenamente consistentes con las tendencias reportadas para los Andes tropicales de Ecuador y Colombia donde estudios previos documentan incrementos de entre 0.1°C y 0.3°C por década. La ubicación de Píllaro (2805m s.n.m.) sugiere que este fenómeno está vinculado al Calentamiento Dependiente de la Elevación (EDW), que intensifica el alza térmica en zonas de alta montaña.

En contraste, las estaciones de Baños, Querochaca y Cevallos (INAMHI) no mostraron tendencias significativas. Sin embargo, esto no implica estabilidad climática absoluta; la cual es inferior al estándar de 30 años recomendado por la OMM para análisis de tendencias robustas. Aun así, todas presentan pendientes de Sen positivas ($+ 0,007^{\circ}\text{C/año}$), lo que sugiere una señal térmica latente.

- **Dinámica Pluviométrica (Precipitación):**
- Para la precipitación ninguna de las estaciones analizadas presentó tendencias lineales significativas ($p > 0.05$). Este resultado es común en la región andina ecuatorial, donde la alta variabilidad interanual modulada por eventos ENSO y el desplazamiento de la ZCIT actúan como un “ruido” estadístico que enmascara tendencias de largo plazo.

A pesar de la ausencia de significancia, se observan matices importantes en las magnitudes:

- La estación Baños presenta el p-valor más bajo (0.0907) y la pendiente más elevada ($+8.16 \text{ mm/año}$), lo que sugiere una señal marginal de incremento hídrico en la vertiente oriental que podría alcanzar significancia con registros más extensos
- Las estaciones del corredor interandino central como Píllaro y Cevallos muestran cambios totales moderados ($+42,5$ y $+68,7 \text{ mm}$ respectivamente), confirmando que, aunque existan fluctuaciones, no hay un cambio estructural en el régimen de lluvias en el período histórico evaluado.

Al integrar estos resultados, se obtuvo que, mientras el calentamiento es una señal clara y detectable en la serie más larga y homogénea de la provincia, la precipitación se mantiene dominada por ciclos de variabilidad natural. Esta disparidad subraya la vulnerabilidad térmica de los páramos de Tungurahua ante el cambio global.

Distribución espacial del clima — Cartografía temática

La espacialización de las variables climáticas mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) permitió identificar patrones territoriales que los registros puntuales de las estaciones no capturan plenamente, facilitando la comprensión de la interacción entre la topografía andina y la dinámica atmosférica provincial.

En correspondencia con el tercer objetivo específico, se presenta a continuación la espacialización de los patrones identificados. Cabe destacar que, aunque la meta original se centraba en la cartografía térmica, la robustez de la base de datos generada facilitó la inclusión de mapas de precipitación y tendencias. Estos productos adicionales se presentan como un valor agregado que permite una interpretación más profunda de la dinámica hídrica de los páramos.

- **Temperatura media anual ERA5-Land corregida (Mapa 2 lámina 2 de 4):** La distribución espacial de la temperatura media anual para el período de referencia **1991-2020** (Mapa 2) evidencia un gradiente térmico altitudinal muy marcado en Tungurahua. Los valores registrados oscilan entre los 7.4 °C en los páramos altos del flanco occidental —correspondientes a los sectores de COCAP, Llangahua y Rumipata— y los 21.5 °C en el límite oriental de la provincia, en la transición hacia la región amazónica.
- El análisis cartográfico confirma un gradiente térmico promedio de **0.65 °C por cada 100 metros** de ascenso altitudinal, valor que se ajusta con precisión a la física atmosférica de los Andes ecuatoriales. El corredor interandino central, donde se asientan las zonas de amortiguamiento de los páramos, mantiene temperaturas medias de entre **9.0 °C y 12.0 °C**, mostrando una estabilidad térmica espacial coherente con el carácter isotérmico de la región.

Precipitación media anual CHIRPS corregida (Mapa 3 lámina 2 de 4)

El patrón pluviométrico espacial (Mapa 3) es significativamente más complejo que el térmico, revelando una marcada bipartición este-oeste impulsada por la orografía de la Cordillera Real y la Cordillera Occidental:

- **Sector Occidental (Sombra orográfica):** Los páramos de este flanco presentan los mínimos absolutos de la provincia, con valores que oscilan entre 396 y 815 mm/año. Esta aridez relativa se debe al efecto de "sombra de lluvia" que ejerce la cordillera sobre los flujos de humedad provenientes del Pacífico y del interior.

- **Sector Oriental (Influencia Amazónica):** En contraste, el borde oriental registra máximos pluviométricos de hasta 4,908 mm/año. Este superávit es resultado de la entrada constante de masas de aire húmedo desde la Amazonía a través del corredor del río Pastaza.

Los ecosistemas de páramo de Tungurahua se distribuyen predominantemente en el rango de 396 a 1,525 mm/año, lo que subraya la necesidad de estrategias de conservación diferenciadas para los páramos secos del oeste y los páramos húmedos del oriente.

Tendencias temporales espacializadas (Mapa 4 lámina 4)

El Mapa 4 sintetiza geográficamente los resultados del test de Mann-Kendall, permitiendo visualizar la coherencia de los cambios climáticos en el territorio. La cartografía muestra una estabilidad estadística dominante para la precipitación en toda la provincia, representada de forma uniforme en la red de monitoreo.

En cuanto a la temperatura, el mapa resalta que la única señal de calentamiento estadísticamente significativo se concentra en el sector nor-oriental (estación Píllaro). Esta focalización espacial sugiere que el borde oriental de la cordillera podría estar experimentando una amplificación térmica más acelerada, lo que delimita geográficamente una zona de mayor vulnerabilidad climática inmediata para los servicios ecosistémicos de regulación hídrica.

Fichas climatológicas de sitios centinela

Como parte de los productos de transferencia de conocimiento para el HGPT y el Fondo de Páramos, se generó un inventario de 22 fichas climatológicas automatizadas. En esta sección se detallan cuatro sitios centinela (PMP Poaló, PMP Sucre, PMP Frente Sur Occidental y PMP Llangahua) seleccionados por su representatividad geográfica, extensión territorial y diversidad de regímenes hídricos. Estos sitios permiten comprender la respuesta local de los ecosistemas de páramo ante la variabilidad climática regional.

Componentes e interpretación de las fichas

Cada ficha climatológica constituye una "cédula de identidad climática" del área de conservación y se estructura en cinco componentes fundamentales:

1. **Mapa de ubicación territorial:** Presenta el límite provincial de Tungurahua con el polígono del Plan de Manejo resaltado en color naranja y su centroide marcado con una

estrella roja. Permite identificar visualmente si el sitio se encuentra en el flanco occidental (seco) u oriental (húmedo) de la provincia.

2. **Tabla de indicadores clave:** Resume los valores estadísticos del período de referencia 1991-2020. Incluye la temperatura media anual, precipitación total, meses extremos (más seco y más lluvioso), el área en hectáreas y la altitud estimada.
3. **Climograma mensual:** Gráfico que combina barras (precipitación) y una línea (temperatura). Su interpretación permite identificar el régimen estacional: si es bimodal (dos picos de lluvia) o si tiene influencia amazónica (lluvia constante en junio-julio). La estabilidad de la línea roja confirma la isothermia ecuatorial de los páramos.
4. **Series temporales de 40 años (1985-2024):** Muestra la evolución histórica año tras año. Permite observar ciclos de largo plazo y verificar cómo ha variado el clima desde finales del siglo XX hasta el presente.
5. **Gráficos de anomalías anuales:** Es el componente más crítico para la gestión de riesgos:
 - **Anomalías de Temperatura:** Barras rojas indican años más cálidos que el promedio y barras azules años más fríos.
 - **Anomalías de Precipitación:** Barras azules indican años con exceso de lluvia (superávit) y barras naranjas años de sequía (déficit).

Sintetizando la utilidad de los productos de transferencia, estas 22 fichas climatológicas constituyen un inventario sistemático para los ecosistemas de páramo de Tungurahua basado en datos de largo plazo (1985-2024) con corrección de sesgo local. Este insumo permite que el HGPT y el Fondo de Páramos incorporen la dimensión climática histórica en la actualización de sus planes de manejo, facilitando una gestión territorial basada en evidencia científica frente a los desafíos de adaptación al cambio climático en la región altoandina.

CAPÍTULO IV.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I. CONCLUSIONES

Se determinó que la integración de bases de datos de reanálisis (ERA5-Land) y satelitales (CHIRPS v2.0) con registros observados locales (INAMHI y HGPT 1992–2025) constituye una metodología robusta para suplir vacíos de información en zonas de alta montaña. La validación cruzada reveló un sesgo térmico sistemático de subestimación de $+2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por parte de ERA5-Land, atribuido a la complejidad topográfica que el modelo no captura plenamente. Mediante la aplicación de correcciones aditivas mensuales, se logró representar fielmente un régimen térmico isotérmico con un gradiente altitudinal de $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}$ por cada 100 metros de elevación, identificando temperaturas medias anuales de entre $6,47\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $6,82\text{ }^{\circ}\text{C}$ en las zonas de páramo alto.

El análisis de largo plazo (1985–2024) permitió identificar una señal de calentamiento estadísticamente significativa en la zona norte de la provincia, específicamente en la estación Píllaro, con un incremento de $+0,023\text{ }^{\circ}\text{C/año}$ ($+0,75\text{ }^{\circ}\text{C}$ acumulados en 33 años). Este hallazgo en los puntos evaluados es compatible con procesos de Calentamiento Dependiente de la Elevación (EDW) reportados en la literatura para ecosistemas altoandinos. El rigor estadístico se aseguró excluyendo series con rupturas de homogeneidad significativas, confirmando además que el año 2024 se consolidó como el más cálido del registro histórico de 40 años. Por el contrario, la precipitación no mostró tendencias lineales significativas, sugiriendo que la variabilidad interanual domina el régimen local.

La espacialización mediante herramientas SIG permitió identificar una marcada bipartición hídrica este-oeste en Tungurahua, impulsada por la orografía de las cordilleras Real y Occidental. Los resultados sugieren que los páramos occidentales operan bajo un efecto de sombra orográfica con mínimos de $\sim 396\text{ mm/año}$, mientras que la vertiente oriental recibe influencia amazónica directa con máximos de 4908 mm/año . Cabe destacar que el cumplimiento del tercer objetivo específico superó la meta inicial de cartografía térmica, integrando mapas de precipitación y tendencias como productos complementarios que fortalecen la comprensión territorial del clima provincial sin alterar el alcance aprobado.

Como producto de transferencia tecnológica, se generó un inventario sistemático de 22 fichas climatológicas automatizadas basadas en el periodo de 40 años (1985–2024). El análisis detallado se centró en los cuatro puntos centinela de referencia: PMP Poaló, PMP Sucre, PMP Frente Sur Occidental y PMP Llangahua, los cuales sintetizan la diversidad ecohidrológica de

la provincia. Esta ampliación constituye un producto técnico complementario de transferencia que permite al HGPT y al Fondo de Páramos incorporar la dimensión climática histórica validada localmente en la gestión de sus planes de manejo, facilitando una toma de decisiones basada en evidencia científica.

La variabilidad hidroclimática observada en los páramos de Tungurahua sería compatible con la influencia de mecanismos de gran escala como el desplazamiento latitudinal de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y la variabilidad interanual vinculada al ciclo ENSO, de acuerdo con lo reportado en la literatura científica para las regiones altoandinas. Asimismo, el régimen pluviométrico del borde oriental podría estar asociado al ingreso de humedad desde la cuenca amazónica a través del corredor del río Pastaza, un comportamiento que explica la persistencia de lluvias durante el estío andino en dicha vertiente

II. RECOMENDACIONES

Considerando la baja cobertura instrumental identificada en el flanco occidental y en los sectores de páramo alto, se recomienda al HGPT priorizar la instalación de sensores meteorológicos automáticos en cotas superiores a los 3500 m s.n.m.. Esta expansión de la red física permitirá refinar los factores de corrección de sesgo calculados para precipitación y temperatura en las zonas de mayor importancia para la recarga hídrica, reduciendo la incertidumbre de los modelos globales en las cumbres más altas de la provincia.

Dado el sesgo sistemático detectado en ERA5-Land (+2,2 °C) y la marcada heterogeneidad espacial de CHIRPS en relieves complejos, se recomienda establecer protocolos técnicos permanentes de validación y ajuste de productos globales. Es fundamental que el área técnica del HGPT mantenga el uso de las metodologías de corrección de sesgo aplicadas en este estudio para asegurar que cualquier dato satelital utilizado en la planificación territorial sea debidamente alineado con la realidad climática local.

Es imperativo incorporar el inventario de las 22 fichas climatológicas generadas y el análisis de anomalías históricas en la actualización técnica de los Planes de Manejo de Páramo del HGPT y el Fondo de Páramos. Estas fichas deben integrarse como la base climática oficial para la toma de decisiones, permitiendo que la planificación comunitaria y las estrategias de conservación transiten de supuestos empíricos a una gestión basada en evidencia científica de largo plazo (1985-2024).

Ante el calentamiento estadísticamente significativo detectado en Píllaro (+0,023 °C/año) y la tendencia de anomalías térmicas positivas sostenidas desde 2010, se recomienda utilizar las series históricas corregidas de 40 años como insumo base para futuros balances hídricos y modelación hidrológica distributiva (tipo SWAT o HBV). Resulta necesario cuantificar cómo este incremento de temperatura y el fenómeno EDW afectarán las tasas de evapotranspiración, el almacenamiento de agua en los suelos ándicos y la regulación hídrica futura de la provincia.

Se sugiere que la Red Hidrometeorológica del HGPT establezca procesos anuales de control de calidad y homogeneización de sus series institucionales. Como se demostró con la detección de la ruptura significativa ($p < 0,01$) en la estación Cevallos, las variaciones no climáticas por cambios instrumentales pueden distorsionar los análisis de tendencia; por tanto, el mantenimiento de metadatos operativos rigurosos es vital para garantizar que los cambios detectados en la red provincial respondan exclusivamente a variaciones climáticas reales

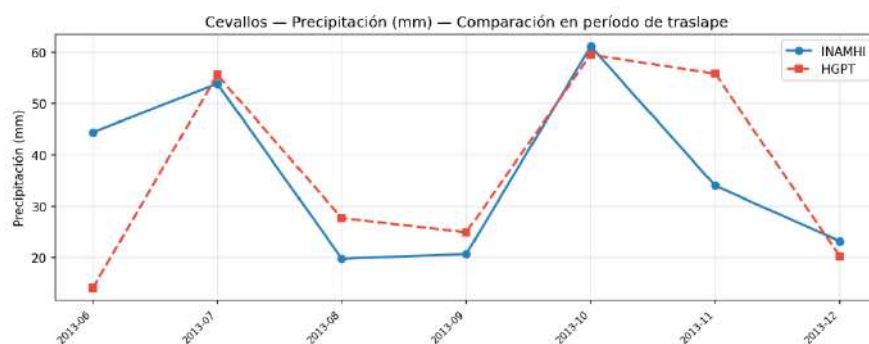
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), «Copernicus Climate Data Store (CDS),» [En línea]. Available: <https://cds.climate.copernicus.eu/>. [Último acceso: 12 04 2026].
- [2] Climate Hazards Center, «Climate Hazards Center – University of California, Santa Barbara,» [En línea]. Available: <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>. [Último acceso: 20 04 2026].
- [3] A. N. Pettitt, «A non-parametric approach to the change-point problem,» *Applied Statistics*, vol. 28, n° 2, p. 126–135, 1979.
- [4] H. Alexandersson, «A homogeneity test applied to precipitation data,» *Journal of Climatology*, vol. 6, n° 6, p. 661–675, 1986.
- [5] T. A. Buishand, «Some methods for testing the homogeneity of rainfall records,» *Journal of Hydrology*, vol. 58, p. 11–27, 1982.
- [6] M. G. Kendall, Rank Correlation Methods, London: Charles Griffin, 1975.
- [7] S. F. T. Romero y C. O. P. Santos, Componentes del balance hídrico en páramos de Ecuador (Jatunsacha), Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2018.
- [8] W. Buytaert, V. Iñiguez y B. D. Bièvre, «Human impact on the hydrology of the Andean páramos,» *Earth-Science Reviews*, vol. 79, p. 53–72, 2006.
- [9] F. Andes, Ecología, hidrología y suelos de páramos, Quito, Ecuador: FLACSO Ecuador, 2011.
- [10] E. Timbe, Agregación y disgregación temporal de datos de precipitación en microcuencas de páramo, Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, 2010.
- [11] J. D. R. Flores y M. F. O. Chimbo, Determinación de fuentes de agua que generan escorrentía en zonas de páramo, Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, 2016.

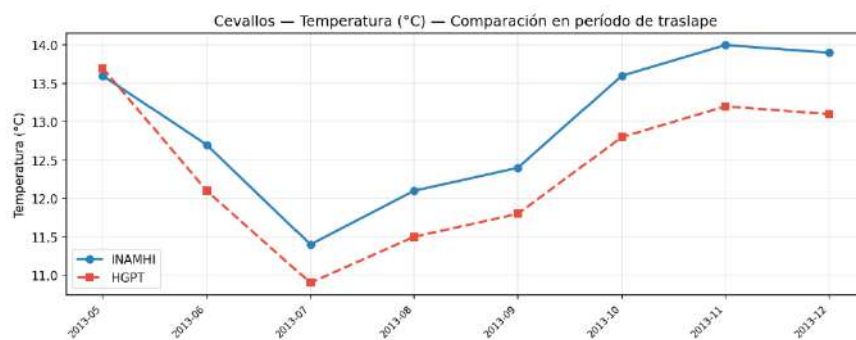
- [12] D. Villacís, Análisis espacial de variables climáticas en ecosistemas de páramo mediante SIG, Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, 2020.
- [13] World Meteorological Organization, Guide to Climatological Practices, Geneva: World Meteorological Organization, 2018.
- [14] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), «Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología,» [En línea]. Available: <https://www.inamhi.gob.ec>. [Último acceso: 15 04 2026].
- [15] H. V. Gupta, S. Sorooshian y P. O. Yapo, «Status of automatic calibration for hydrologic models: Comparison with multilevel expert calibration,» *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 4, n° 2, p. 135–143, 1999.
- [16] K. Pearson, «Notes on regression and inheritance in the case of two parents,» *Proceedings of the Royal Society of London*, vol. 58, p. 240–242, 1895.
- [17] P. K. Sen, «Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau,» *Journal of the American Statistical Association*, vol. 63, n° 324, p. 1379–1389, 1968.
- [18] S. Teutschbein y J. Seibert, «Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods,» *Journal of Hydrology*, vol. 456–457, p. 12–29, 2012.
- [19] J. Muñoz-Sabater, E. Dutra, A. Agustí-Panareda, C. Albergel, G. Balsamo, S. Boussetta, M. Choulga, H. Hersbach, E. Martens y J. M.-S. e. al., «ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications,» *Earth System Science Data*, vol. 13, n° 9, p. 4349–4383, 2021.
- [20] C. Funk, P. Peterson, M. Landsfeld, D. Pedreros, J. Verdin, S. Shukla, G. Husak, J. Rowland, L. Harrison, A. Hoell y e. al., «The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes,» *Scientific Data*, vol. 2, p. 150066, 2015.
- [21] Universidad Técnica de Cotopaxi, Caracterización de los páramos ecuatorianos, Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi, s. f..

ANEXOS

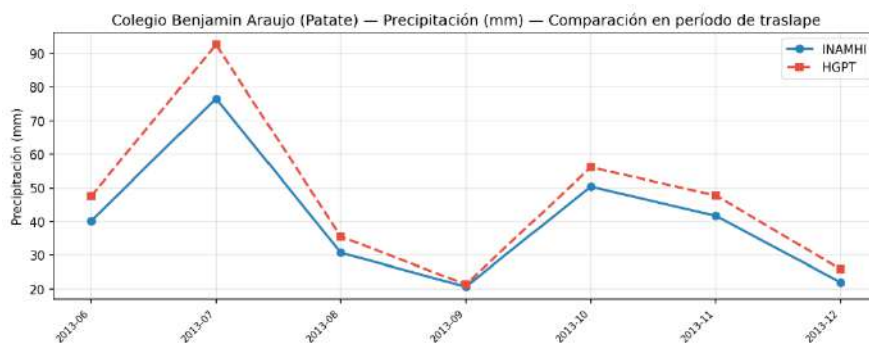
FIGURAS DE DIAGNOSTICO DE TRASLAPE



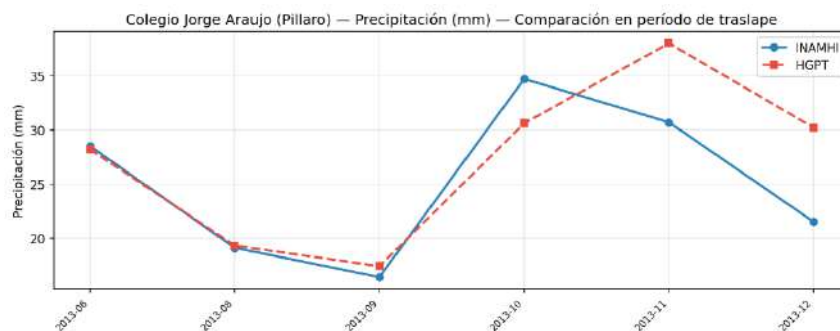
Anexo 1: estación Cevallos comparación de traslape en precipitación



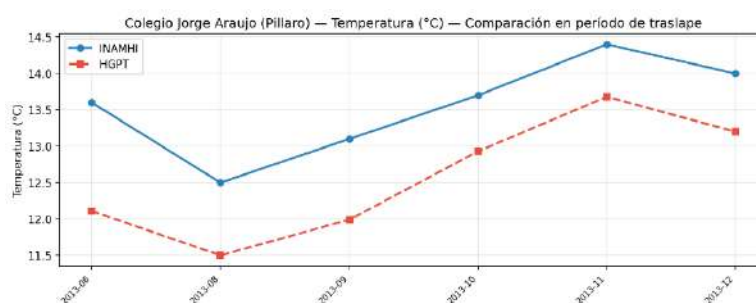
Anexo 2: estación Cevallos comparación de traslape en temperatura



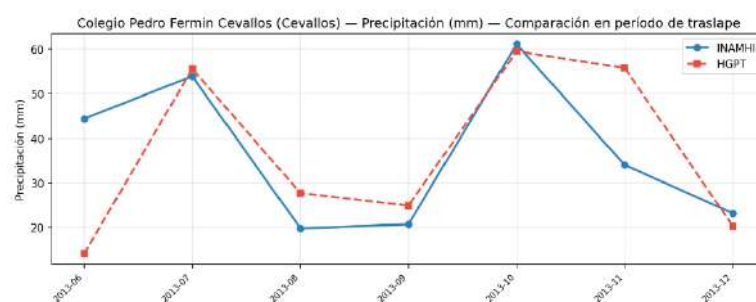
Anexo 3: estación Patate comparación de traslape en precipitación



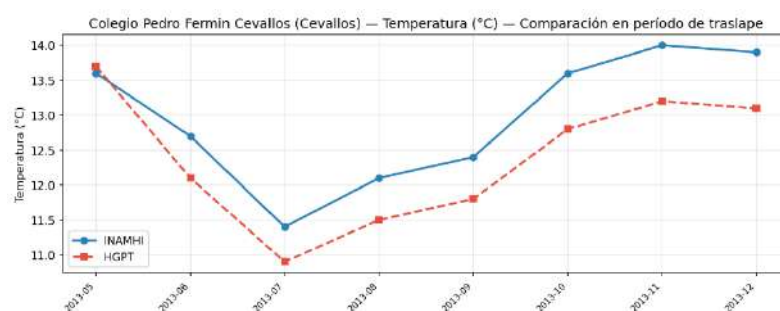
Anexo 4: estación Pillaro comparación de traslape en precipitación



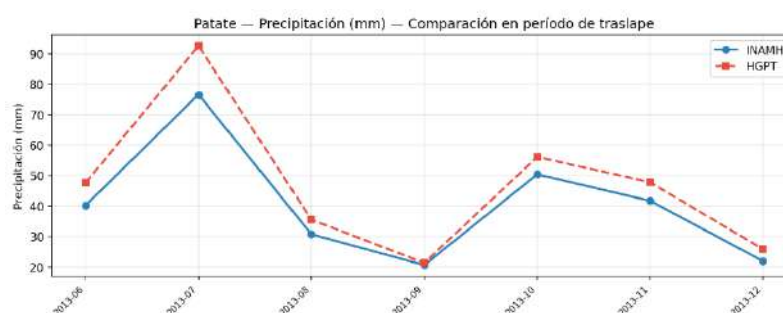
Anexo 5: estación Pillaro comparación de traslape en temperatura



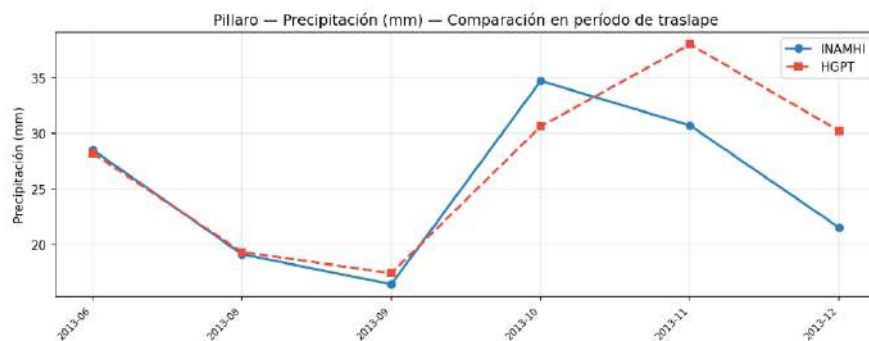
Anexo 6: estación Colegio Pedro Fermin Cevallos comparación de traslape en precipitación



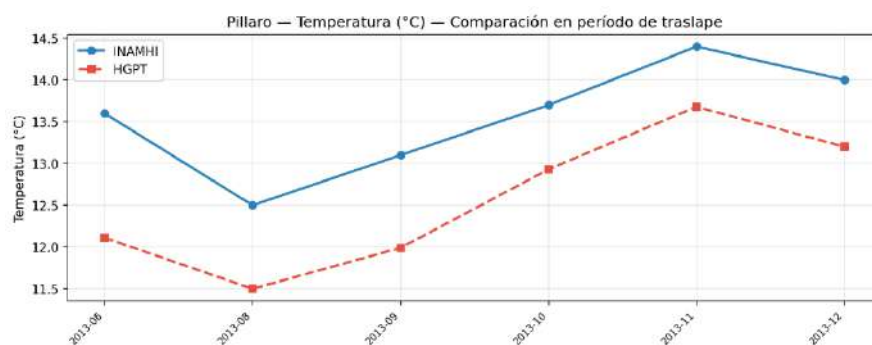
Anexo 7: estación Colegio Pedro Fermin Cevallos comparación de traslape en temperatura



Anexo 8: estación Patate comparación de traslape en precipitación

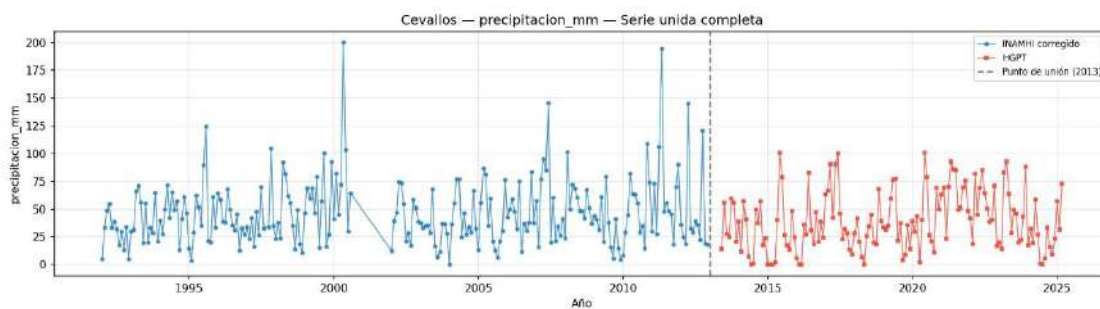


Anexo 9: estación Pillaro comparación de traslape en precipitación

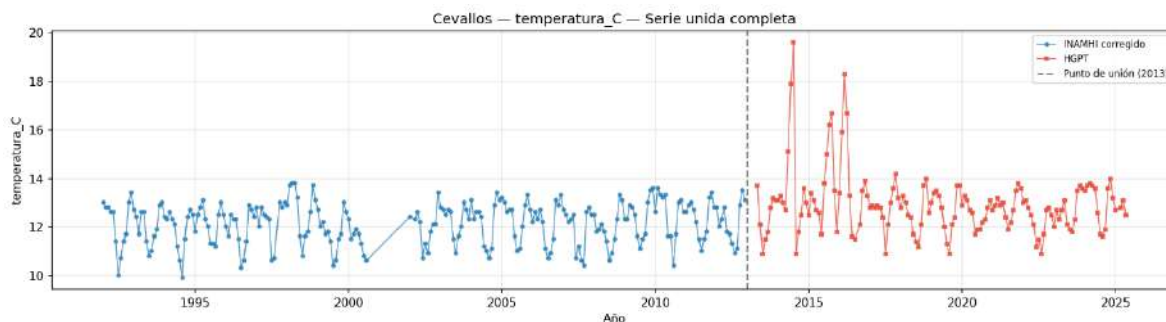


Anexo 10: estación Pillaro comparación de traslape en temperatura

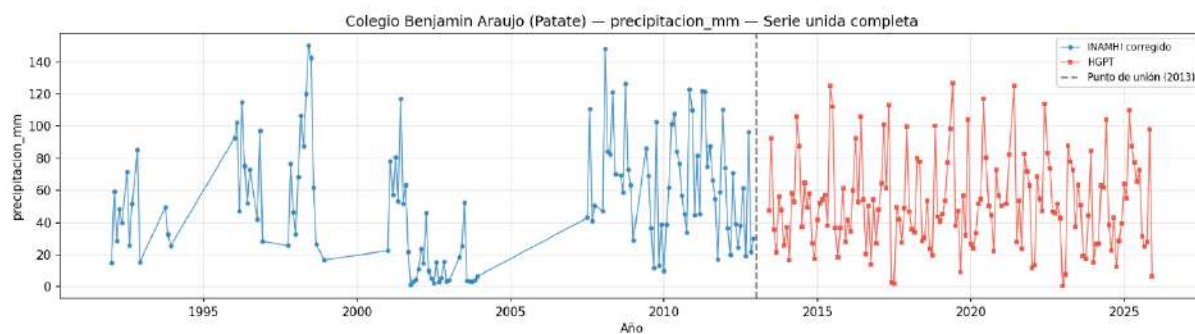
SERIES UNIDAS HGPT – INAMHI



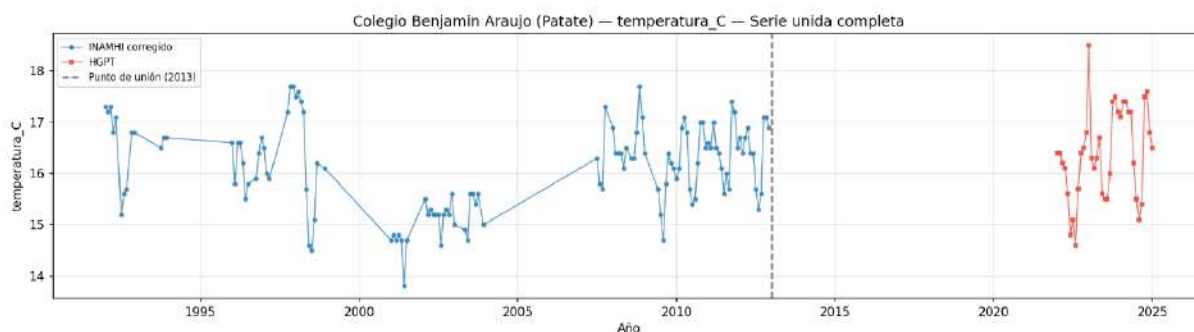
Anexo 11: estación Cevallos serie unida en precipitación



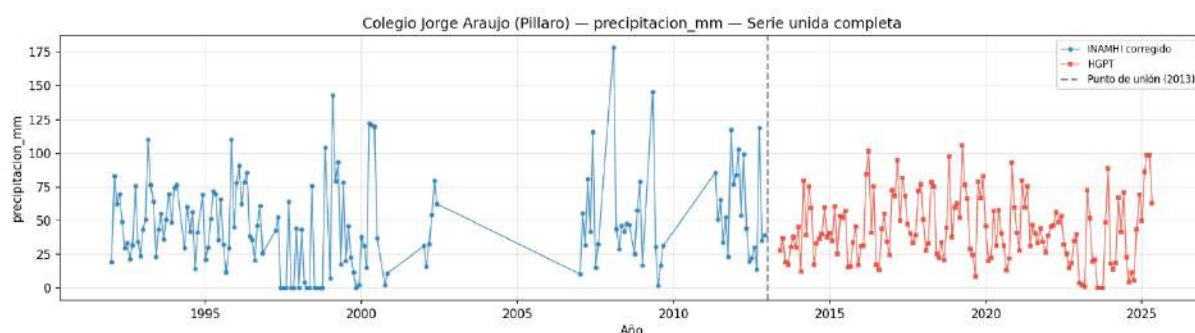
Anexo 12: estación Cevallos serie unida en temperatura



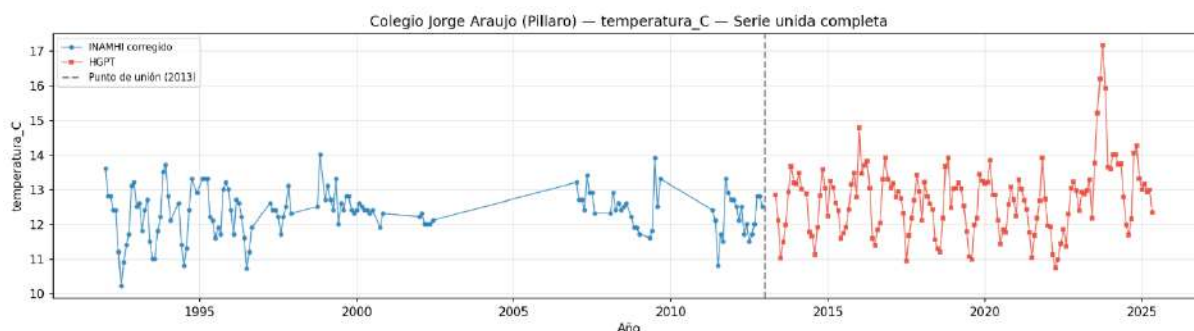
Anexo 13: estación Colegio Benjamín Araujo (Patate) serie unida en precipitación



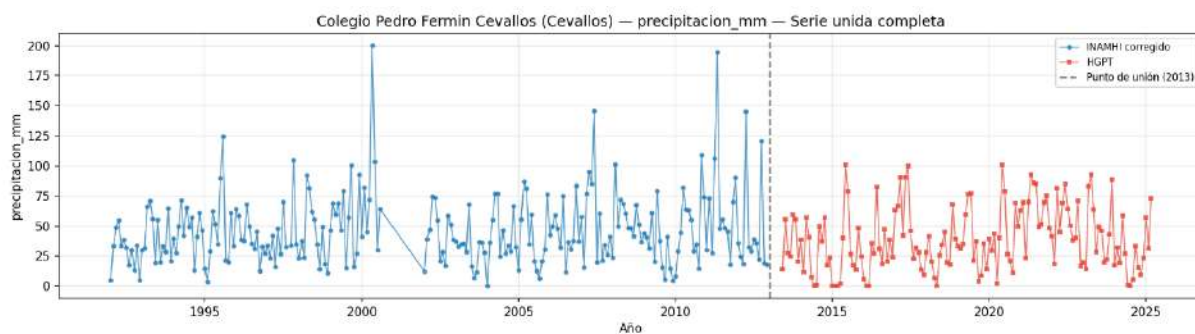
Anexo 14: estación Colegio Benjamín Araujo (Patate) serie unida en temperatura



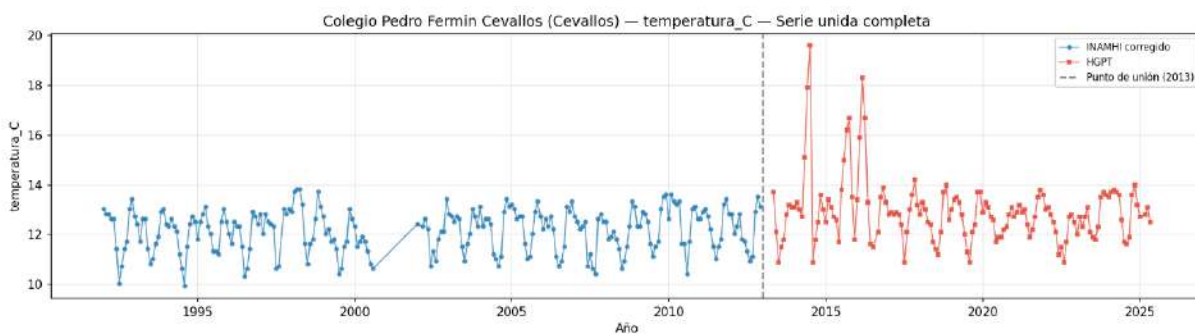
Anexo 15: estación Colegio Jorge Araujo serie unida en precipitación



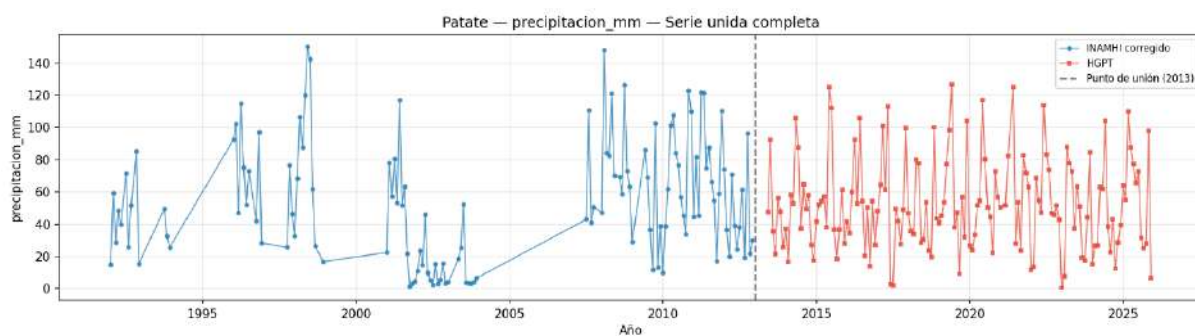
Anexo 16: estación Colegio Jorge Araujo serie unida en temperatura



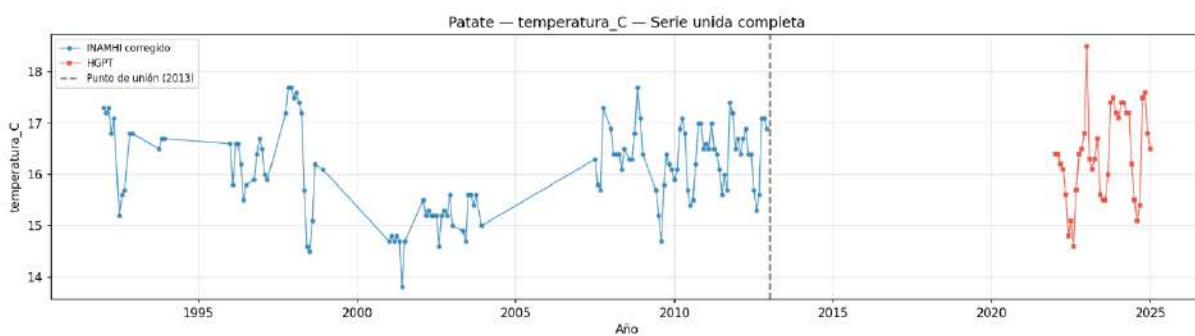
Anexo 17: estación Pedro Fermin Cevallos serie unida en precipitación



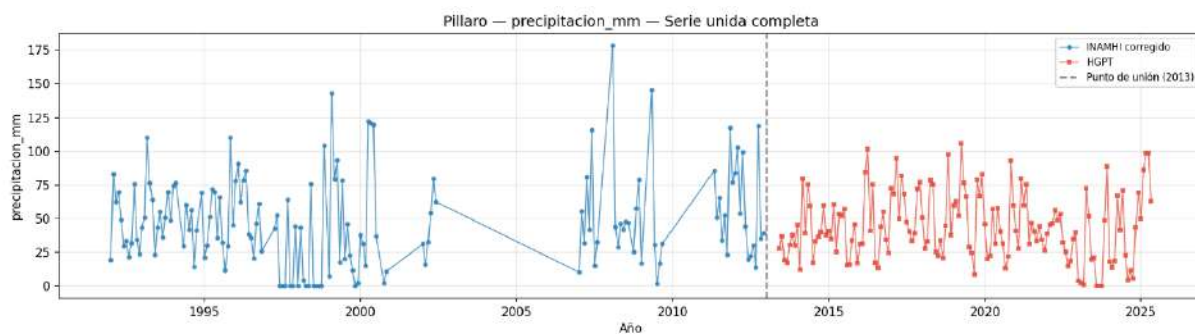
Anexo 18: estación Pedro Fermin Cevallos serie unida en temperatura



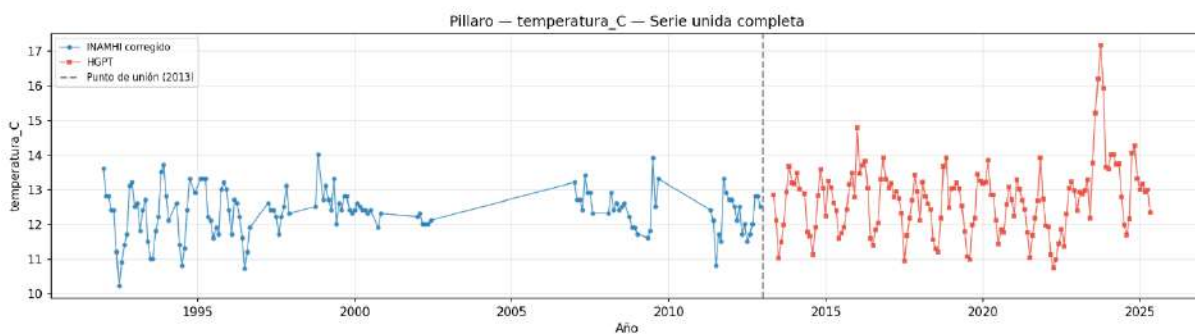
Anexo 19: estación Patate serie unida en precipitación



Anexo 20: estación Patate serie unida en temperatura

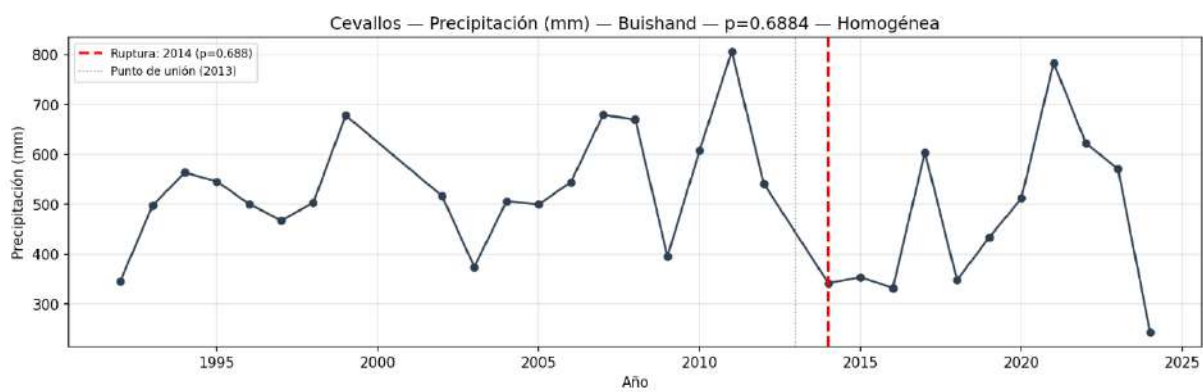


Anexo 21: estación Pillaro serie unida en precipitación

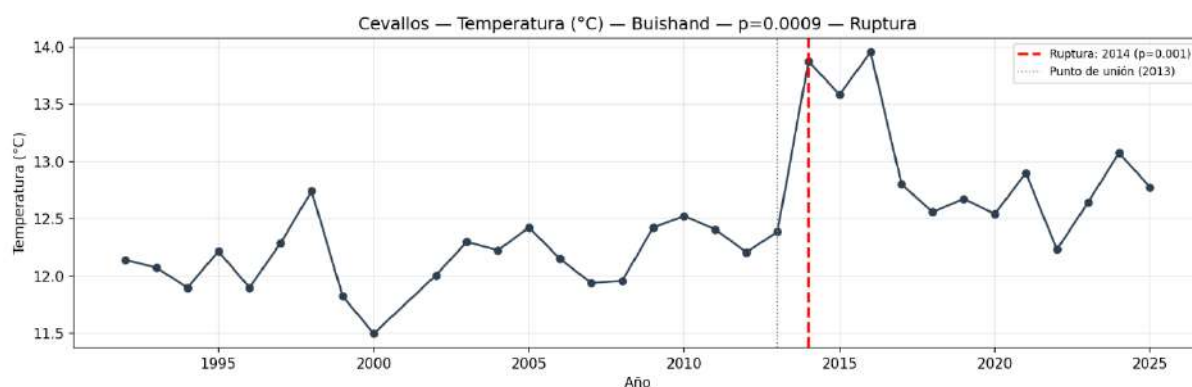


Anexo 22: estación Pillaro serie unida en temperatura

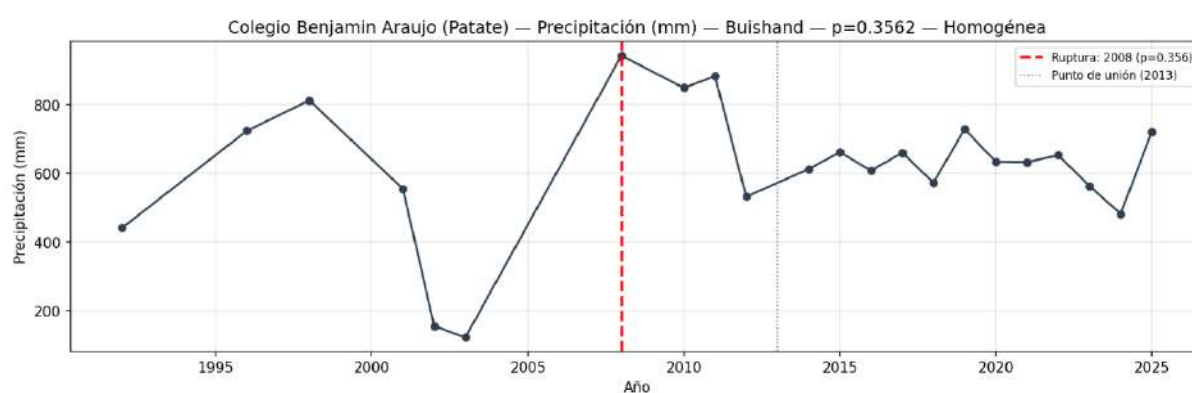
TEST DE HOMOGENEIDAD



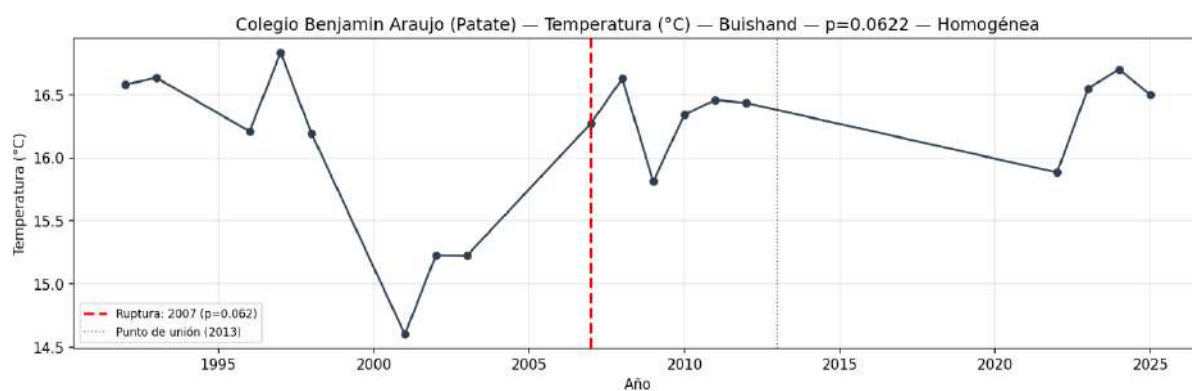
Anexo 23: estación Cevallos test Buishand precipitación



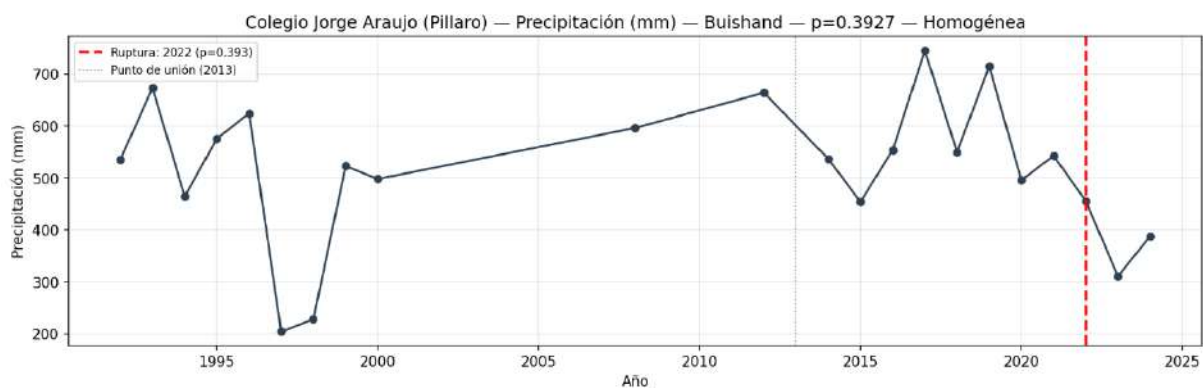
Anexo 24: estación Cevallos test Buishand temperatura



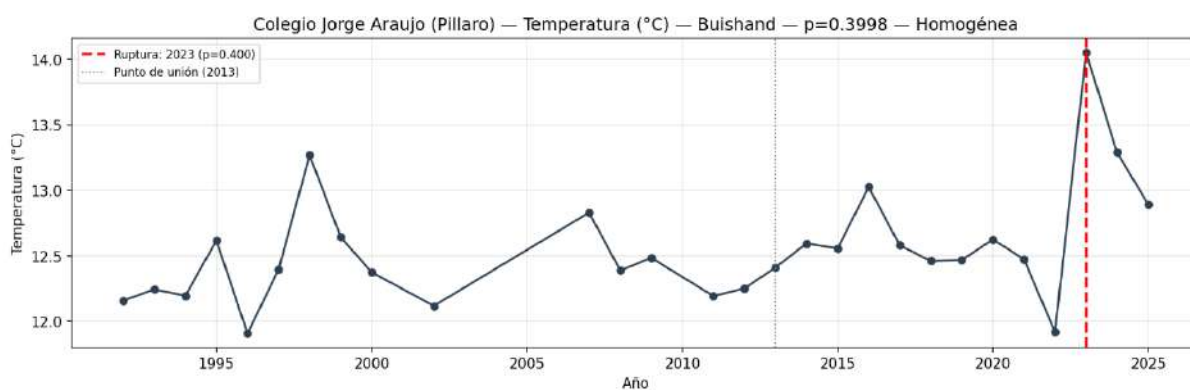
Anexo 25: estación Colegio Benjamín Araujo (Patate) test Buishand precipitación



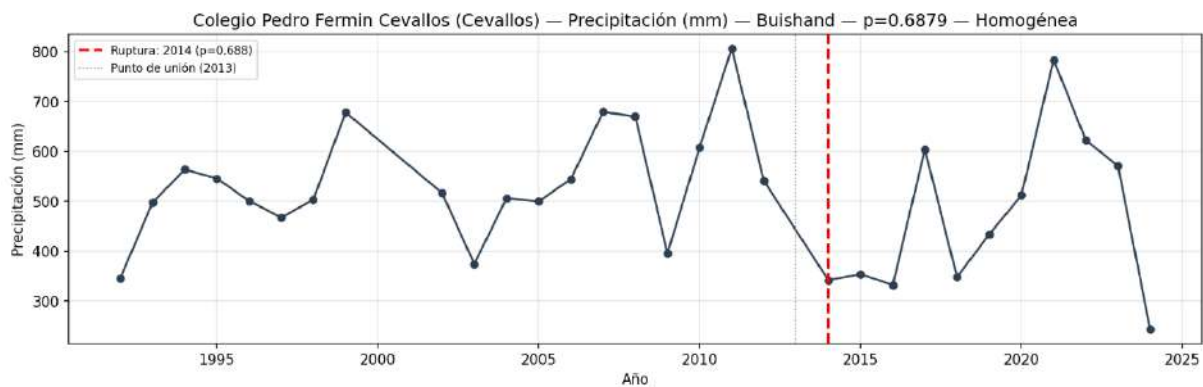
Anexo 26: estación Colegio Benjamín Araujo (Patate) test Buishand temperatura



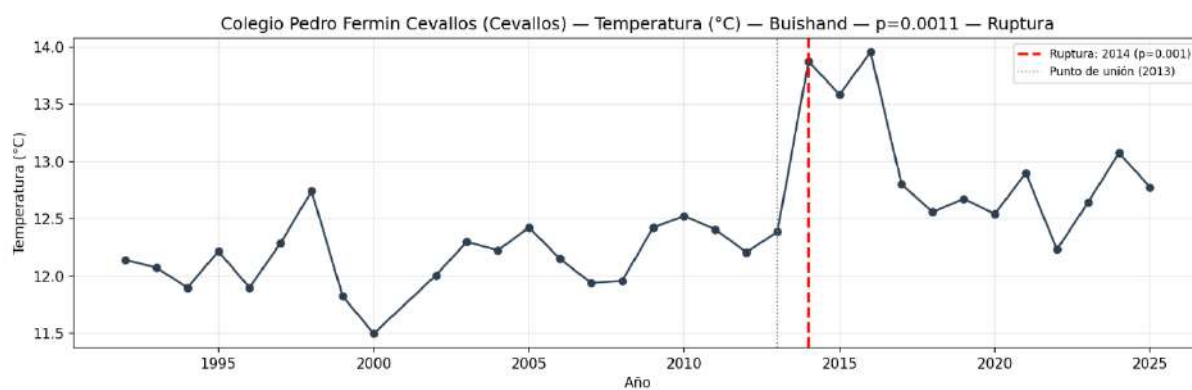
Anexo 27: estación Colegio Jorge Araujo (Pillaro) test Buishand precipitación



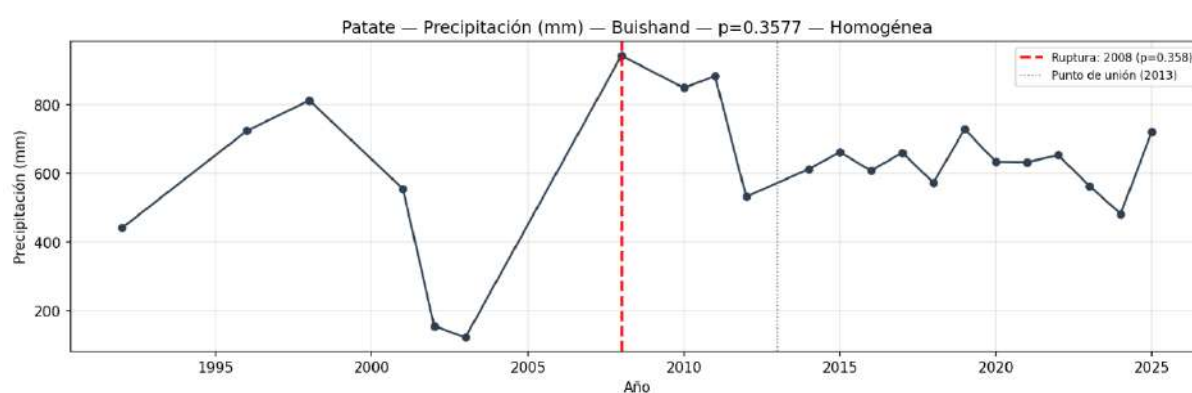
Anexo 28 estación Colegio Jorge Araujo (Pillaro) test Buishand temperatura



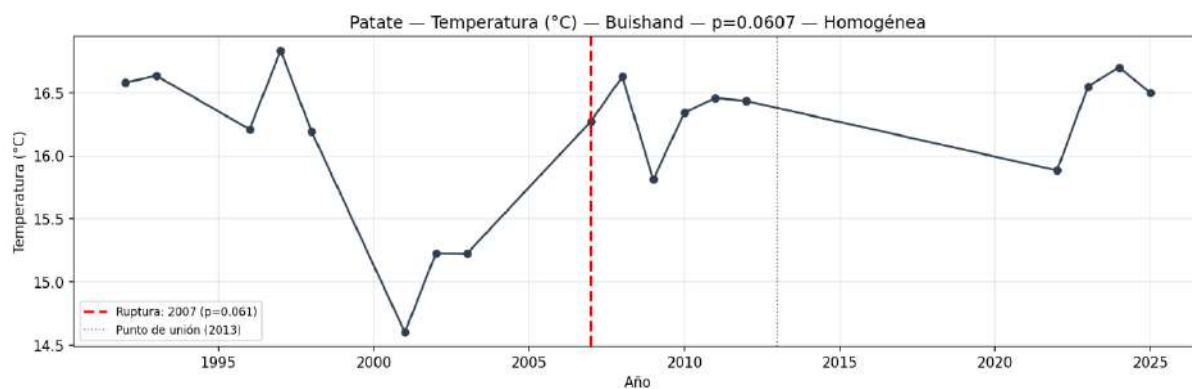
Anexo 29: estación Colegio Pedro Fermin Cevallos test Buishand precipitación



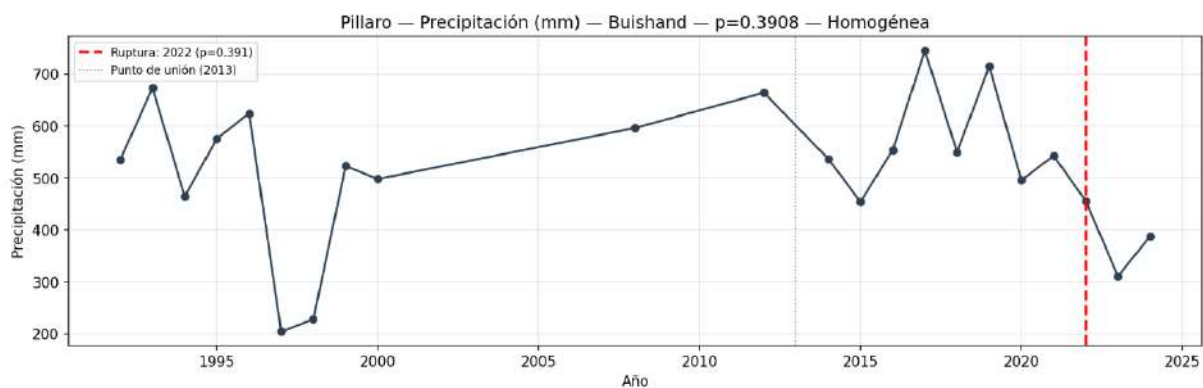
Anexo 30: estación Colegio Pedro Fermin Cevallos test Buishand temperatura



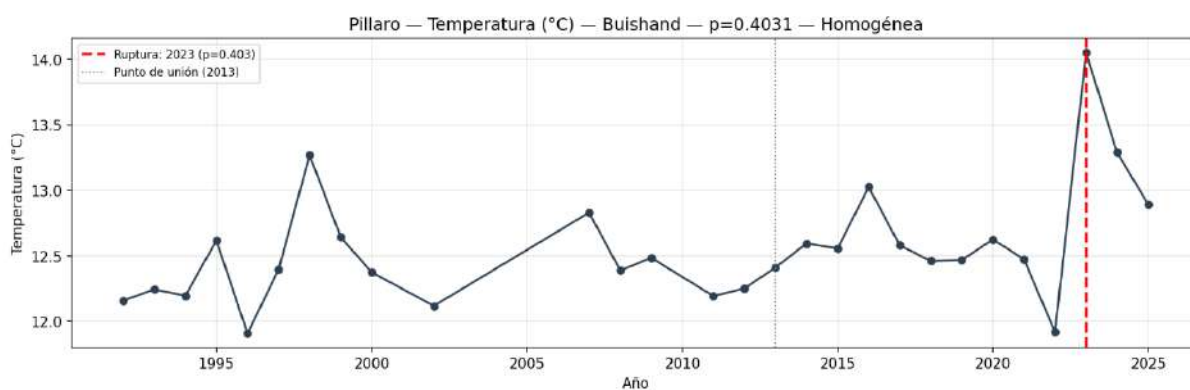
Anexo 31: estación Patate test Buishand precipitación



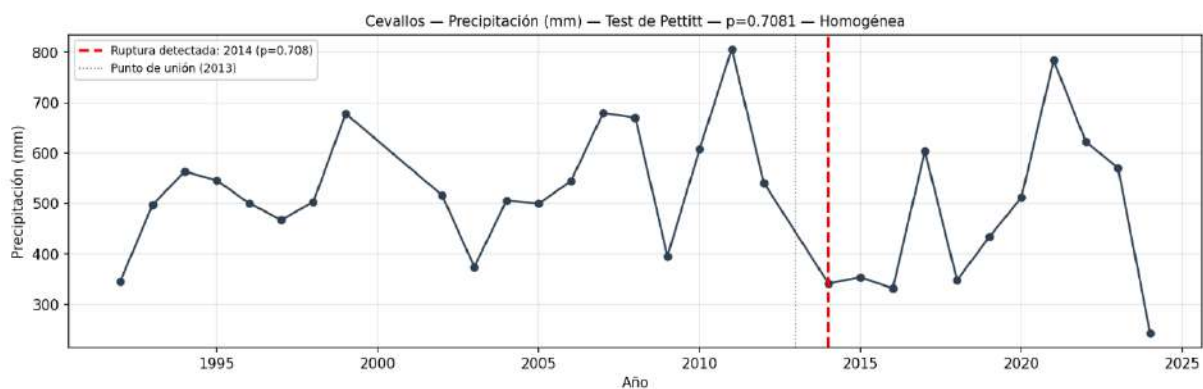
Anexo 32: estación Patate test Buishand temperatura



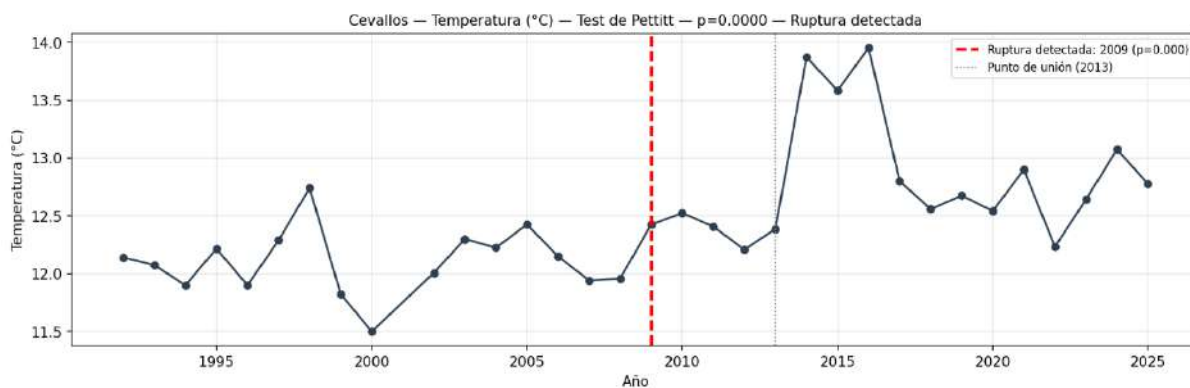
Anexo 33: estación Pillaro test Buishand precipitación



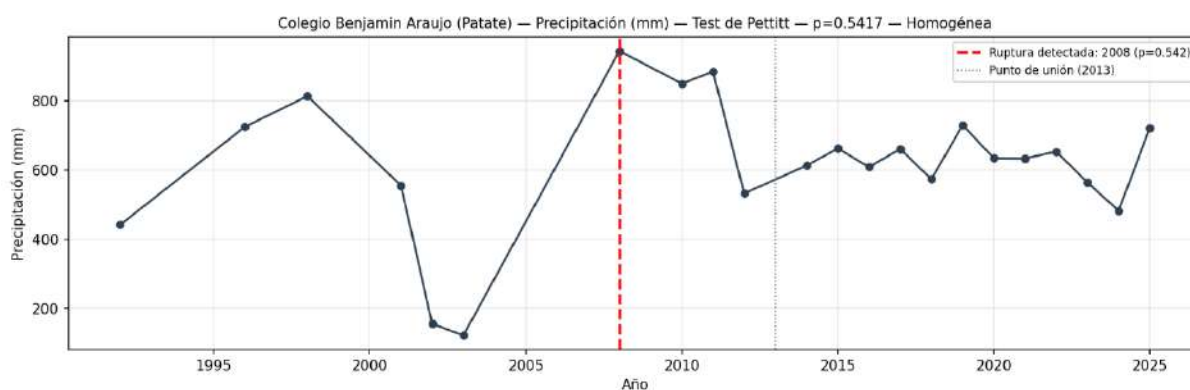
Anexo 34: estación Pillaro test Buishand temperatura



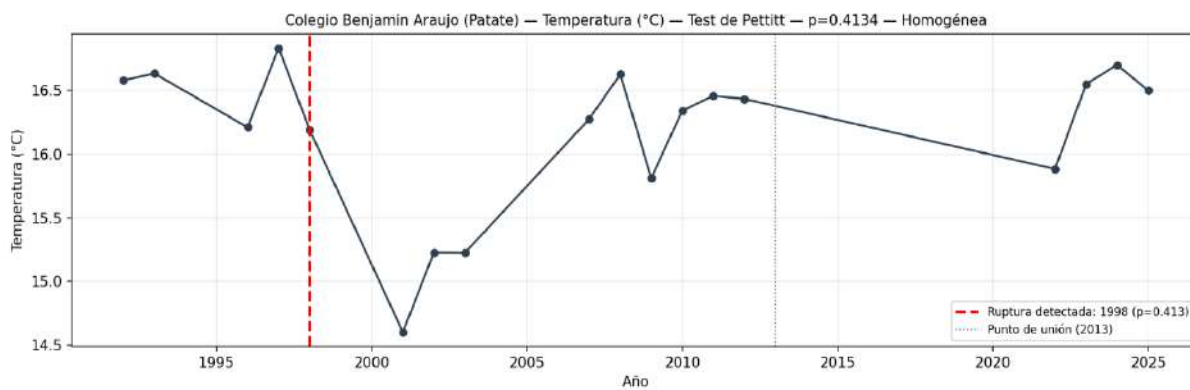
Anexo 35: estación Cevallos Test de Pettitt precipitación



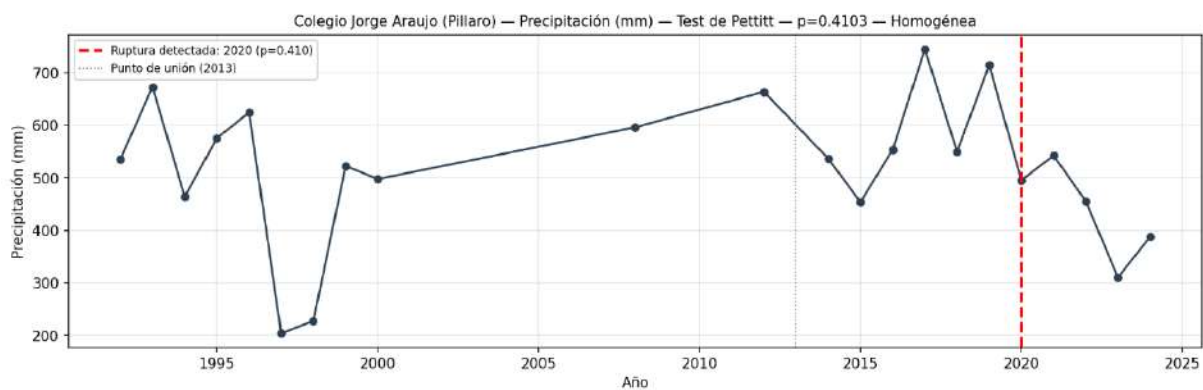
Anexo 36: estación Cevallos Test de Pettitt temperatura



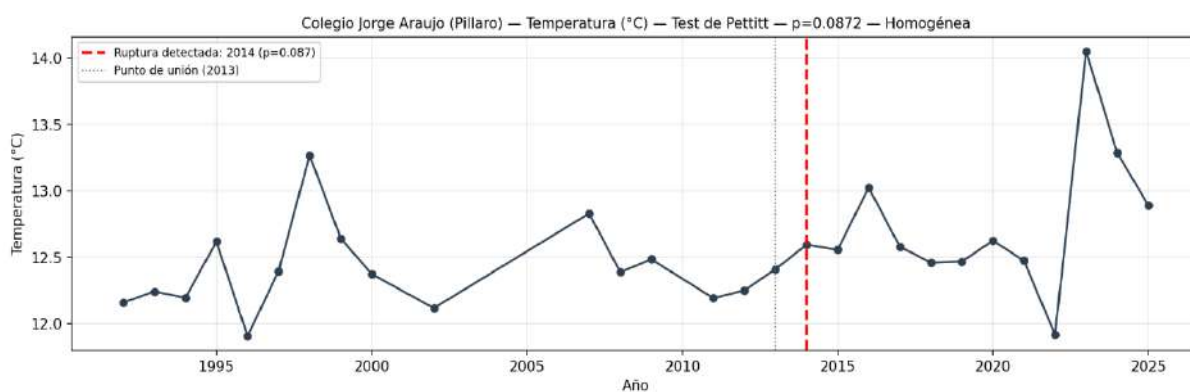
Anexo 37: estación Colegio Benjamín Araujo Test de Pettitt precipitación



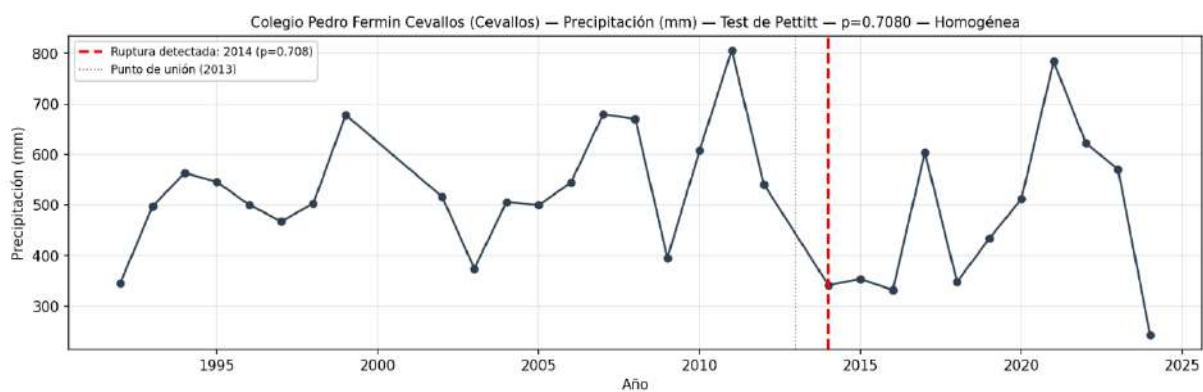
Anexo 38: estación Colegio Benjamín Araujo Test de Pettitt temperatura



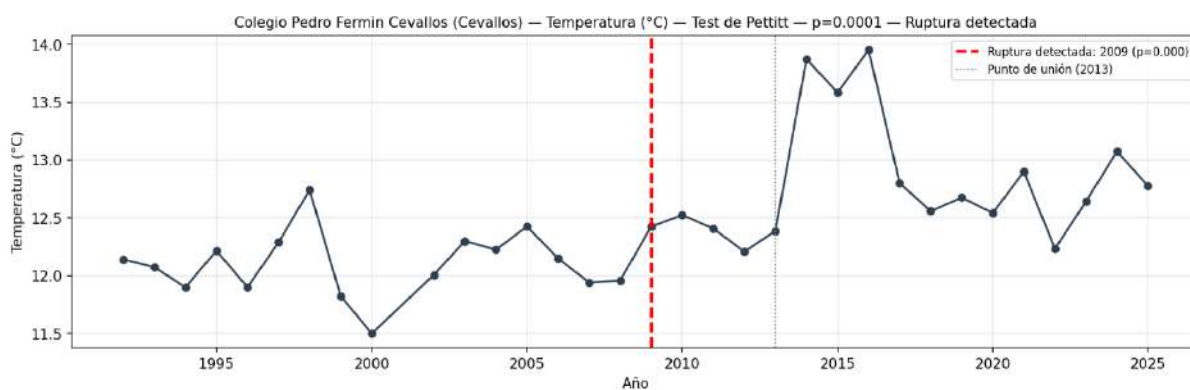
Anexo 39: estación Colegio Jorge Araujo (Pillaro) Test de Pettitt precipitación



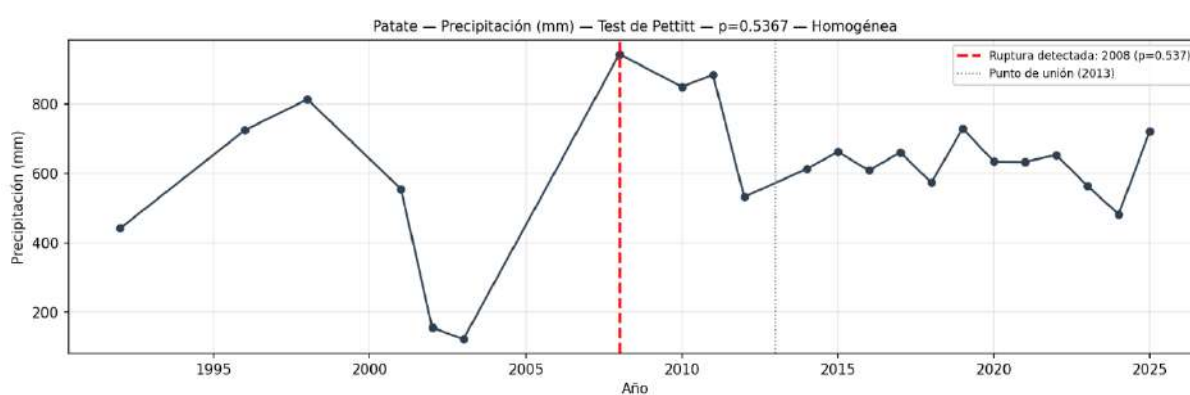
Anexo 40: estación Colegio Jorge Araujo (Pillaro) Test de Pettitt temperatura



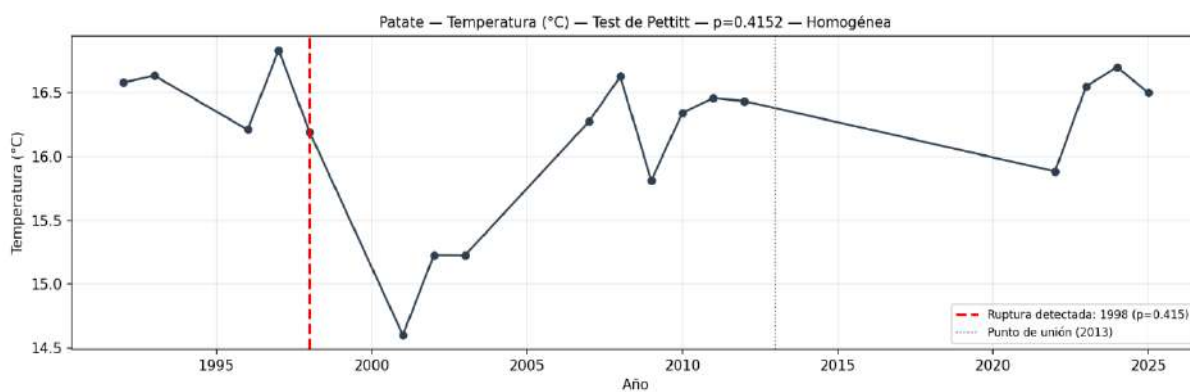
Anexo 41: estación Colegio Pedro Fermin Cevallos Test de Pettitt precipitación



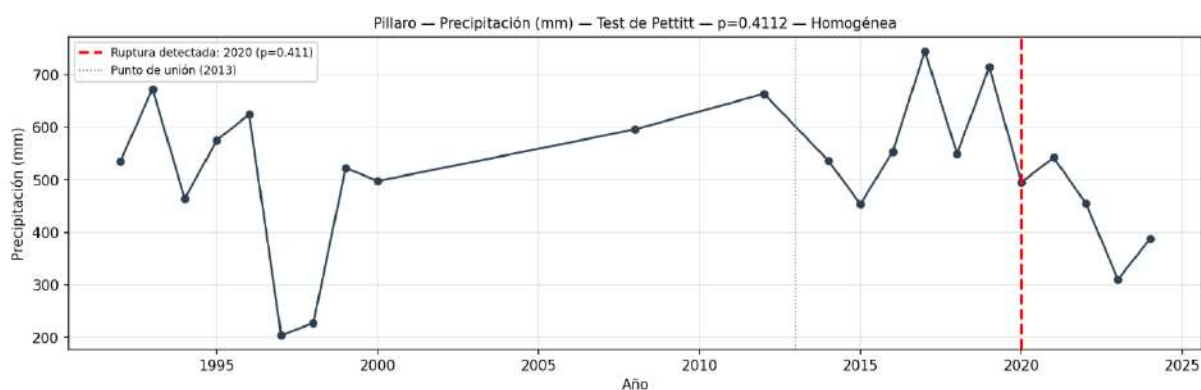
Anexo 42: estación Colegio Pedro Fermin Test de Pettitt temperatura



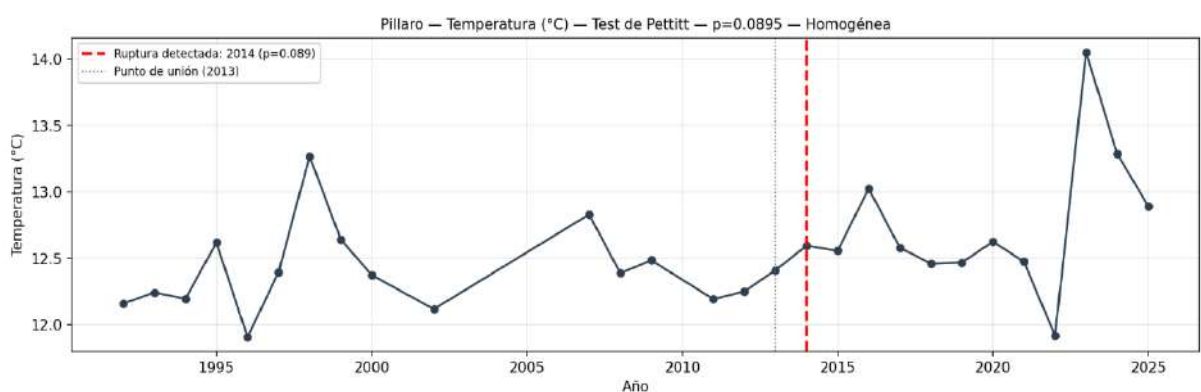
Anexo 43: estación Patate Test de Pettitt precipitación



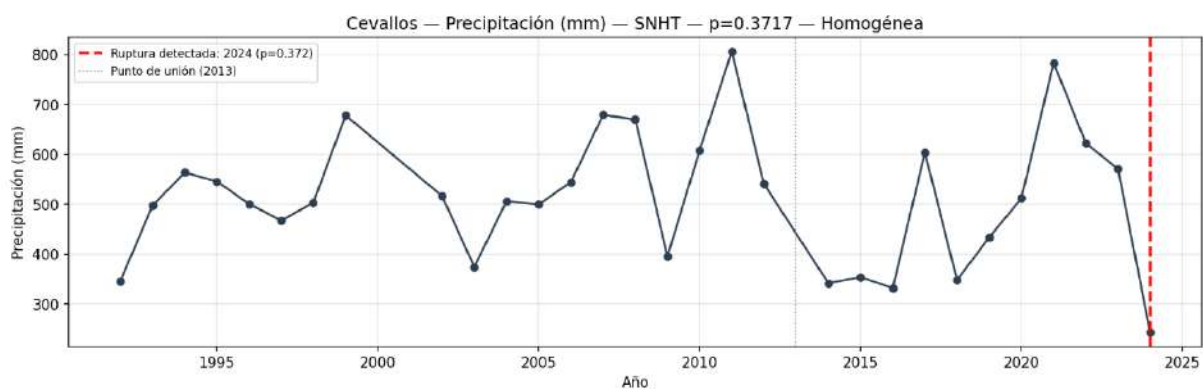
Anexo 44: estación Patate Test de Pettitt temperatura



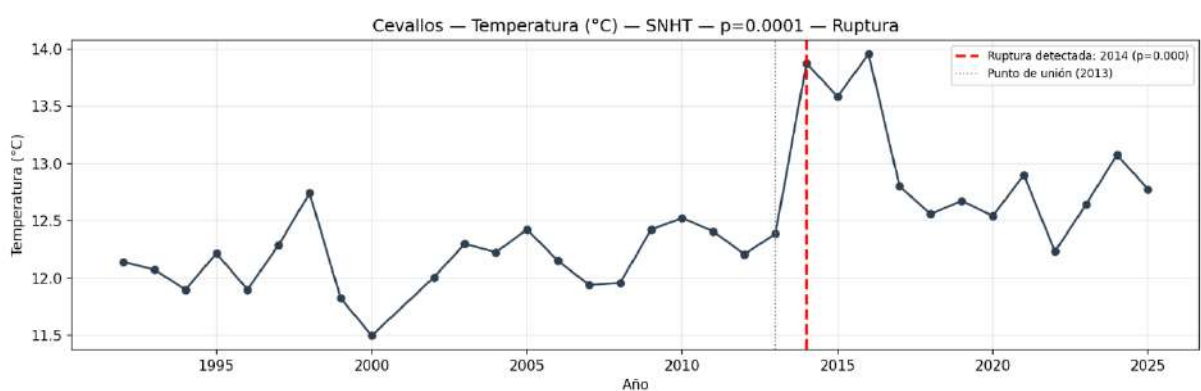
Anexo 45: estación Pillaro Test de Pettitt precipitación



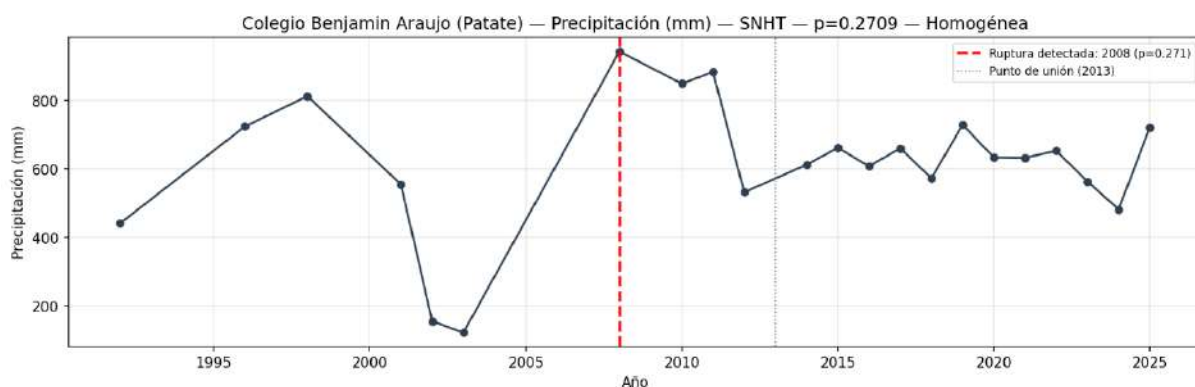
Anexo 46: estación Pillaro Test de Pettitt temperatura



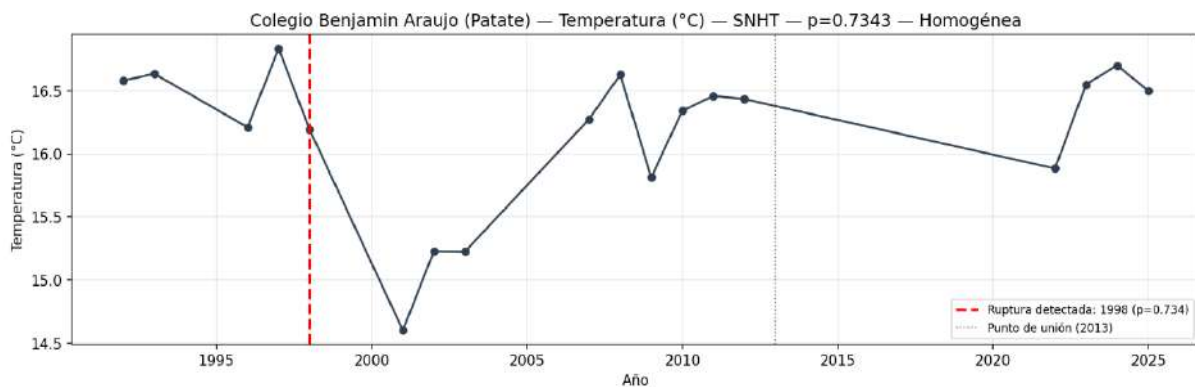
Anexo 47: estación Cevallos test SNHT precipitación



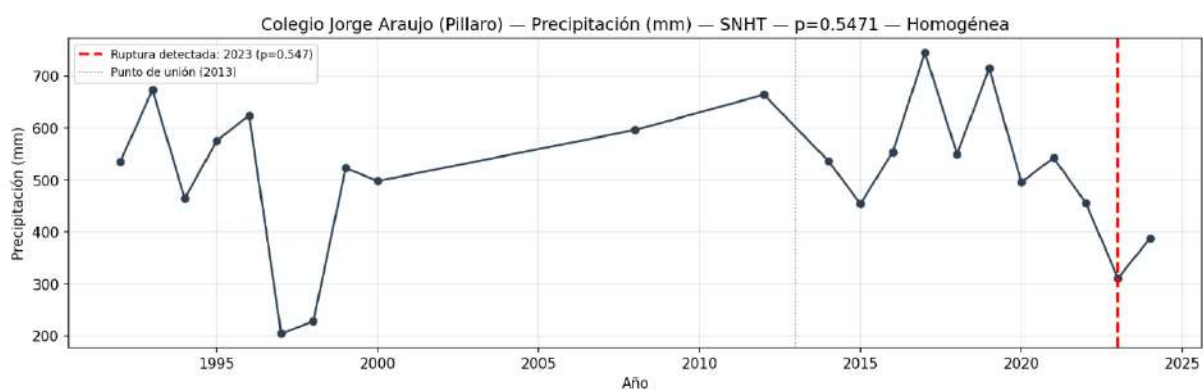
Anexo 48: estación Cevallos test SNHT temperatura



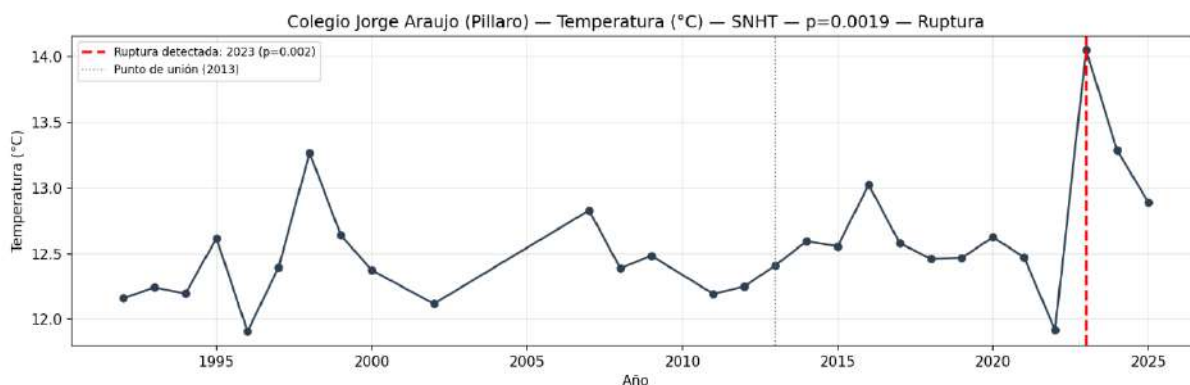
Anexo 49: estación Colegio Benjamin Araujo (Patate) test SNHT precipitación



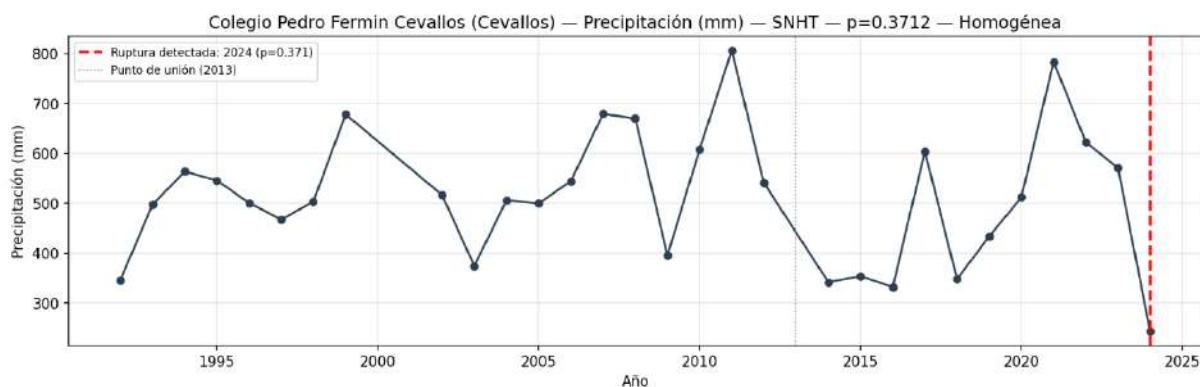
Anexo 50: estación Colegio Benjamin Araujo (Patate) test SNHT temperatura



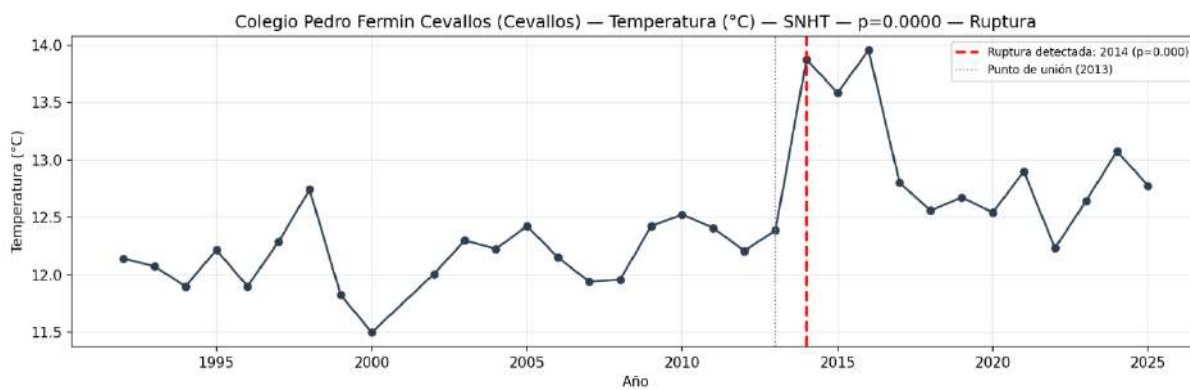
Anexo 51: estación Colegio Jorge Araujo (Pillaro) test SNHT precipitación



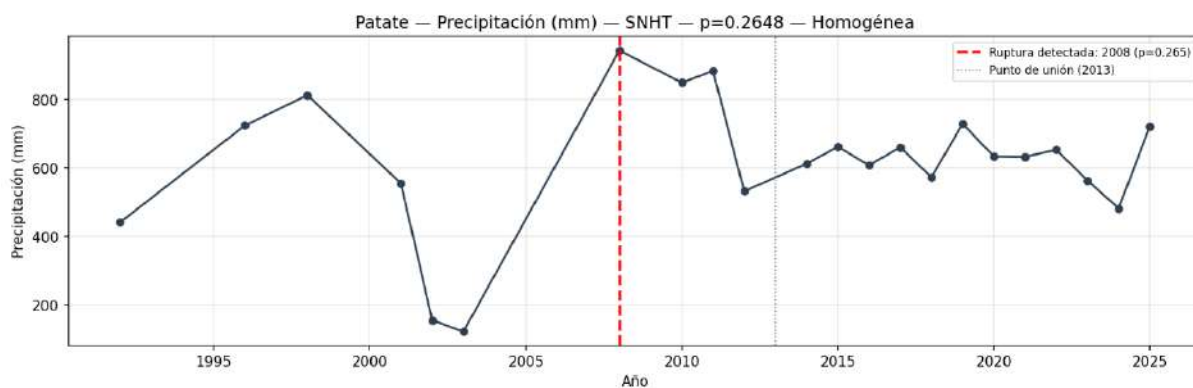
Anexo 52: estación Colegio Jorge Araujo (Pillaro) test SNHT temperatura



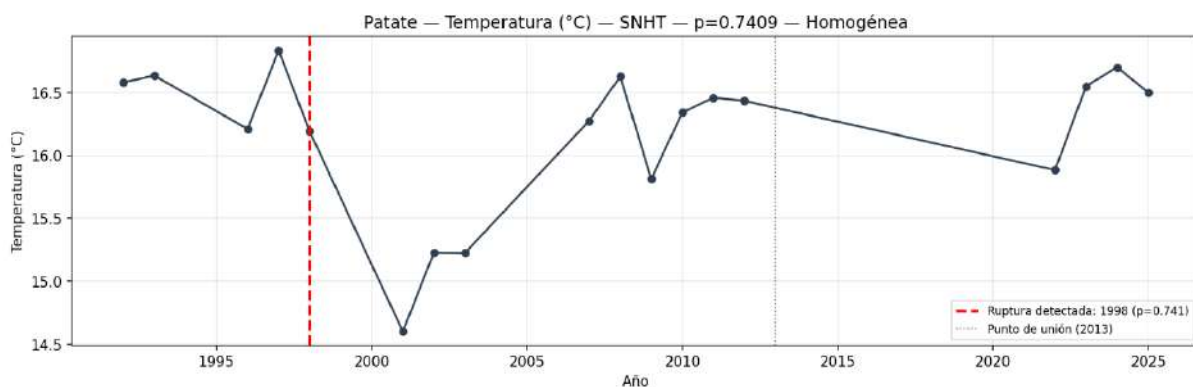
Anexo 53: estación Colegio Pedro Fermin Cevallos test SNHT precipitación



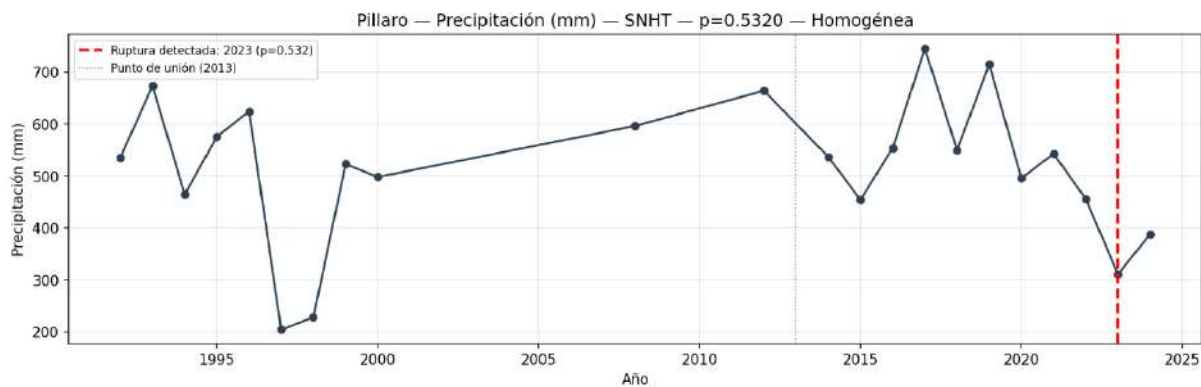
Anexo 54: estación Colegio Pedro Fermin Cevallos test SNHT temperatura



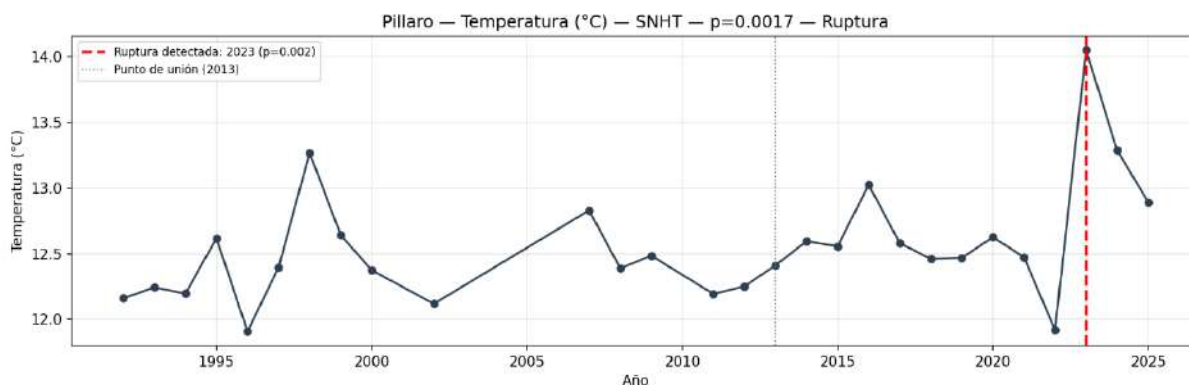
Anexo 55: estación Patate test SNHT precipitación



Anexo 56: estación Patate test SNHT temperatura



Anexo 57: estación Píllaro test SNHT precipitación



Anexo 58: estación Pillaro test SNHT temperatura

codigo	nombre	variable	fuent e	n	PBIAS _pct	MA E	RM SE	r_Pear son	p_Pe arson
CEVALL	Cevallos	Temperatura	ERA5 - Land	373	21,31	2,6 55	2,7 73	0,696	0
CEVALL	Cevallos	Precipitación	CHIR PS	374	-73,92	39, 233	50, 175	0,292	0
PILLAR	Pillaro	Temperatura	ERA5 - Land	274	7,12	0,9 28	1,1 25	0,682	0
PILLAR	Pillaro	Precipitación	CHIR PS	286	14,54	22, 206	31, 119	0,273	0
PATATE	Patate	Temperatura	ERA5 - Land	160	27,86	4,5 05	4,5 55	0,684	0
PATATE	Patate	Precipitación	CHIR PS	265	-18,11	27, 281	35, 925	0,374	0
HGPT- MT-01	Embalse Chiquiurcu	Temperatura	ERA5 - Land	140	-4,84	0,4 37	0,6 08	0,805	0
HGPT- MT-01	Embalse Chiquiurcu	Precipitación	CHIR PS	139	47,09	51, 032	64, 003	0,09	0,29 08
HGPT- MT-02	Colegio Antonio Jose de Sucre	Temperatura	ERA5 - Land	119	4,34	1,2 01	1,7 56	0,38	0
HGPT- MT-02	Colegio Antonio Jose de Sucre	Precipitación	CHIR PS	119	42,12	48, 189	64, 408	0,125	0,17 63

HGPT-MT-03	Hacienda Cunchibamba	Temperatura	ERA5 - Land	139	15,28	2,081	2,235	0,586	0
HGPT-MT-03	Hacienda Cunchibamba	Precipitación	CHIRPS	136	-56,25	29,419	43,367	0,192	0,0251
HGPT-MT-05	Hacienda Guadalupe	Temperatura	ERA5 - Land	140	33,79	5,694	5,747	0,641	0
HGPT-MT-05	Hacienda Guadalupe	Precipitación	CHIRPS	139	-101,41	64,999	84,404	0,254	0,0025
HGPT-MT-06	Parque Familia Baños	Temperatura	ERA5 - Land	139	32,76	5,873	5,928	0,666	0
HGPT-MT-06	Parque Familia Baños	Precipitación	CHIRPS	139	-29,77	67,435	90,948	0,335	0,0001
HGPT-MT-07	Aeropuerto Ambato	Temperatura	ERA5 - Land	140	15,53	2,194	2,316	0,651	0
HGPT-MT-07	Aeropuerto Ambato	Precipitación	CHIRPS	139	-11,53	25,384	34,355	0,327	0,0001
HGPT-MT-10	Embalse Mula Corral	Temperatura	ERA5 - Land	139	-10,61	0,772	0,868	0,791	0
HGPT-MT-10	Embalse Mula Corral	Precipitación	CHIRPS	139	53,55	51,474	62,122	-0,021	0,8046
HGPT-MT-11	Chaupiloma	Temperatura	ERA5 - Land	138	-28,15	2,053	2,13	0,743	0
HGPT-MT-11	Chaupiloma	Precipitación	CHIRPS	139	39,7	39,955	48,593	0,353	0
HGPT-MT-12	Pampas de Salasaca	Temperatura	ERA5 - Land	140	12,6	1,377	2,745	0,248	0,0032
HGPT-MT-12	Pampas de Salasaca	Precipitación	CHIRPS	139	15,31	35,116	43,064	0,344	0
HGPT-MT-13	Escuela Tasinteo	Temperatura	ERA5 - Land	140	-9,2	1,183	1,389	0,608	0
HGPT-MT-13	Escuela Tasinteo	Precipitación	CHIRPS	139	54,77	43,842	55,796	0,165	0,0515
HGPT-MT-14	Embalse Pisayambo	Temperatura	ERA5 - Land	139	10,34	0,911	1,15	0,54	0
HGPT-MT-14	Embalse Pisayambo	Precipitación	CHIRPS	139	19,67	50,87	67,66	0,168	0,0475
M029	Baños	Temperatura	ERA5 - Land	216	35,12	6,331	6,341	0,891	0
M029	Baños	Precipitación	CHIRPS	223	-1,75	41,939	56,927	0,475	0

M258	Querochaca (UTA)	Temperatura	ERA5 - Land	264	23,71	3,017	3,034	0,931	0
M258	Querochaca (UTA)	Precipitación	CHIRPS	264	-47,25	31,295	40,963	0,342	0
M128	Colegio Pedro Fermin Cevallos (Cevallos)	Temperatura	ERA5 - Land	246	23,87	3,046	3,063	0,924	0
M128	Colegio Pedro Fermin Cevallos (Cevallos)	Precipitación	CHIRPS	247	-63,09	36,096	46,044	0,307	0

Anexo 59: Tabla de comparación métrica

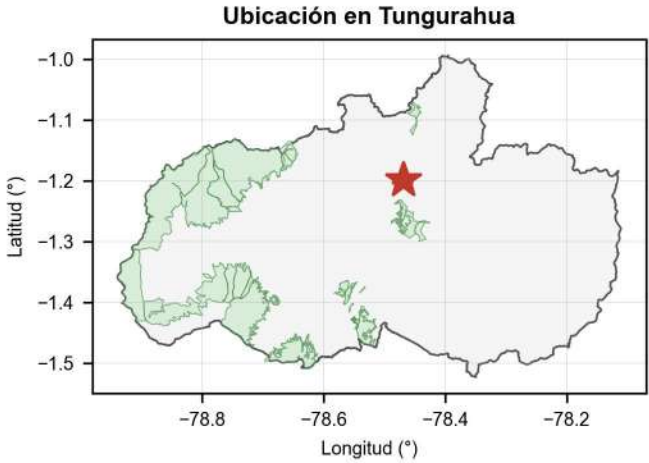
codigo	nombre	grupo_T	grupo_P	T_n	T_media	T_mediana	T_std	T_cv	T_min	T_max	T_media_clim_1991_2020	P_n	P_media	P_mediana	P_std	P_cv	P_min	P_max	P_media_clim_1991_2020
CEVALL	Cevallos	excluir	A	40	9,78	9,75	0,28	2,8	9,24	10,43	9,77	40	892,7	879,4	128,8	14,4	694,8	128,3	873,8
PILLAR	Pillaro	A	A	40	11,63	11,62	0,32	2,8	11,02	12,42	11,59	40	456,2	451,8	62,7	13,7	351,1	614,9	446,1
PATATE	Patate	excluir	A	40	11,63	11,61	0,26	2,2	11,11	12,18	11,62	40	733,2	719,8	109,4	14,9	561,1	998,5	720,4
HGPT-MT-01	Embalse Chiquiurcu	B	B	40	6,83	6,85	0,32	4,7	6,22	7,66	6,82	40	569,2	565,5	92,8	16,3	441,9	813,6	556,8
HGPT-MT-02	Colegio Antonio Jose de Sucre	B	B	40	11,63	11,61	0,26	2,2	11,11	12,18	11,62	40	597,8	597,9	89,4	15	432,3	787,4	587,8
HGPT-MT-03	Hacienda Cunchibamba	B	B	40	11,07	11,07	0,33	3	10,43	11,87	11,03	40	644,7	641,7	90,1	14	502,1	899,6	628,3
HGPT-MT-05	Hacienda Guadalupe	B	B	40	10,99	10,96	0,26	2,4	10,46	11,66	10,97	40	1418,5	1399,8	210	14,8	1056,9	1944	1391
HGPT-MT-06	Parque Familia Baños	B	B	40	11,81	11,78	0,36	2,6	11,27	12,68	11,77	40	1613,4	1537,5	250,6	15,5	1213,5	2201,6	1581
HGPT-MT-07	Aeropuerto Ambato	B	B	40	11,63	11,62	0,32	2,8	11,02	12,42	11,59	40	529	521,6	74,7	14,1	404,7	725,4	517,2
HGPT-MT-10	Embalse Mula Corral	B	B	40	6,83	6,85	0,32	4,7	6,22	7,66	6,82	40	452,2	446,3	72	15,9	353,1	626,3	443,9
HGPT-MT-11	Chaupiloma	B	B	40	9,03	9,02	0,33	3,6	8,43	9,87	9,01	40	580	568,6	85,5	14,7	445,4	823,4	566,2
HGPT-MT-12	Pampas de Salasaca	B	B	40	6,75	6,74	0,34	4,4	6,18	7,45	6,74	40	822,1	821,3	119,2	14,5	642,5	1186,7	806,3
HGPT-MT-13	Escuela Tasinteo	B	B	40	10,07	10,06	0,29	2,9	9,52	10,84	10,03	40	366,4	365,2	50,9	13,9	269,4	481,2	359,3
HGPT-MT-14	Embalse Pisayambo	B	B	40	6,48	6,46	0,28	4,3	6,01	7,3	6,47	40	1032	997,4	147,4	14,3	780	1361	1014,9
M029	Baños	A	A	40	11,81	11,78	0,36	2,6	11,27	12,68	11,77	40	1410	1341,7	215,9	15,3	1044,8	1931,6	1388,2
M258	Querochaca (UTA)	A	A	40	9,78	9,75	0,28	2,8	9,24	10,43	9,77	40	892,7	879,4	128,8	14,4	694,8	128,3	873,8
M128	Colegio Pedro Fermin Cevallos (Cevallos)	A	excluir	40	9,78	9,75	0,28	2,8	9,24	10,43	9,77	40	892,7	879,4	128,8	14,4	694,8	128,3	873,8

Anexo 60: Tabla de estadística descriptiva de estaciones

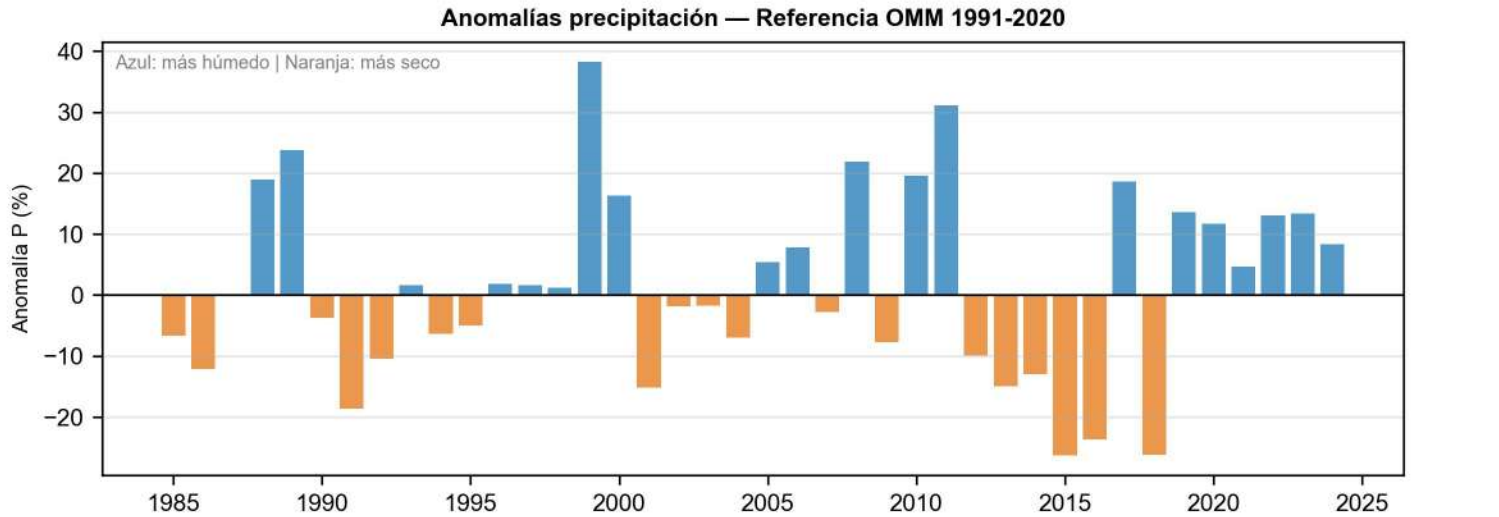
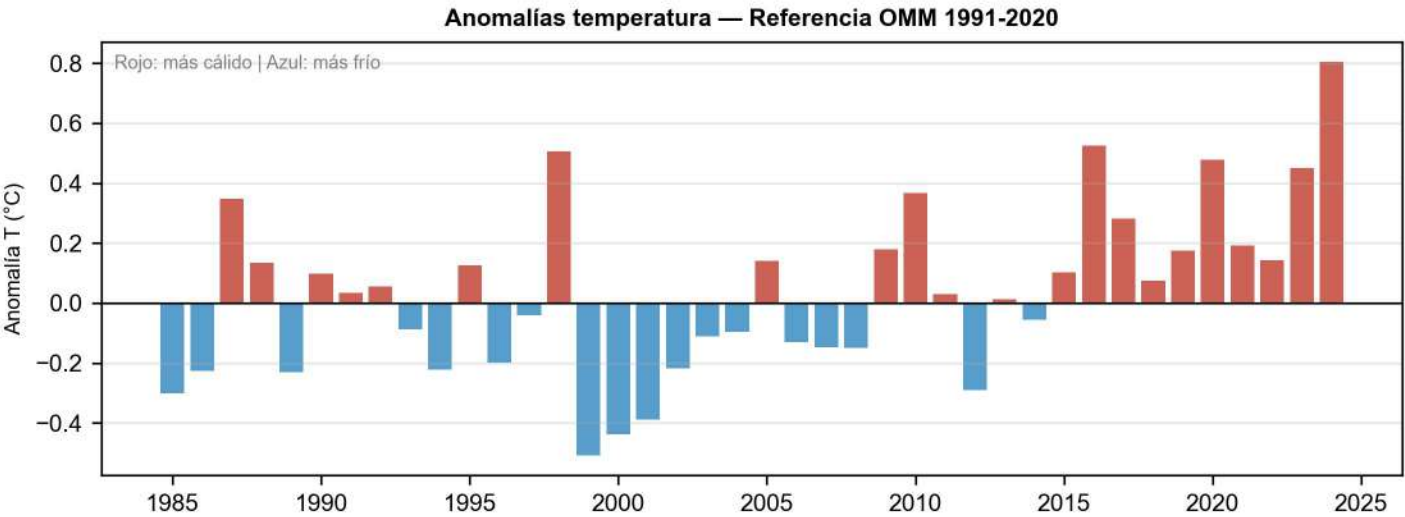
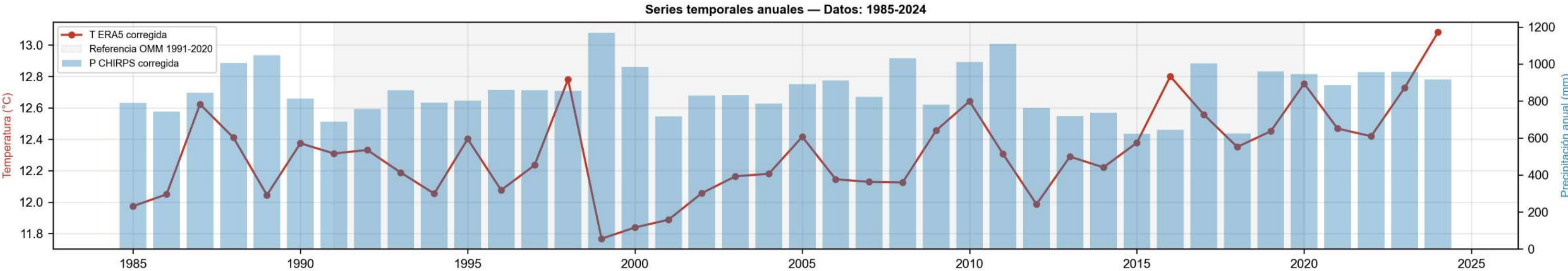
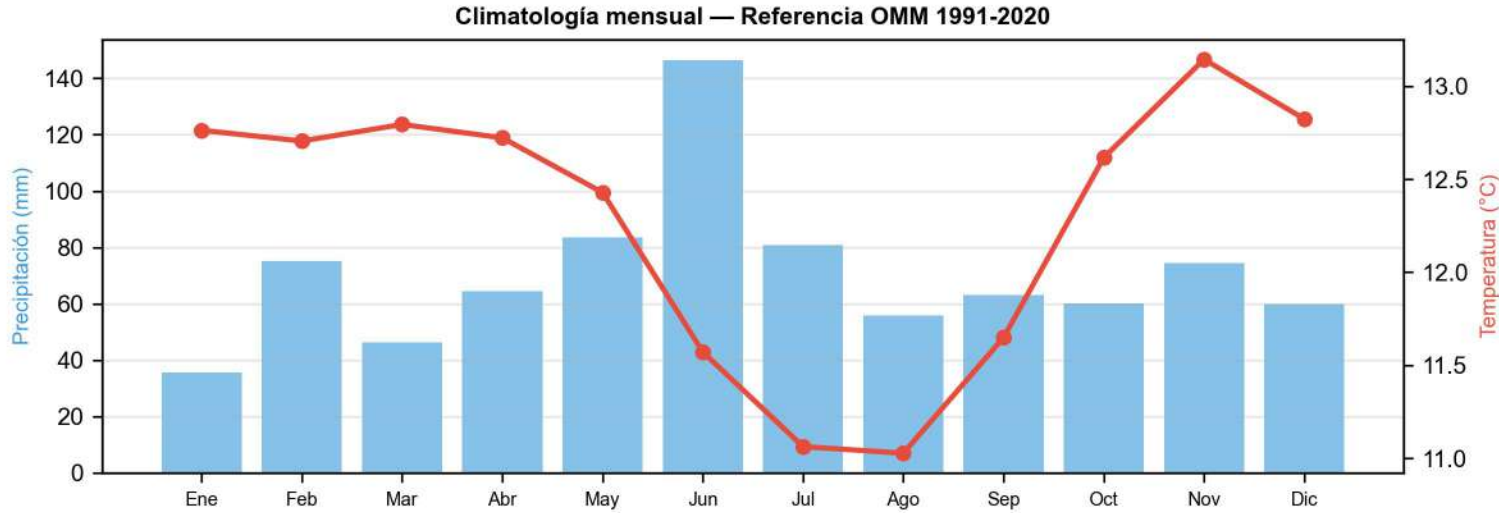
codigo	nombre	variable	fuent e	periodo_ mk	n_ani os	tenden cia	p_val or	significativa_ 005	sens_slo pe	unidad_slo pe	cambio_to tal	estadistic o_S	z_normaliz ado
PILLAR	Pillaro	Temperat ura	ERA5 -Land	1992- 2024	33	increasi ng	0,000 1	SI	0,0227	°C/año	0,748	246	3,7961
M029	Baños	Temperat ura	ERA5 -Land	1992- 2013	22	no trend	0,397 6	NO	0,007	°C/año	0,155	31	0,8459
M258	Querocha ca (UTA)	Temperat ura	ERA5 -Land	1992- 2013	22	no trend	0,366 9	NO	0,007	°C/año	0,155	33	0,9023
M128	Colegio Pedro Fermin Cevallos (Cevallos)	Temperat ura	ERA5 -Land	1992- 2013	22	no trend	0,366 9	NO	0,007	°C/año	0,155	33	0,9023
CEVALL	Cevallos	Precipitaci ón	CHIR PS	1992- 2024	33	no trend	0,394 1	NO	2,0822	mm/año	68,712	56	0,8522
PILLAR	Pillaro	Precipitaci ón	CHIR PS	1992- 2024	33	no trend	0,368 8	NO	1,2877	mm/año	42,495	59	0,8988
PATATE	Patate	Precipitaci ón	CHIR PS	1992- 2024	33	no trend	0,125	NO	3,7348	mm/año	123,247	100	1,5339
M029	Baños	Precipitaci ón	CHIR PS	1992- 2013	22	no trend	0,090 7	NO	8,1587	mm/año	179,491	61	1,6919
M258	Querocha ca (UTA)	Precipitaci ón	CHIR PS	1992- 2013	22	no trend	0,821 5	NO	1,16	mm/año	25,52	9	0,2256

Anexo 61: Resultados de test de Mann-Kendall y pendiente sen

FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos Baquerizo Moreno

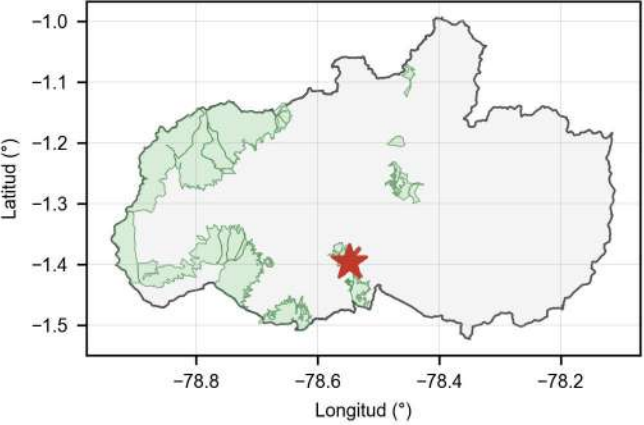


Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	12.3 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	845.0 mm
Mes más seco	Ene
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	374.2 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos Bolívar

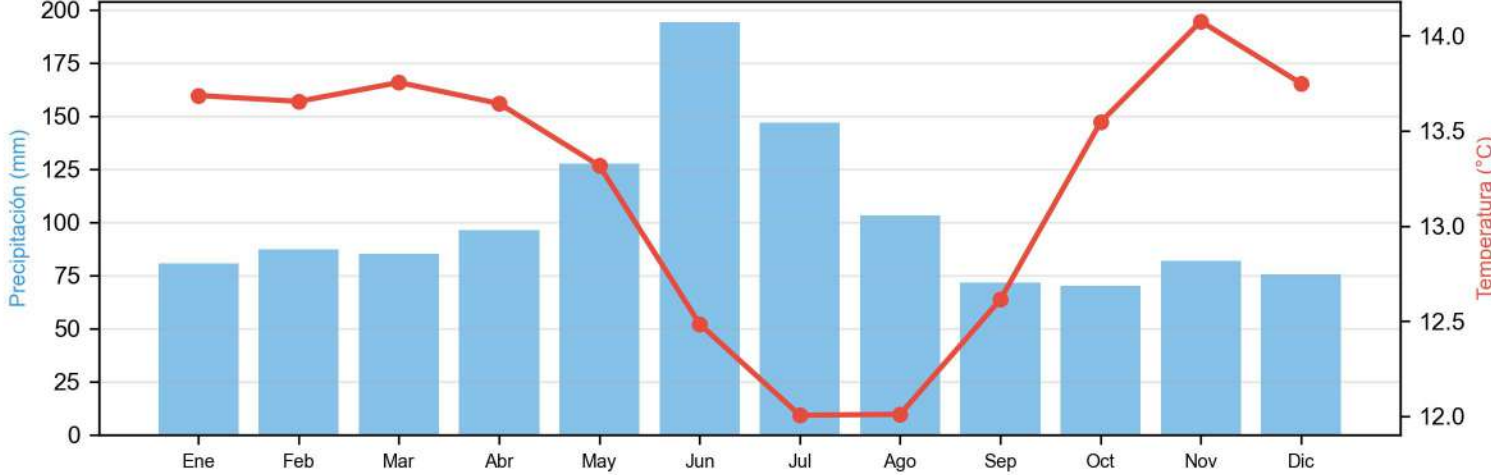
Ubicación en Tungurahua



Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	13.2 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1221.0 mm
Mes más seco	Oct
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	16.74 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

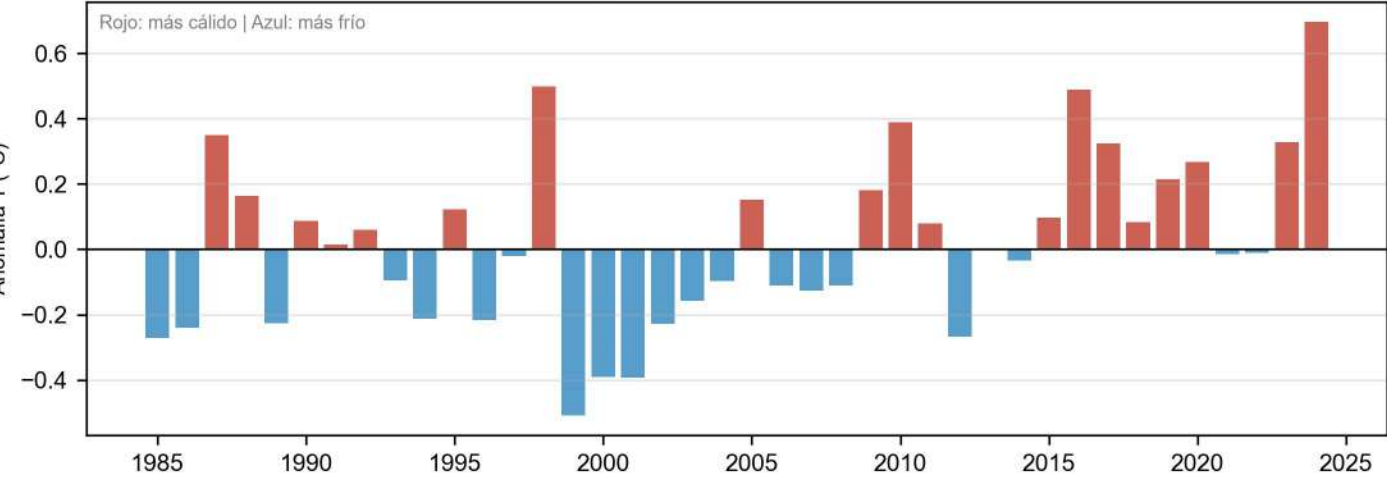
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



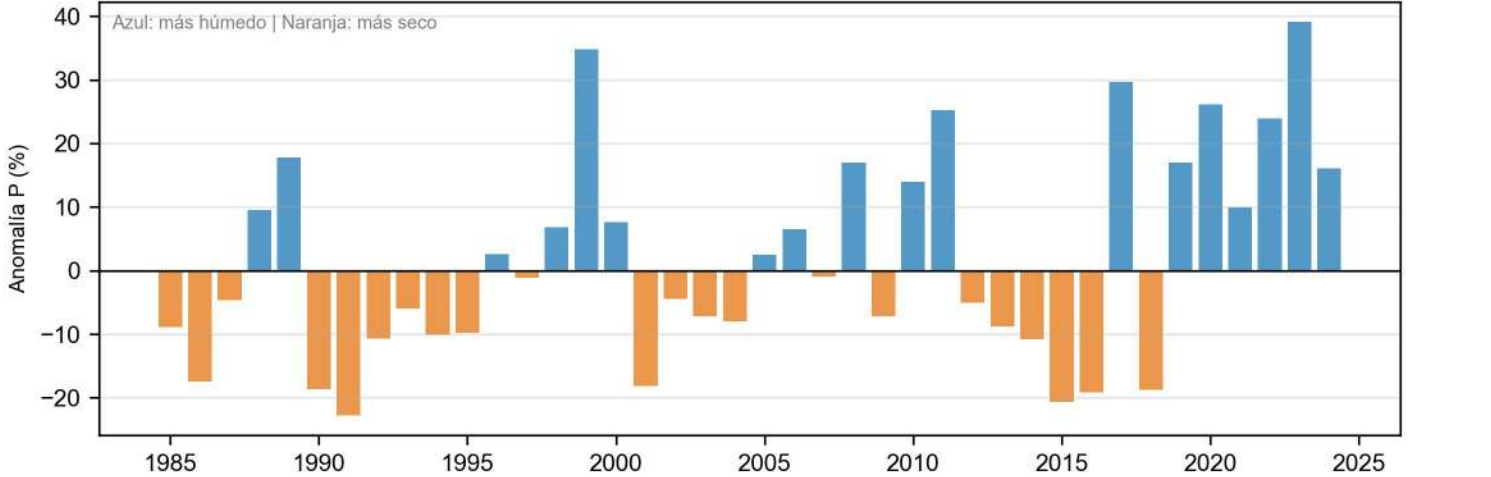
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020

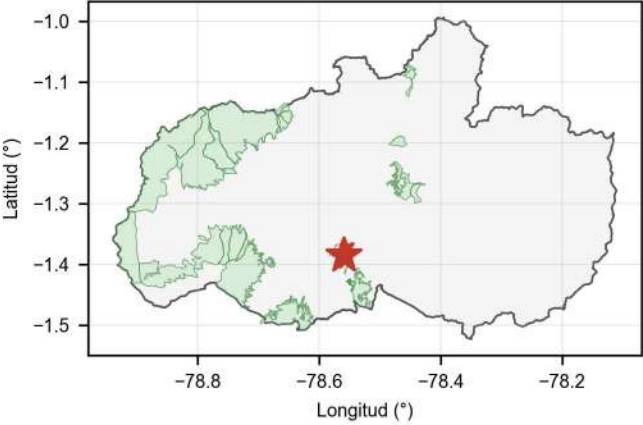


Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos Bolívar

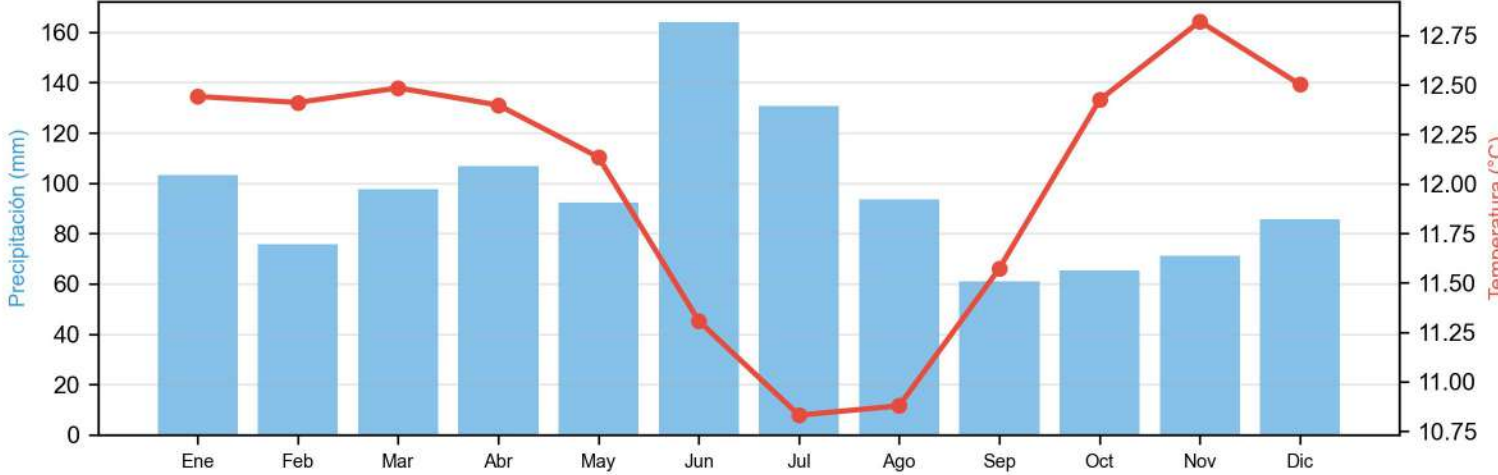
Ubicación en Tungurahua



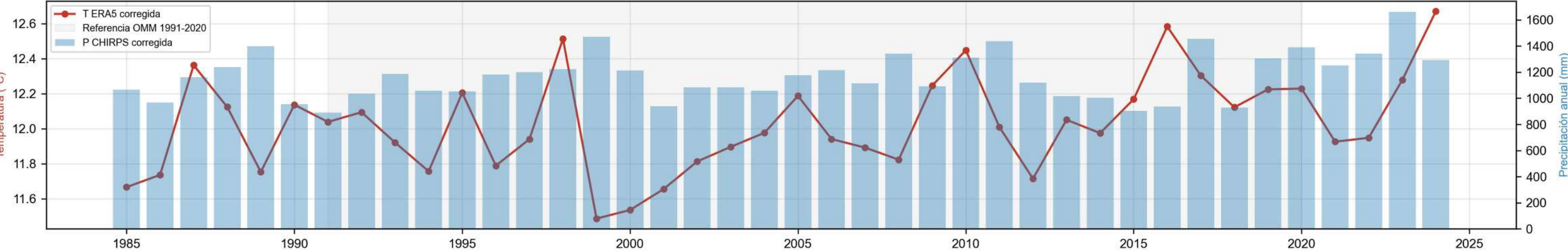
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	12.0 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1147.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	285.36 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

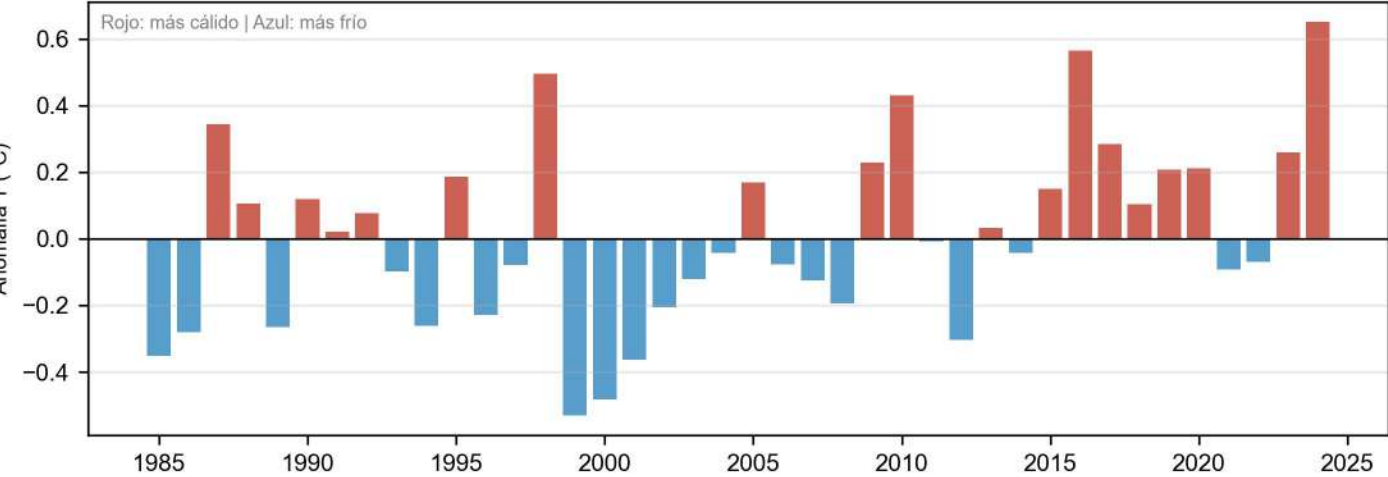
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



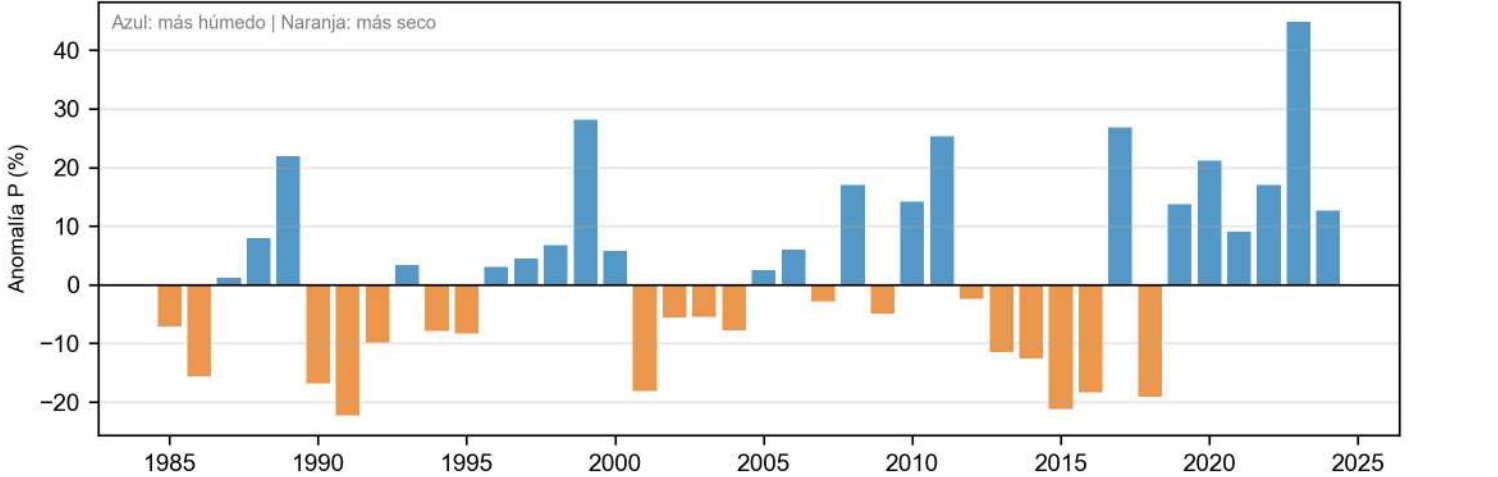
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020

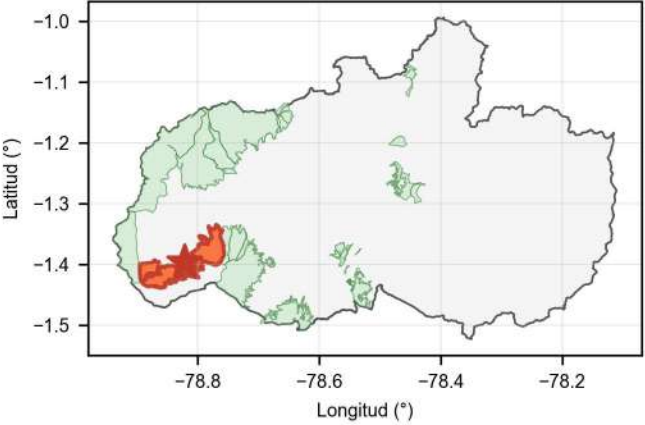


Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos COCAP

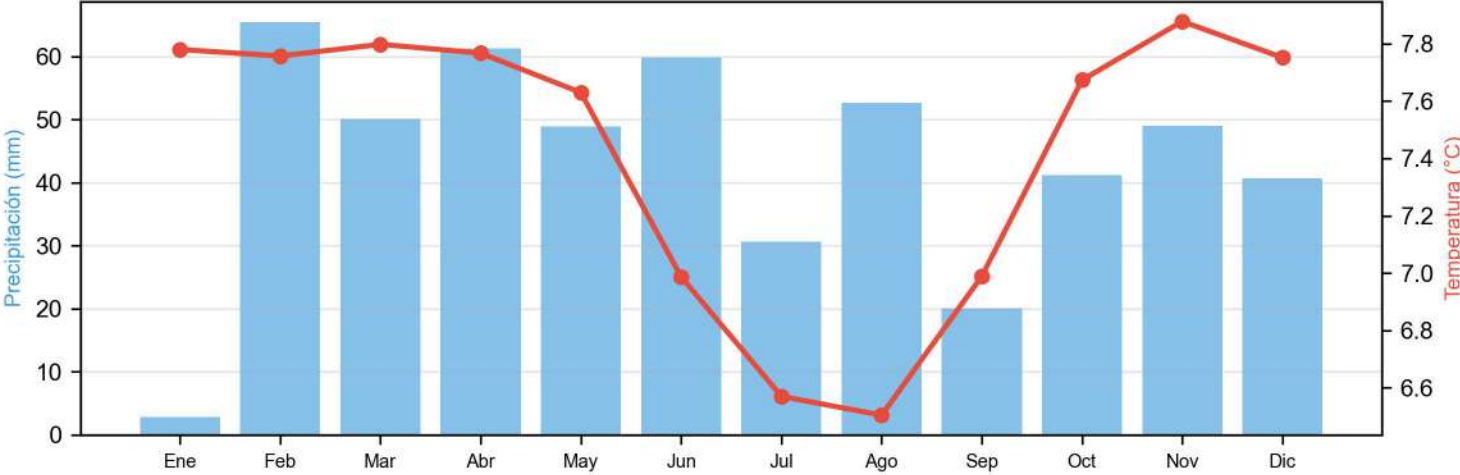
Ubicación en Tungurahua



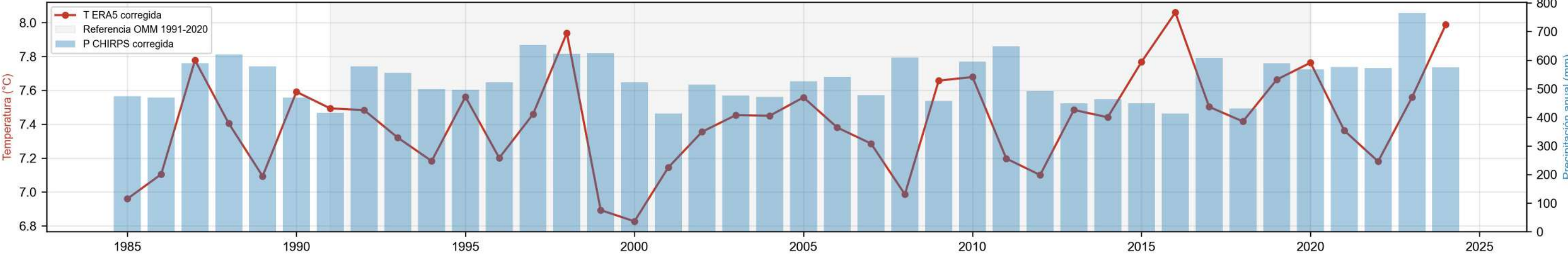
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	7.4 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	523.0 mm
Mes más seco	Ene
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	5727.77 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

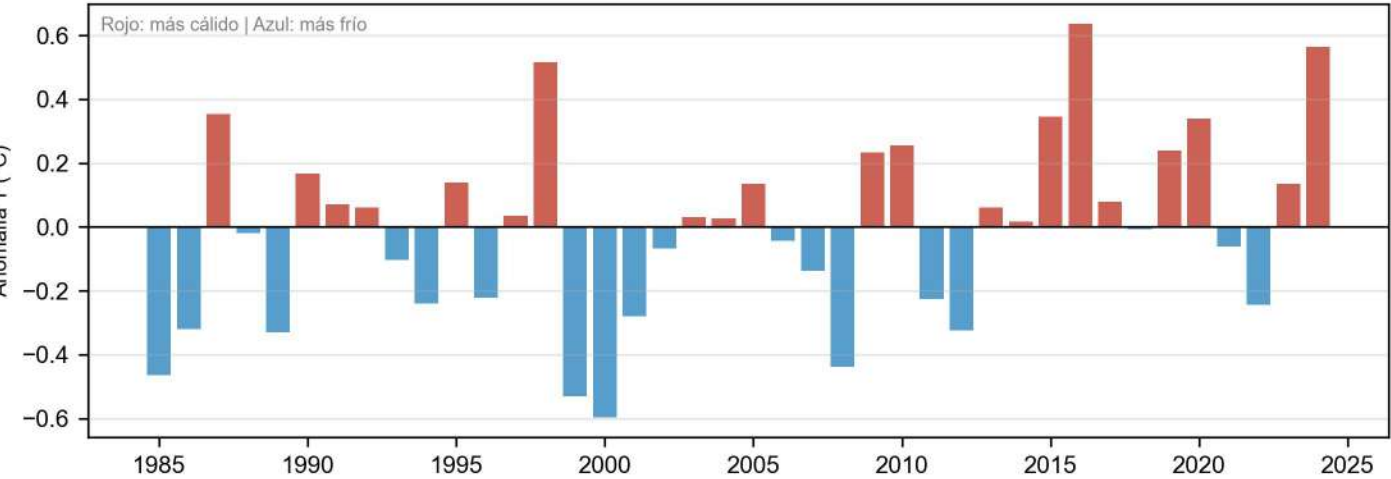
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



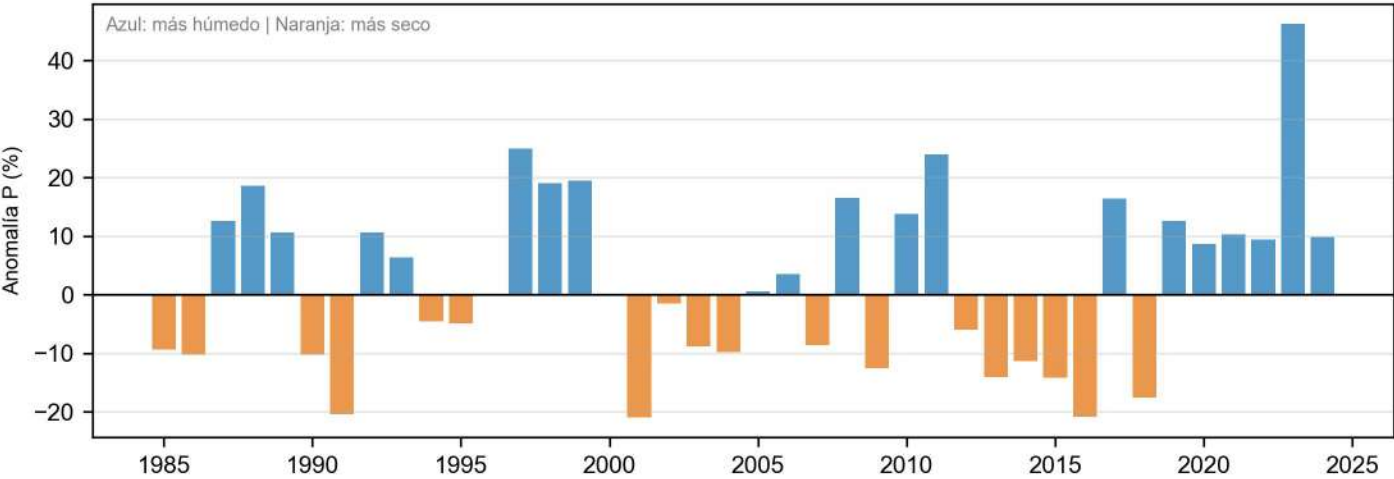
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



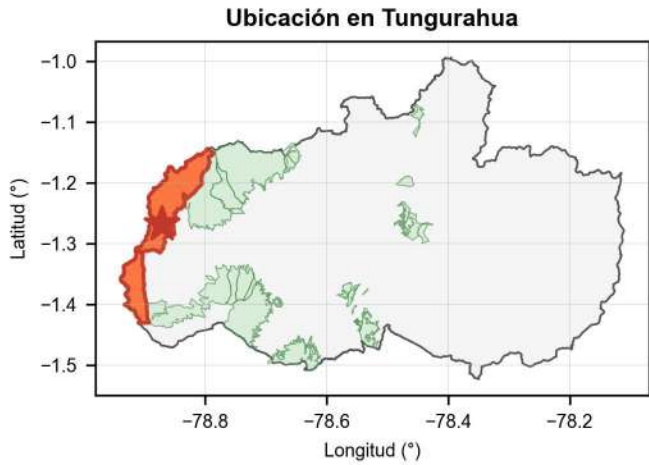
Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020



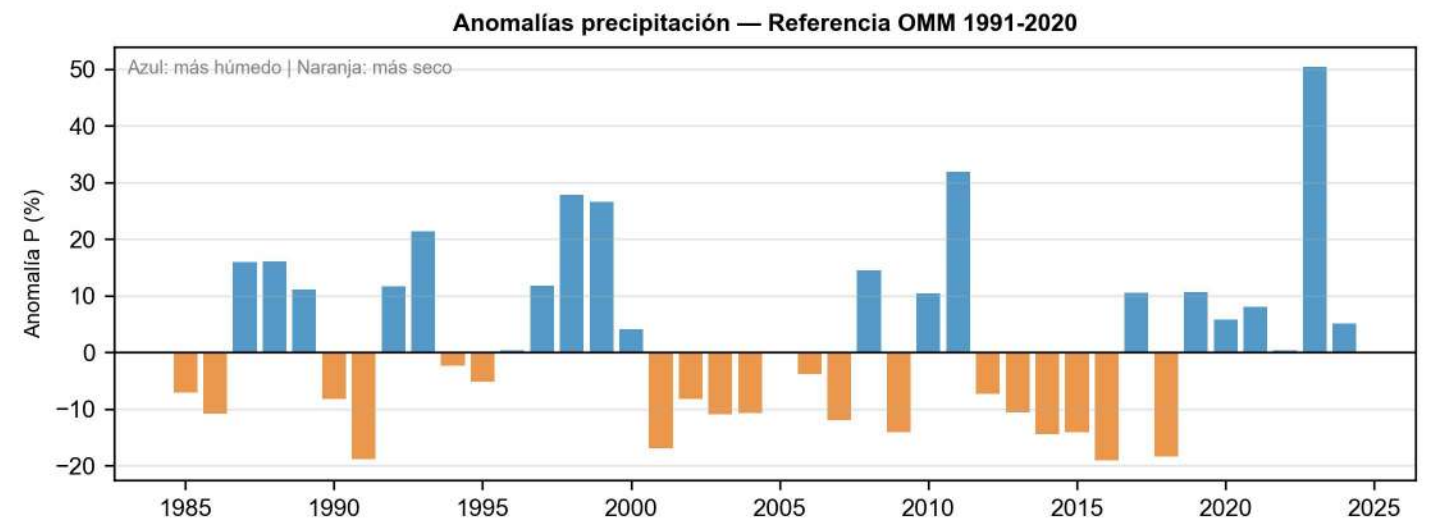
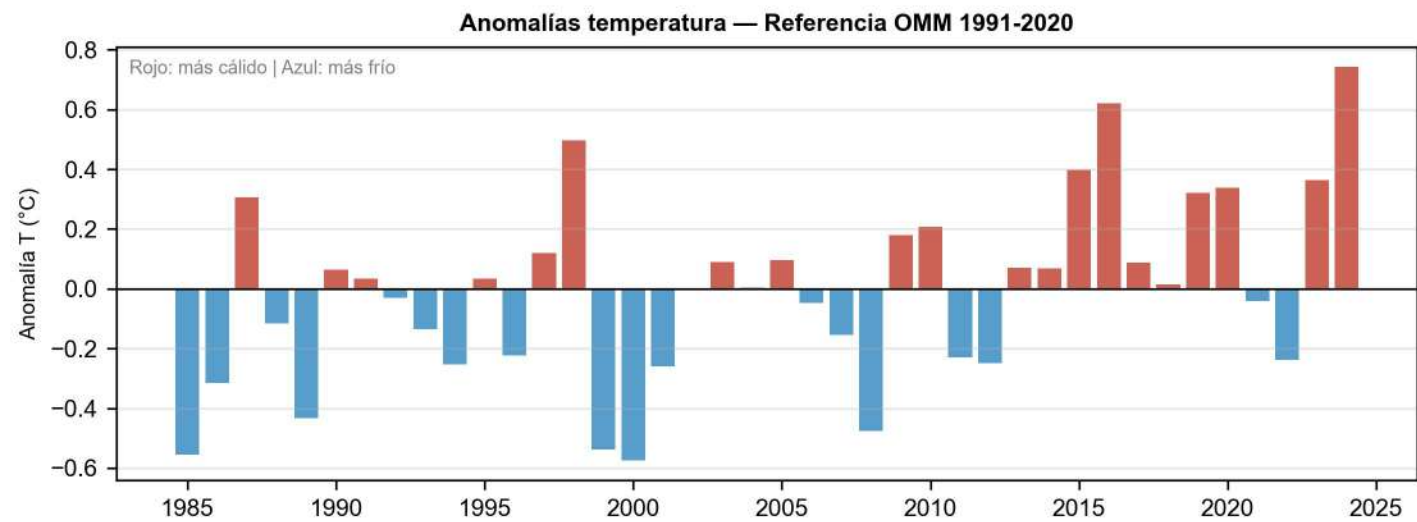
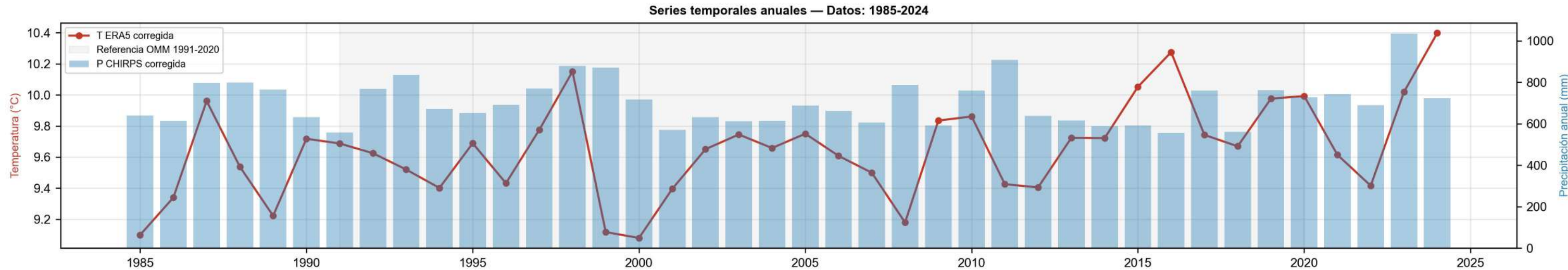
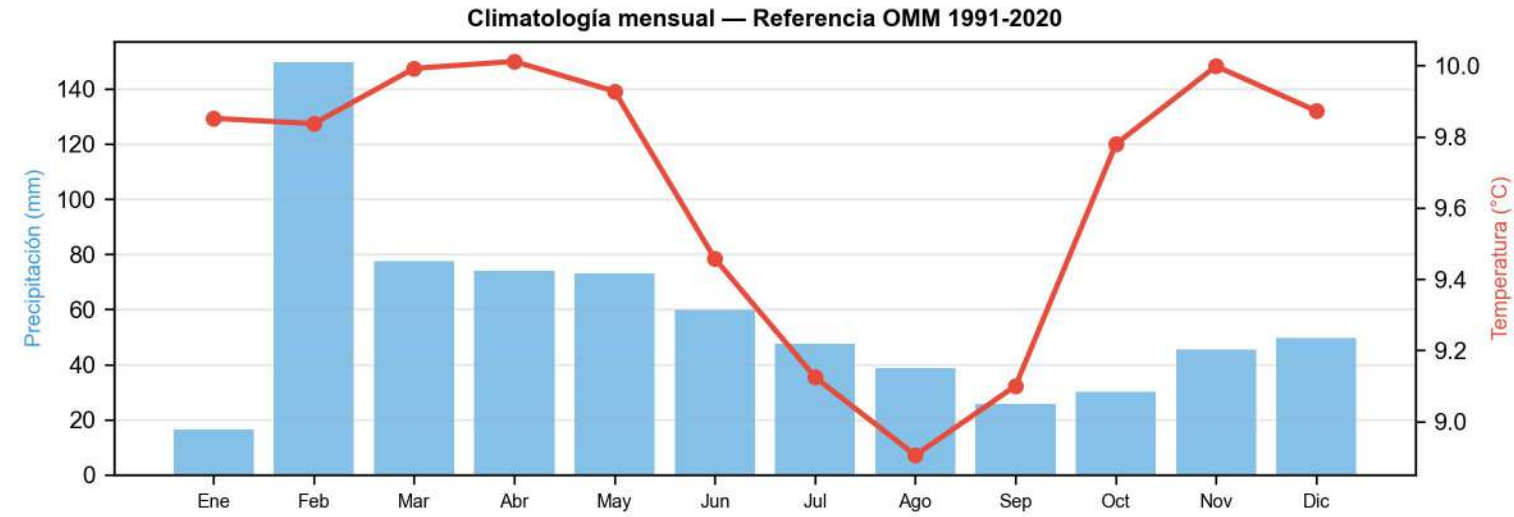
Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



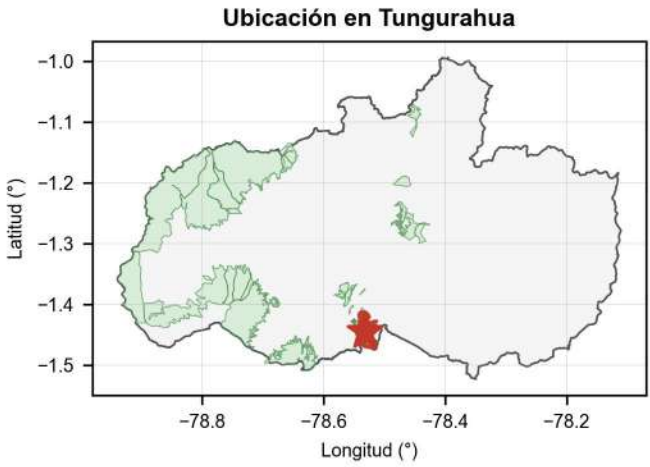
FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos COCP



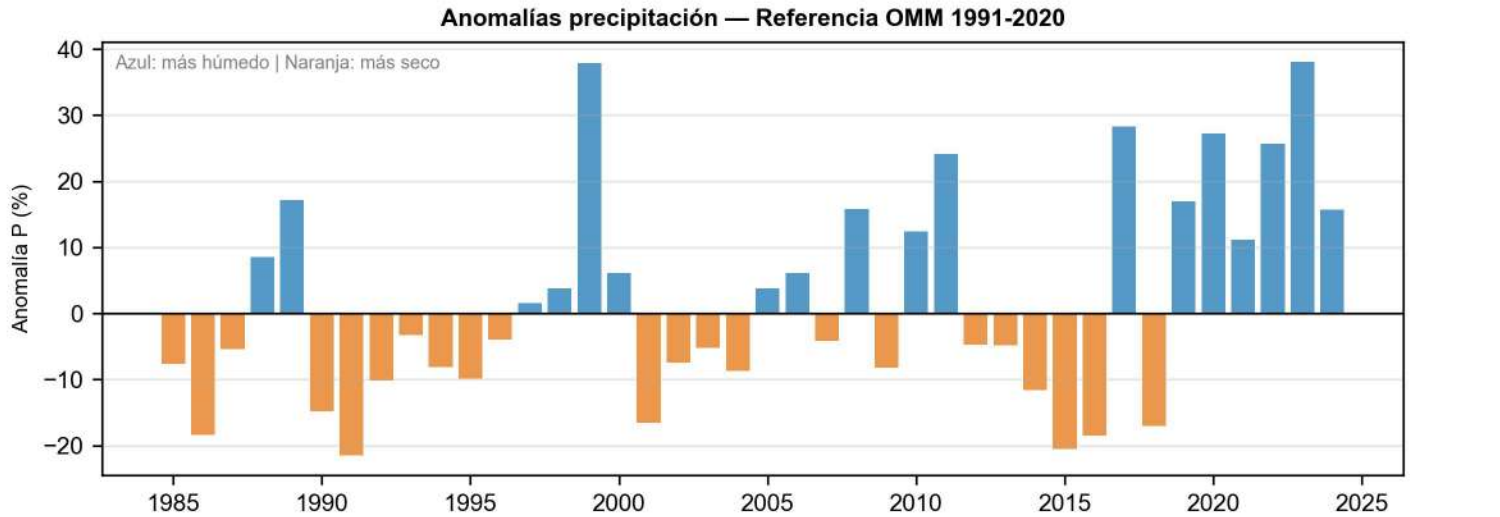
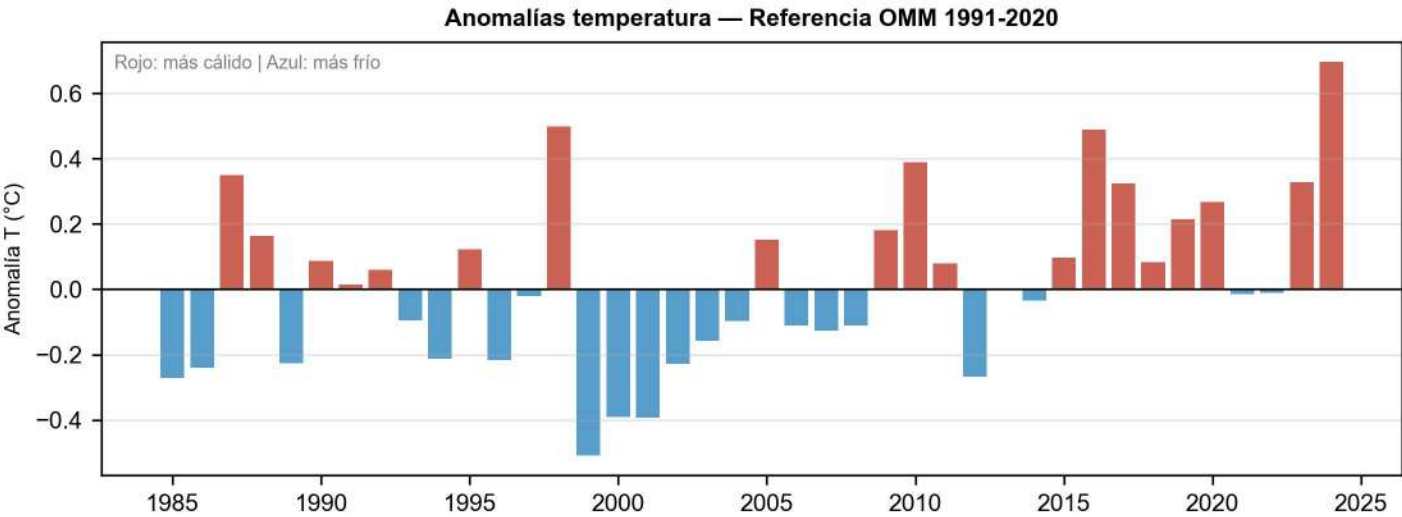
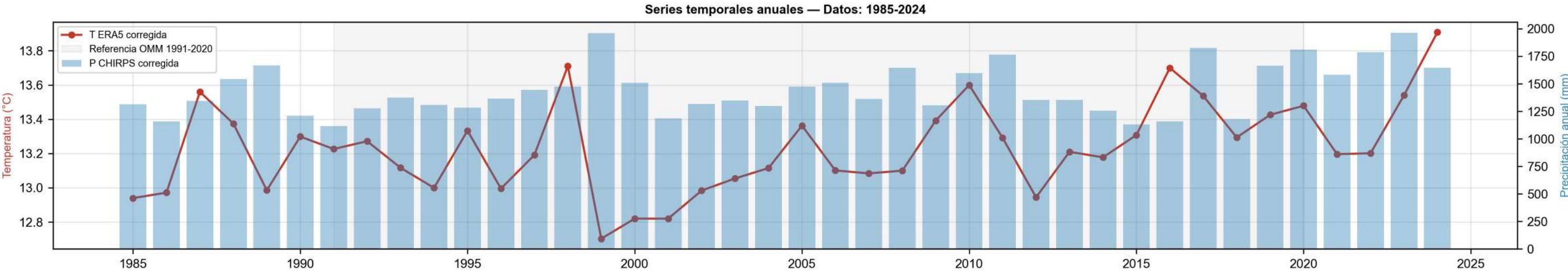
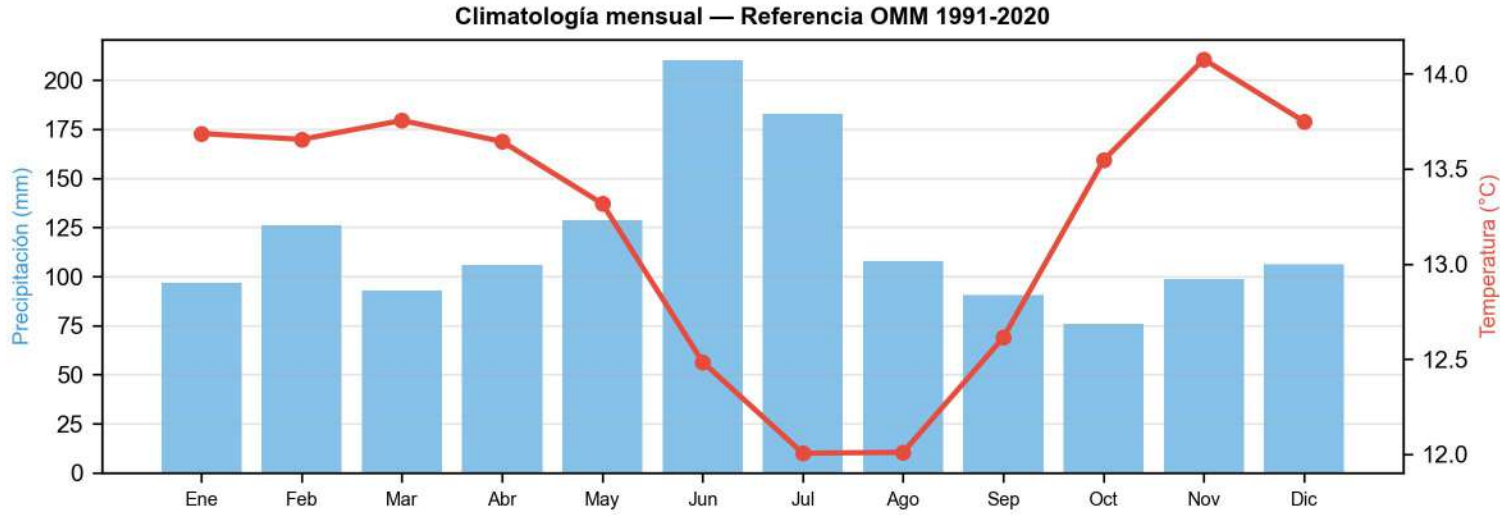
Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	9.7 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	688.0 mm
Mes más seco	Ene
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	13135.66 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



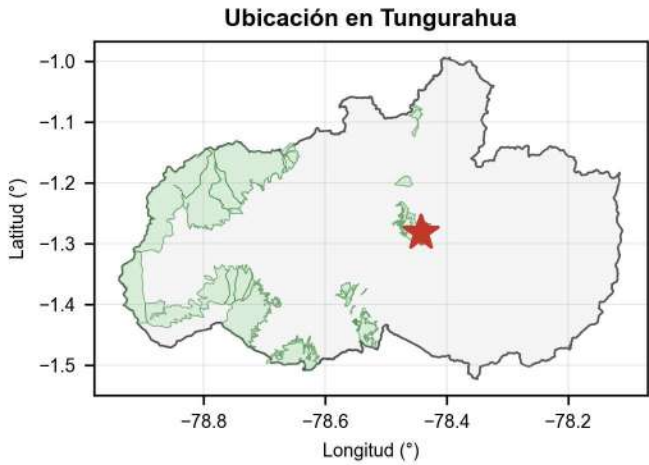
FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos Cotaló



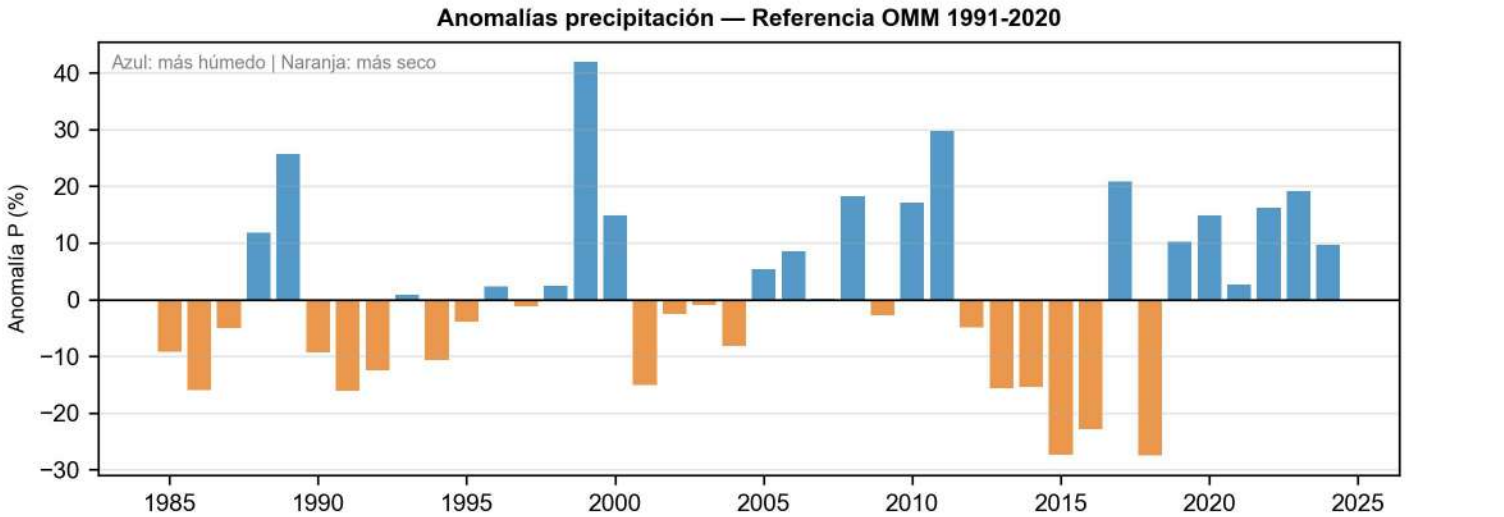
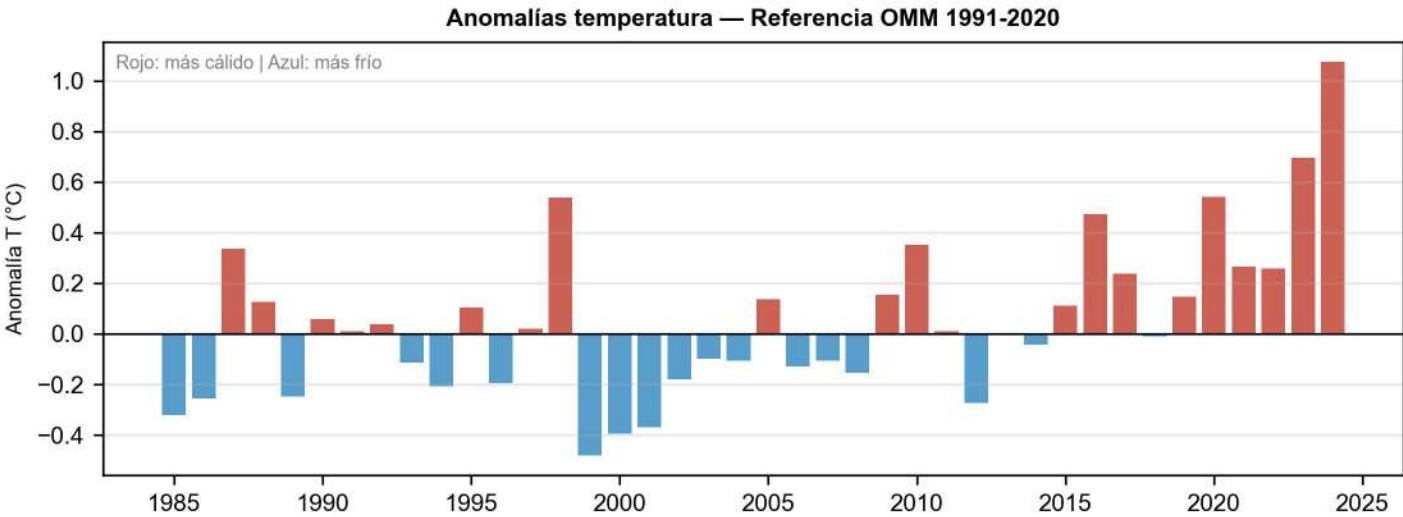
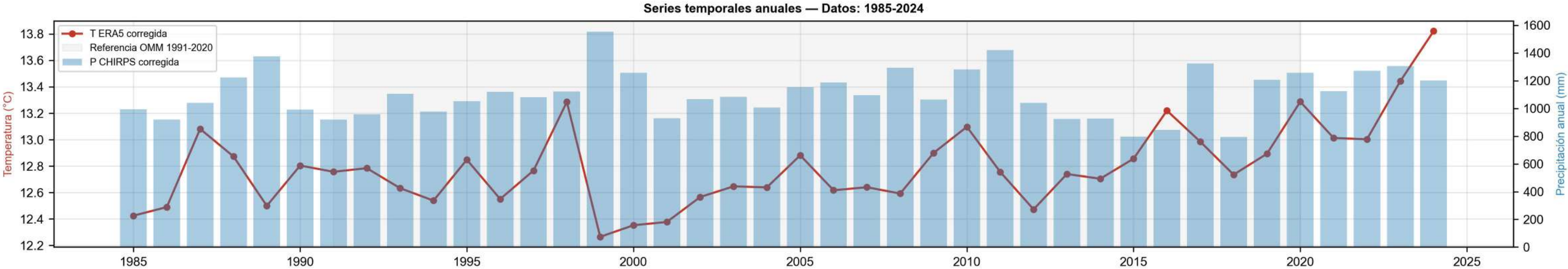
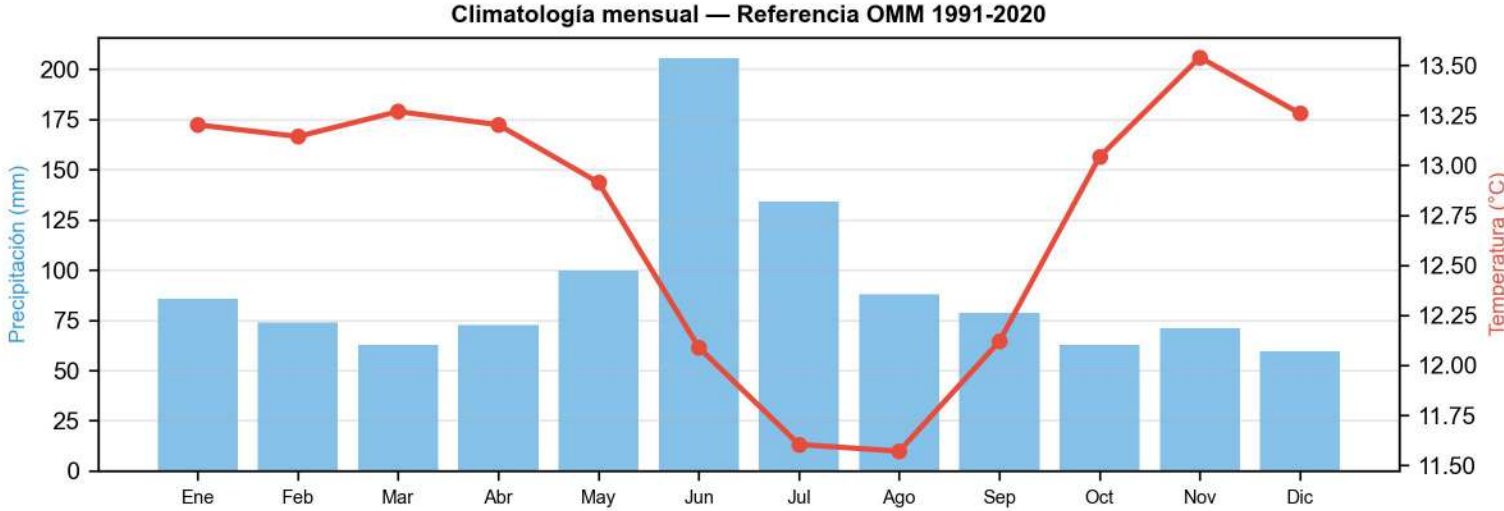
Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	13.2 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1422.0 mm
Mes más seco	Oct
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	1136.47 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



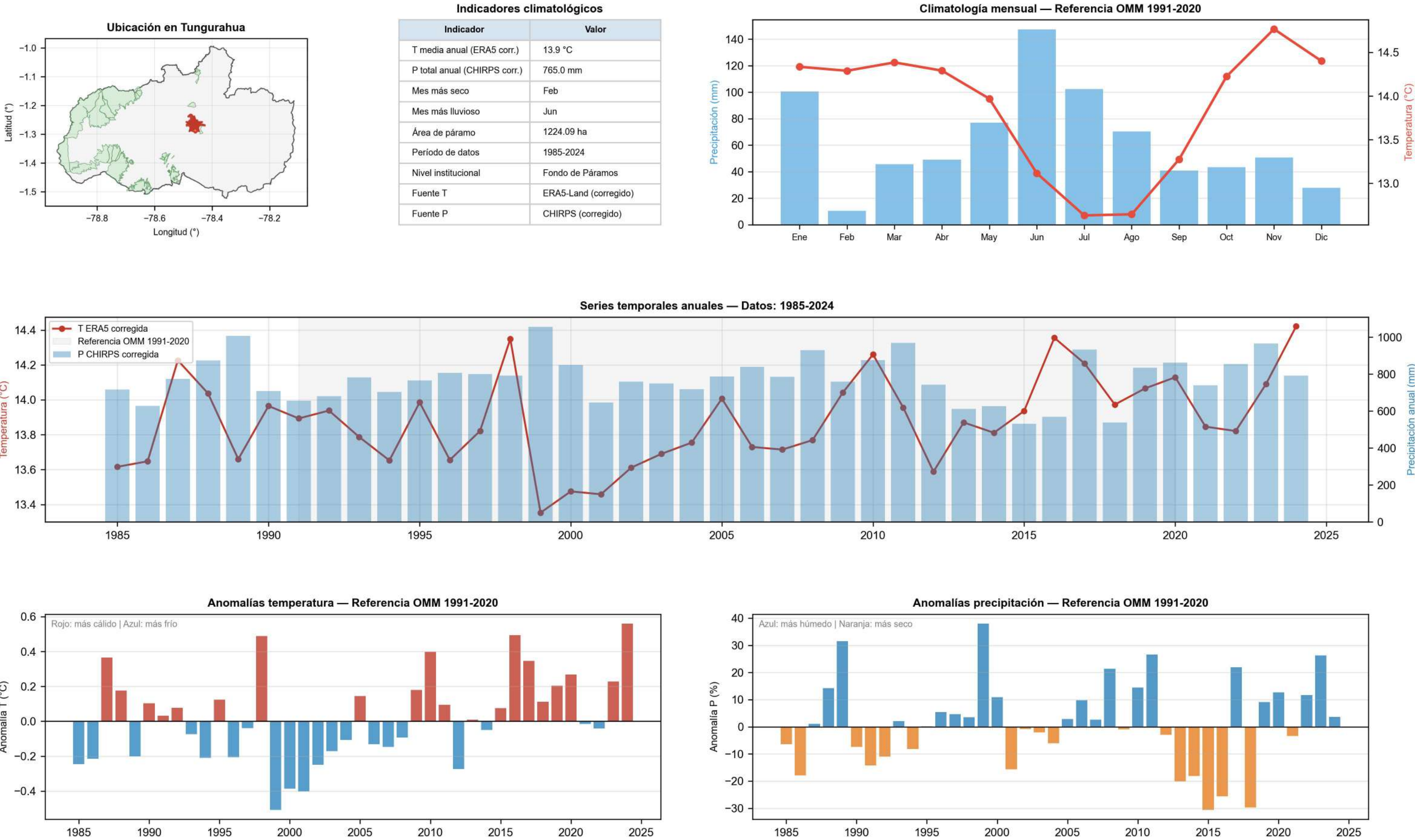
FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos El Triunfo



Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	12.7 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1095.0 mm
Mes más seco	Dic
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	370.23 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

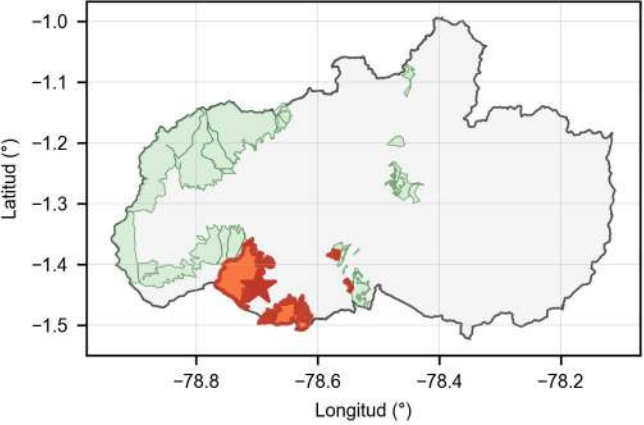


FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos FECOPA



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos FSO

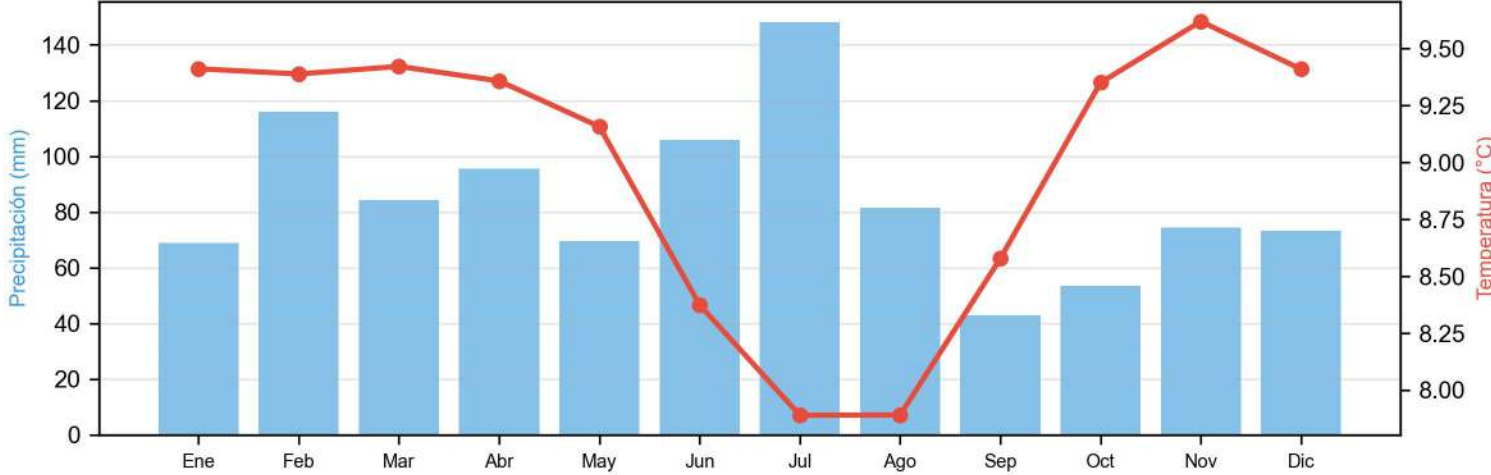
Ubicación en Tungurahua



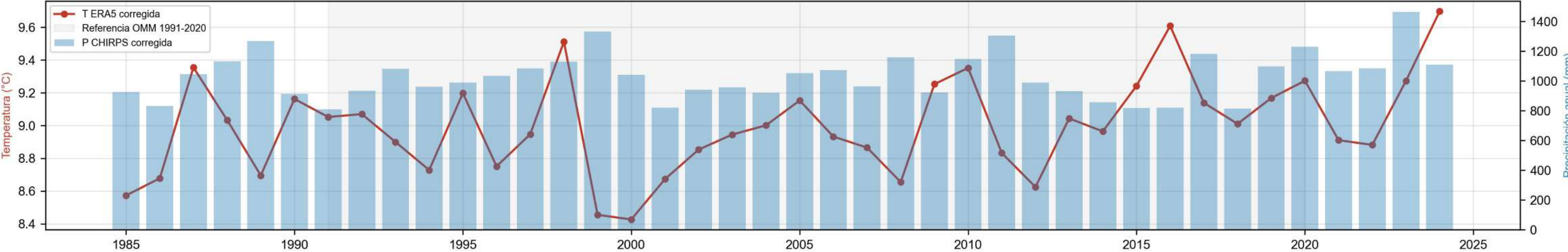
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	9.0 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1014.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Jul
Área de páramo	8018.36 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

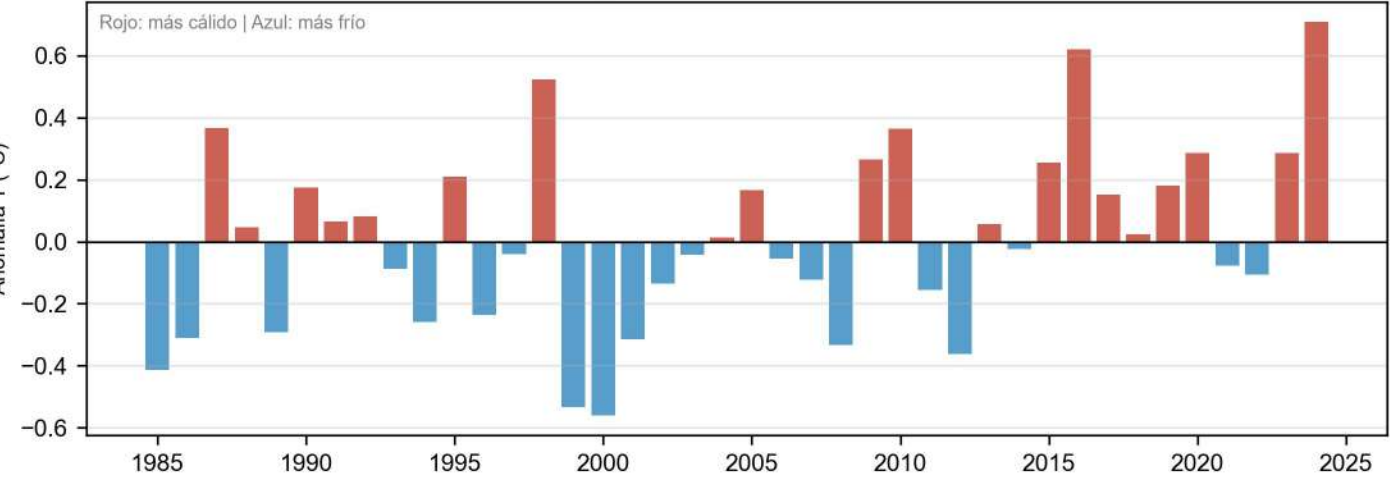
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



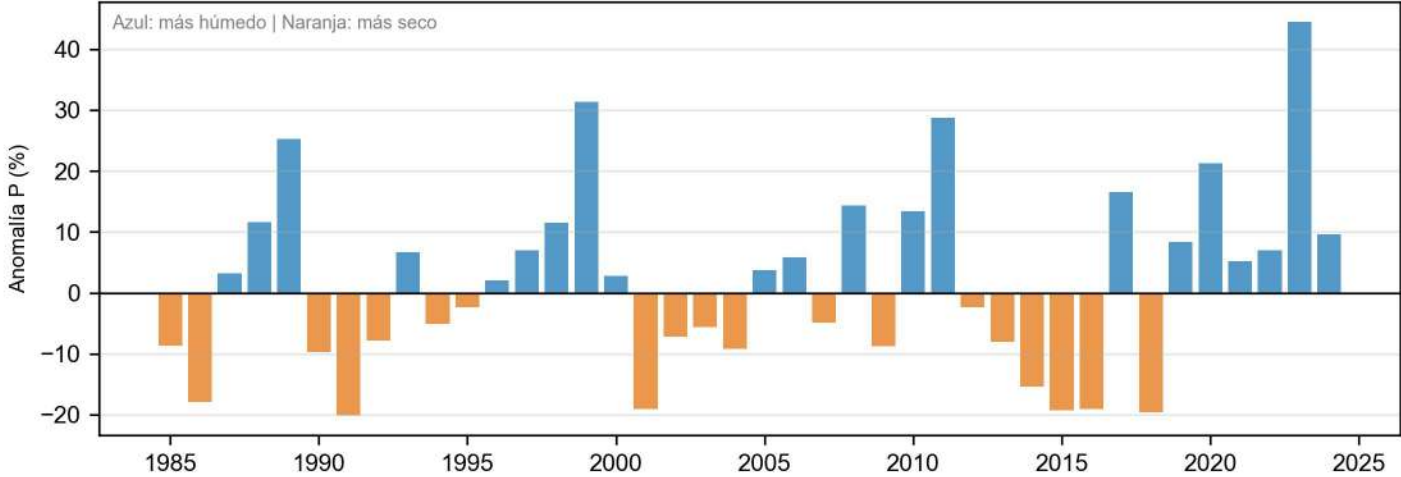
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



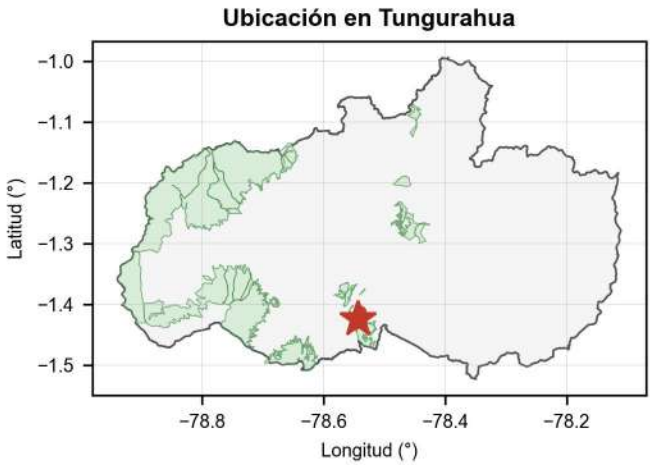
Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020



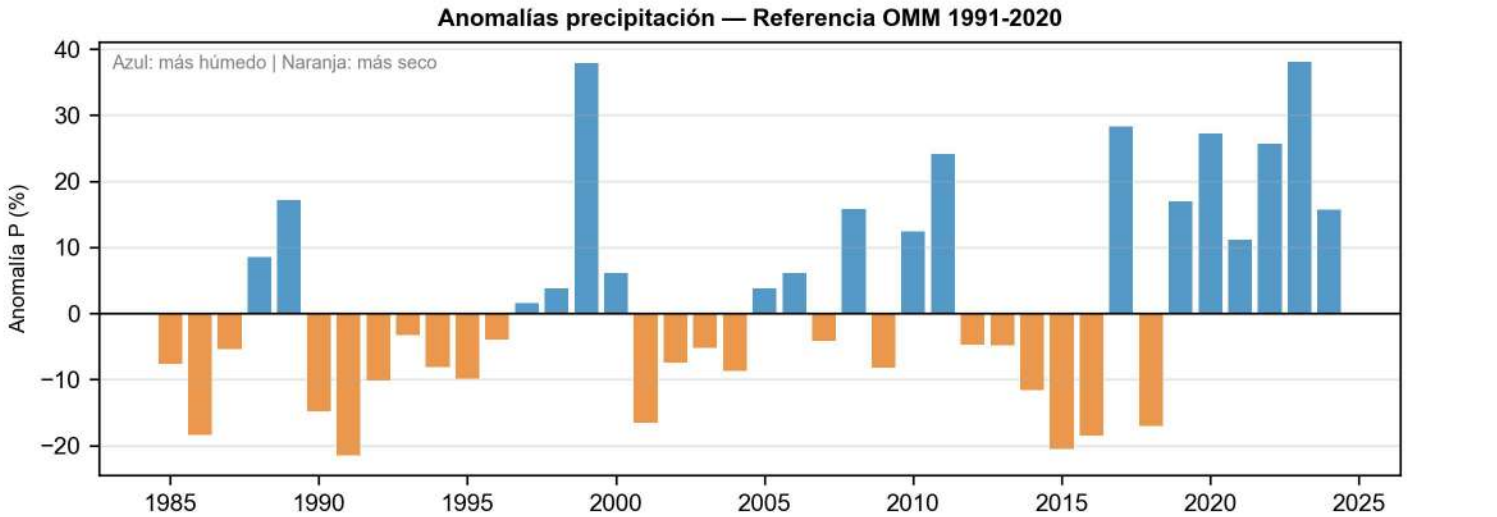
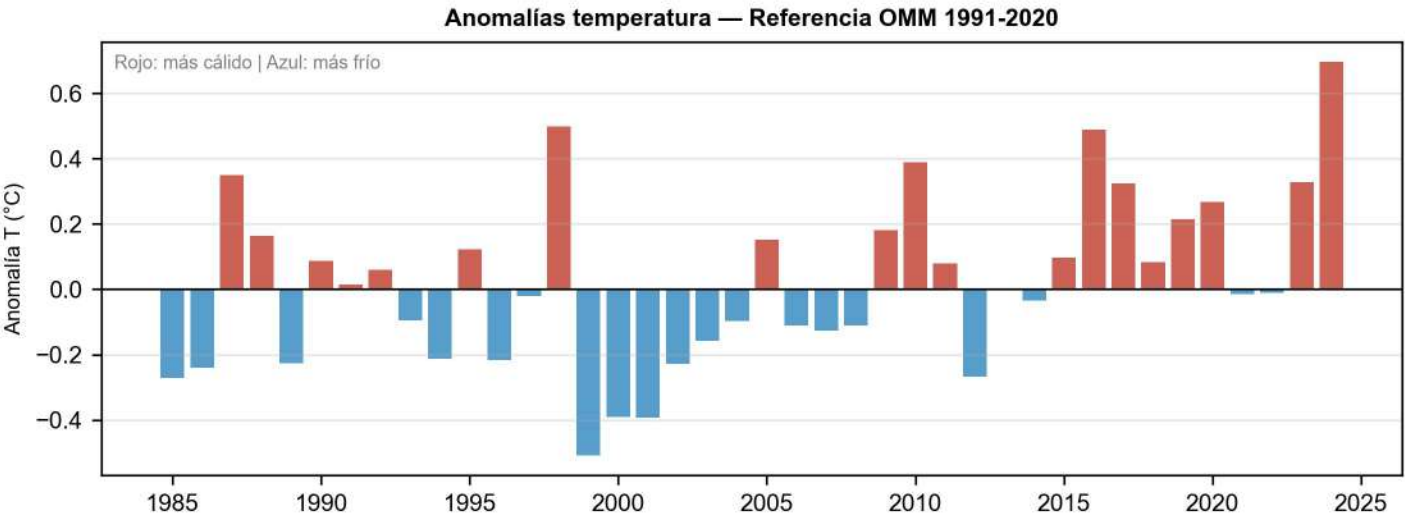
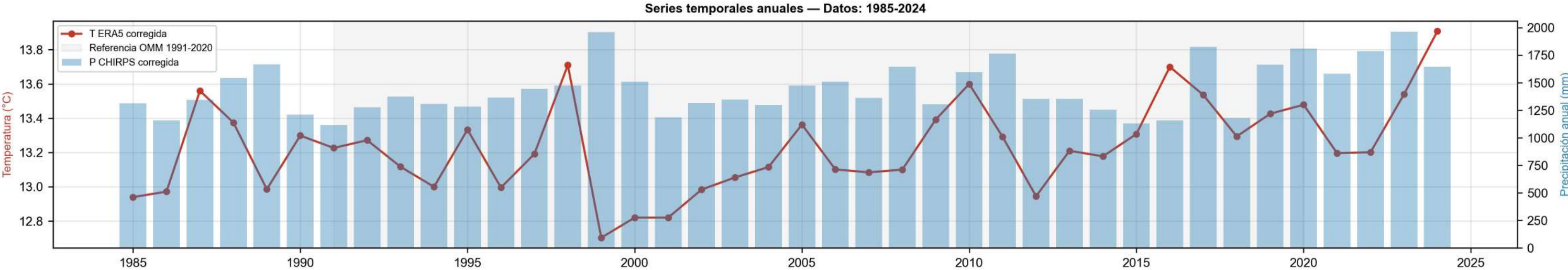
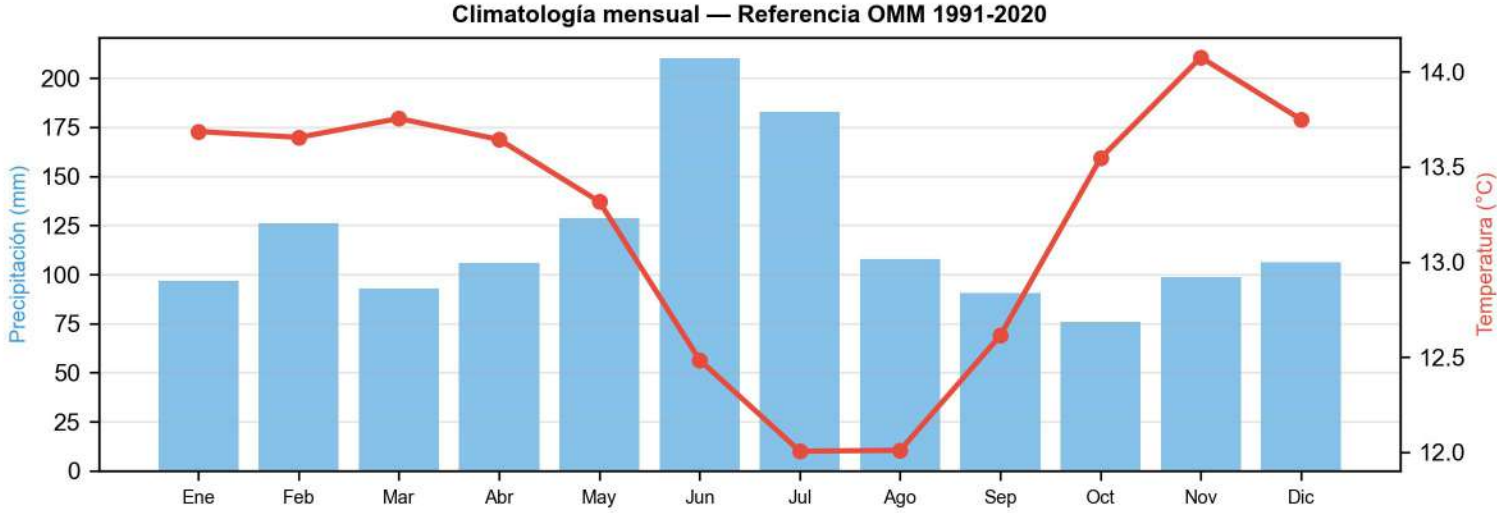
Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



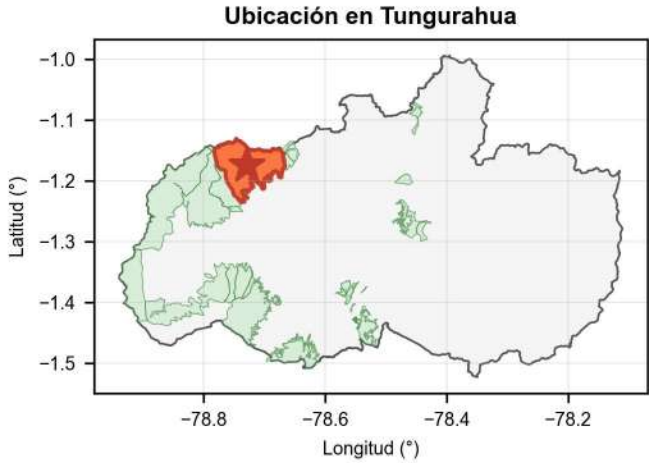
FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos Huambaló



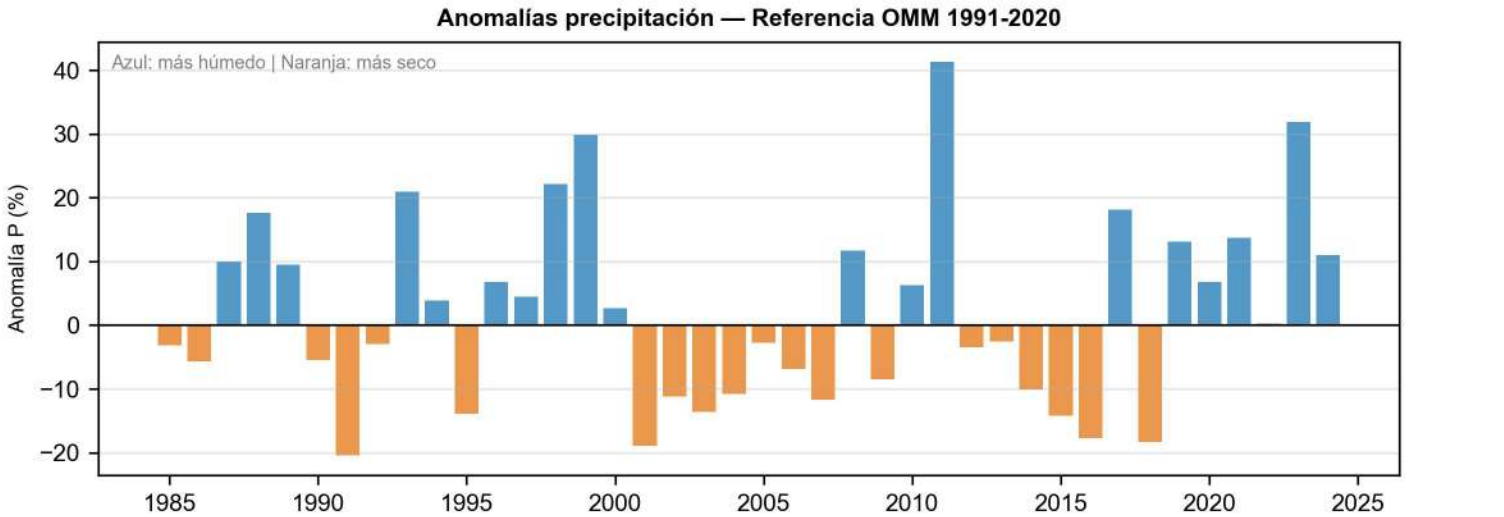
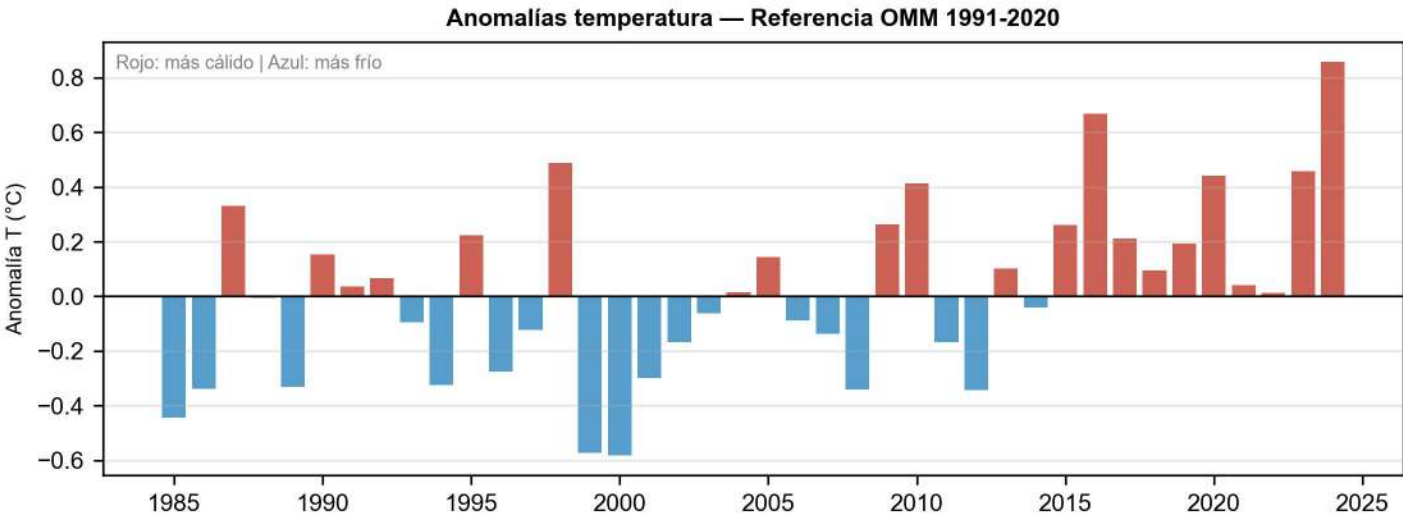
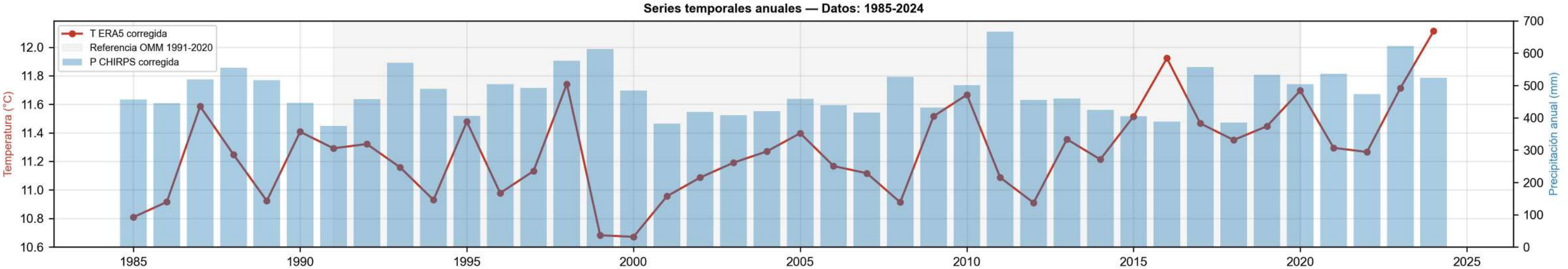
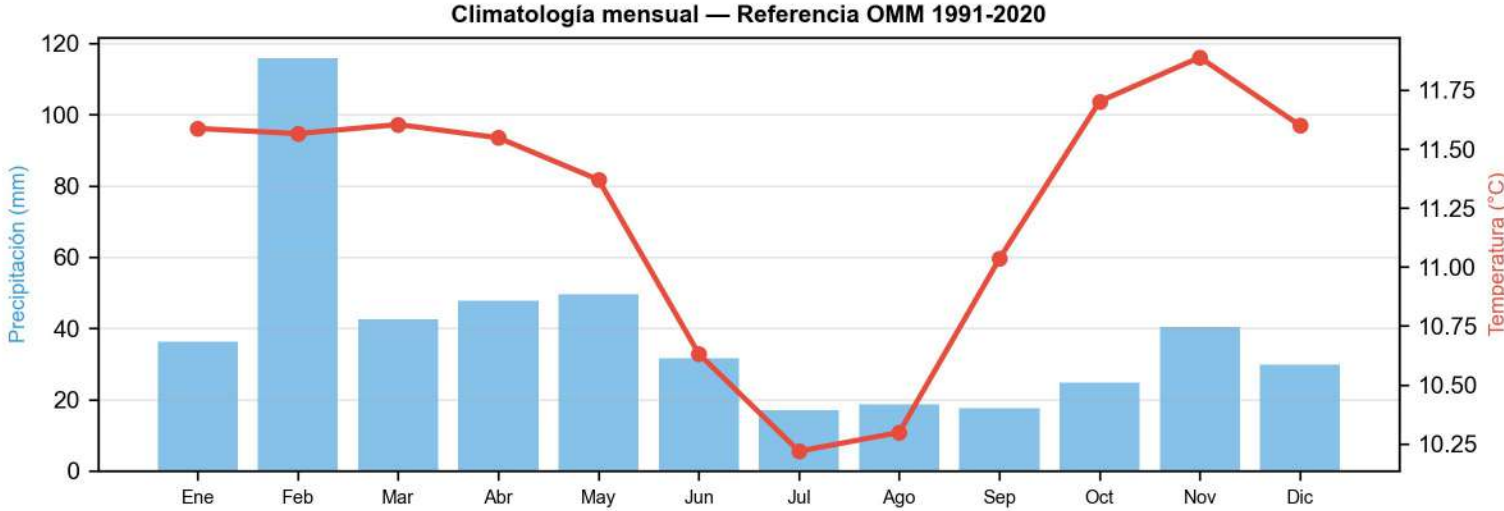
Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	13.2 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1422.0 mm
Mes más seco	Oct
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	132.47 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos KIPU

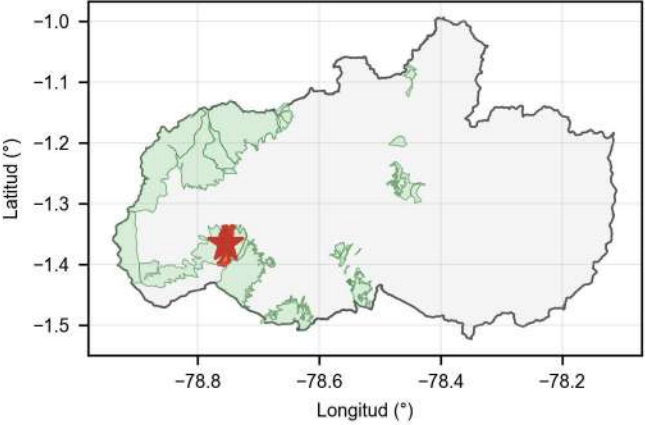


Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	11.3 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	472.0 mm
Mes más seco	Jul
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	8004.09 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos PUCARÁ

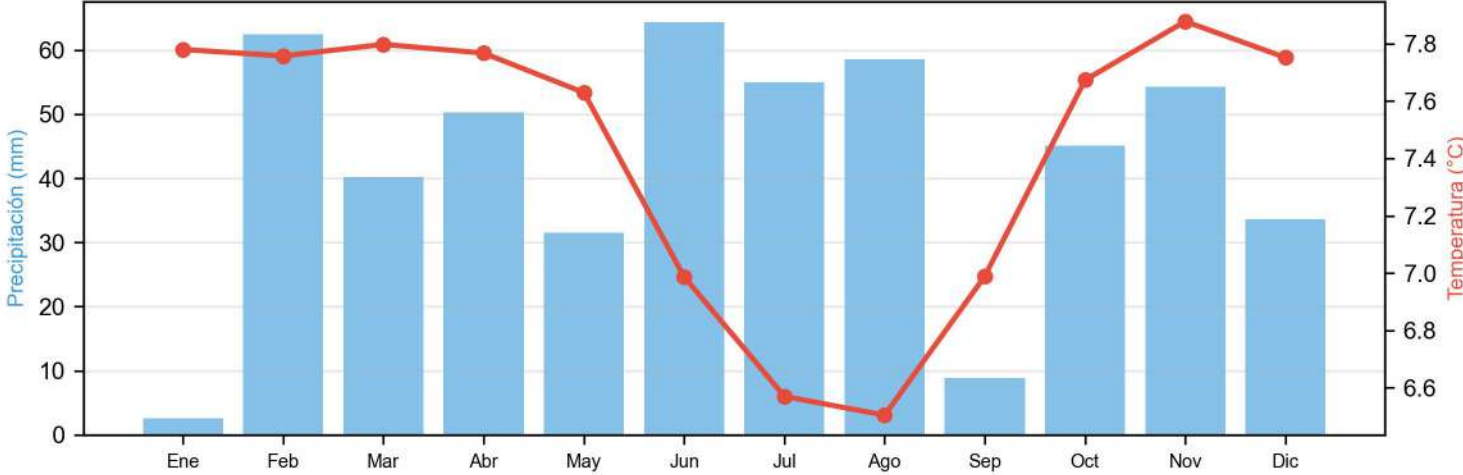
Ubicación en Tungurahua



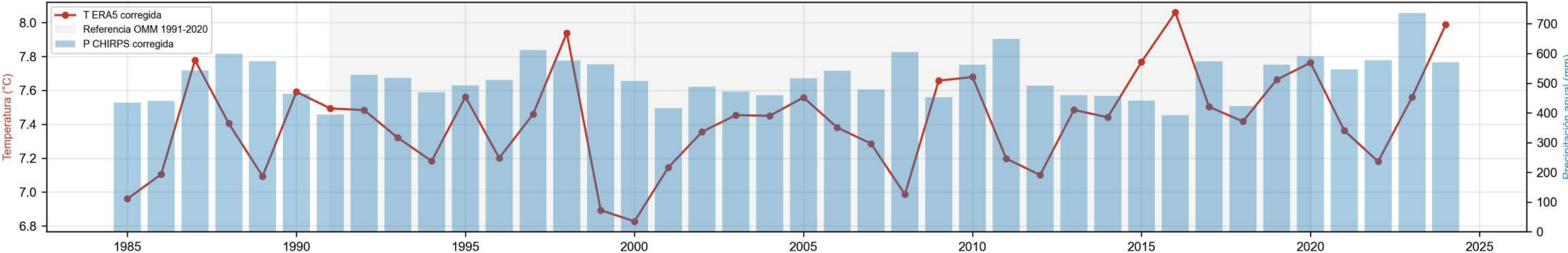
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	7.4 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	507.0 mm
Mes más seco	Ene
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	965.85 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

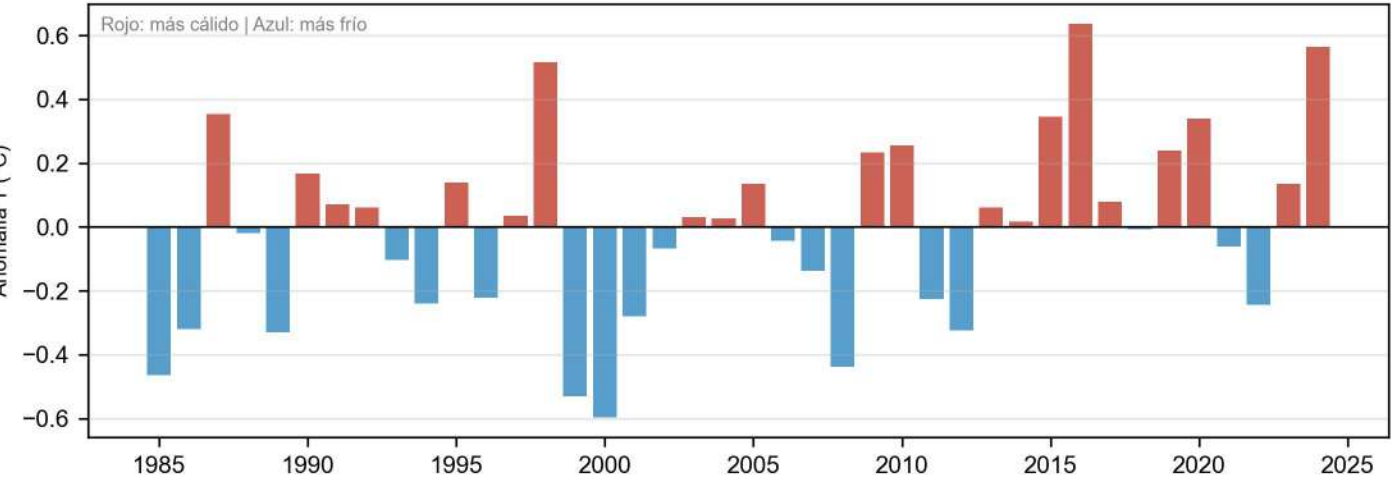
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



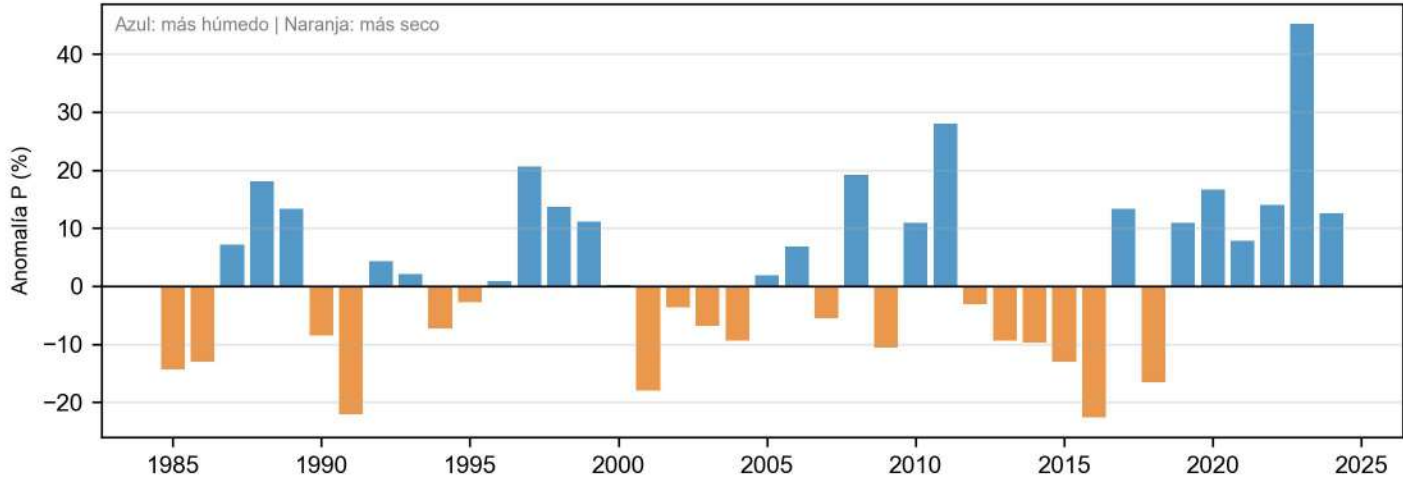
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



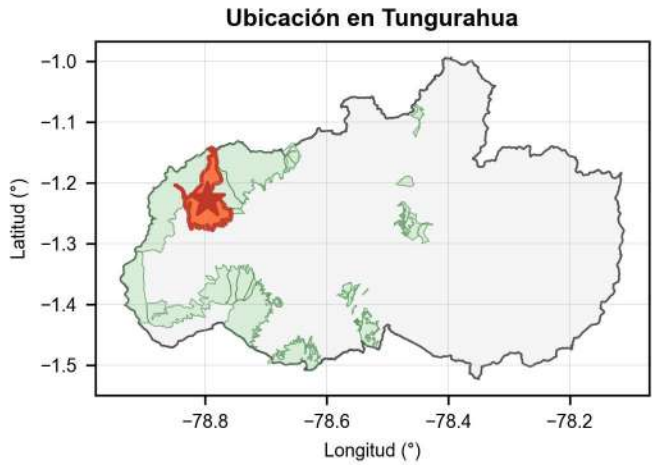
Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020



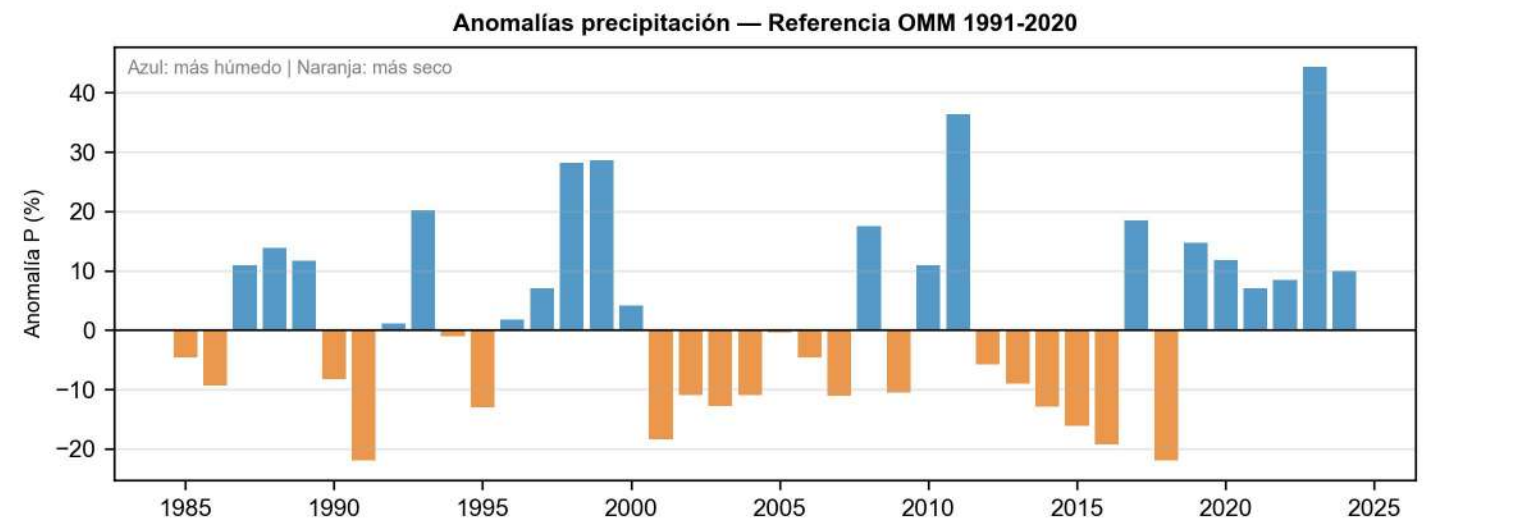
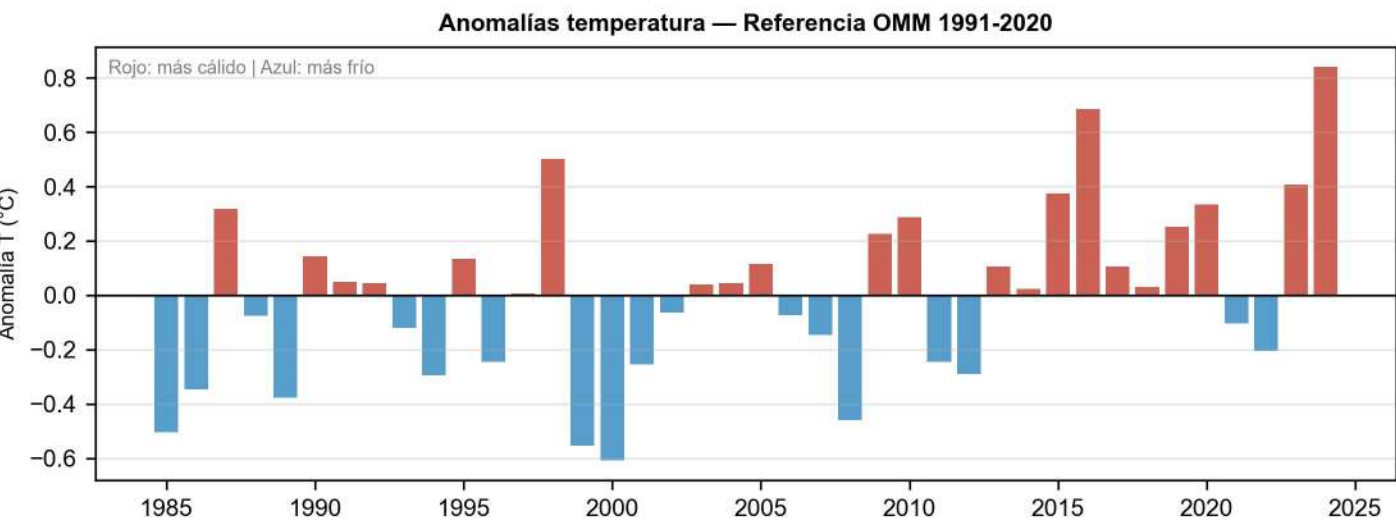
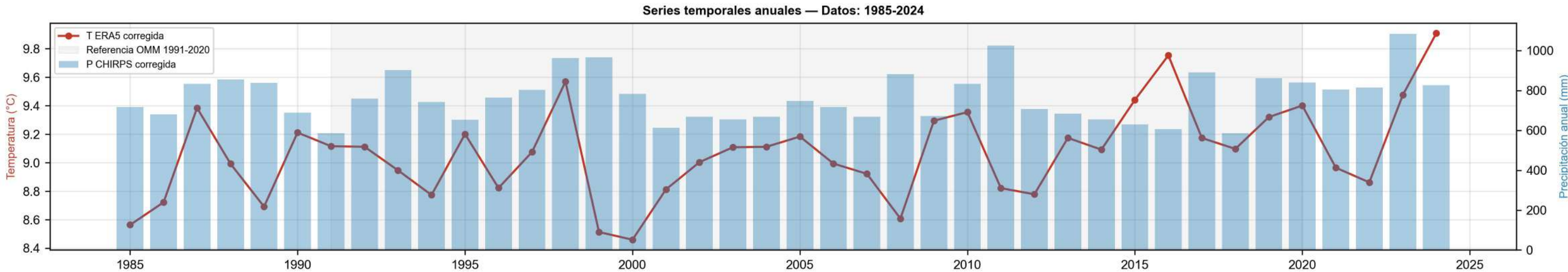
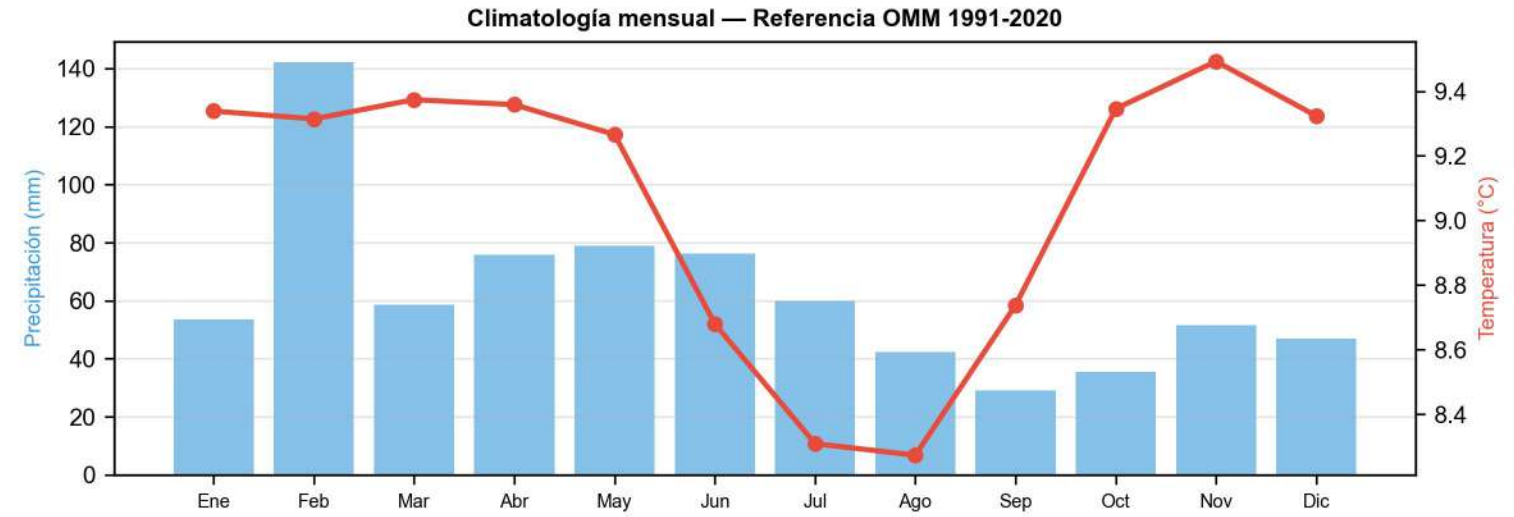
Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



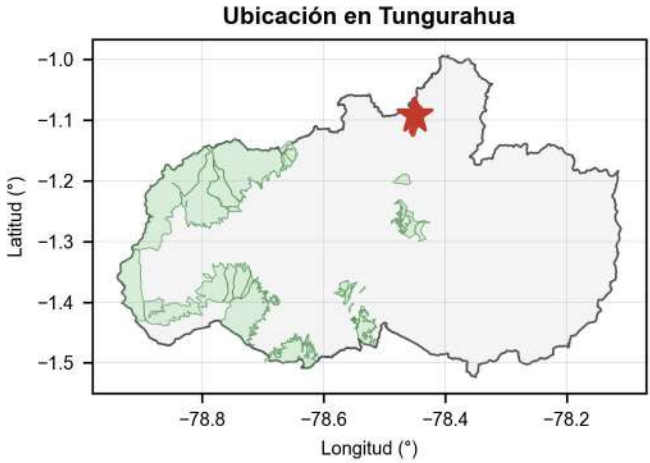
FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos San Fernando



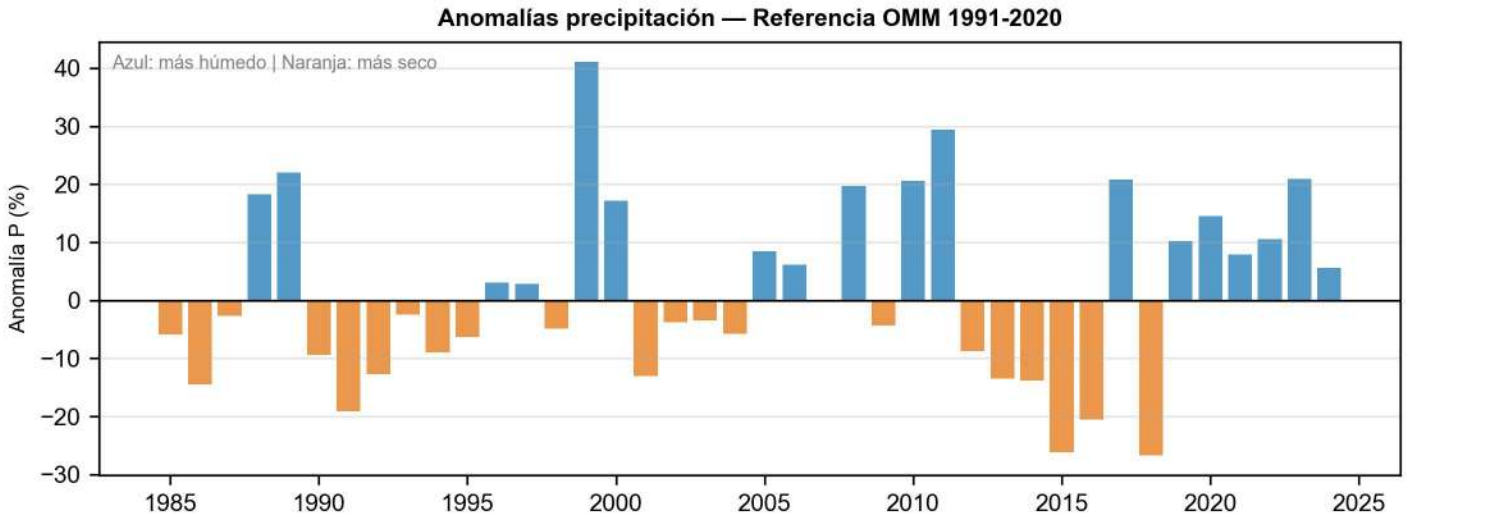
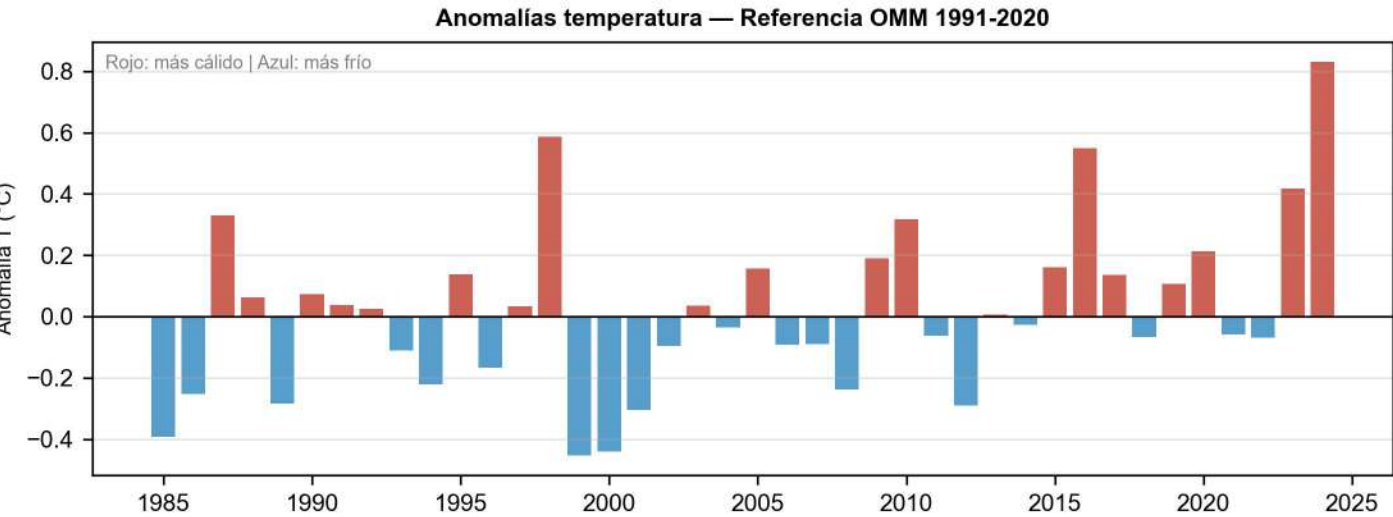
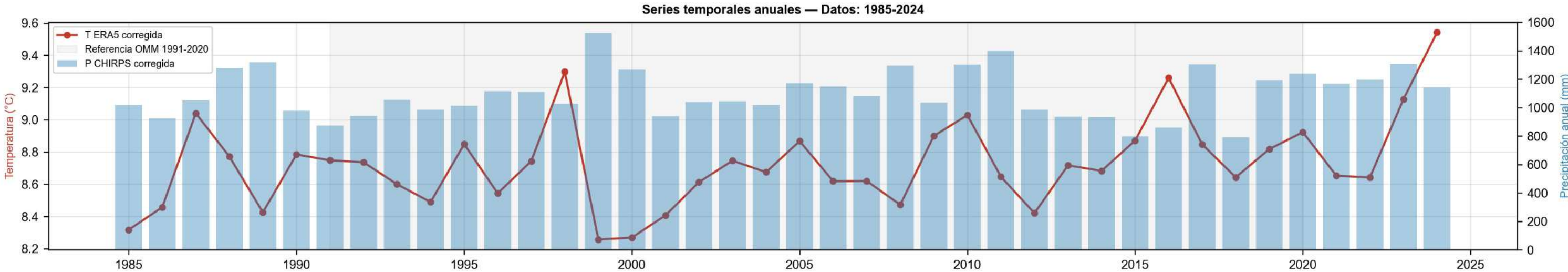
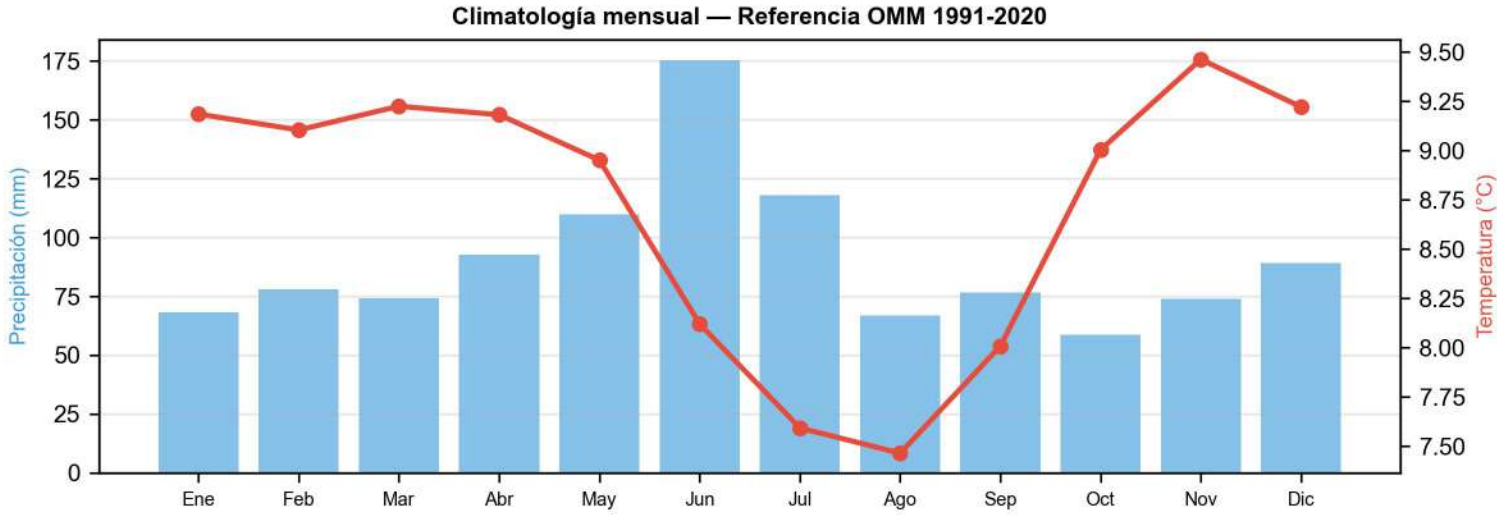
Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	9.1 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	751.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	5761.16 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



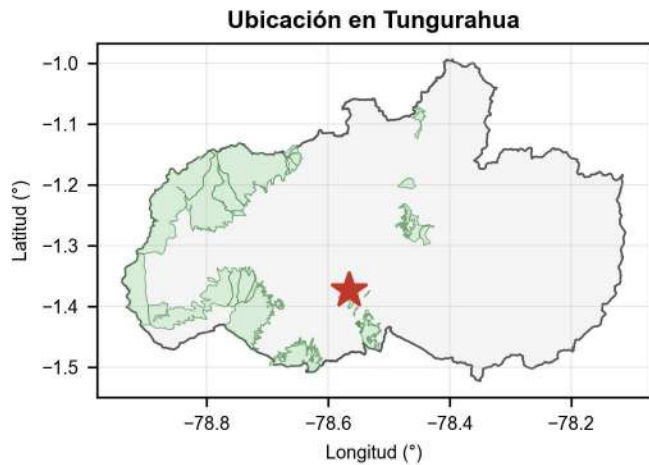
FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos
San José de Poaló



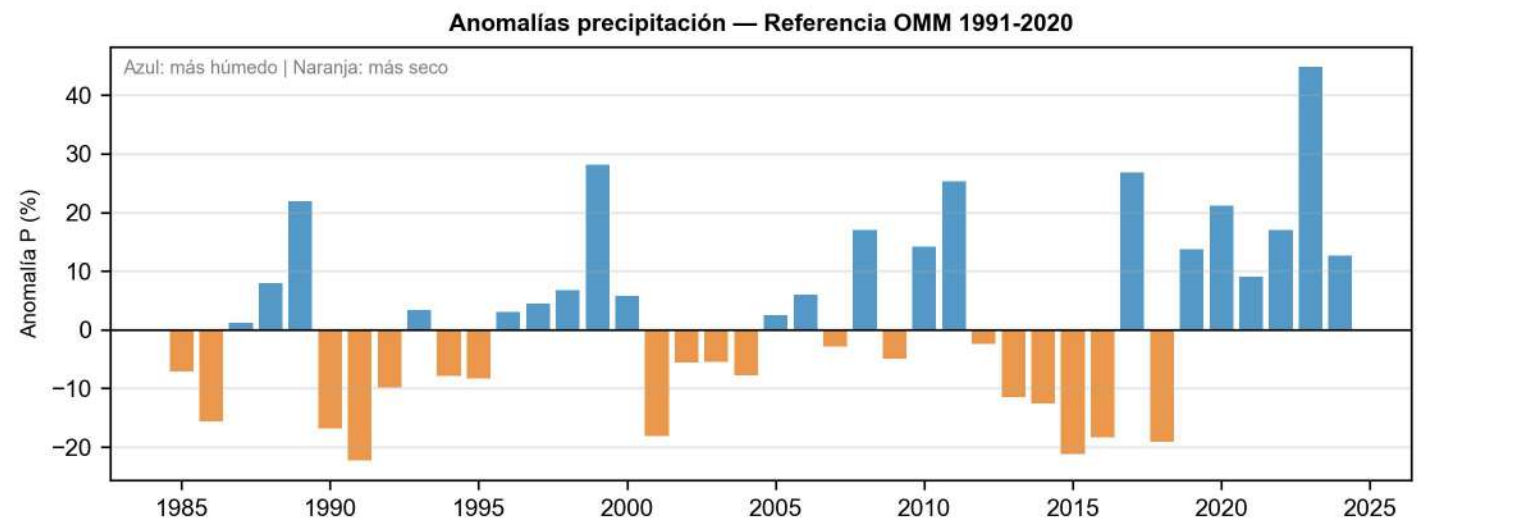
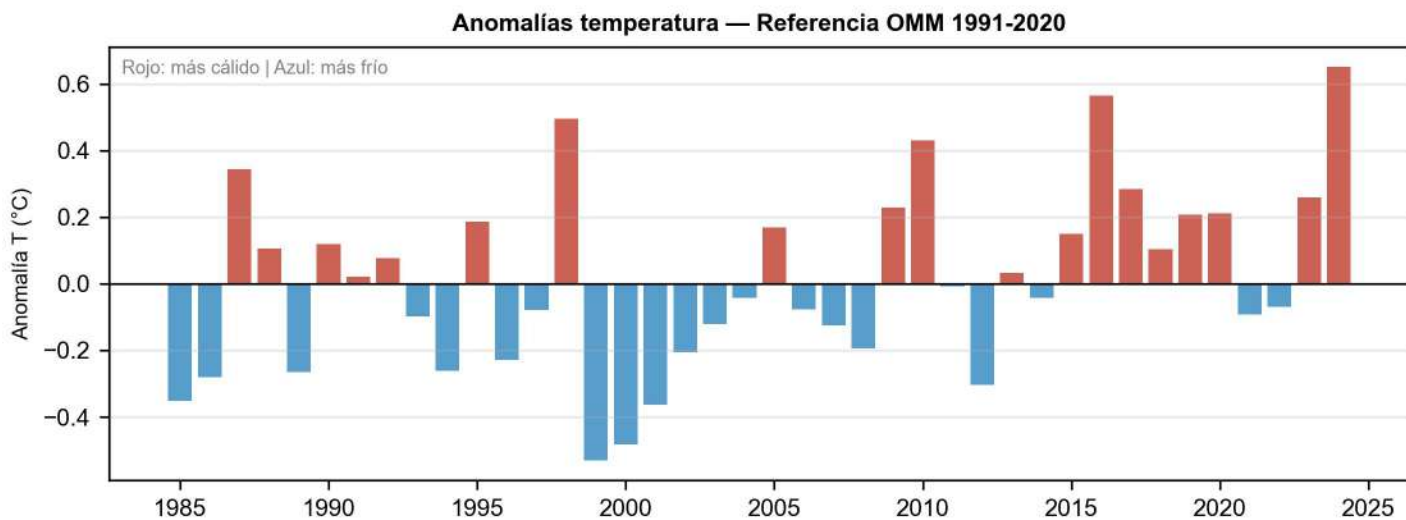
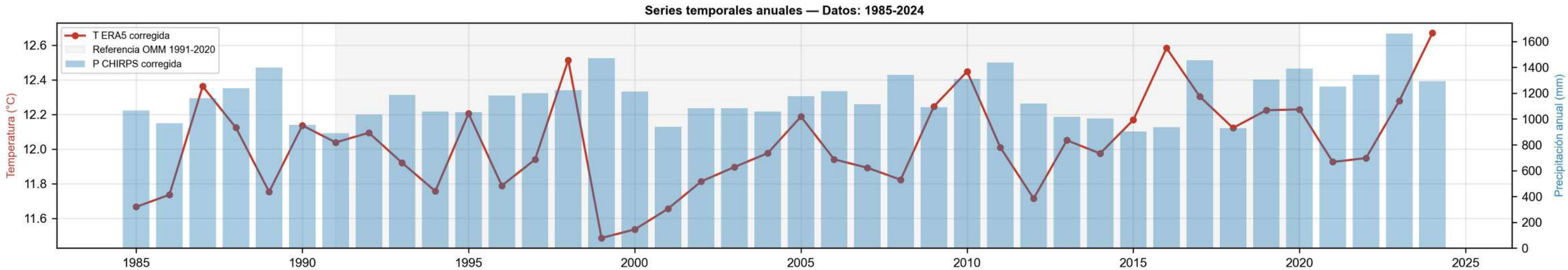
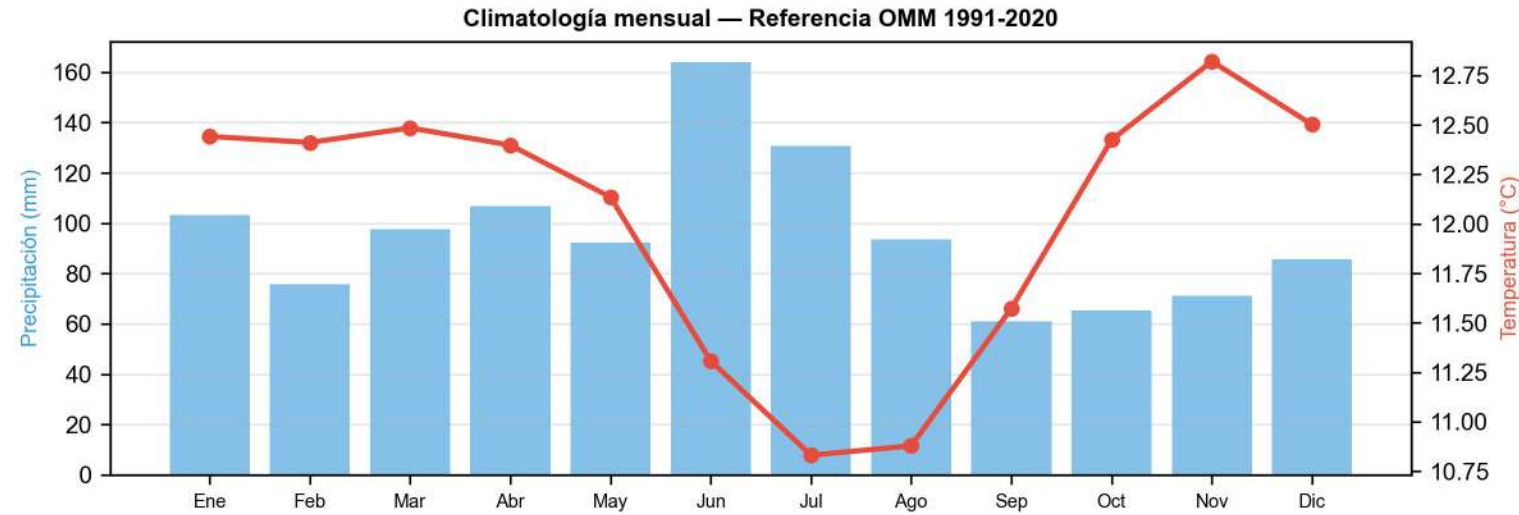
Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	8.7 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1081.0 mm
Mes más seco	Oct
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	380.63 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



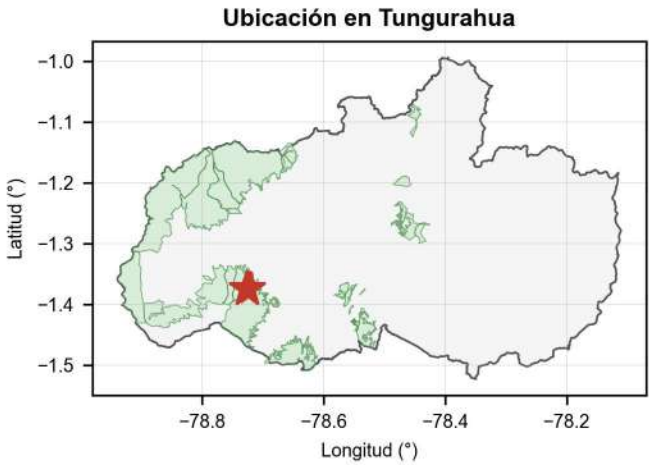
FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos Teligote



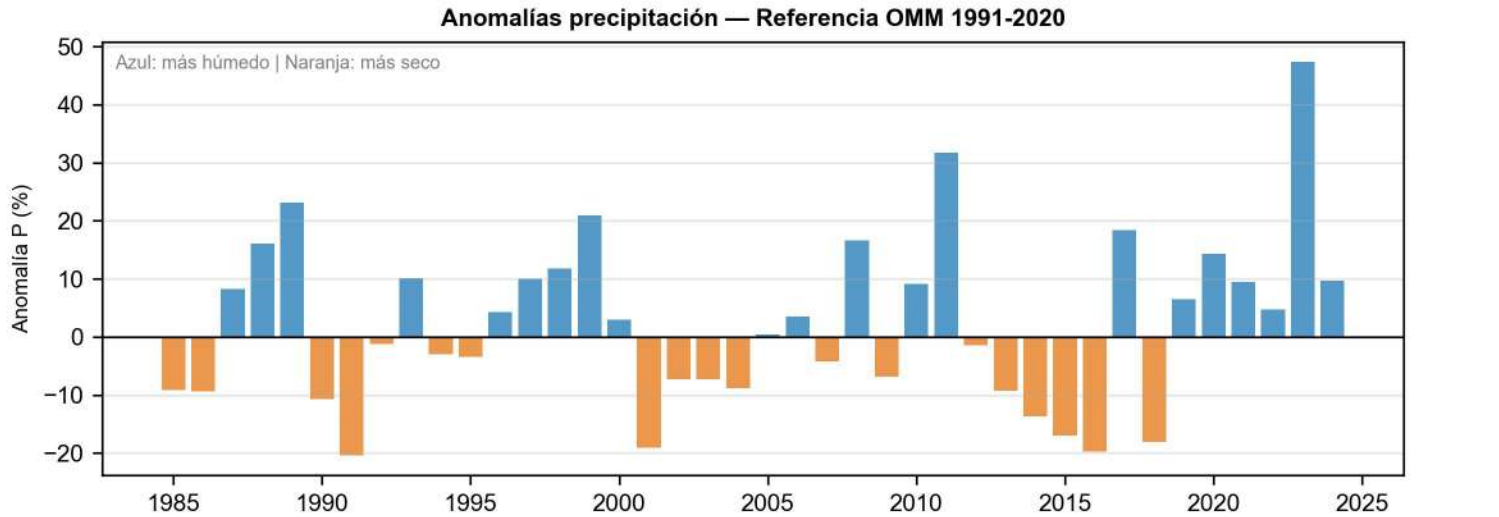
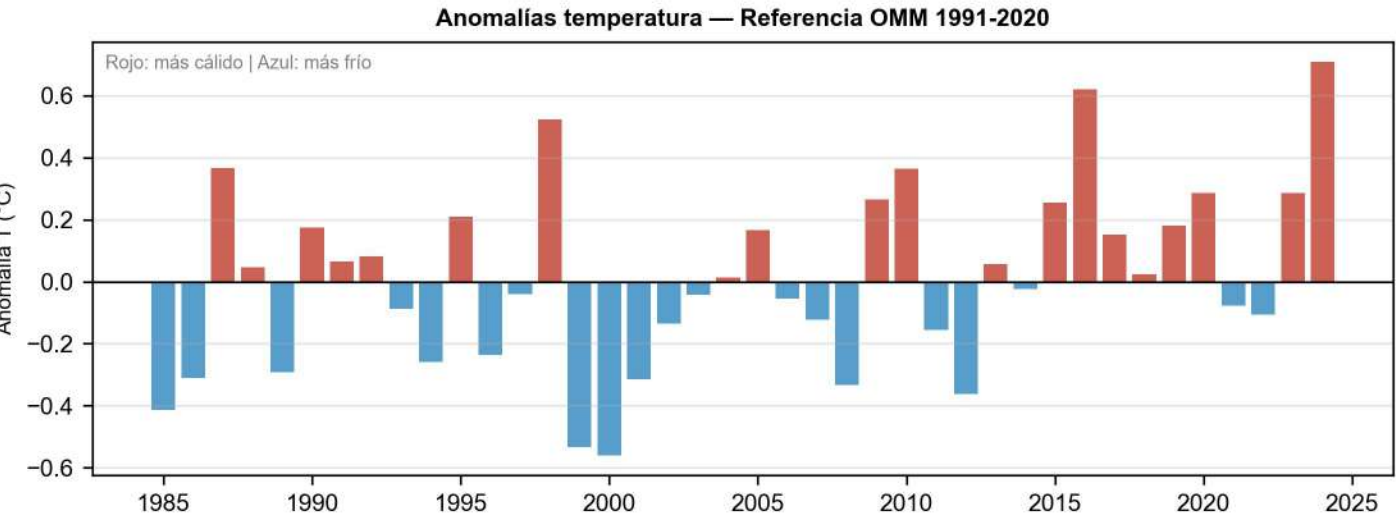
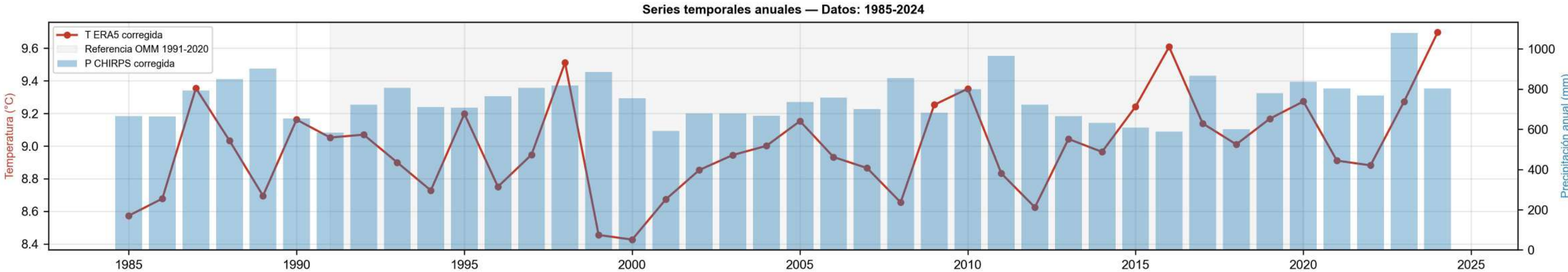
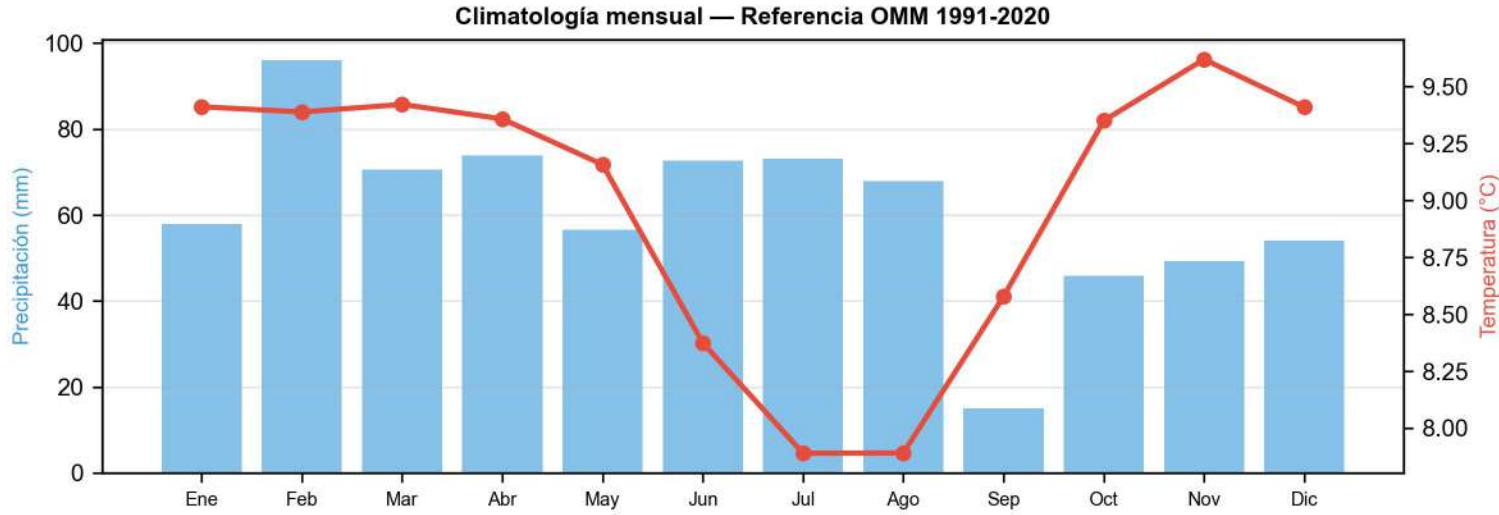
Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	12.0 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1147.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	235.0 ha
Periodo de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



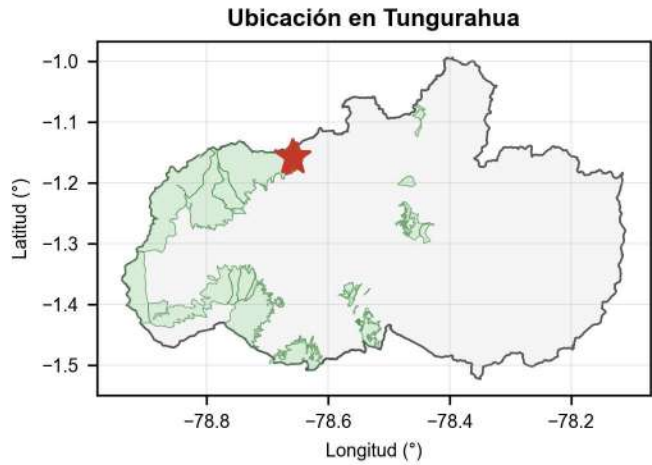
FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos UCIT



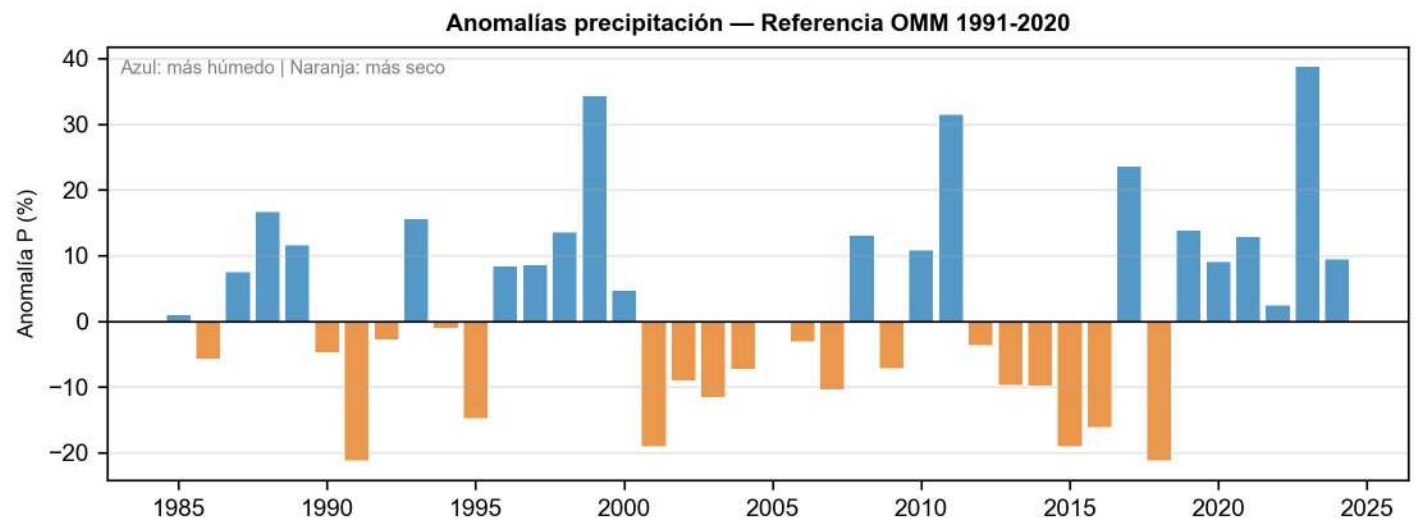
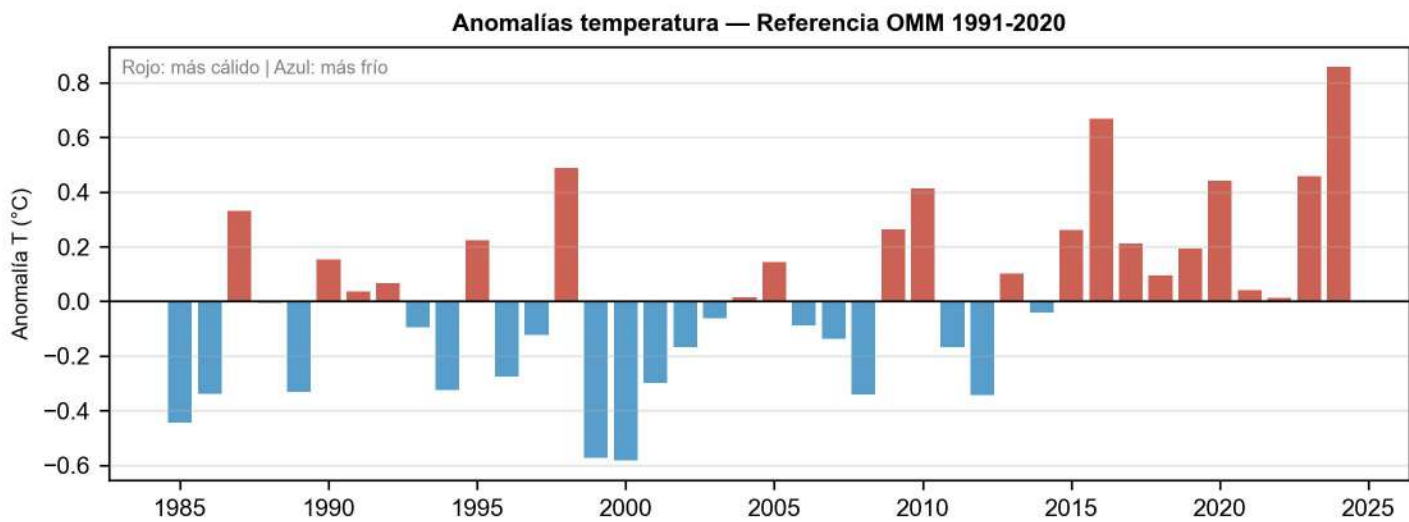
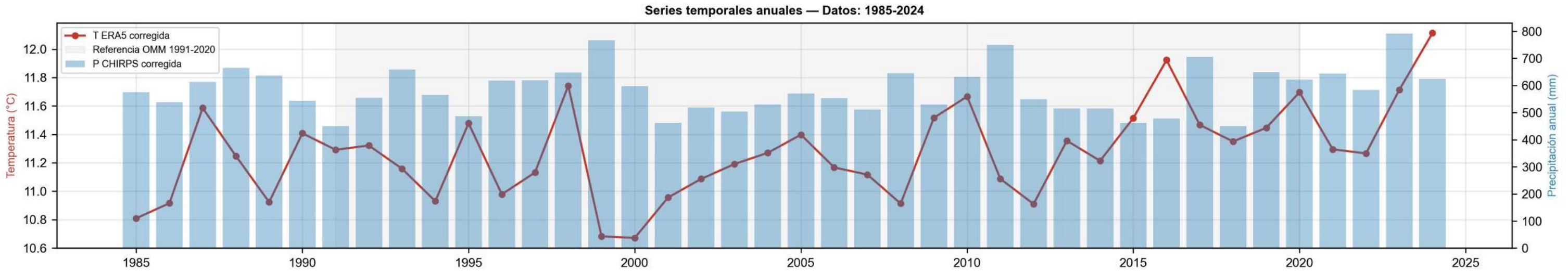
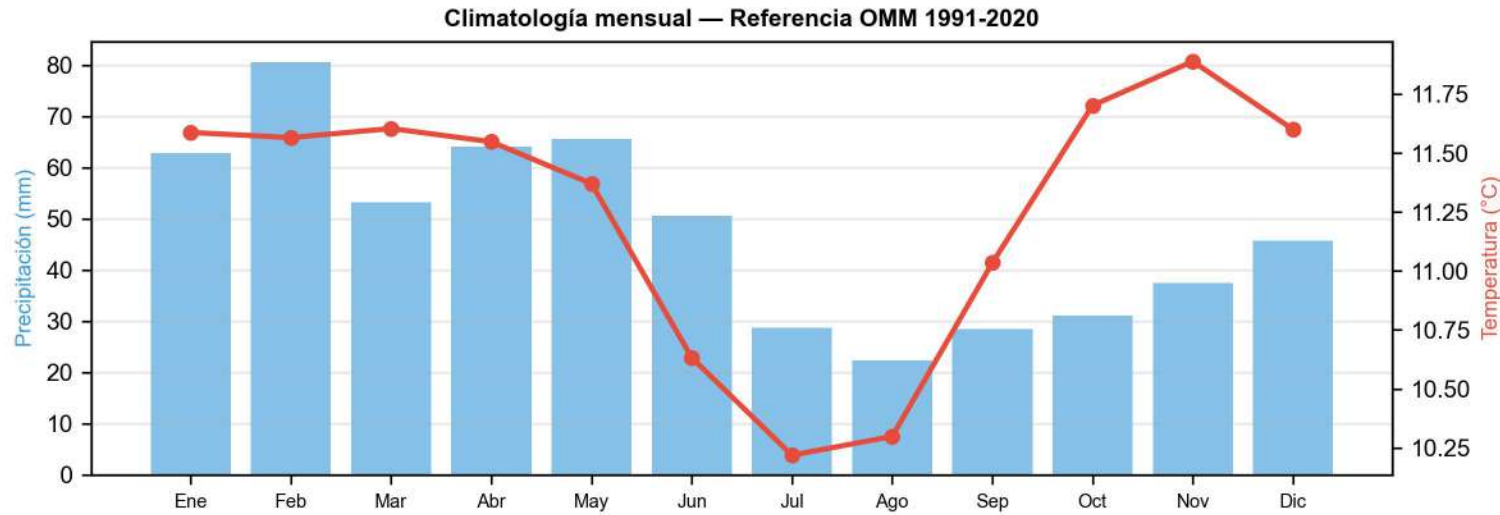
Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	9.0 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	733.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	328.31 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



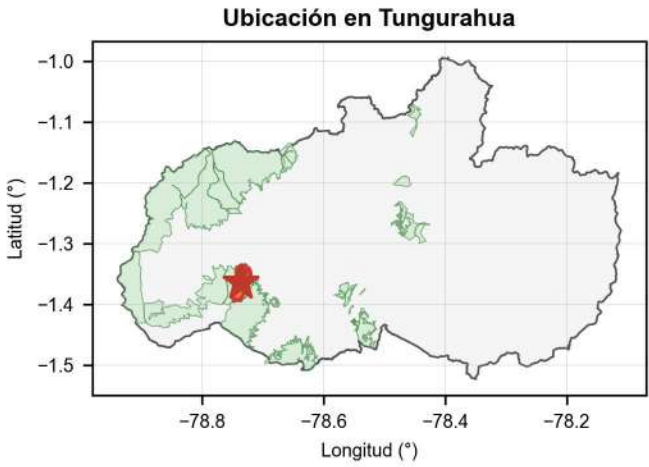
FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos UNOCANT



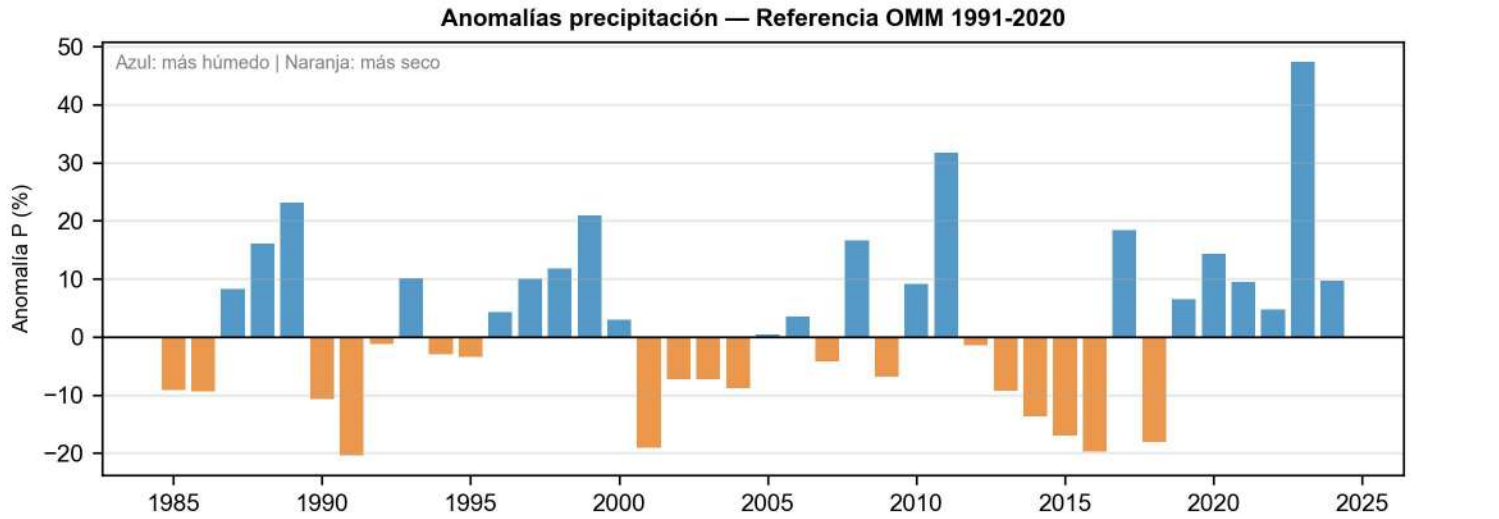
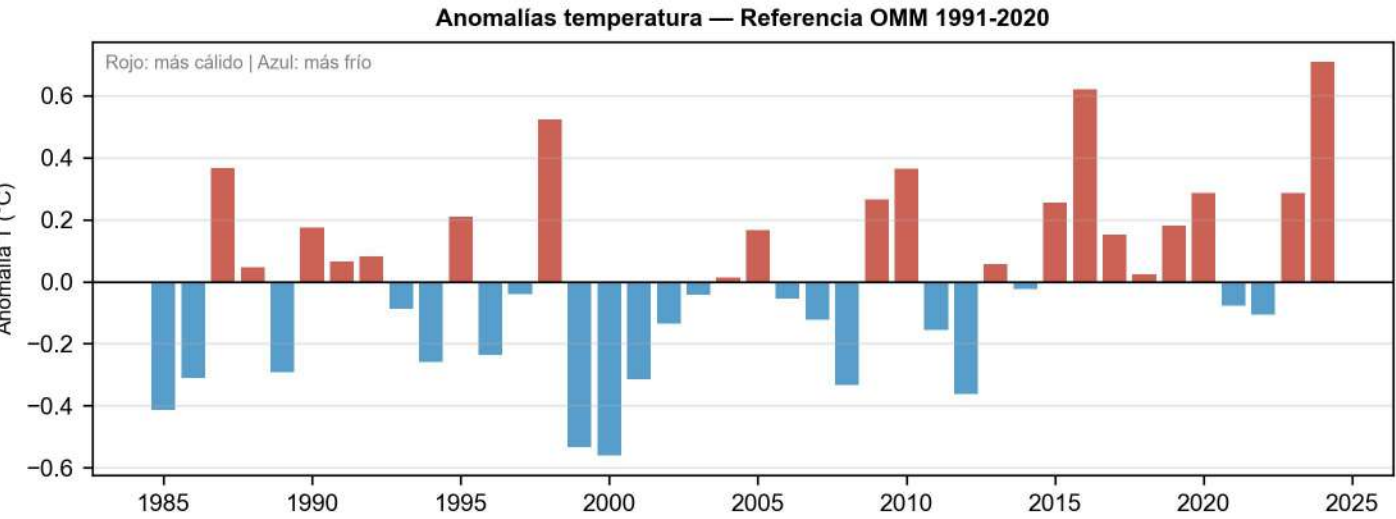
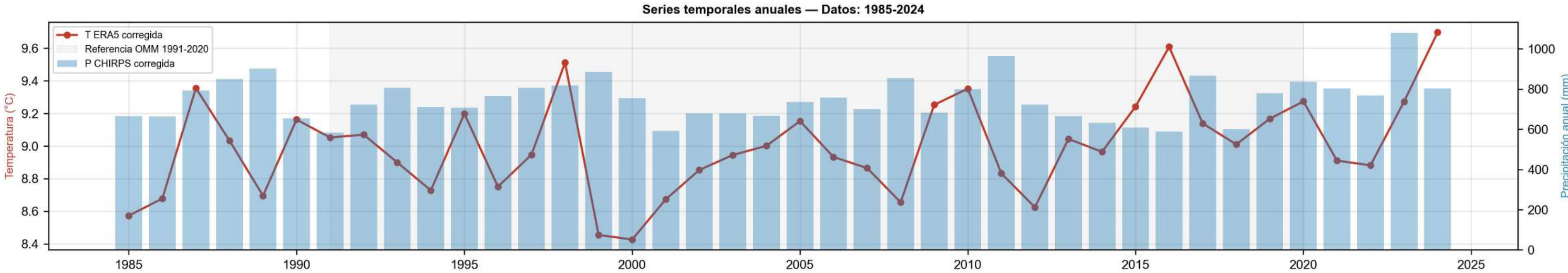
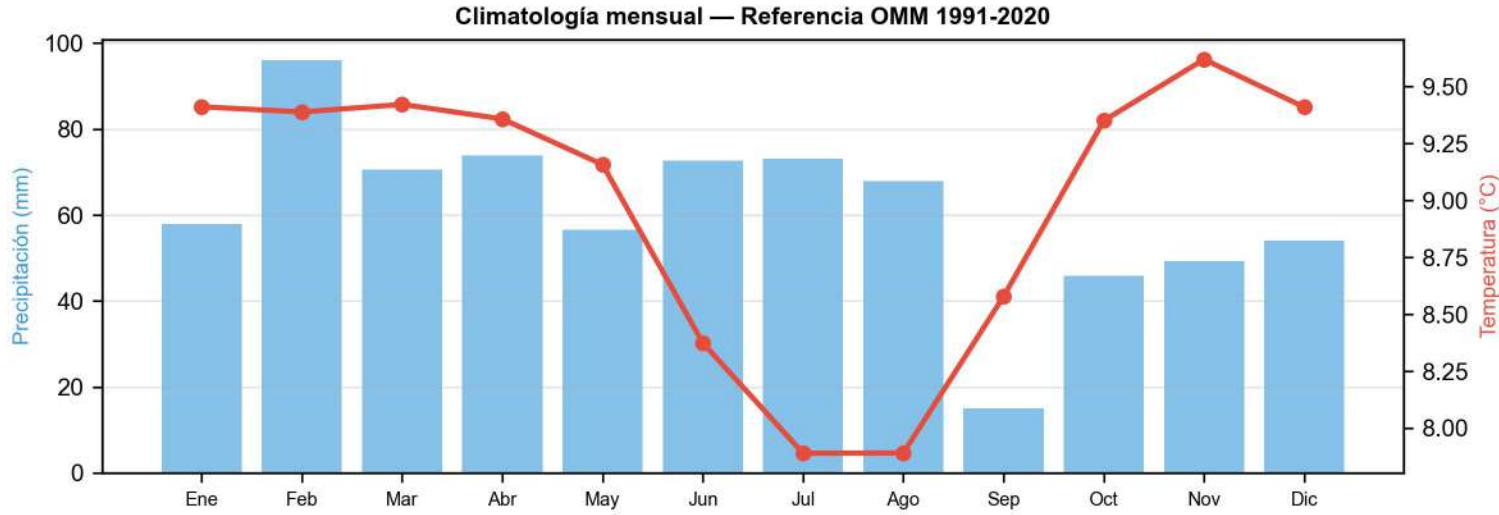
Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	11.3 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	571.0 mm
Mes más seco	Ago
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	1025.65 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



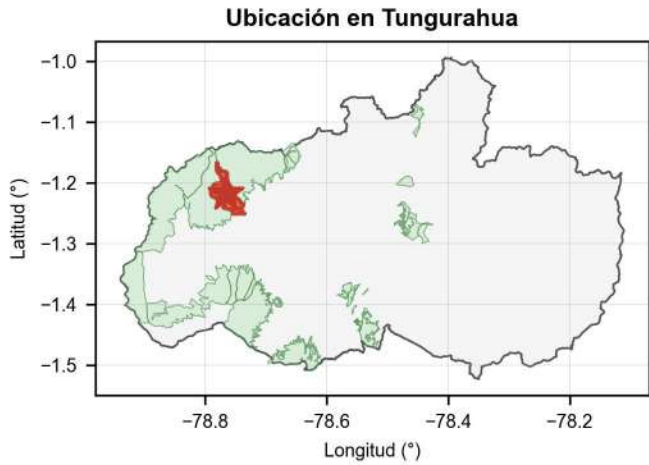
FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos UNOPUCH



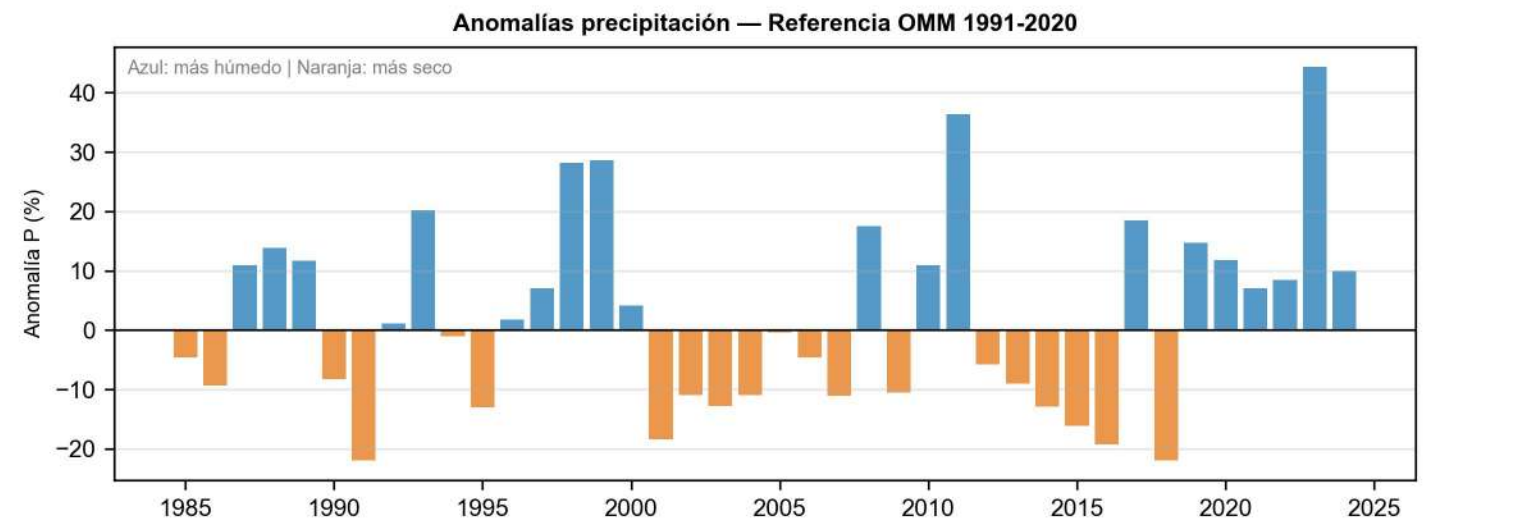
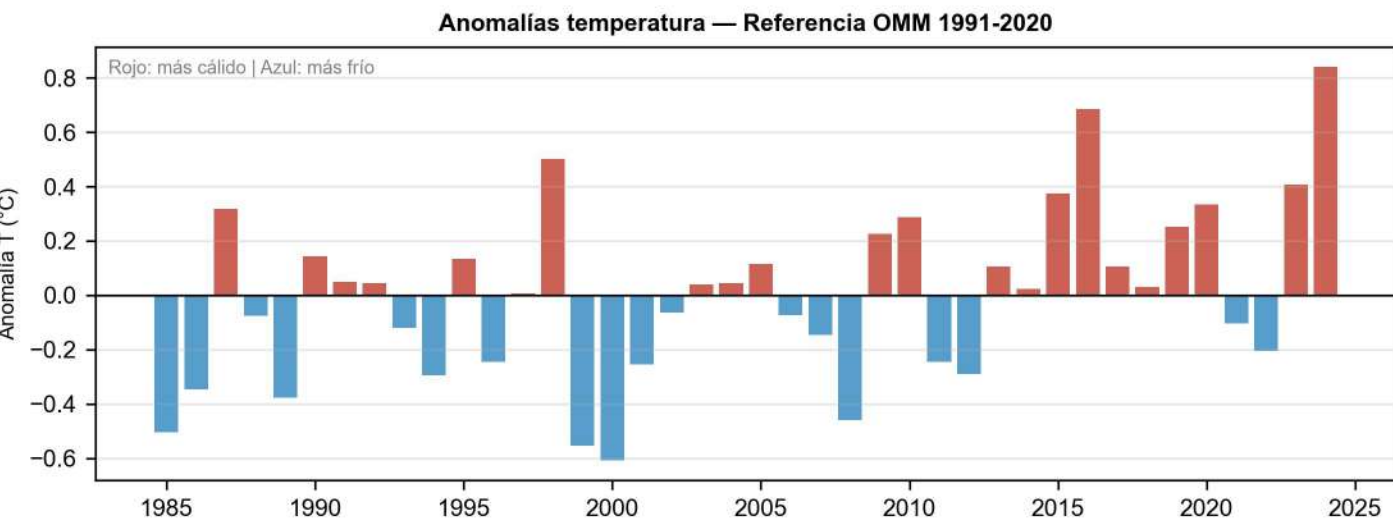
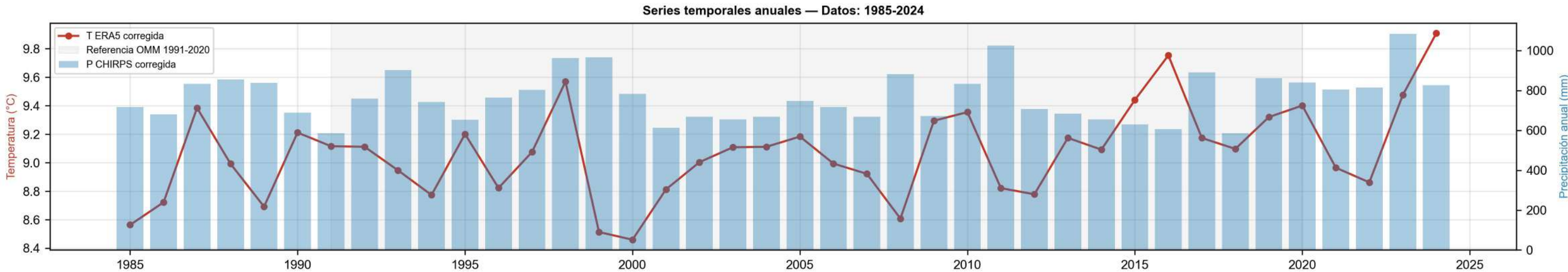
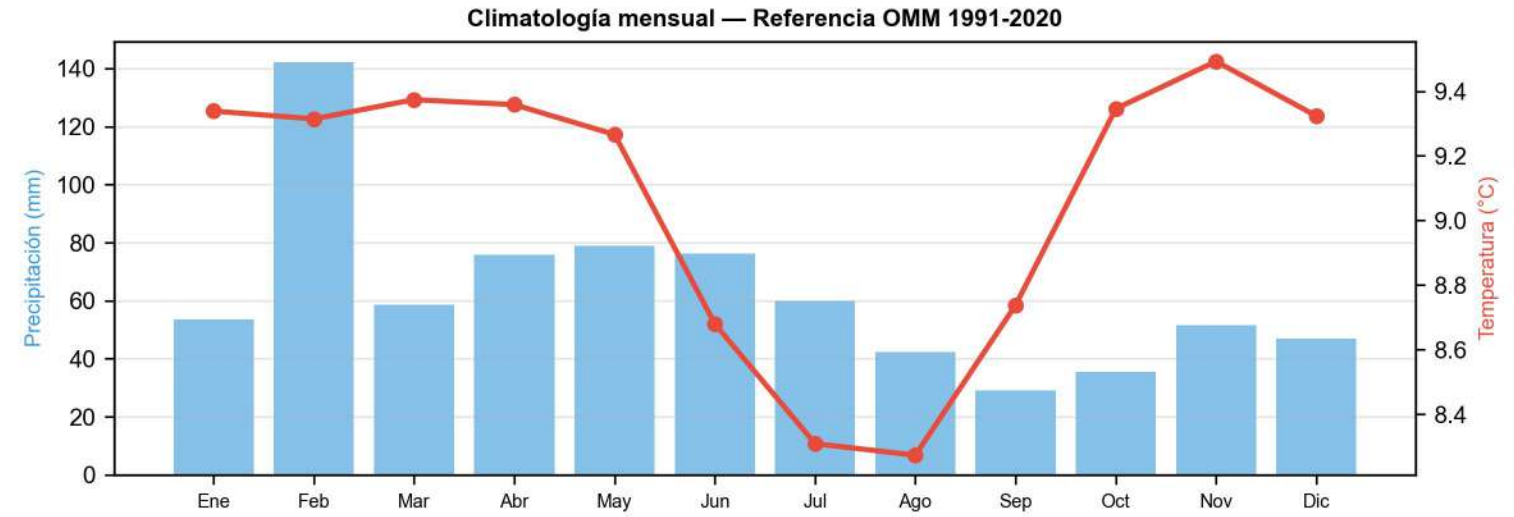
Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	9.0 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	733.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	1321.87 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — Fondo de Páramos UOCAIP

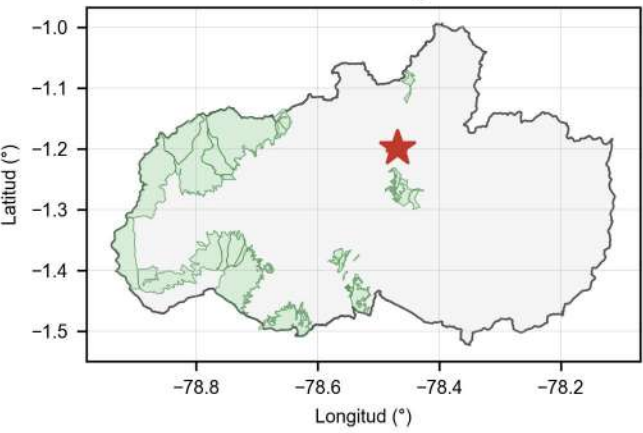


Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	9.1 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	751.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	2144.69 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	Fondo de Páramos
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Baquerizo Moreno

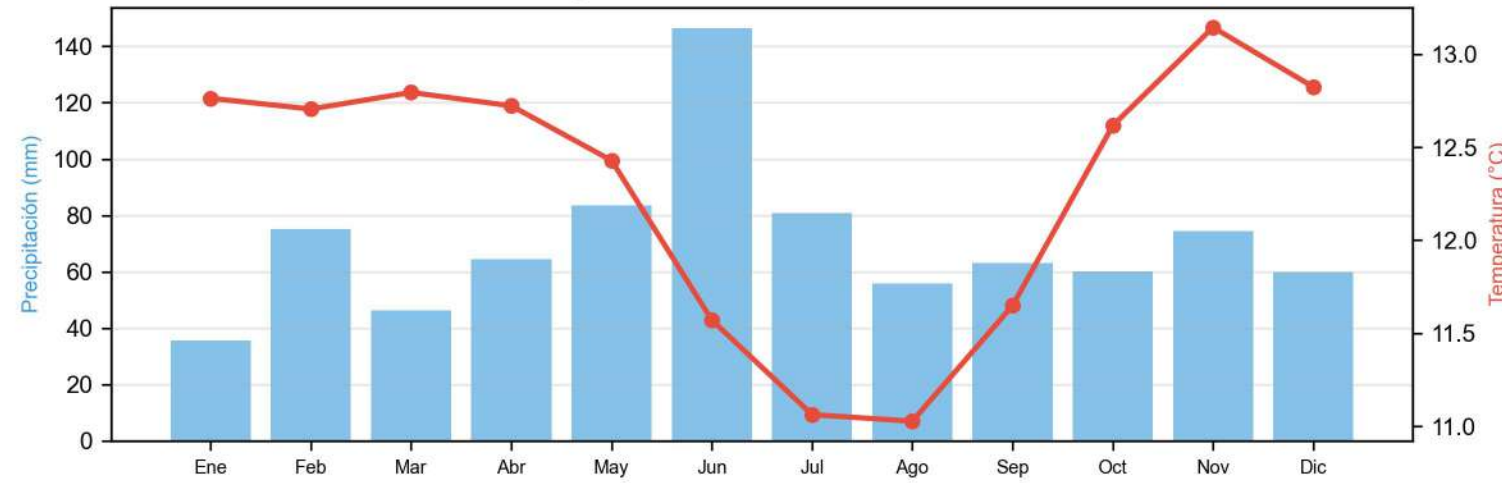
Ubicación en Tungurahua



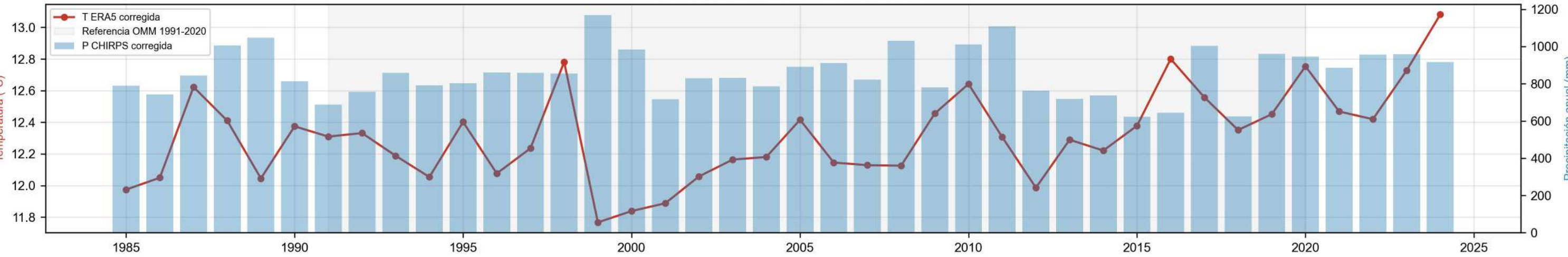
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	12.3 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	845.0 mm
Mes más seco	Ene
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	374.2 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

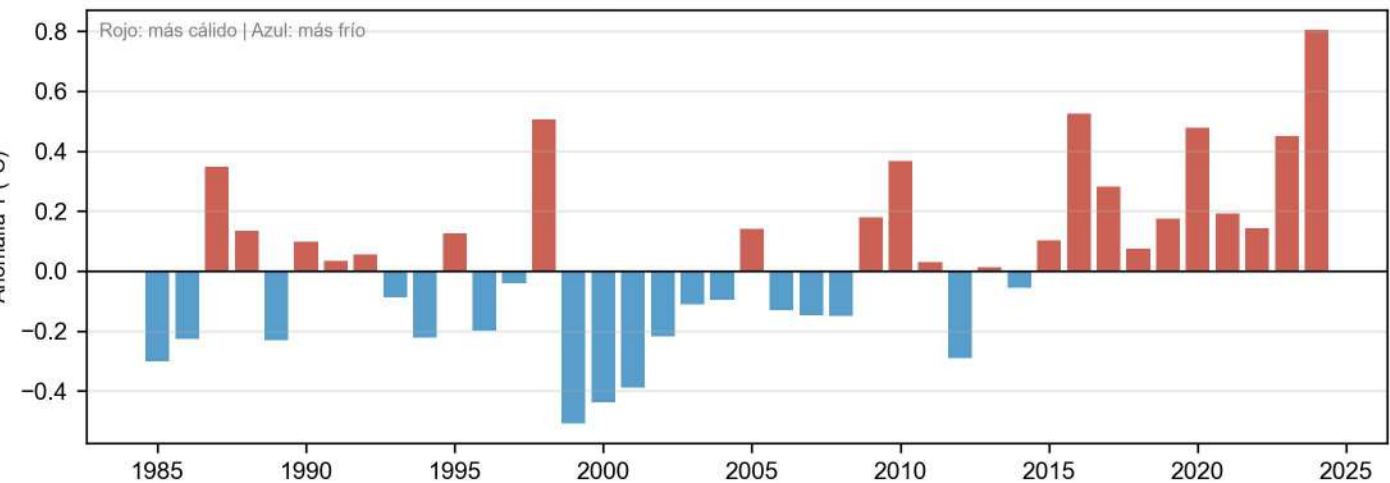
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



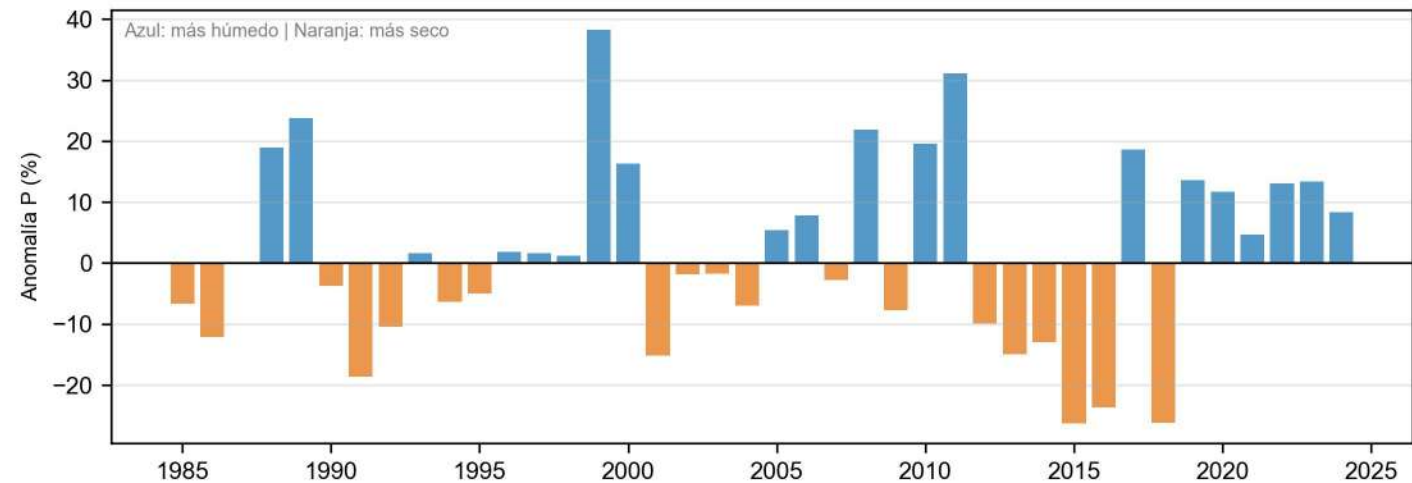
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020

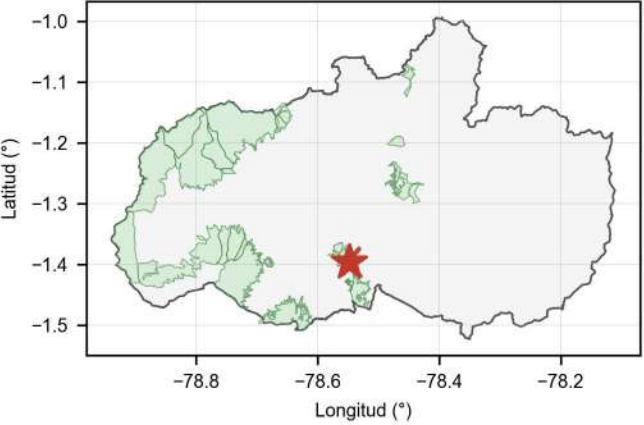


Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Bolivar

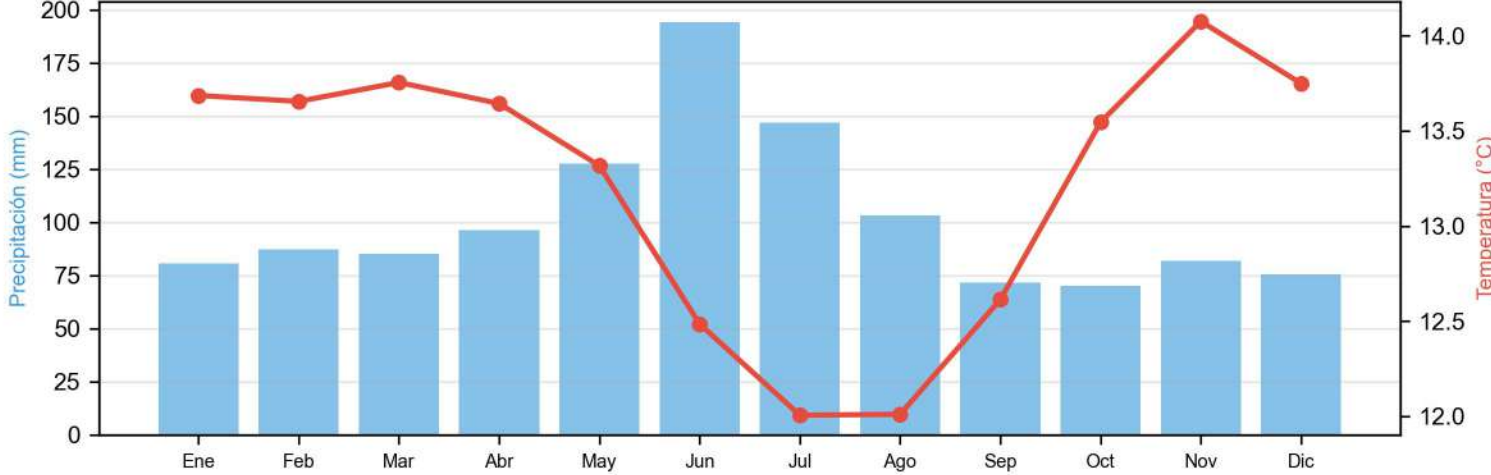
Ubicación en Tungurahua



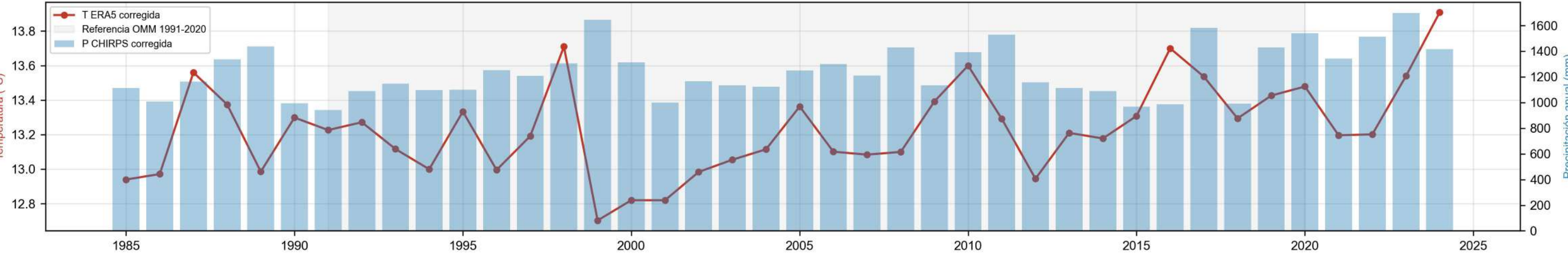
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	13.2 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1221.0 mm
Mes más seco	Oct
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	16.74 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

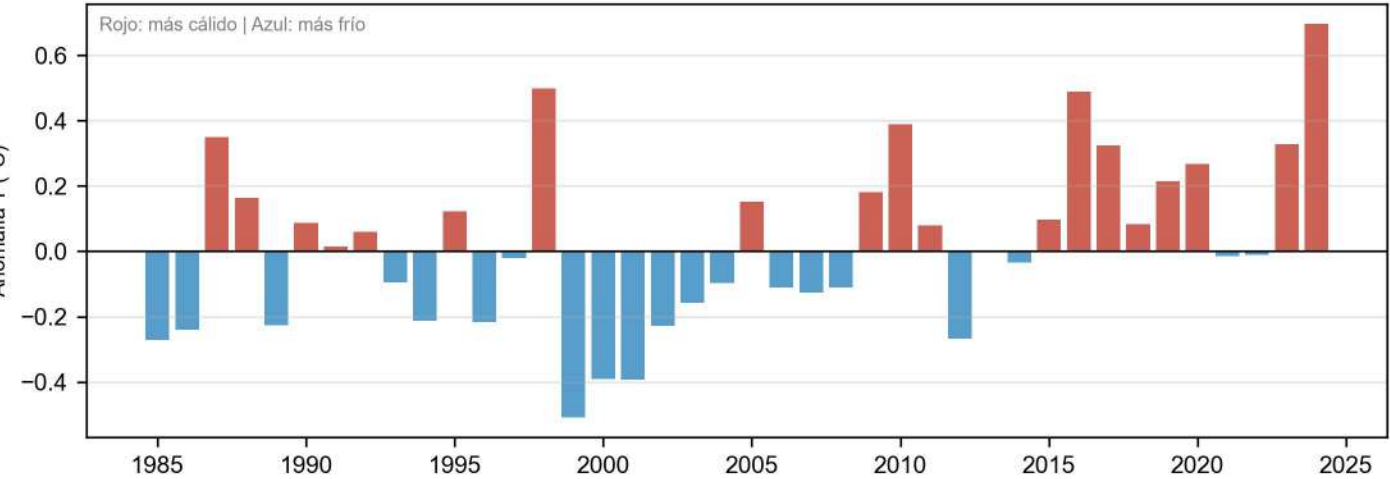
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



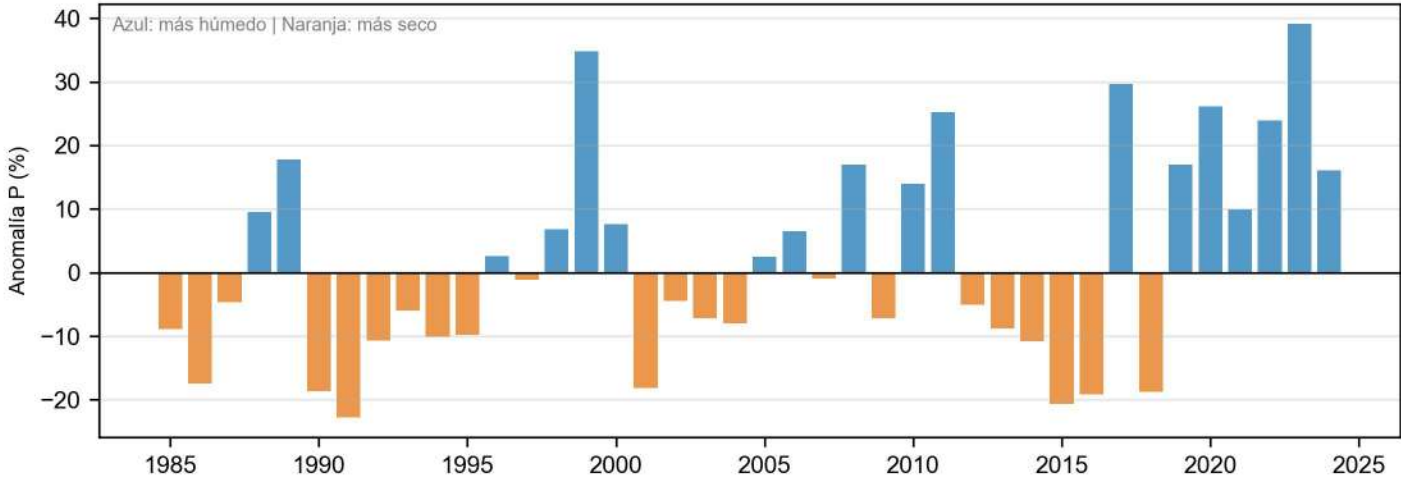
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020

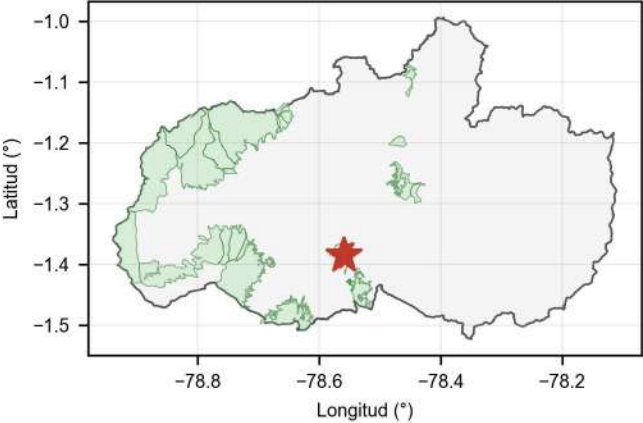


Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Bolívar

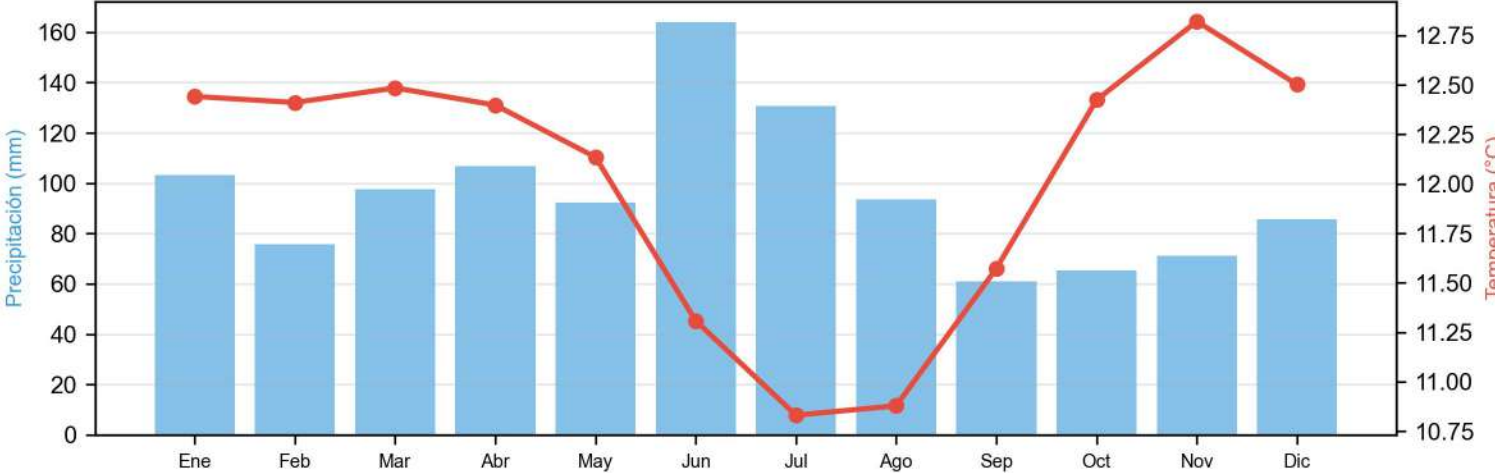
Ubicación en Tungurahua



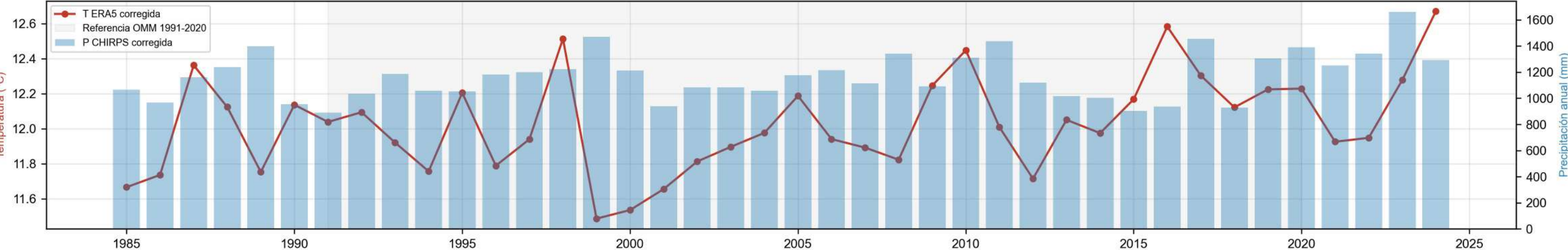
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	12.0 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1147.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	285.36 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

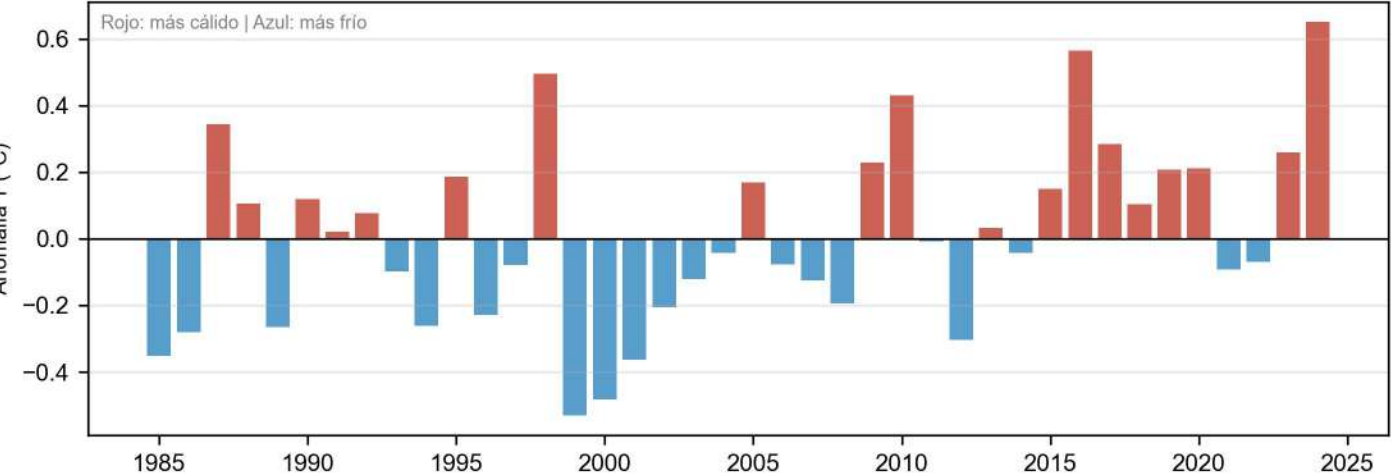
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



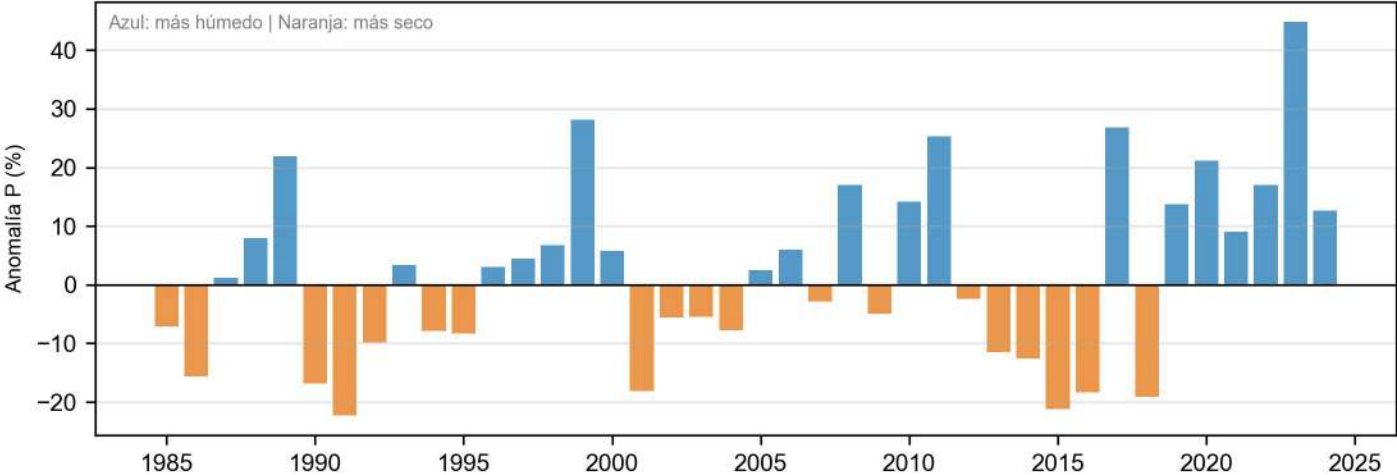
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020

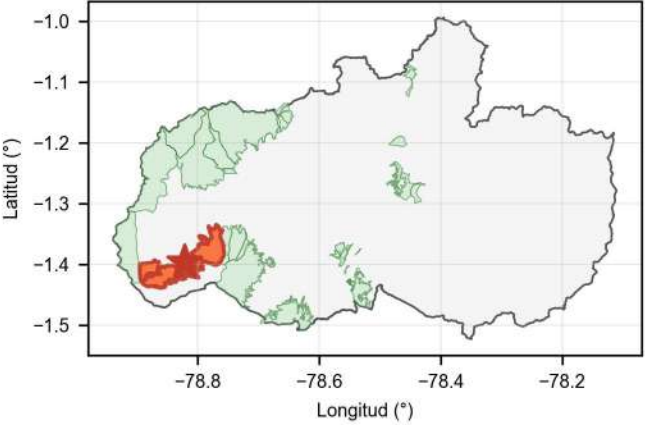


Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp COCAP

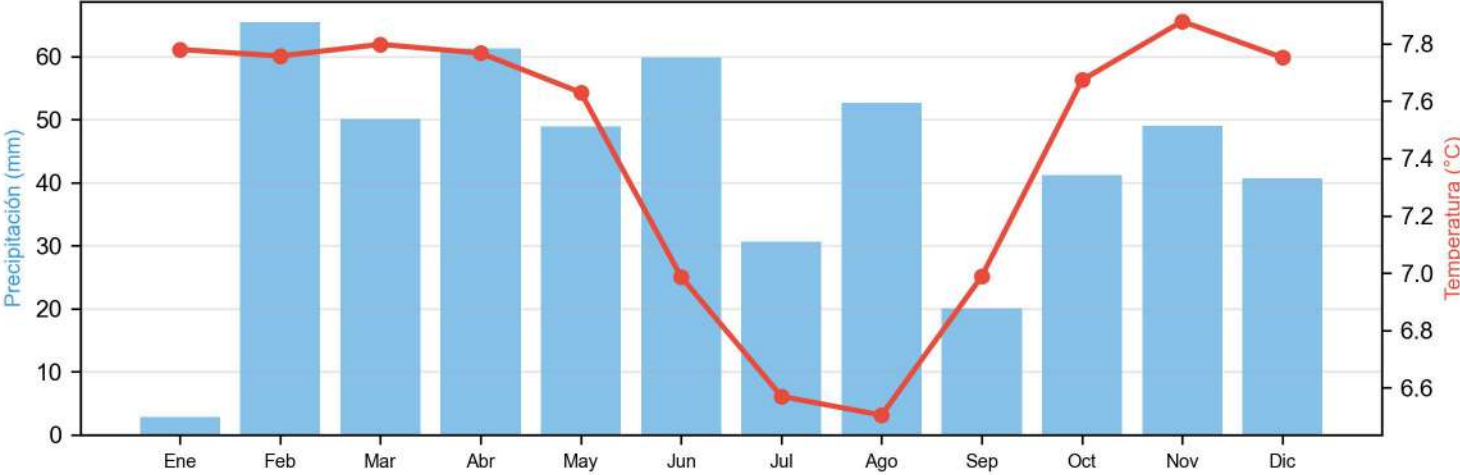
Ubicación en Tungurahua



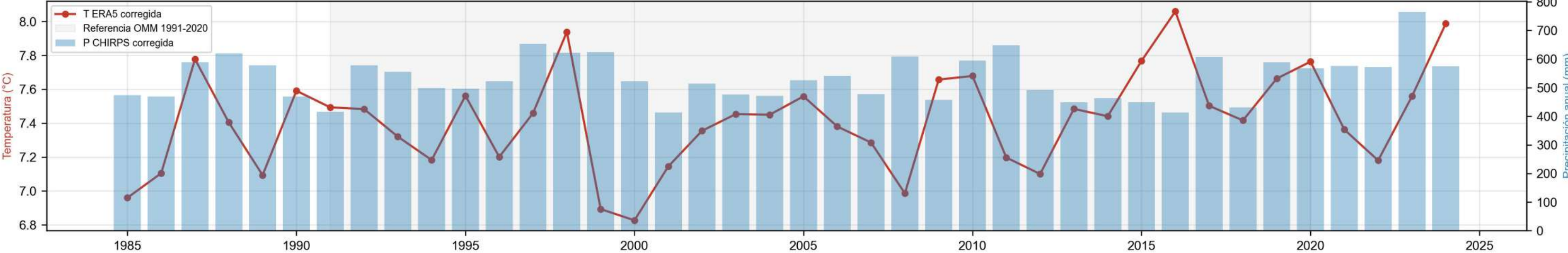
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	7.4 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	523.0 mm
Mes más seco	Ene
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	5727.77 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

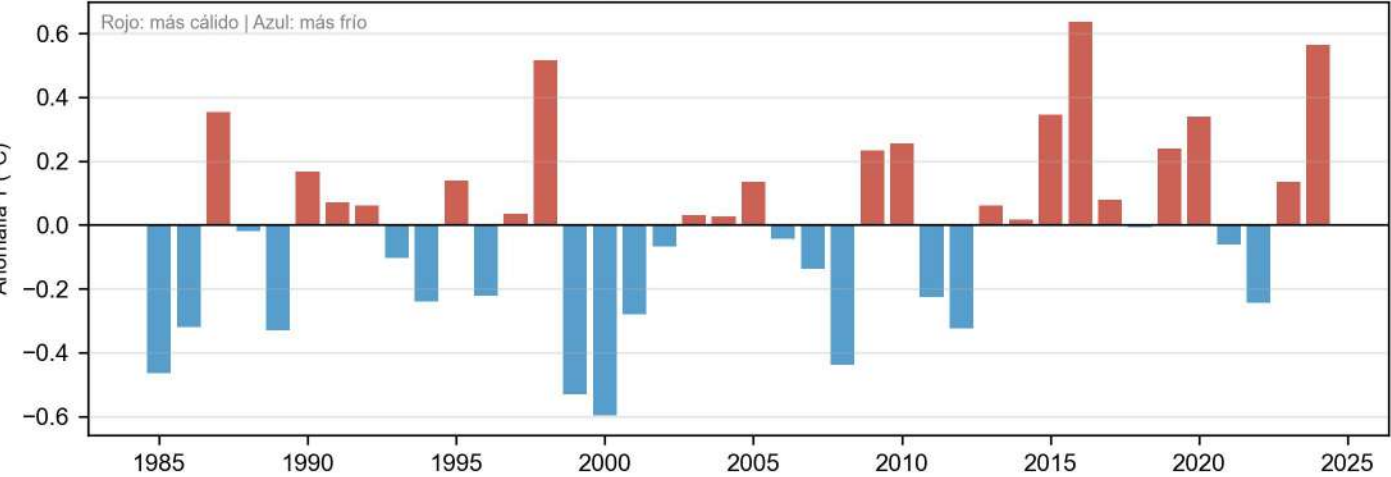
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



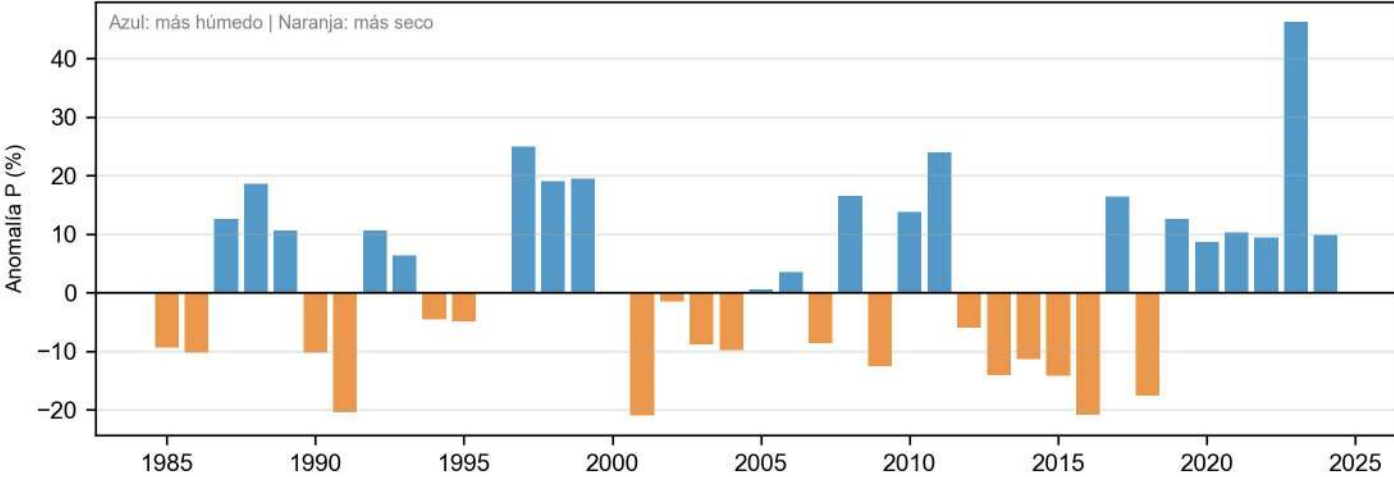
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



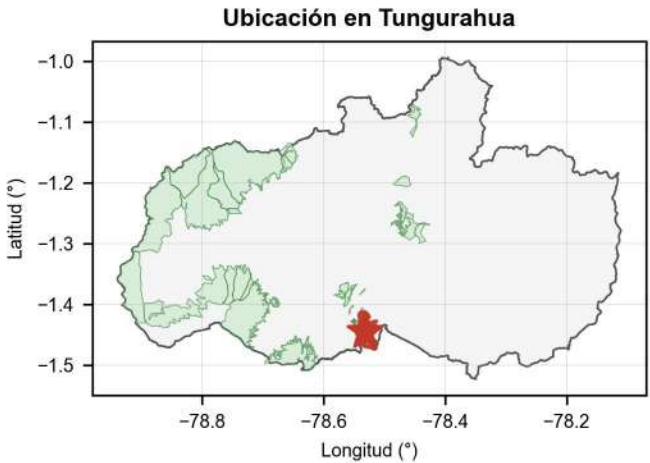
Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020



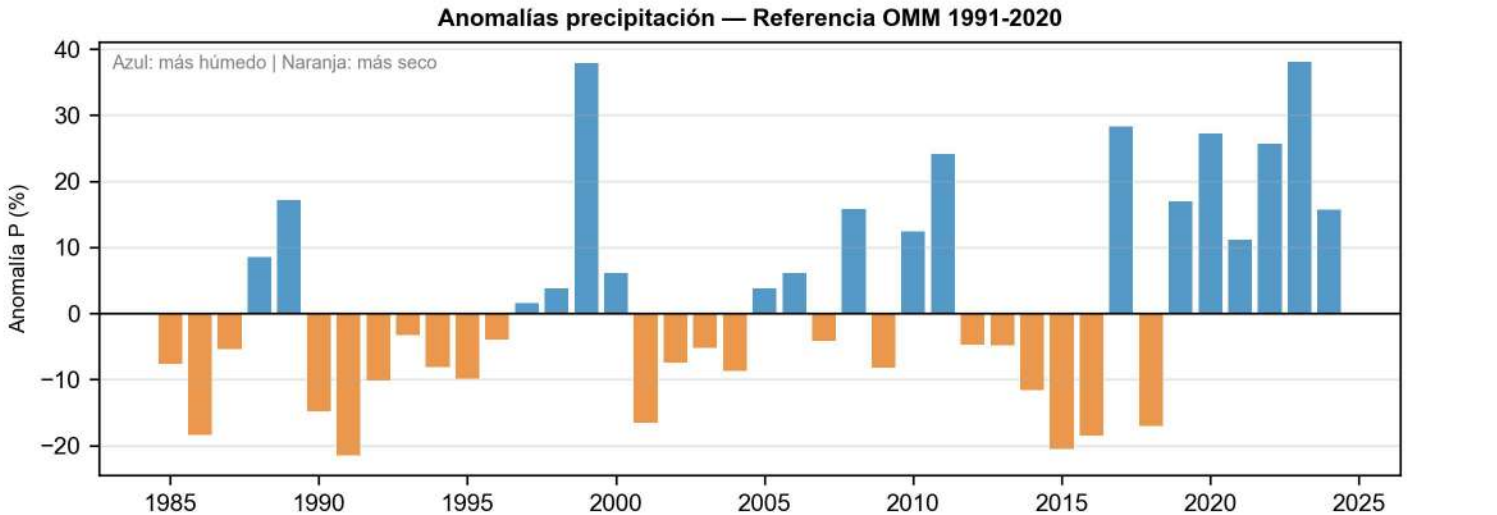
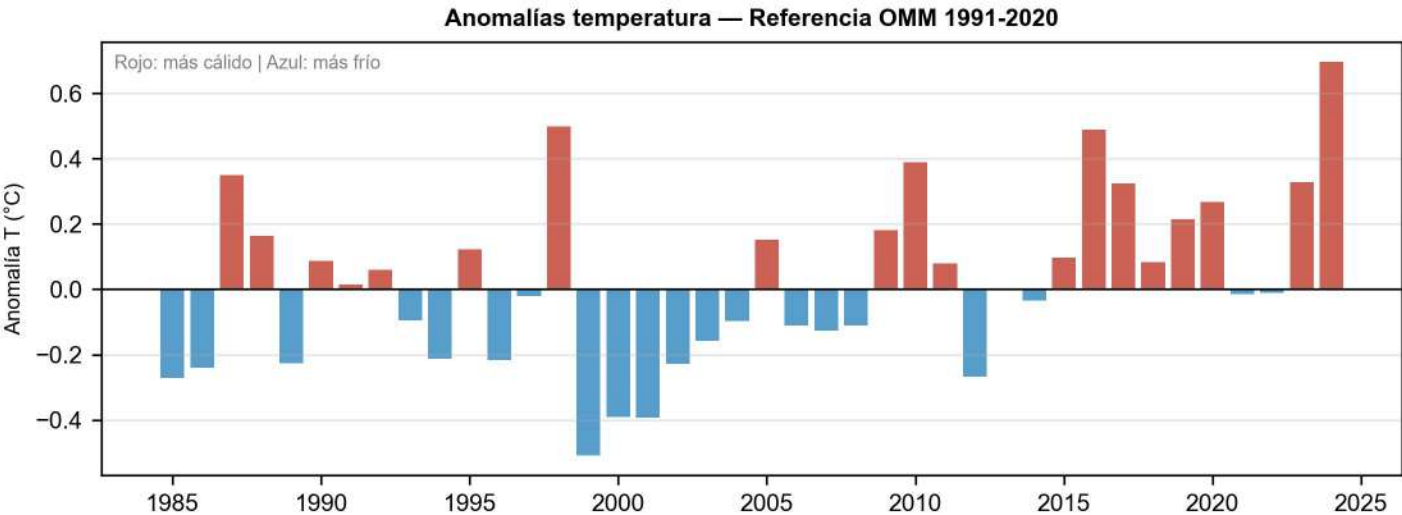
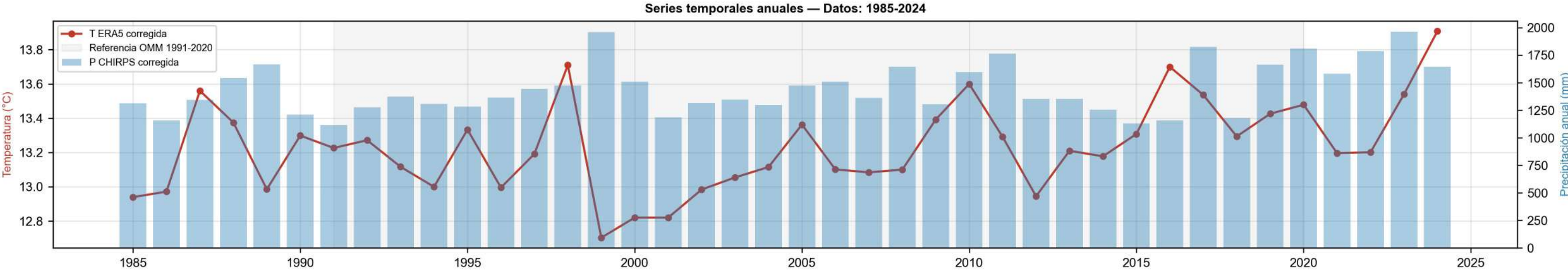
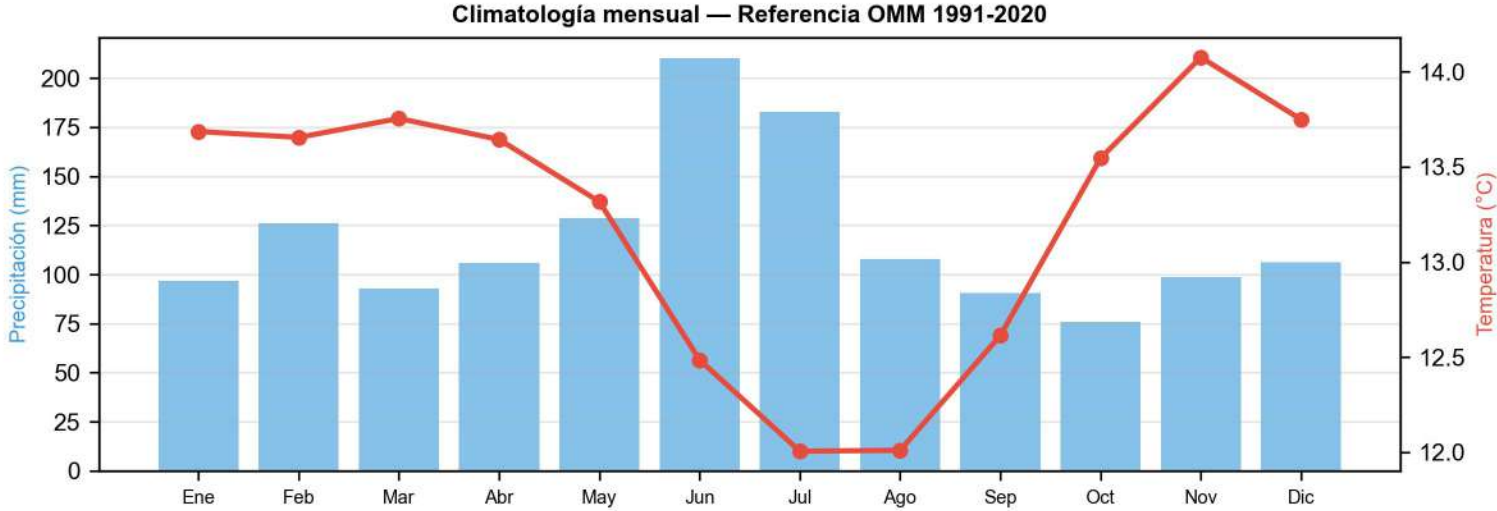
Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



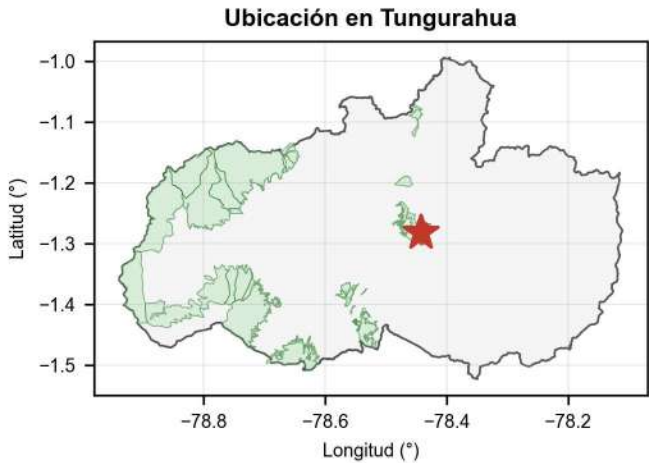
FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Cotaló



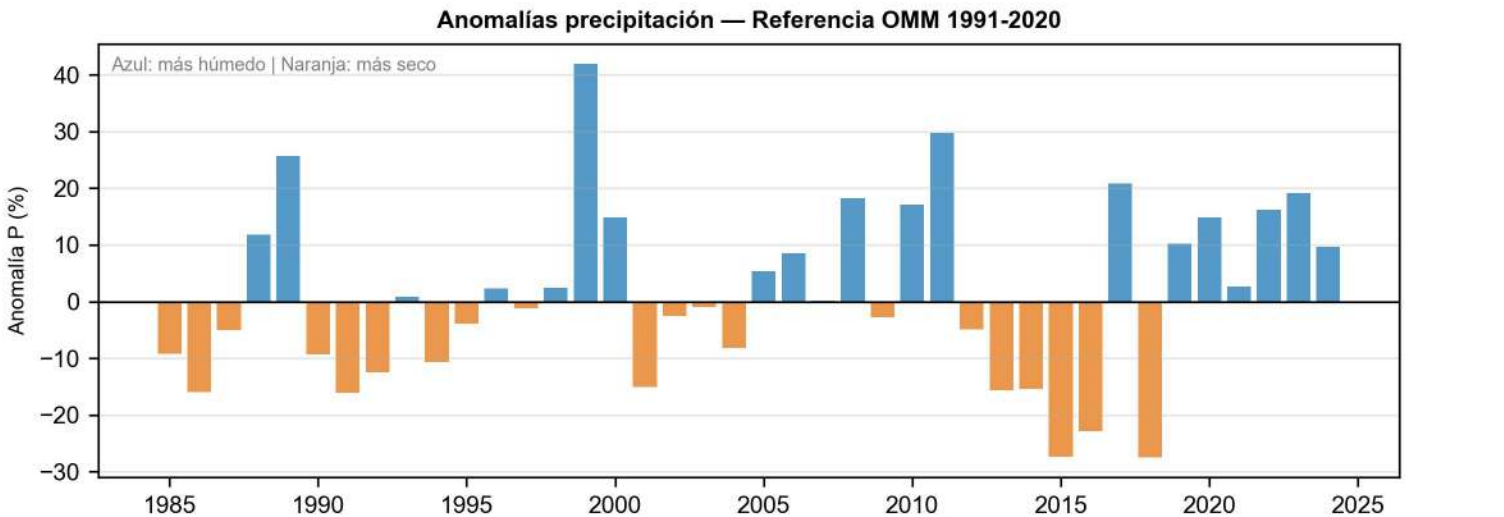
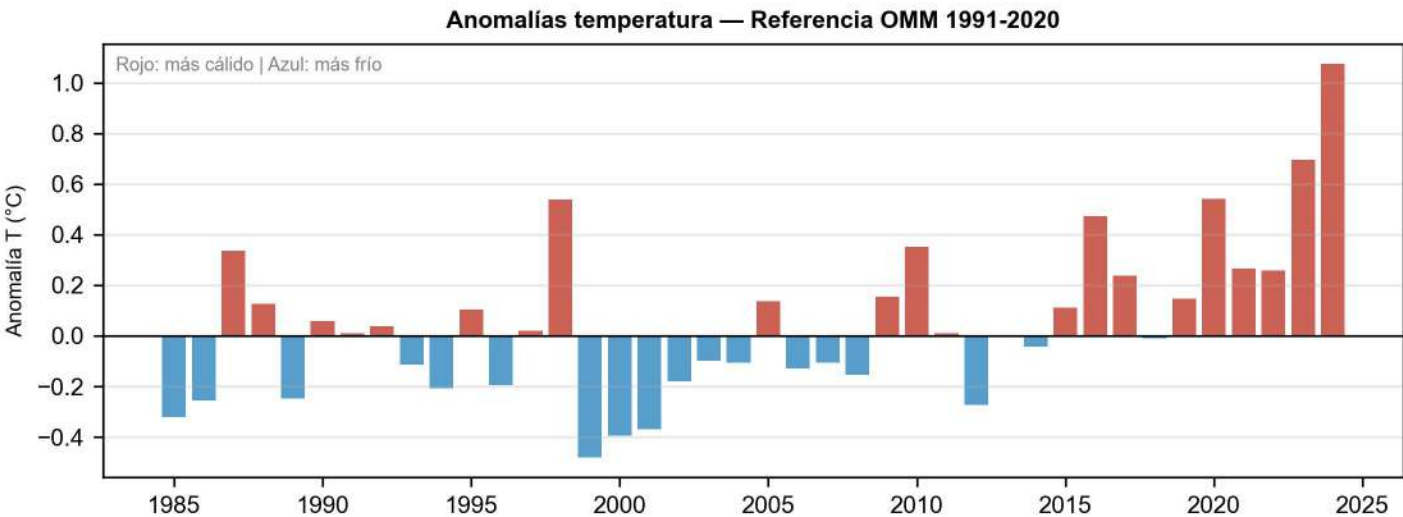
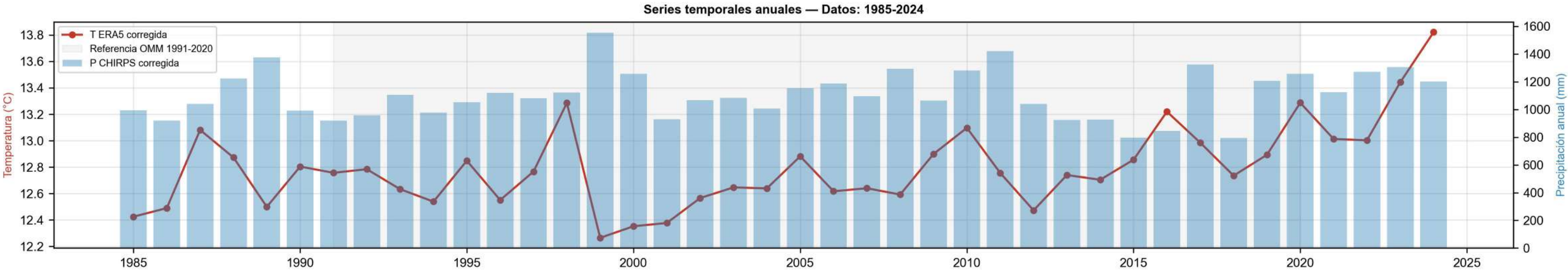
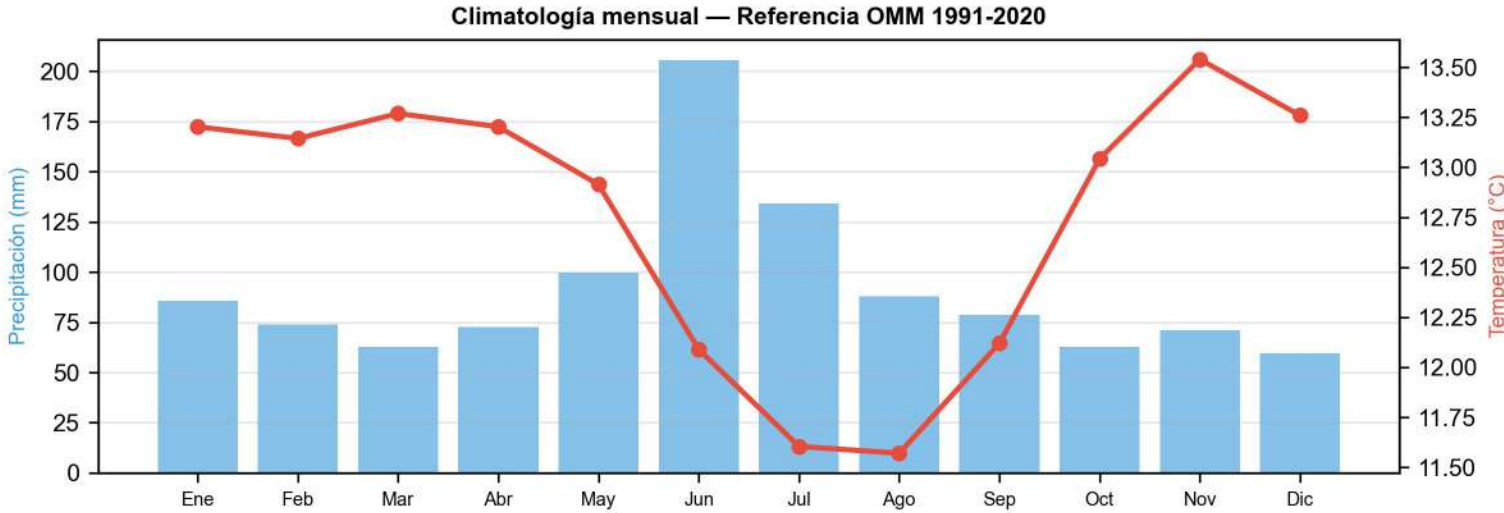
Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	13.2 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1422.0 mm
Mes más seco	Oct
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	1136.47 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



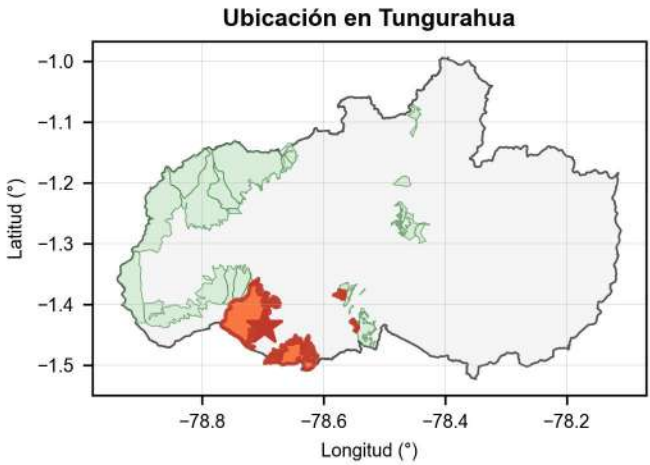
FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp El Triunfo



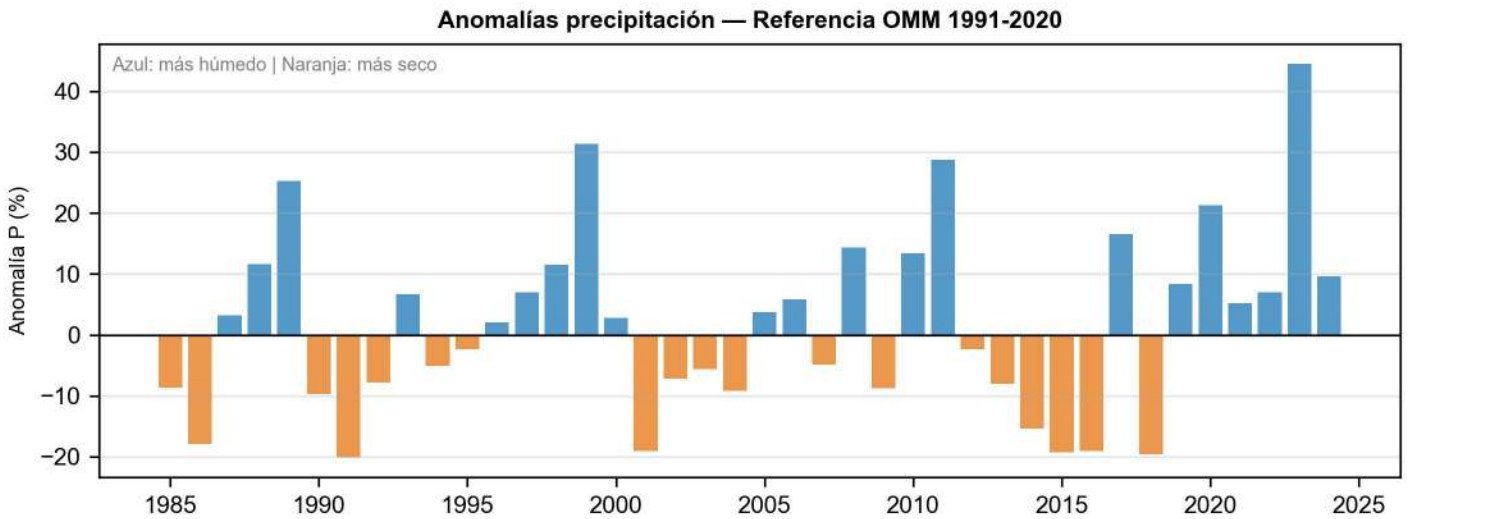
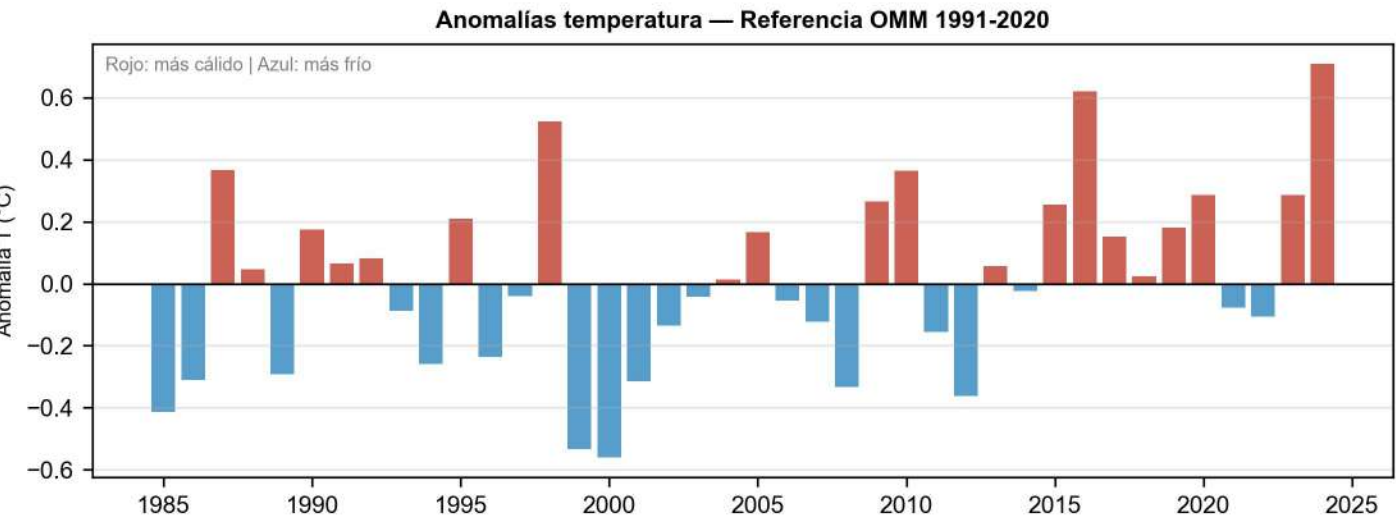
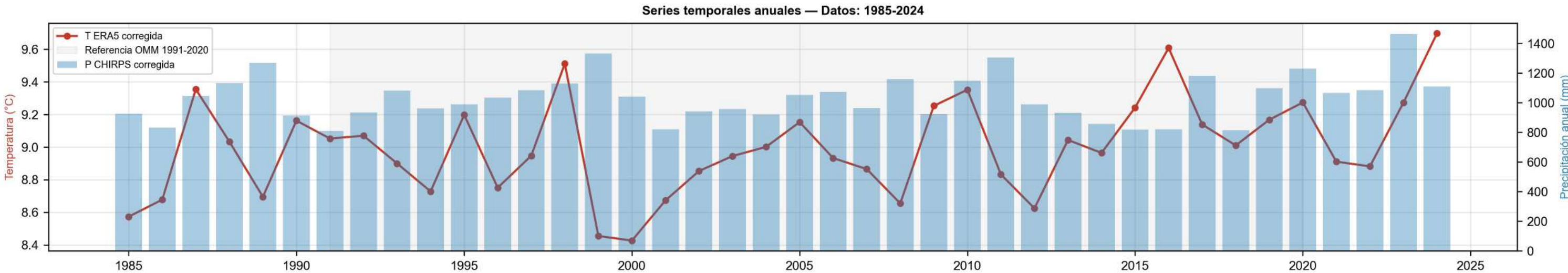
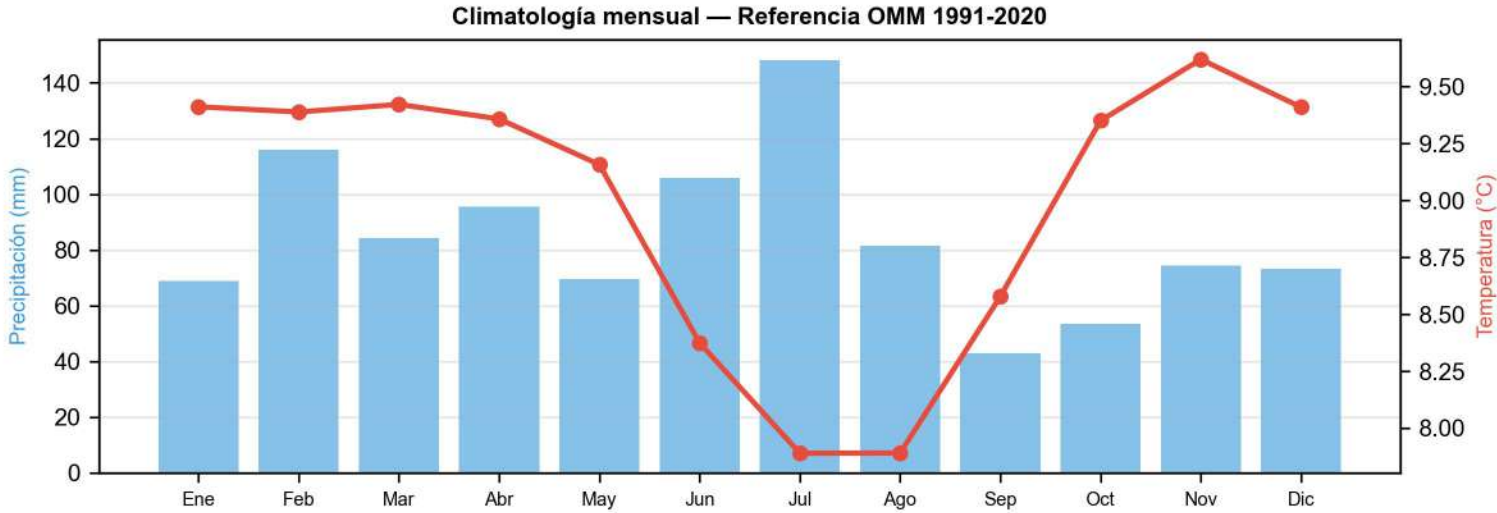
Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	12.7 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1095.0 mm
Mes más seco	Dic
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	370.23 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Frente Sur Occidental

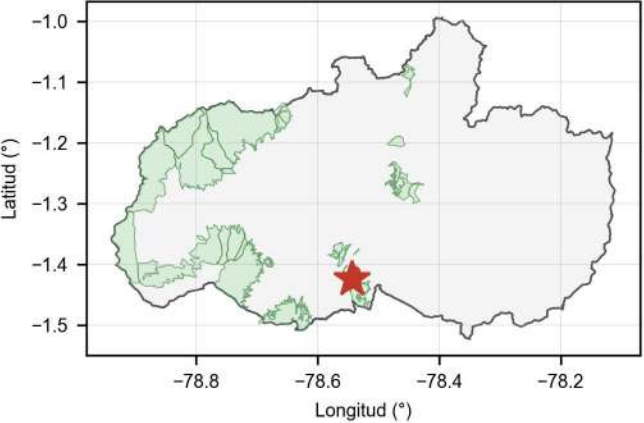


Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	9.0 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1014.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Jul
Área de páramo	8018.36 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Huambaló

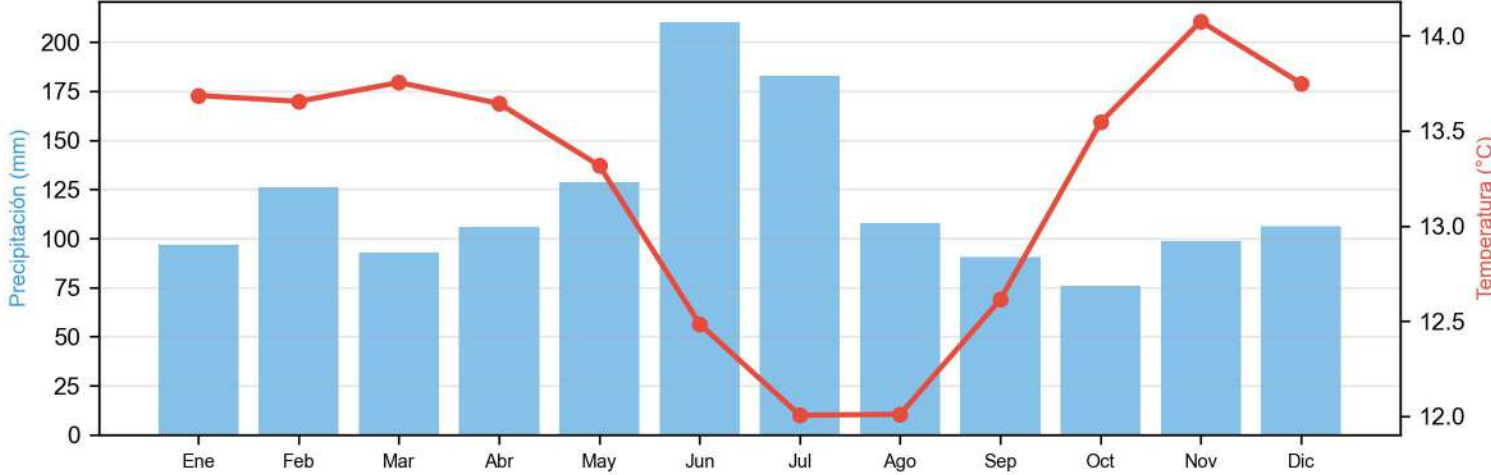
Ubicación en Tungurahua



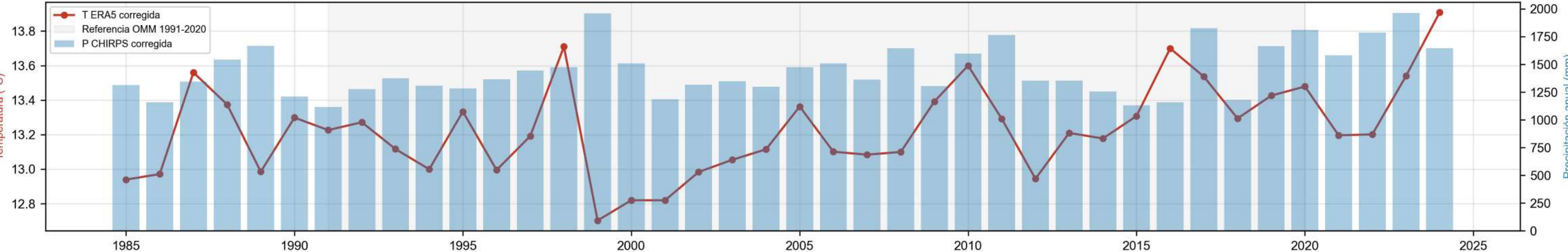
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	13.2 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1422.0 mm
Mes más seco	Oct
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	132.47 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

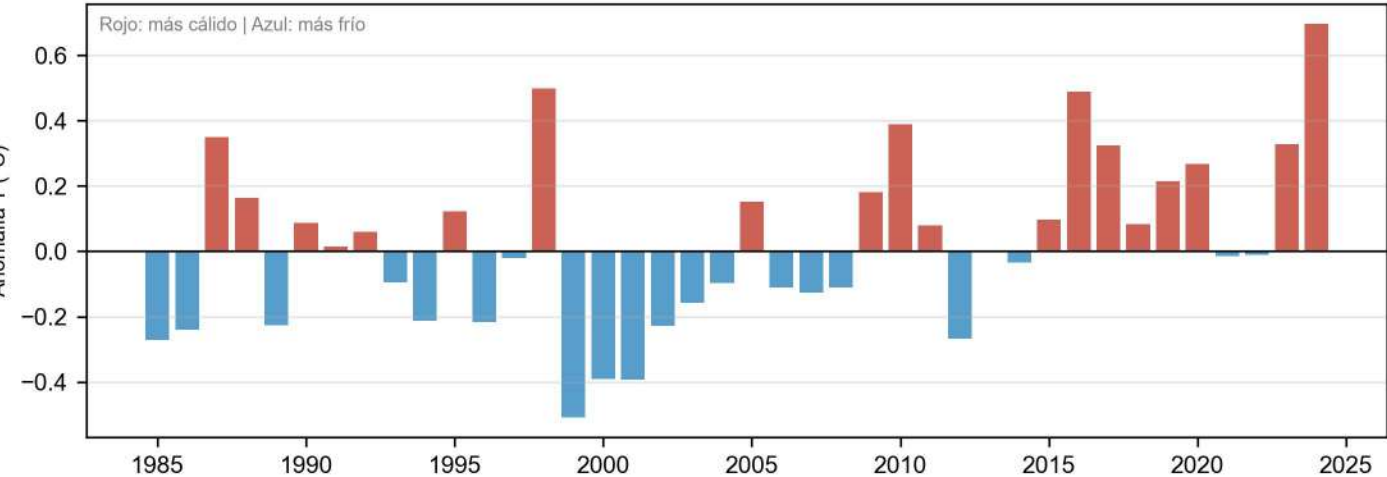
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



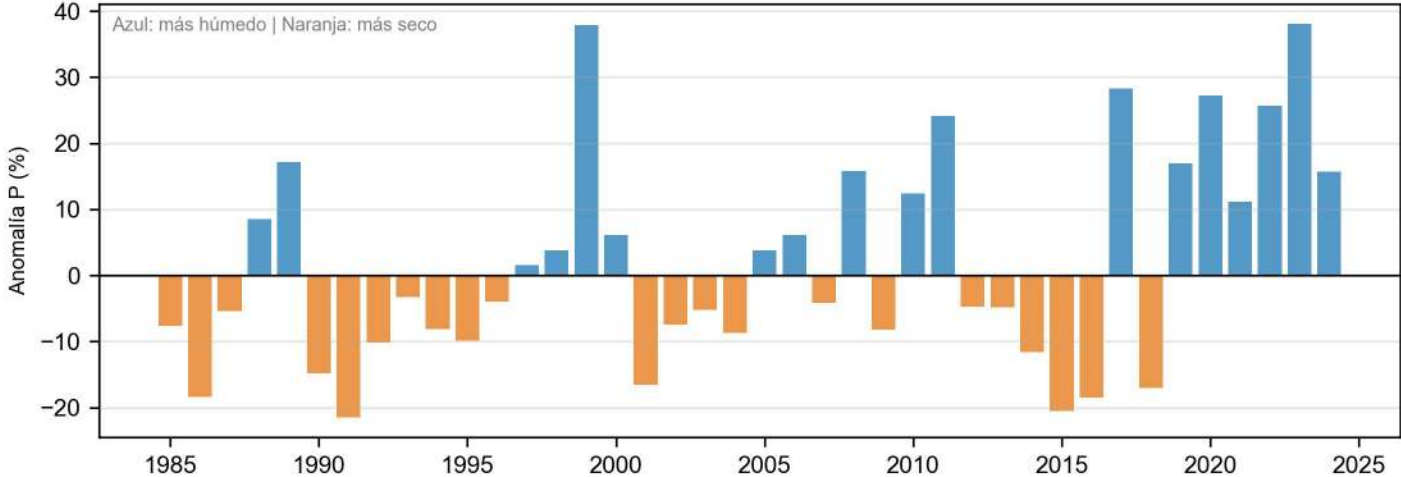
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



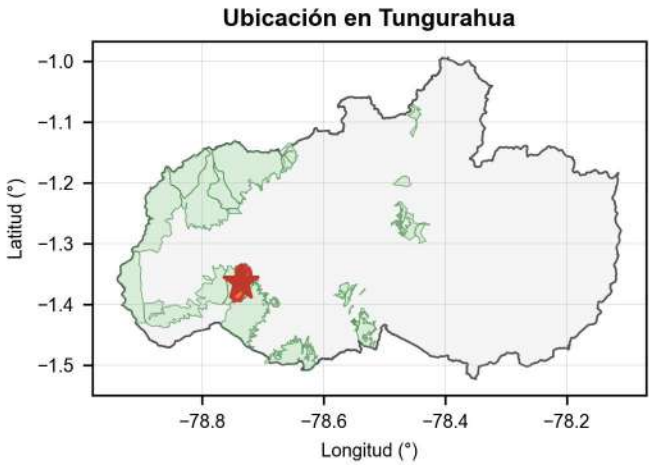
Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020



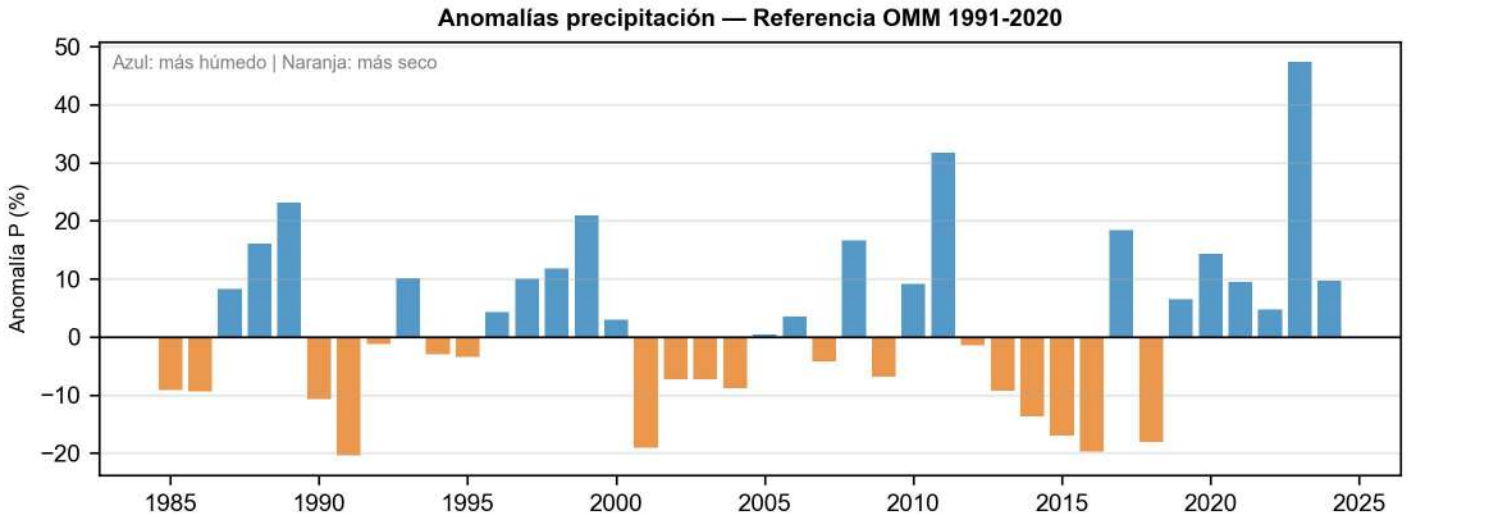
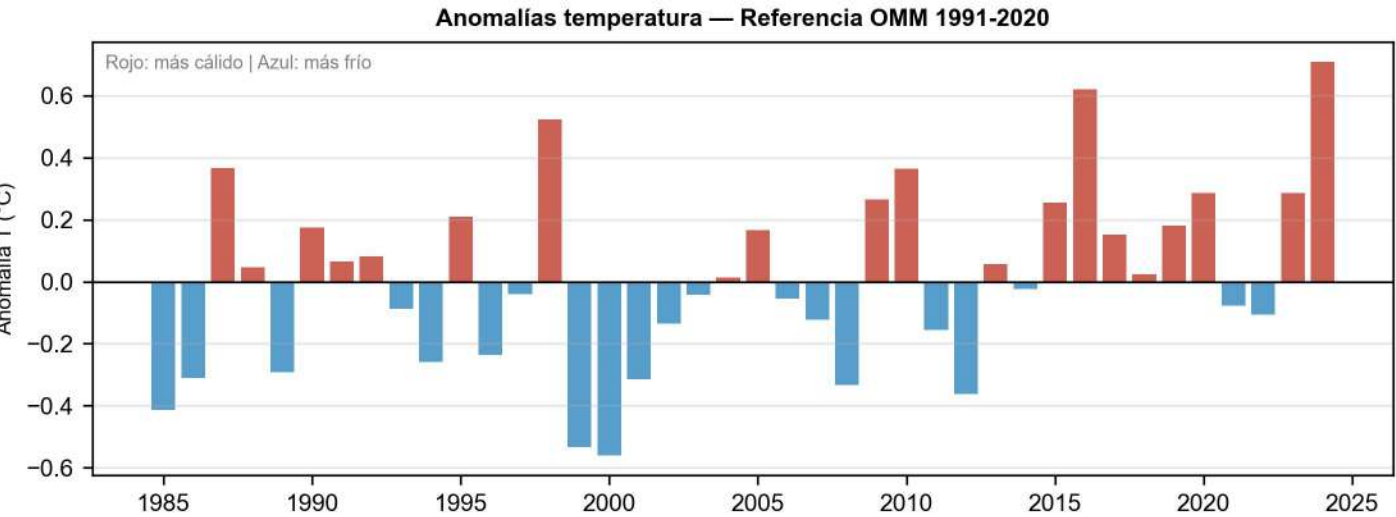
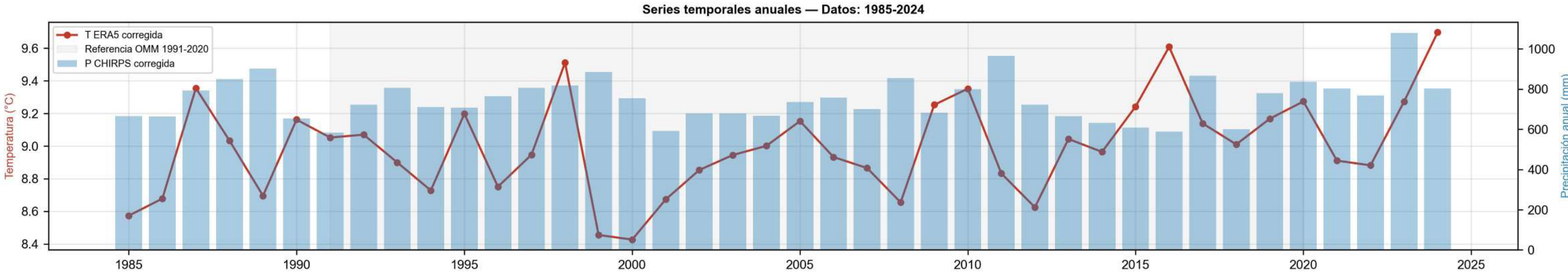
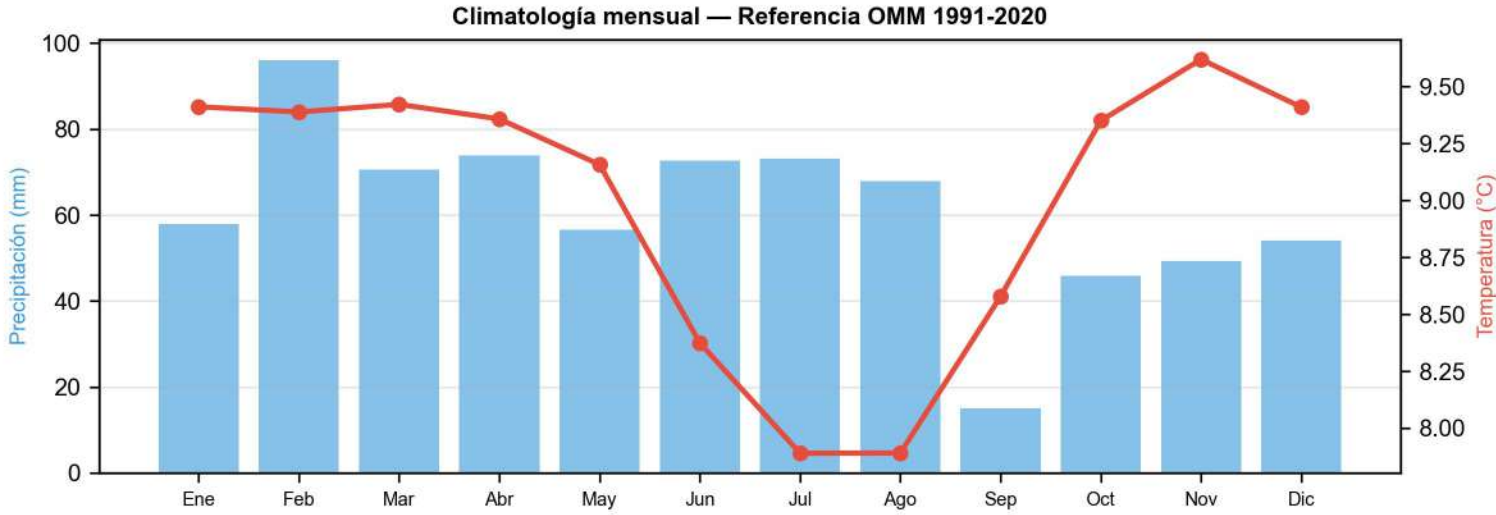
Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp J.B.Vela

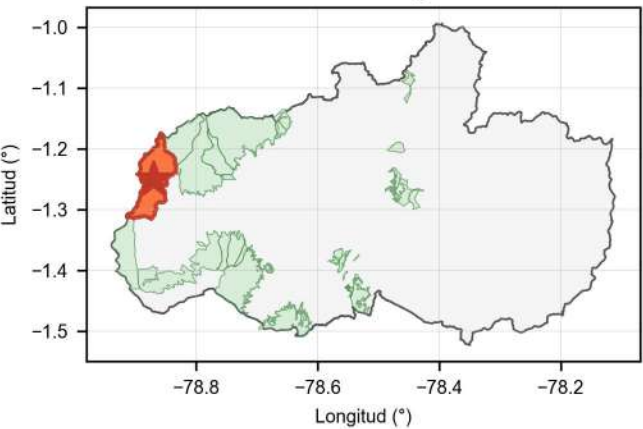


Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	9.0 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	733.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	1321.87 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Llangahua

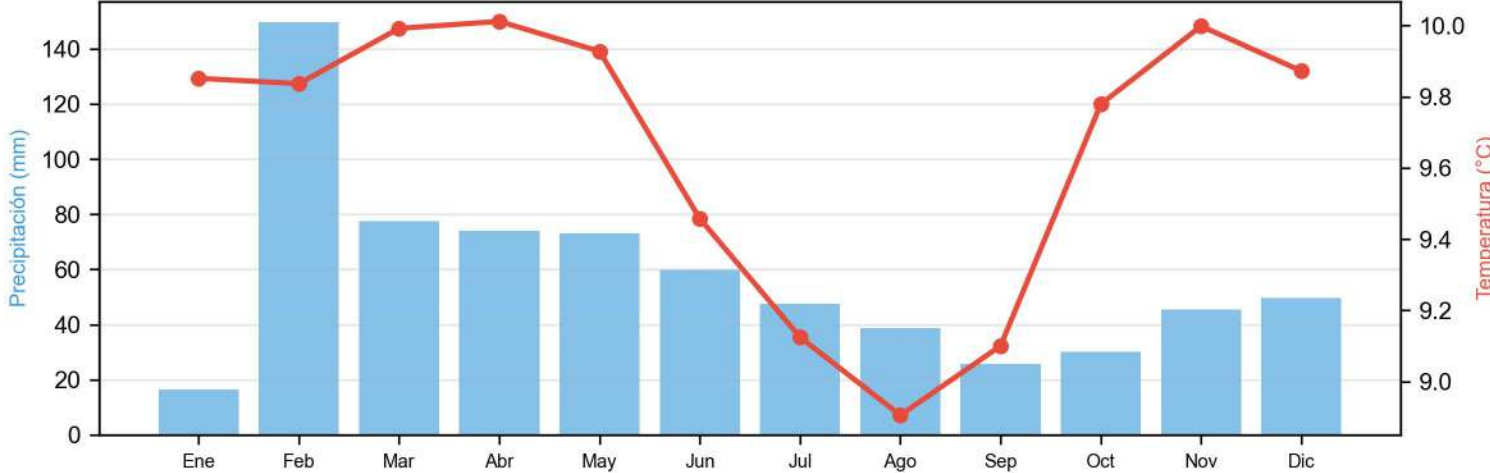
Ubicación en Tungurahua



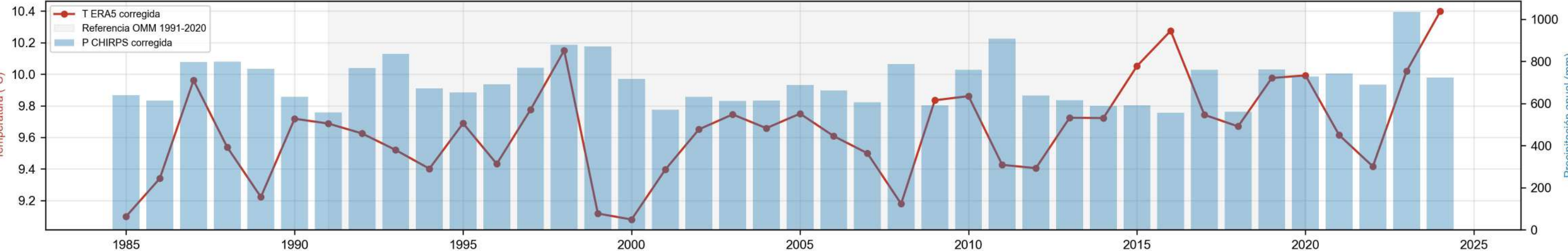
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	9.7 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	688.0 mm
Mes más seco	Ene
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	6213.01 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

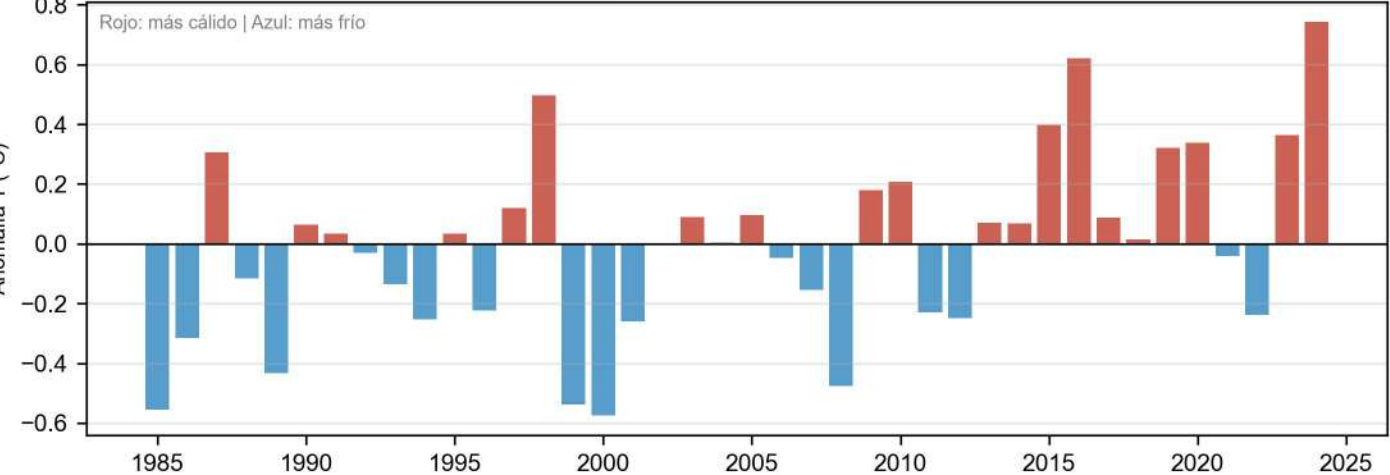
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



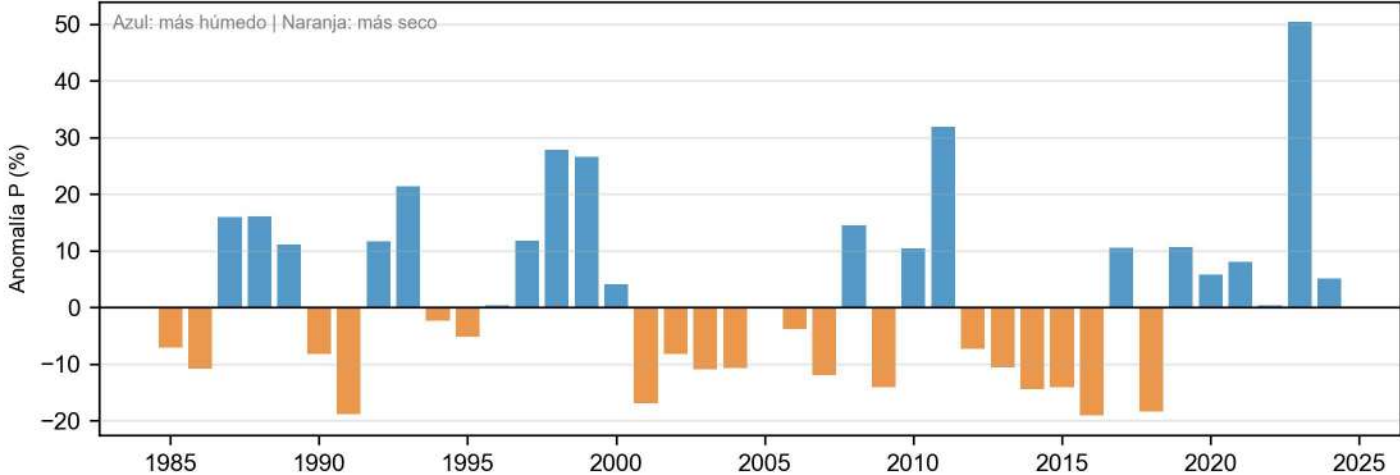
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020

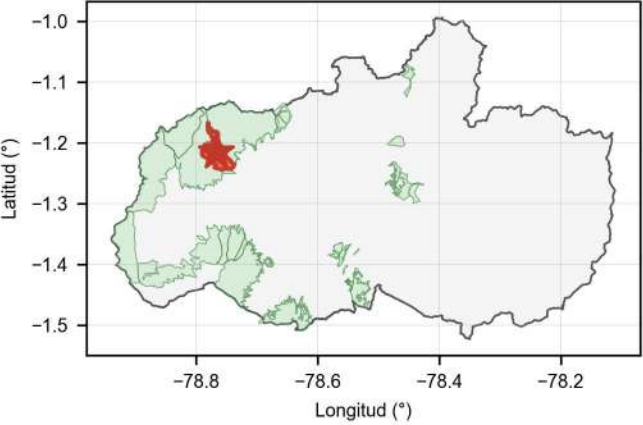


Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Pasa

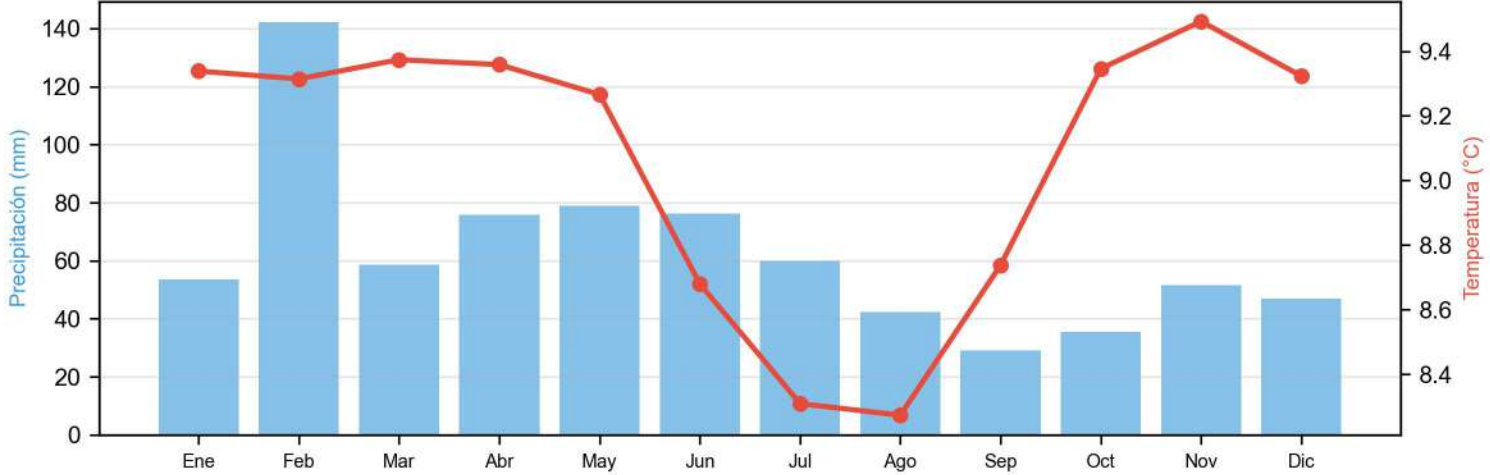
Ubicación en Tungurahua



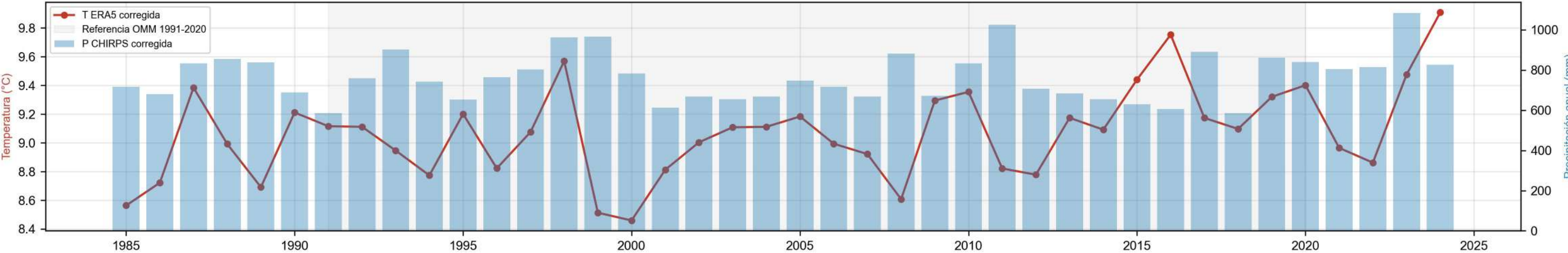
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	9.1 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	751.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	1979.94 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

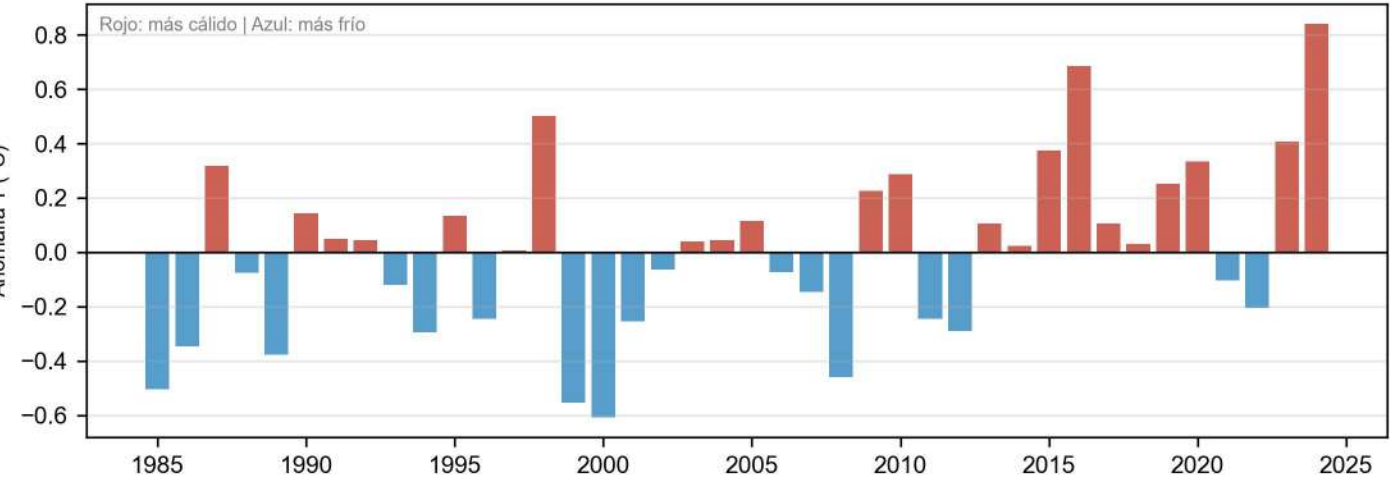
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



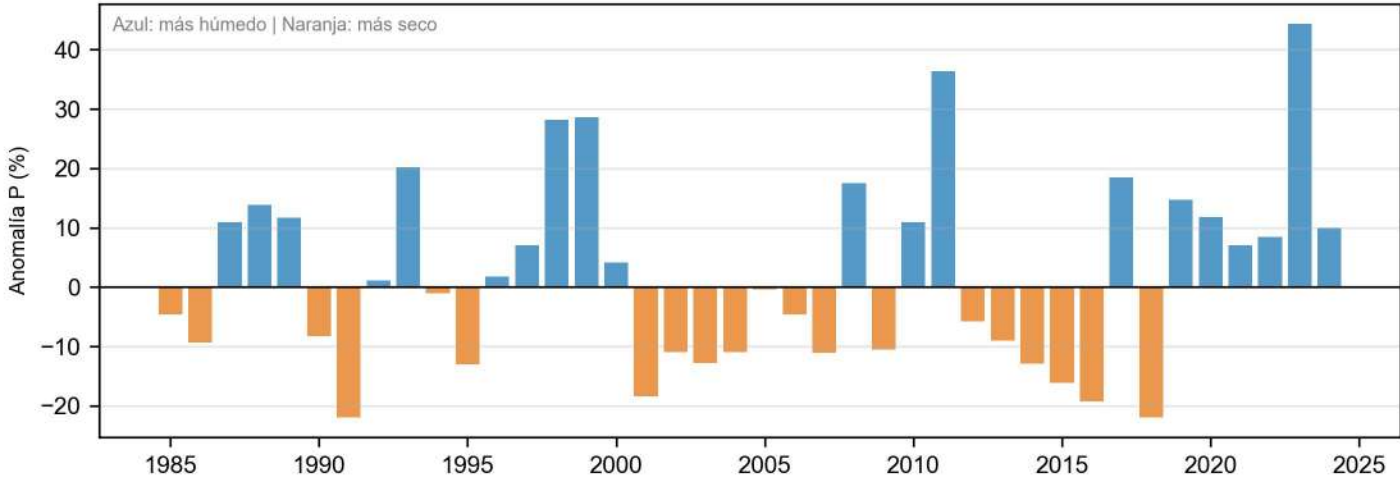
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



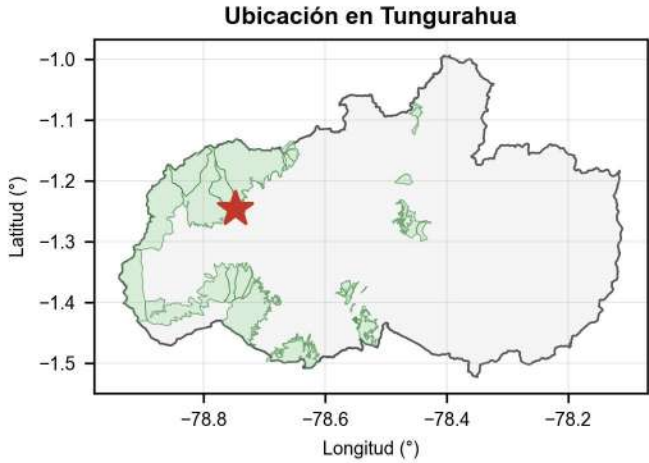
Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020



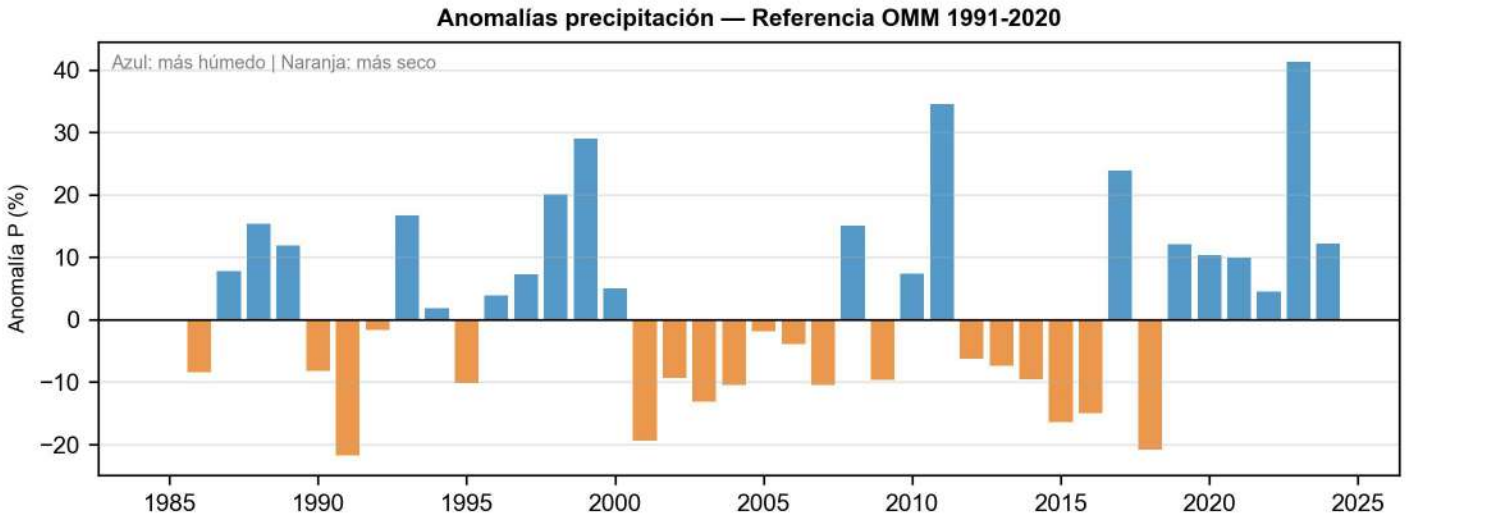
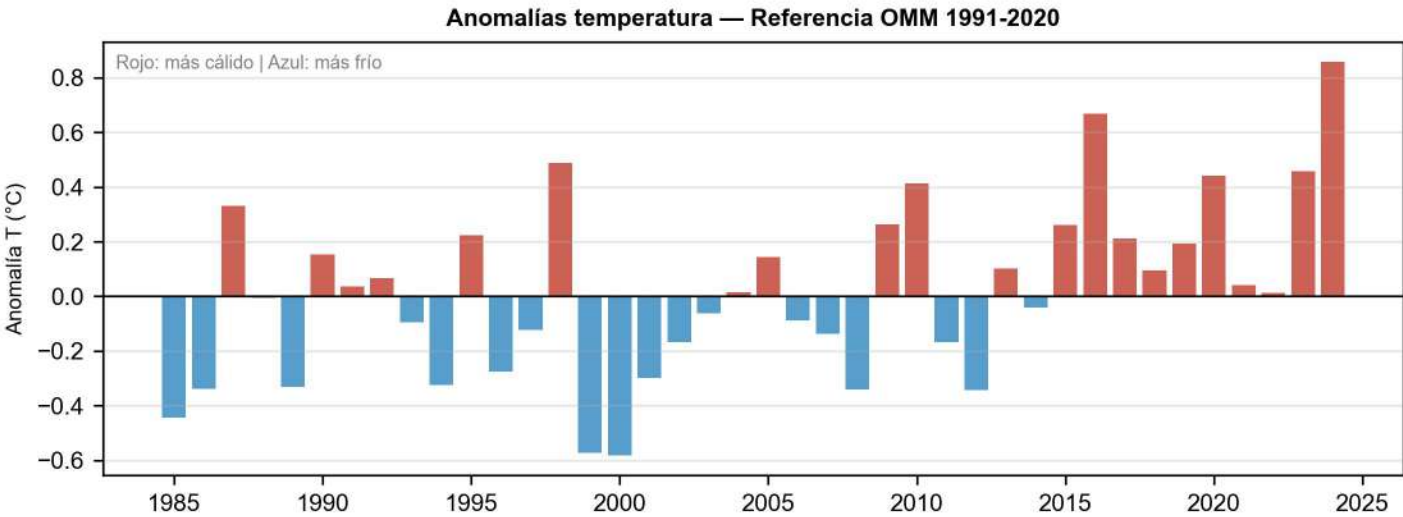
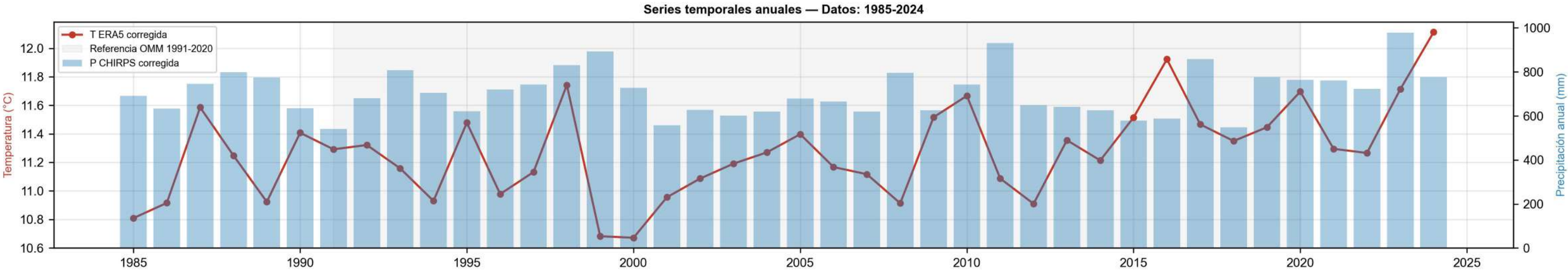
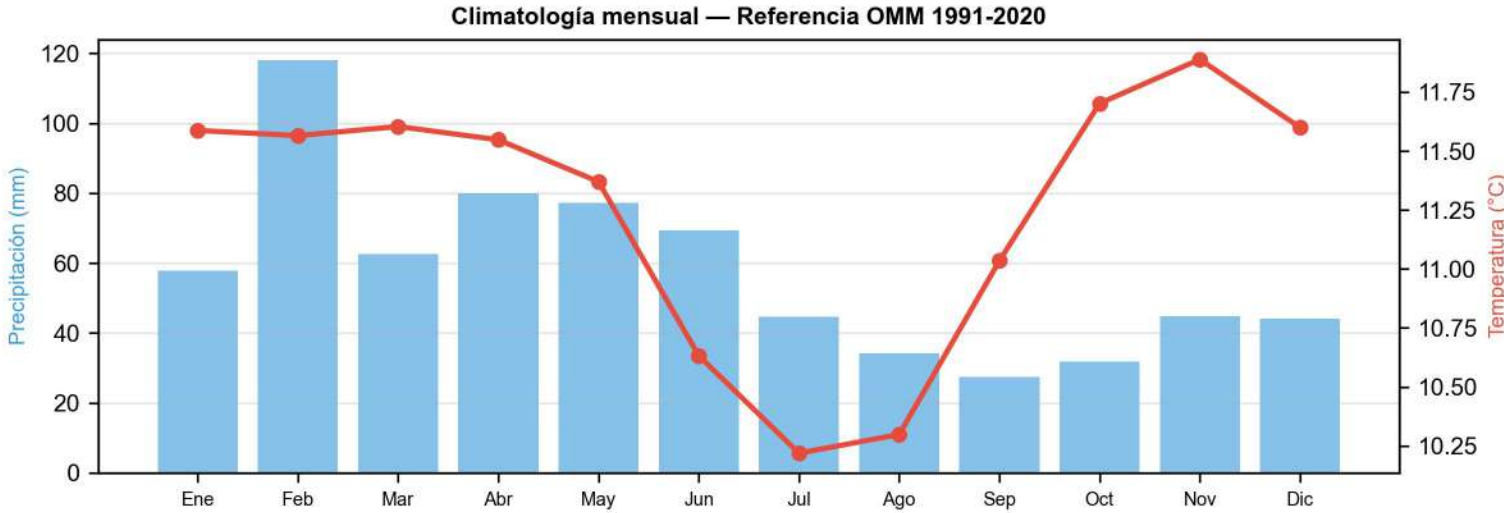
Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Pasa-La Vaqueria

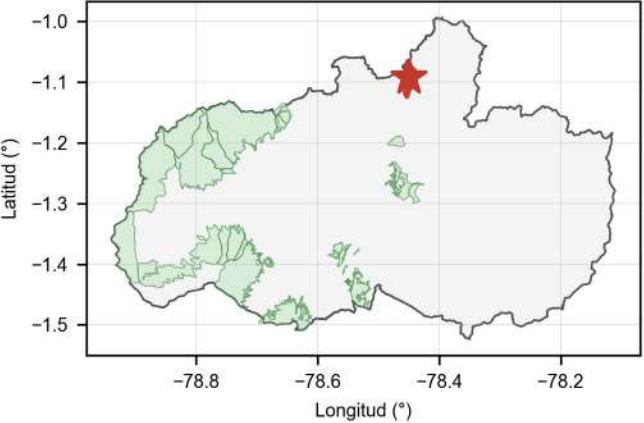


Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	11.3 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	692.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	164.77 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Poaló

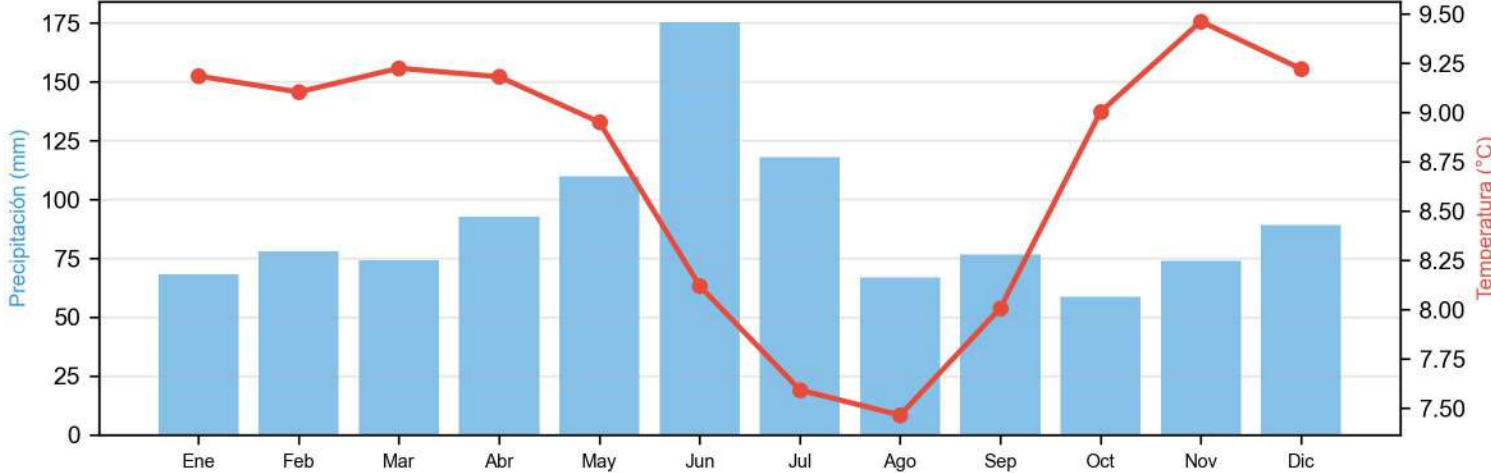
Ubicación en Tungurahua



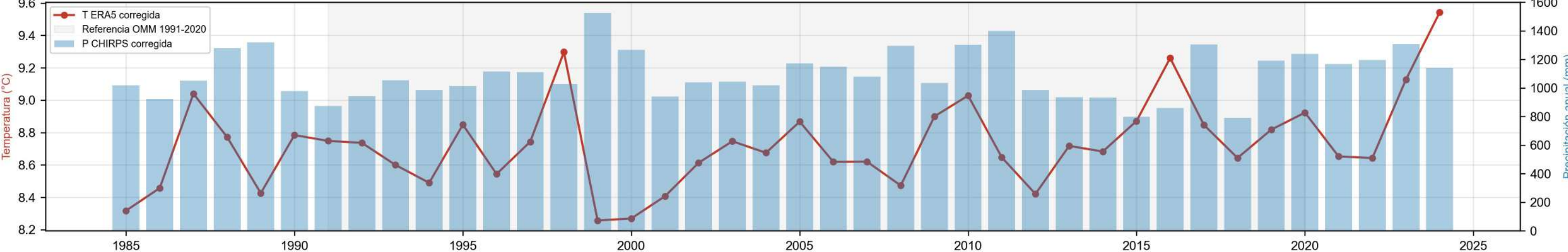
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	8.7 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1081.0 mm
Mes más seco	Oct
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	380.63 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

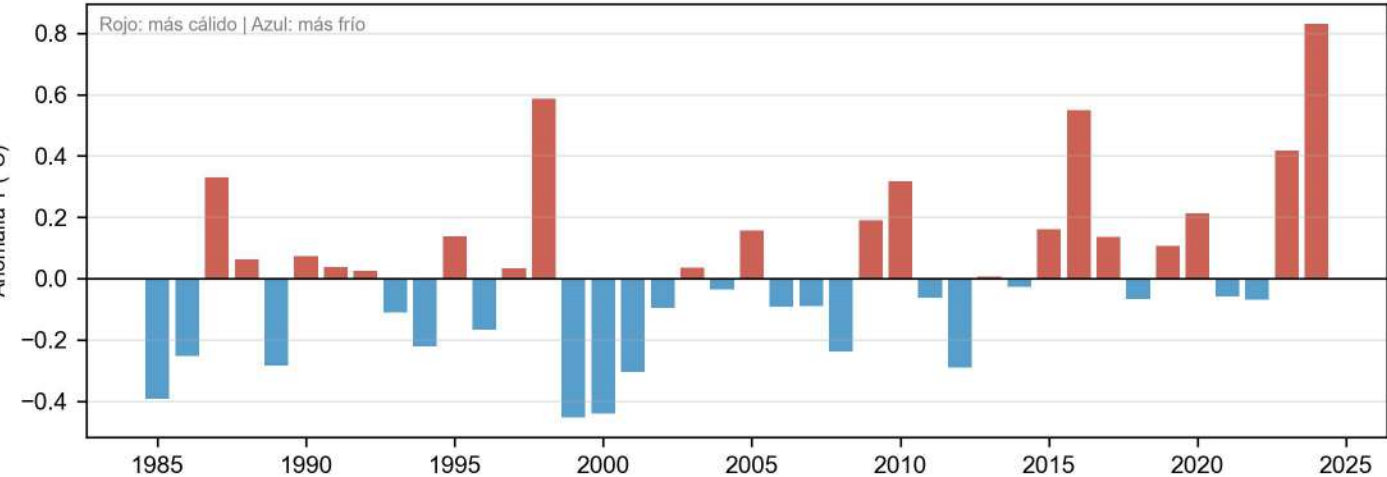
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



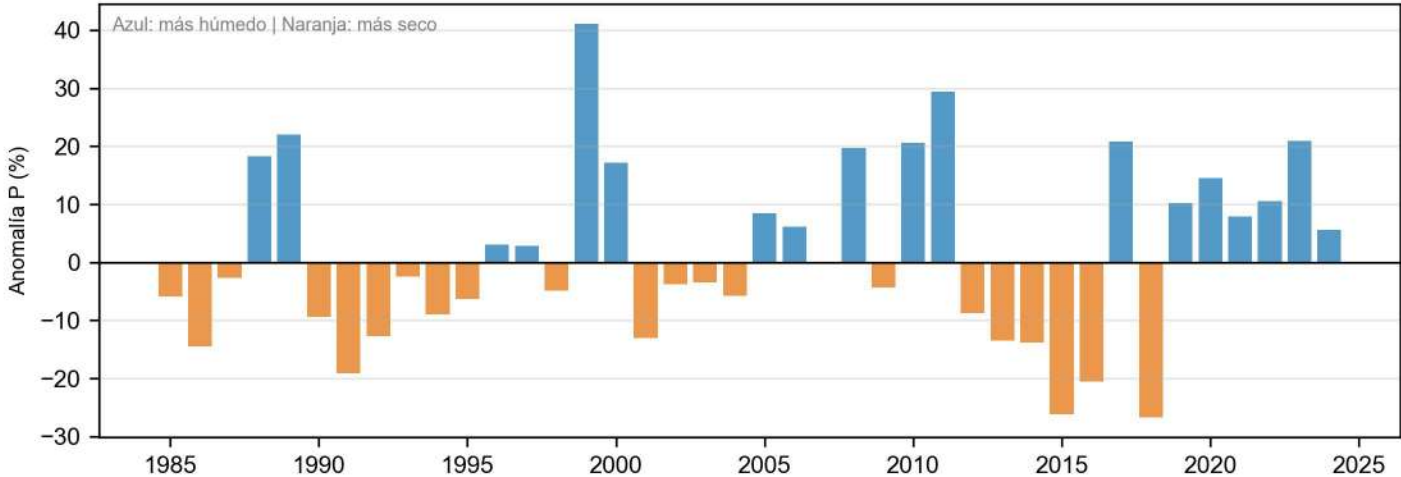
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020

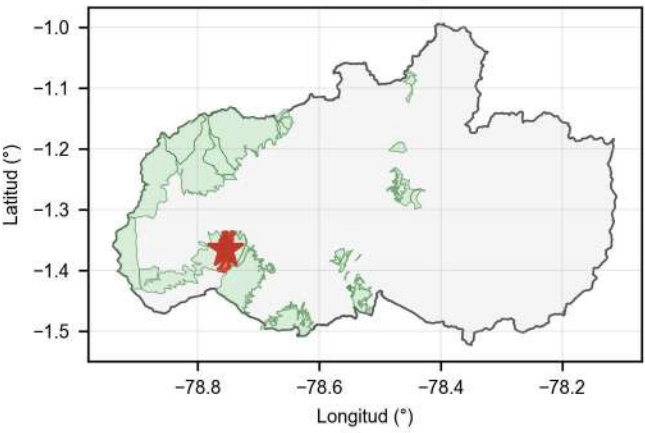


Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Pucará

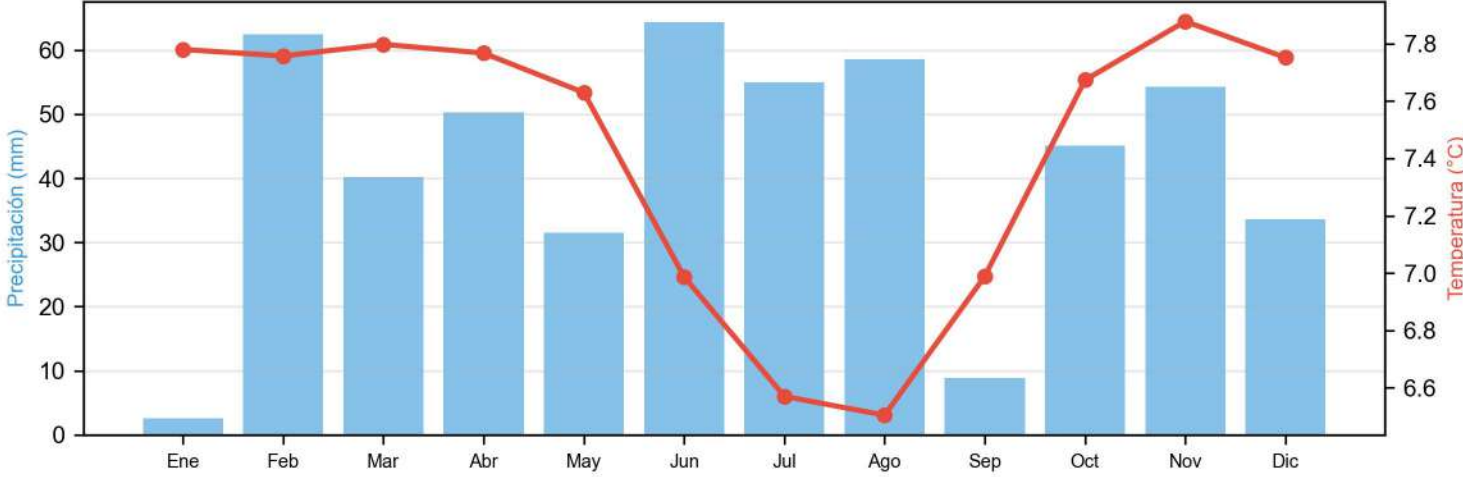
Ubicación en Tungurahua



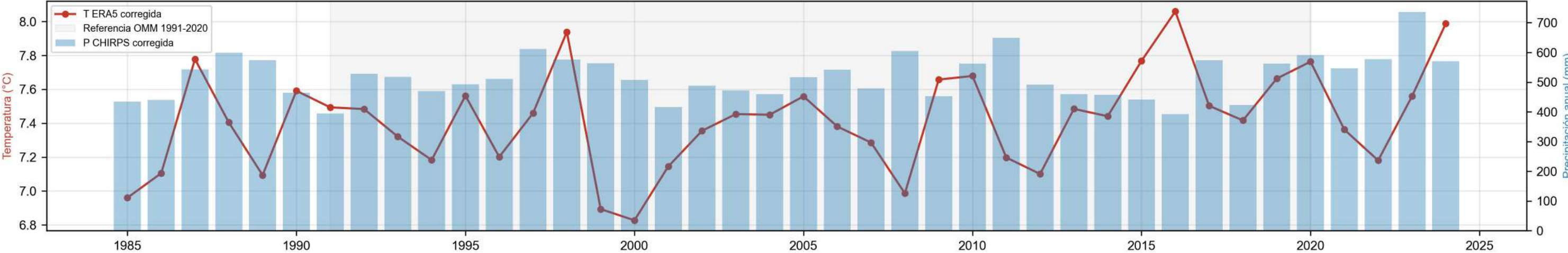
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	7.4 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	507.0 mm
Mes más seco	Ene
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	965.85 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

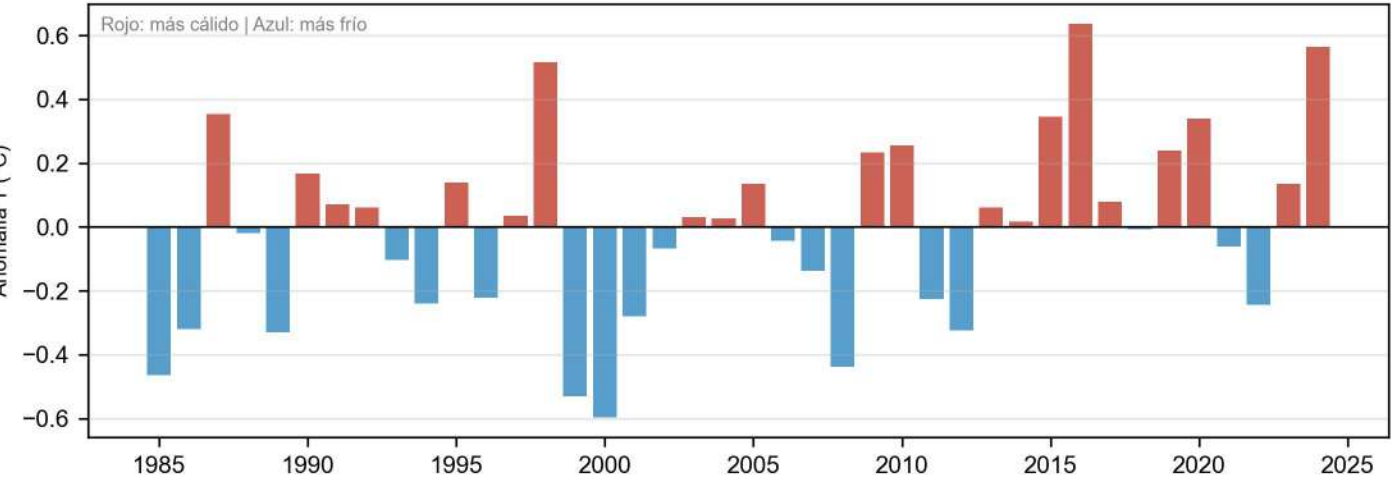
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



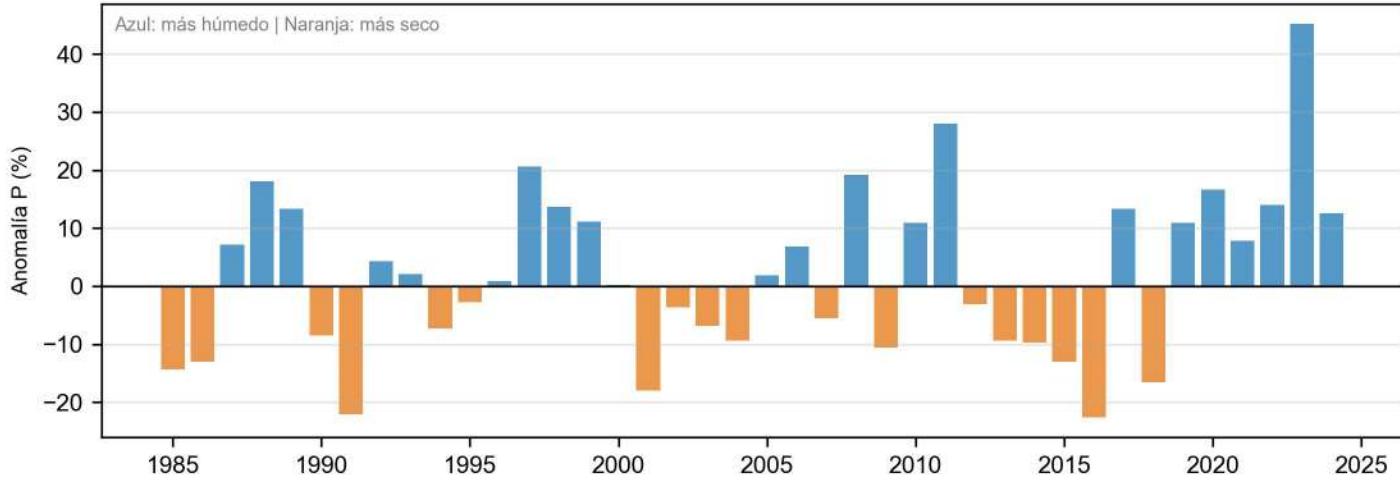
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020

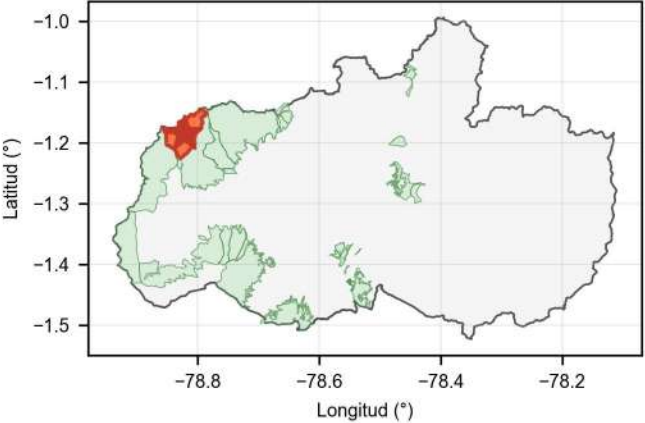


Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Pucutahua

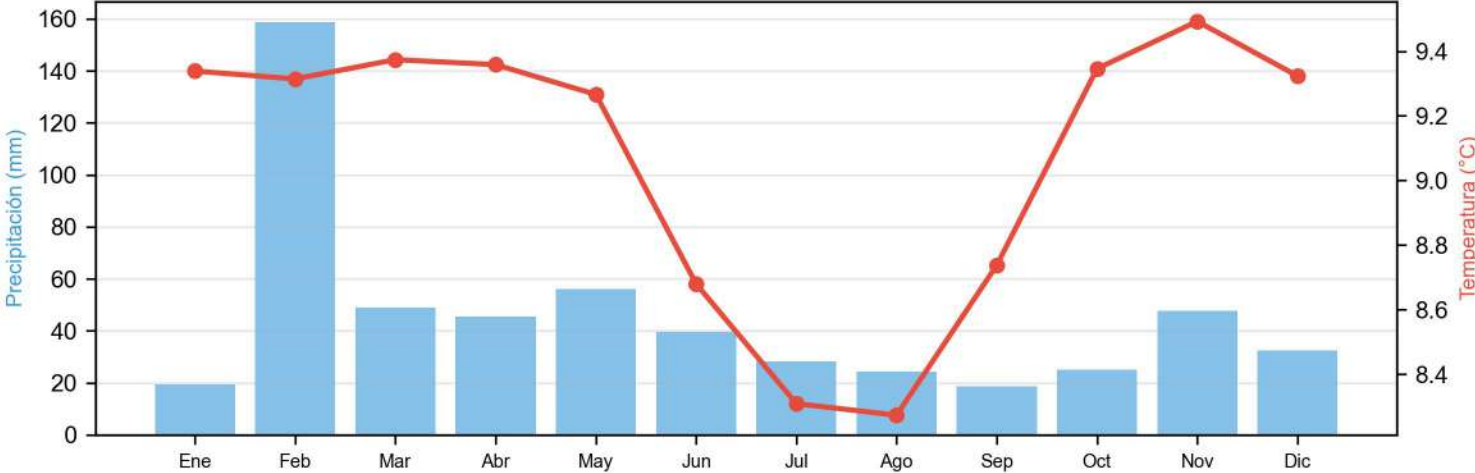
Ubicación en Tungurahua



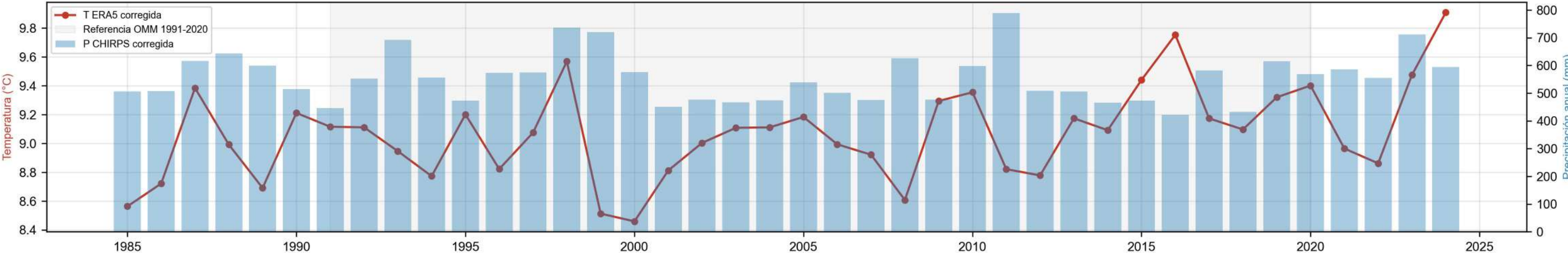
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	9.1 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	545.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	3205.46 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

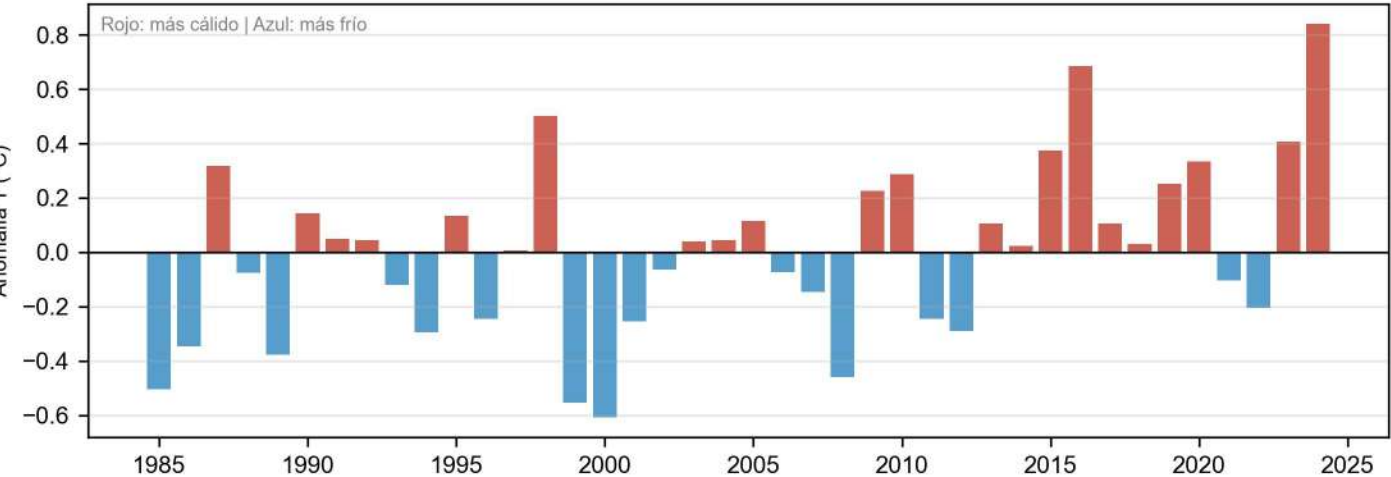
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



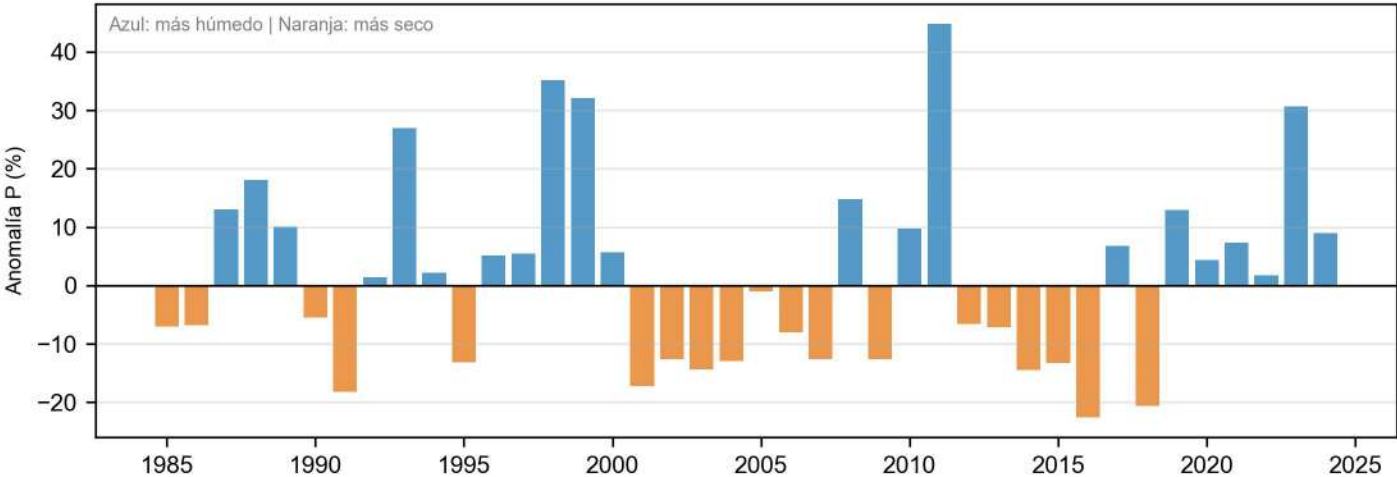
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



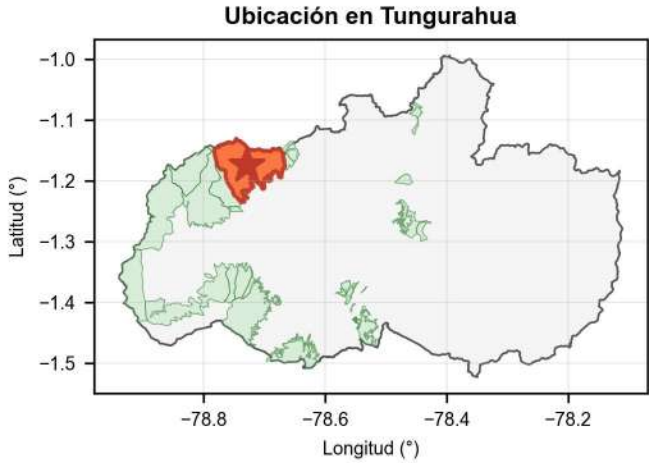
Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020



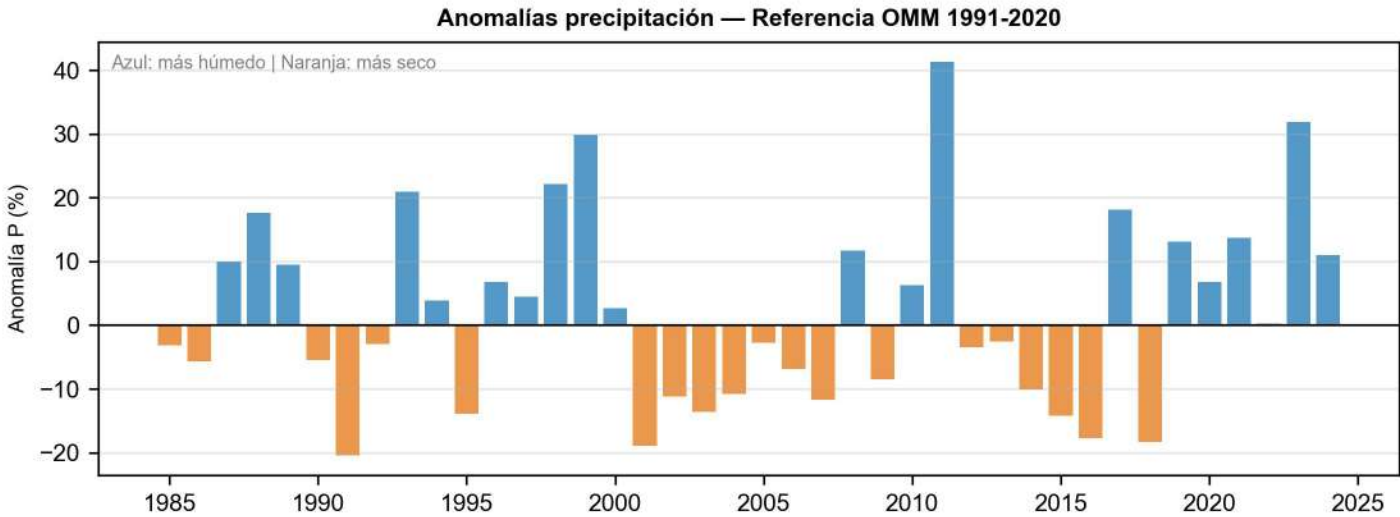
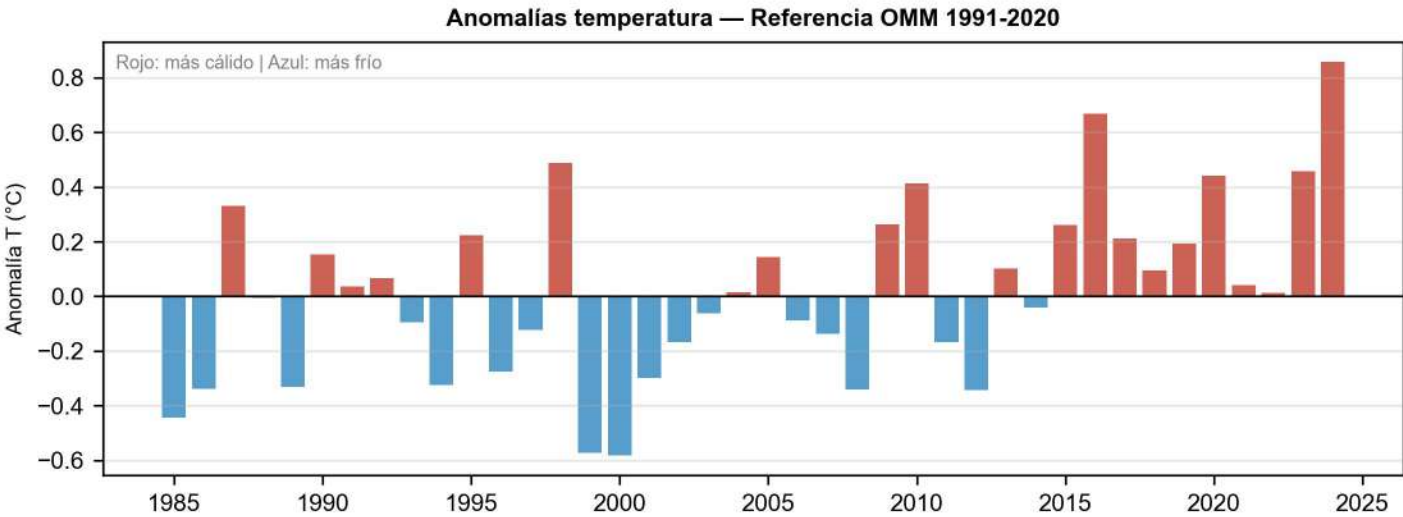
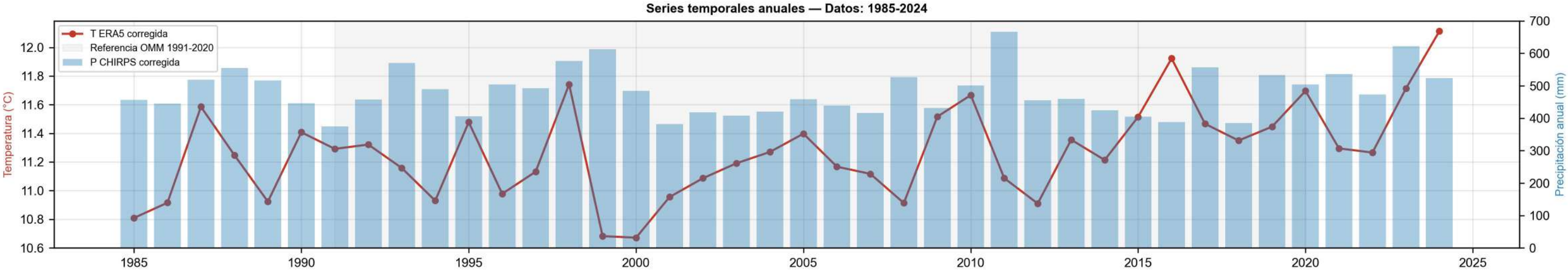
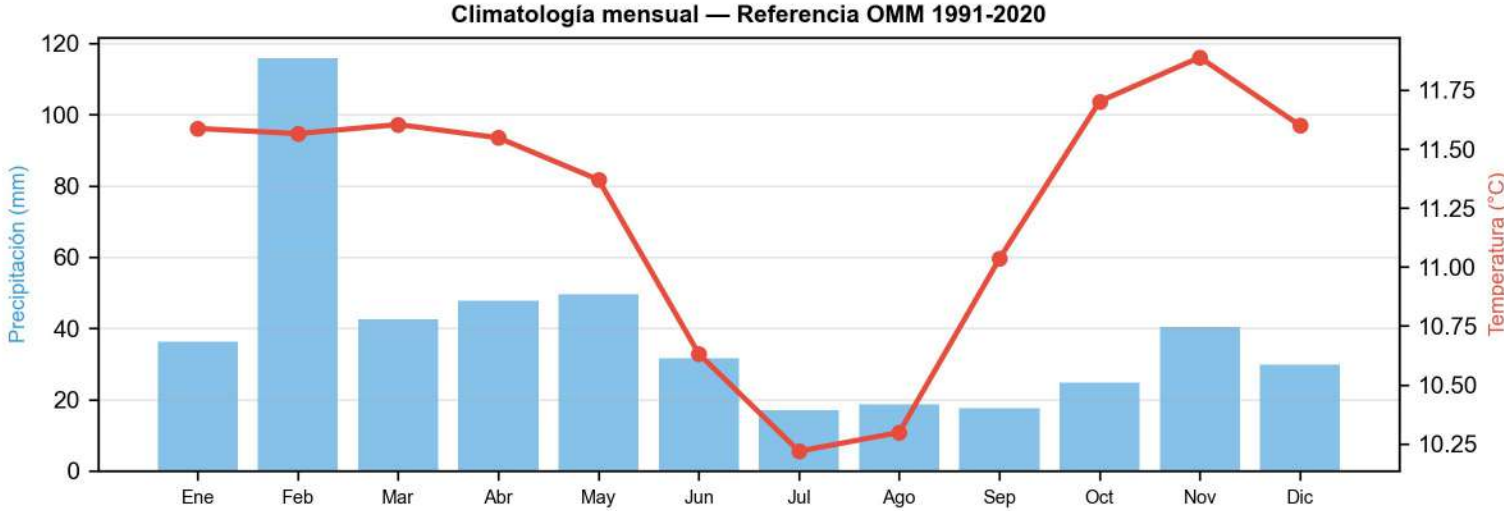
Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Quisapincha

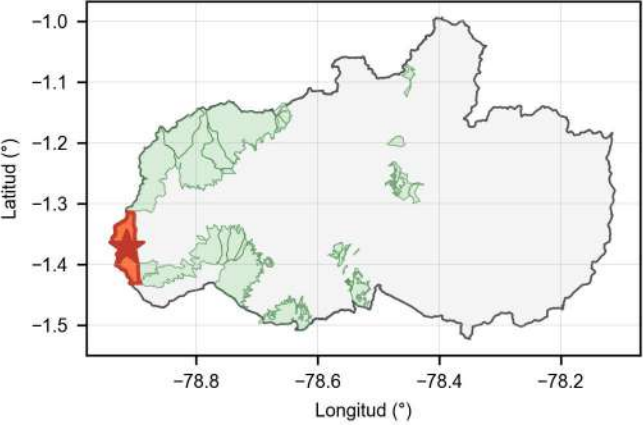


Indicadores climatológicos	
Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	11.3 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	472.0 mm
Mes más seco	Jul
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	8004.09 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Rumipata

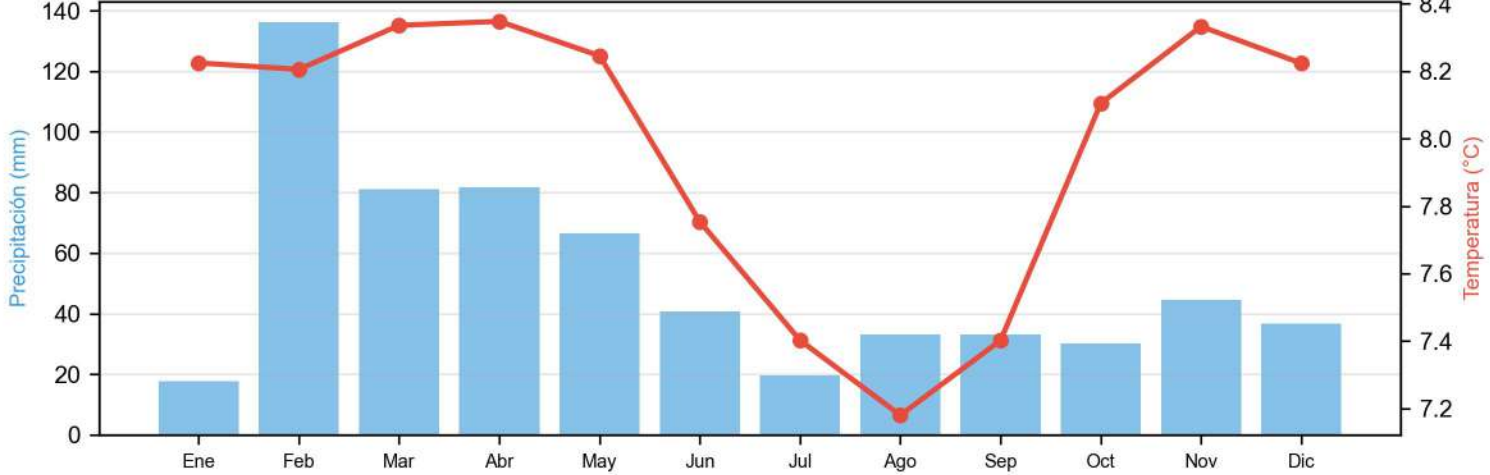
Ubicación en Tungurahua



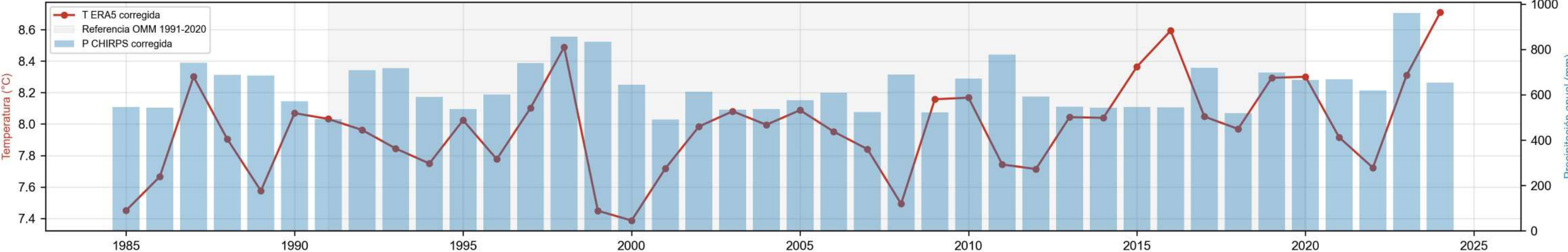
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	8.0 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	622.0 mm
Mes más seco	Ene
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	3717.2 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

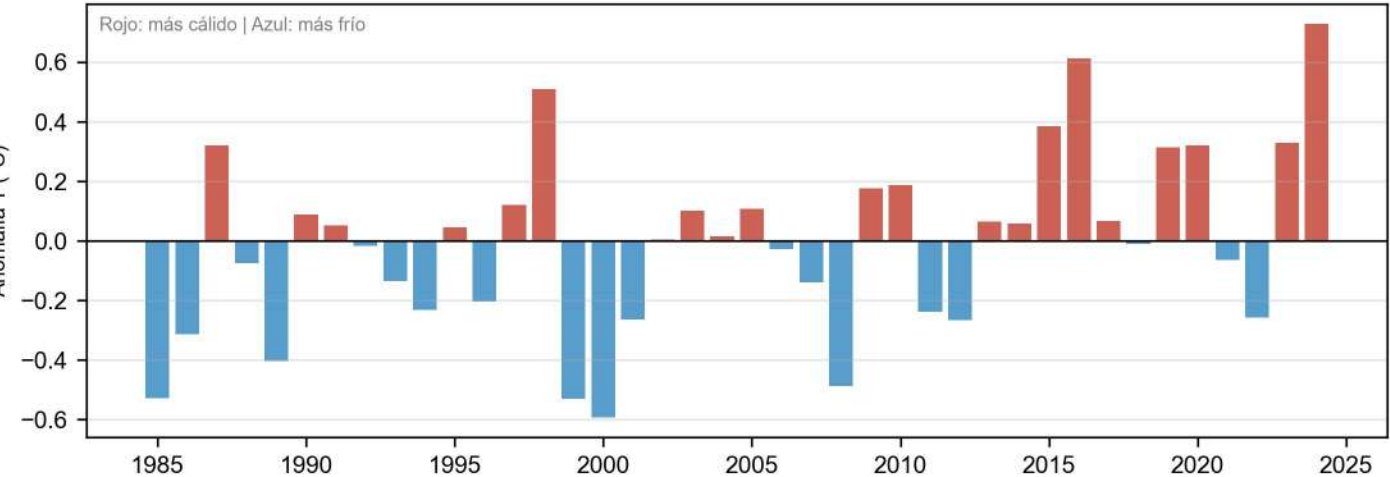
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



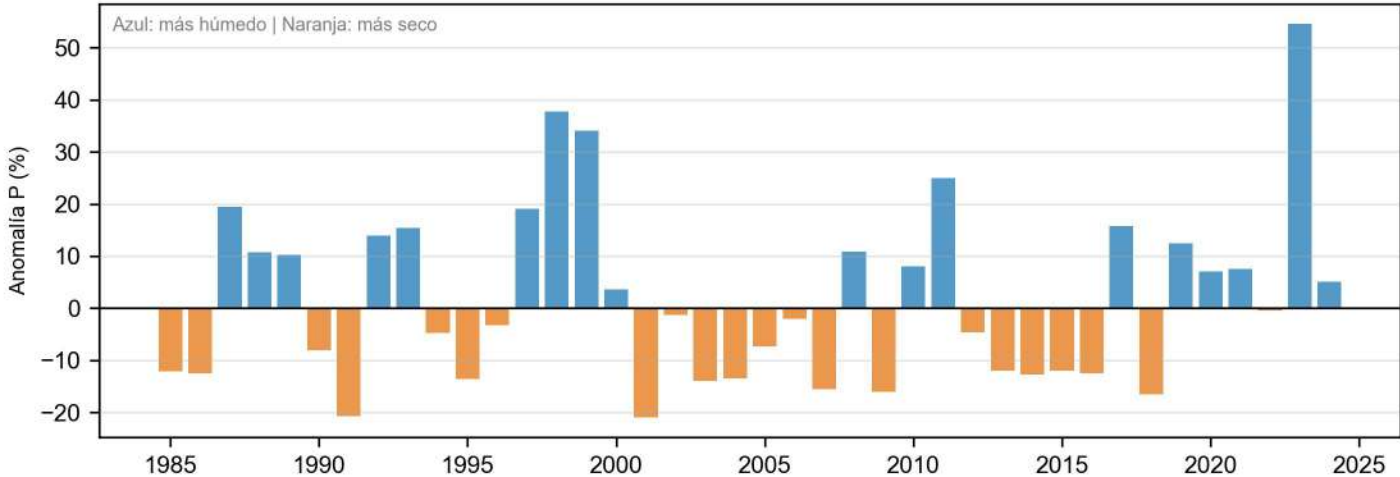
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020

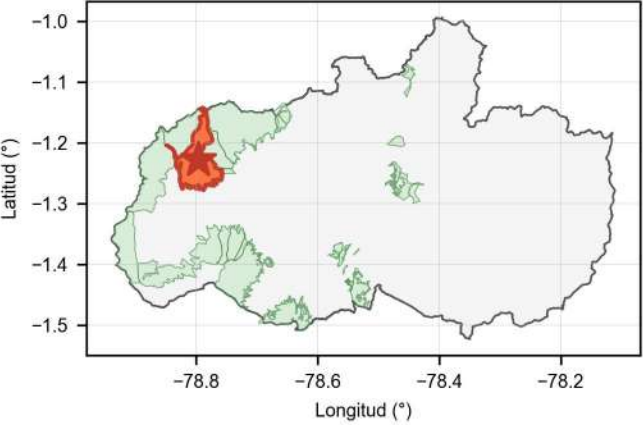


Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp San Fernando

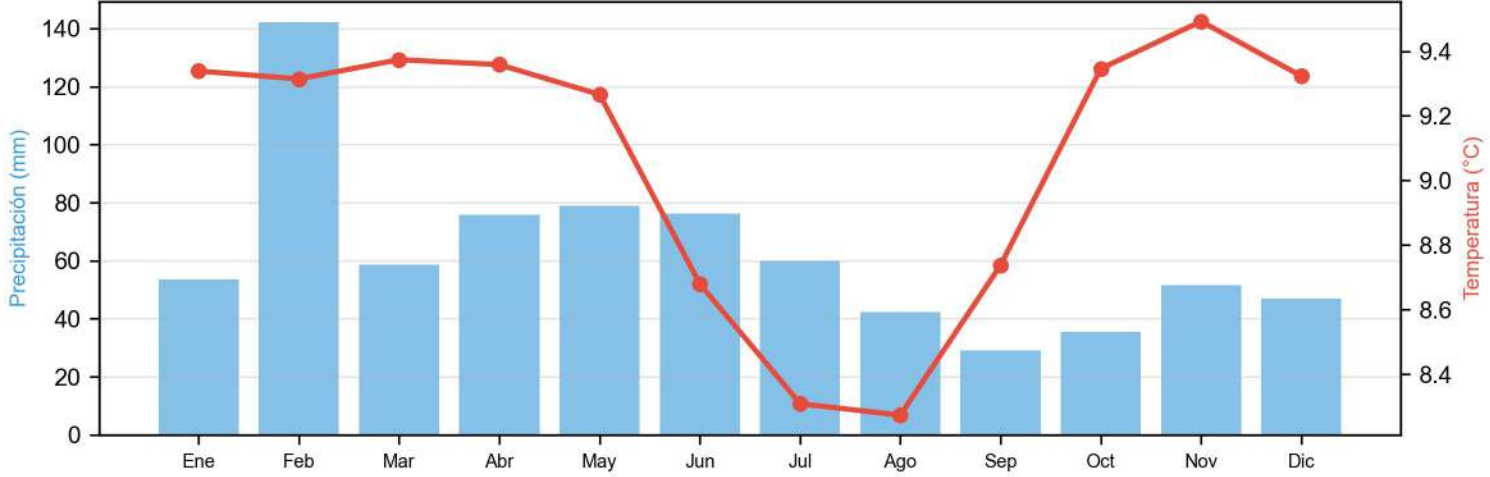
Ubicación en Tungurahua



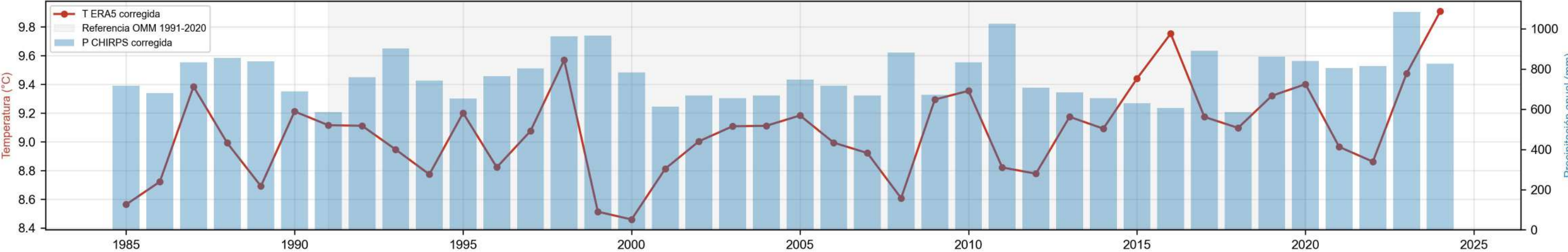
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	9.1 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	751.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	5761.16 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

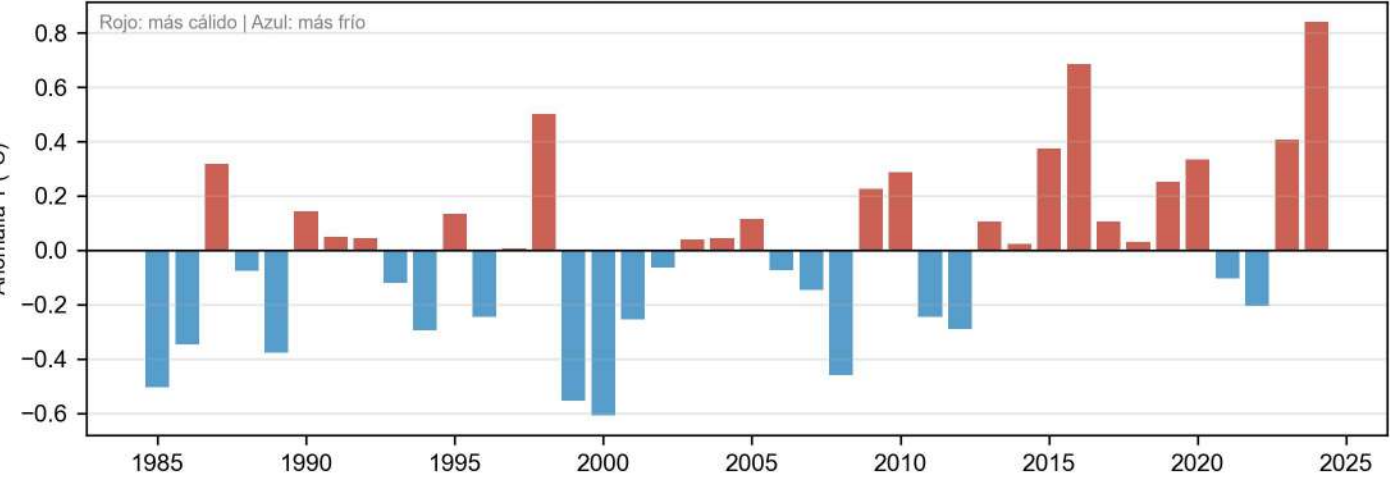
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



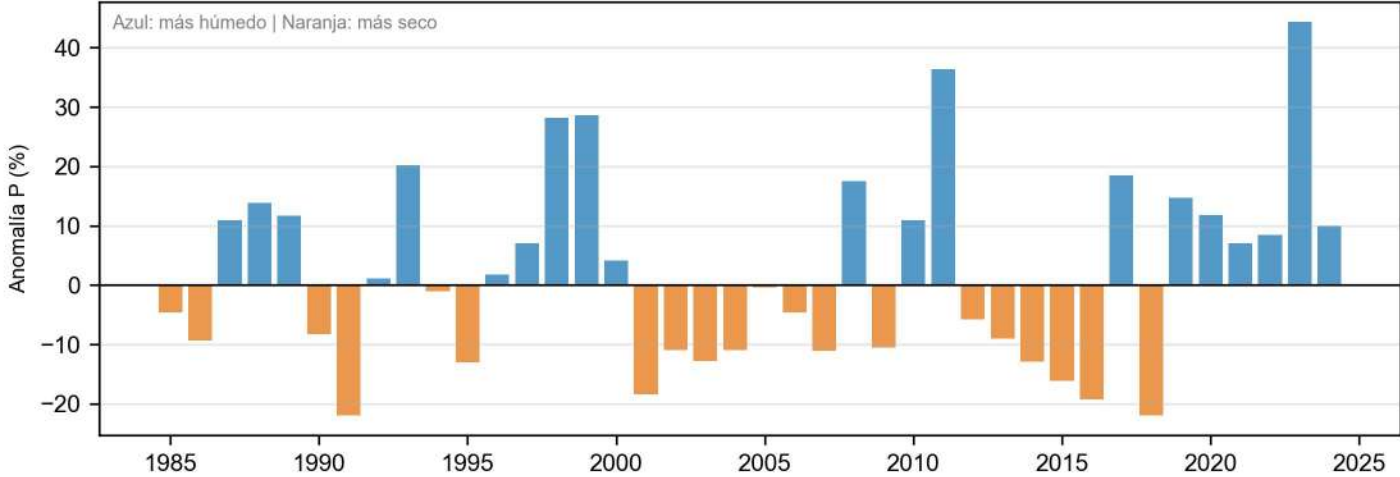
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020

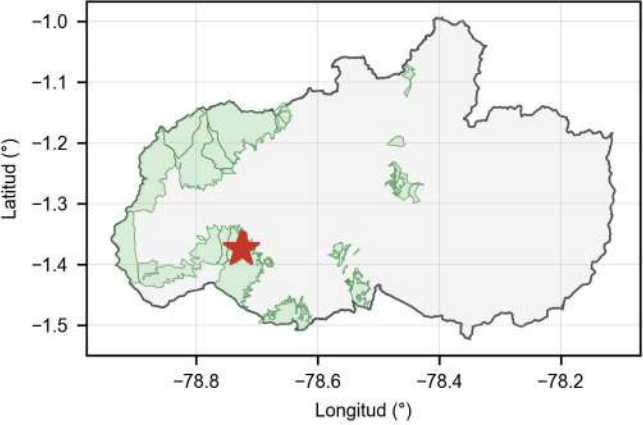


Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Sta. Rosa

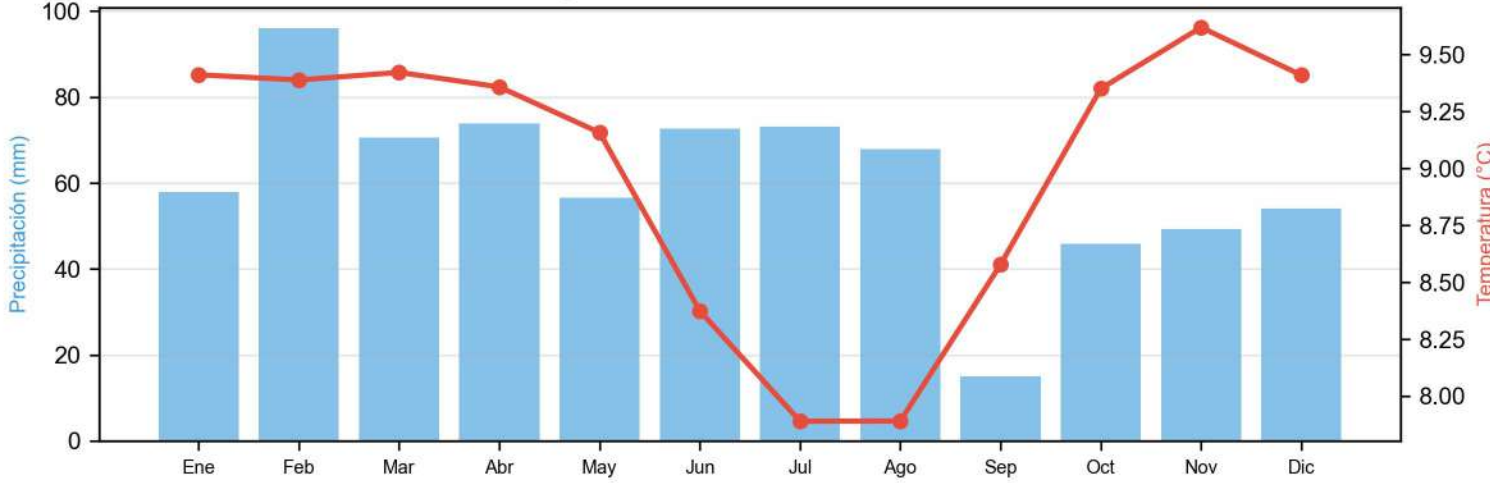
Ubicación en Tungurahua



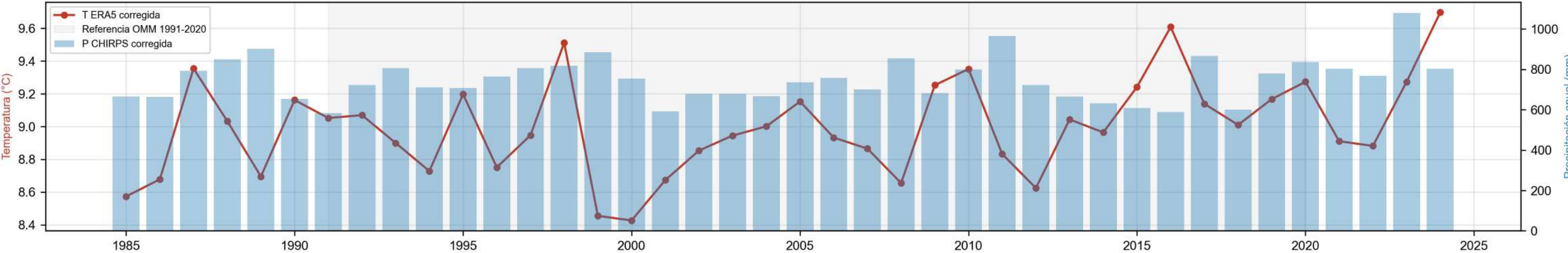
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	9.0 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	733.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	328.31 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

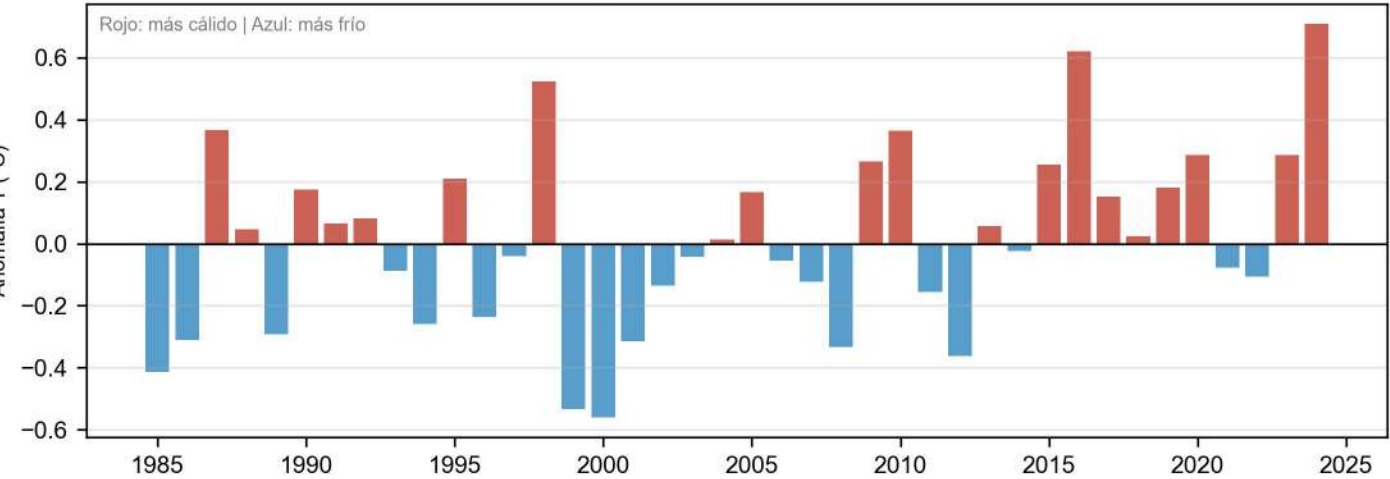
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



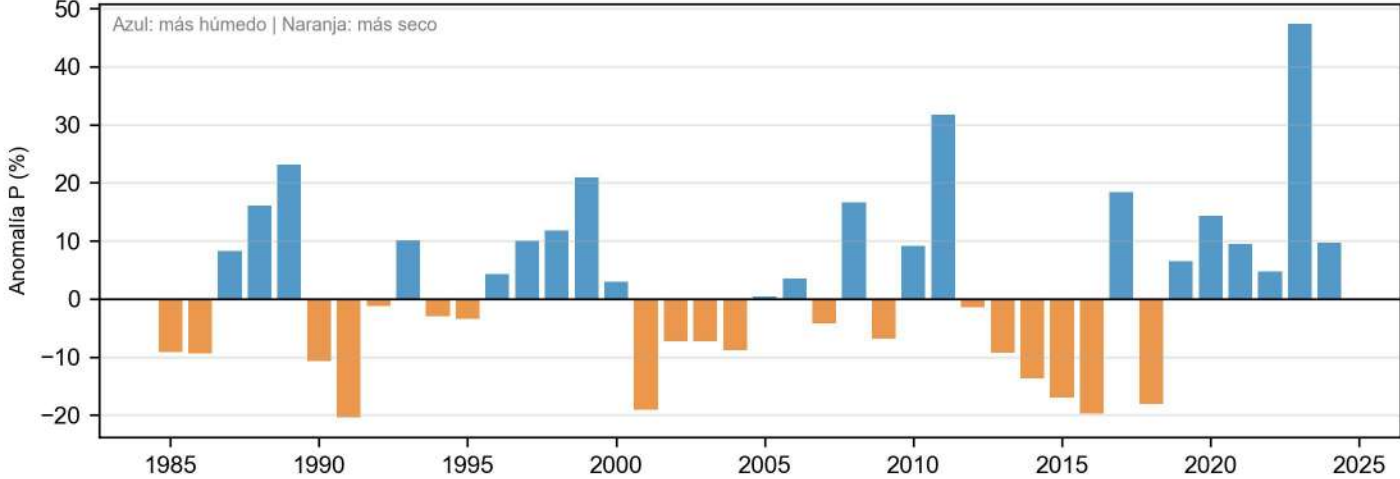
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020

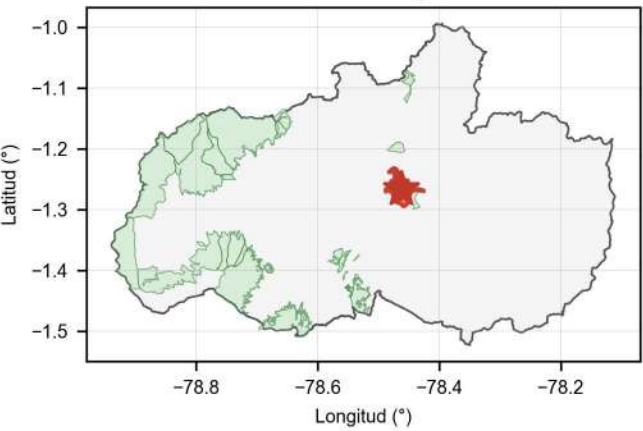


Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Sucre

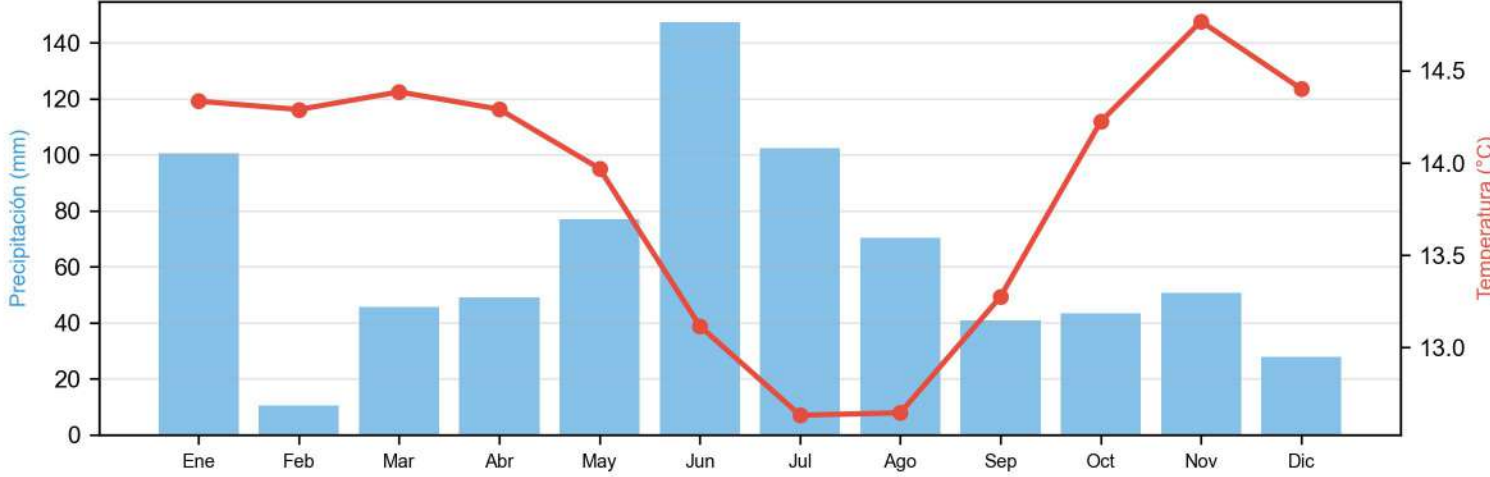
Ubicación en Tungurahua



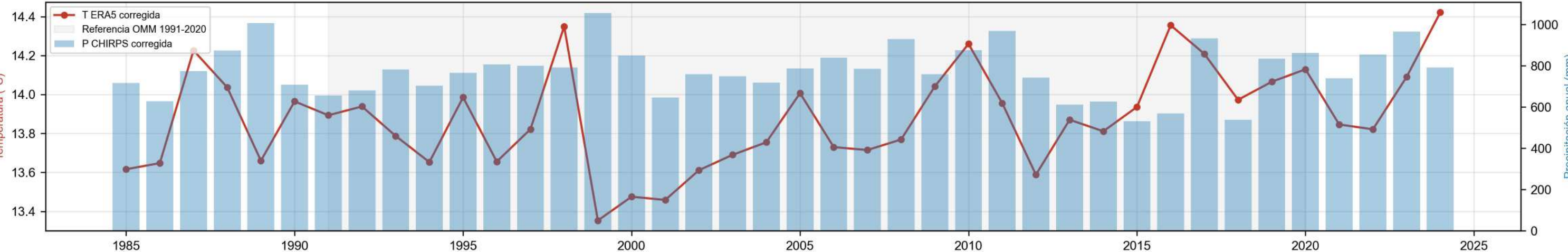
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	13.9 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	765.0 mm
Mes más seco	Feb
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	1224.09 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

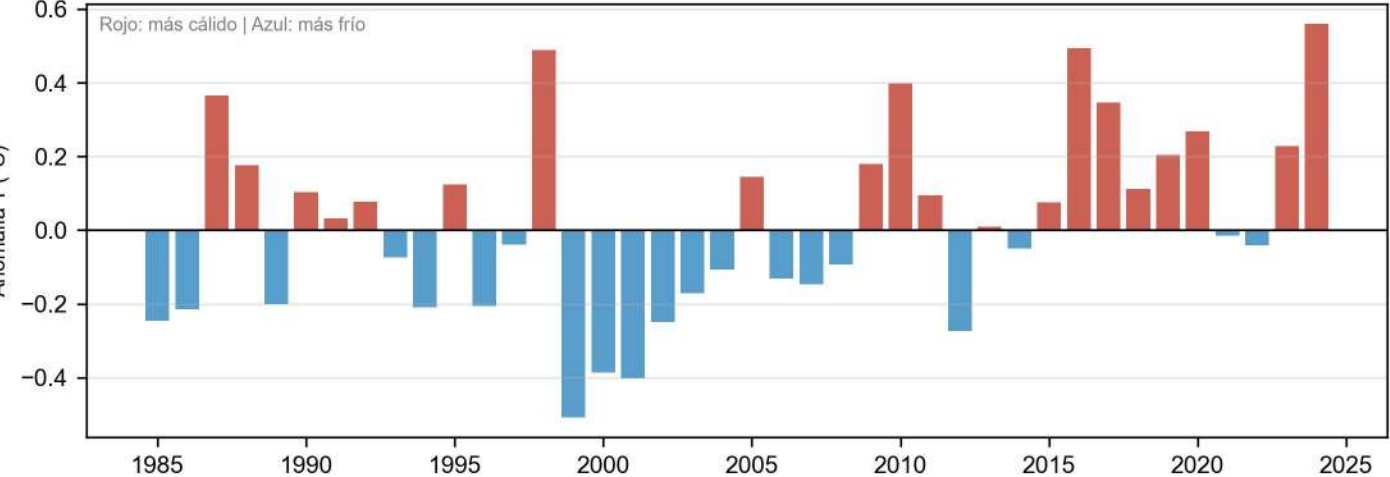
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



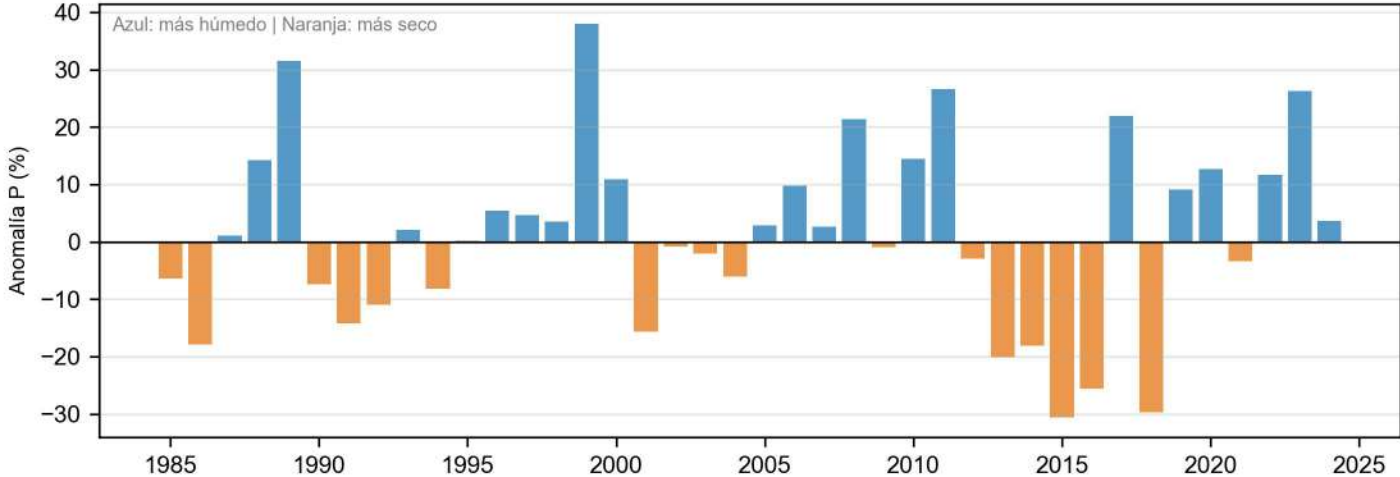
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020

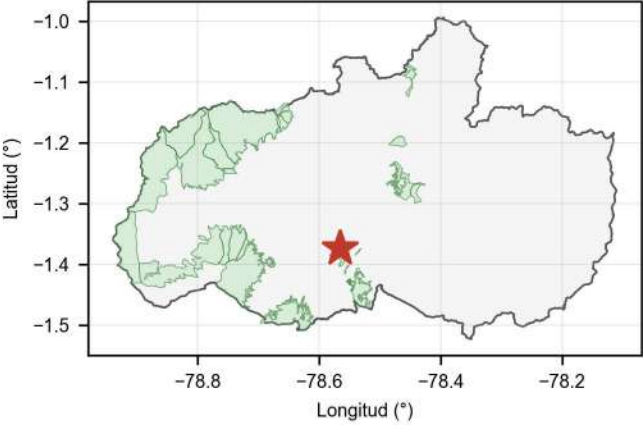


Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp Teligote

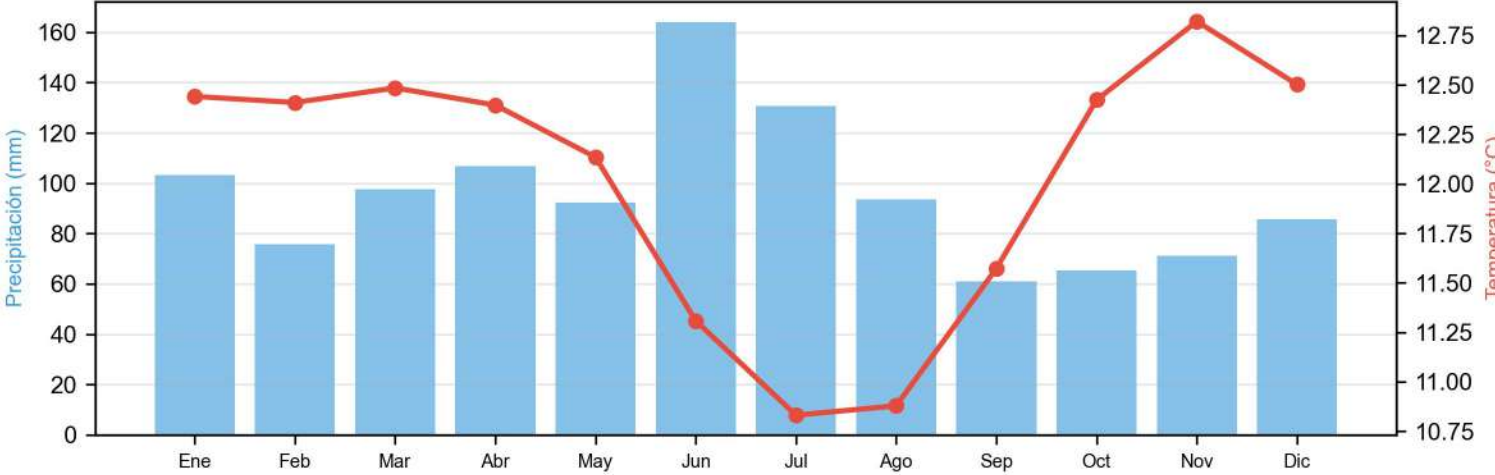
Ubicación en Tungurahua



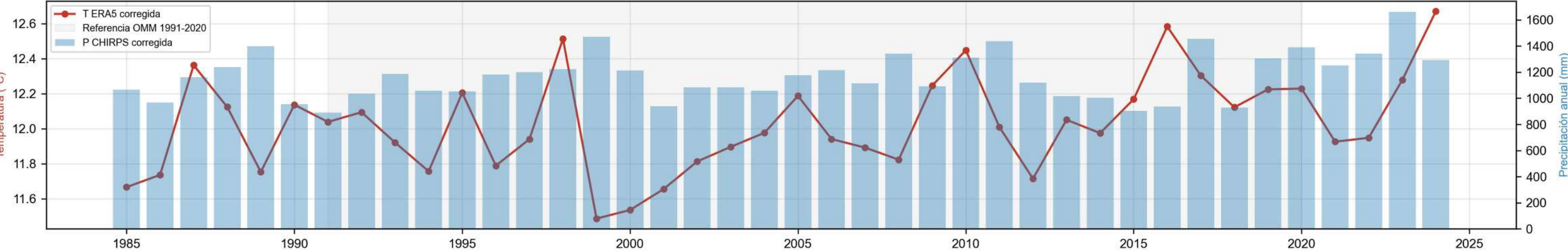
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	12.0 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	1147.0 mm
Mes más seco	Sep
Mes más lluvioso	Jun
Área de páramo	235.0 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

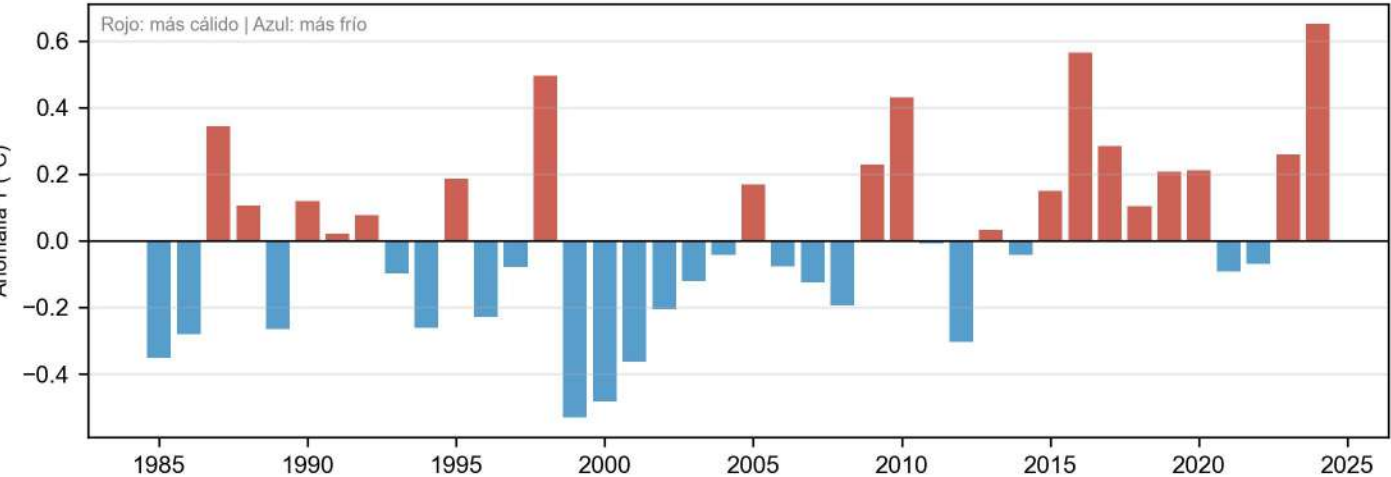
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



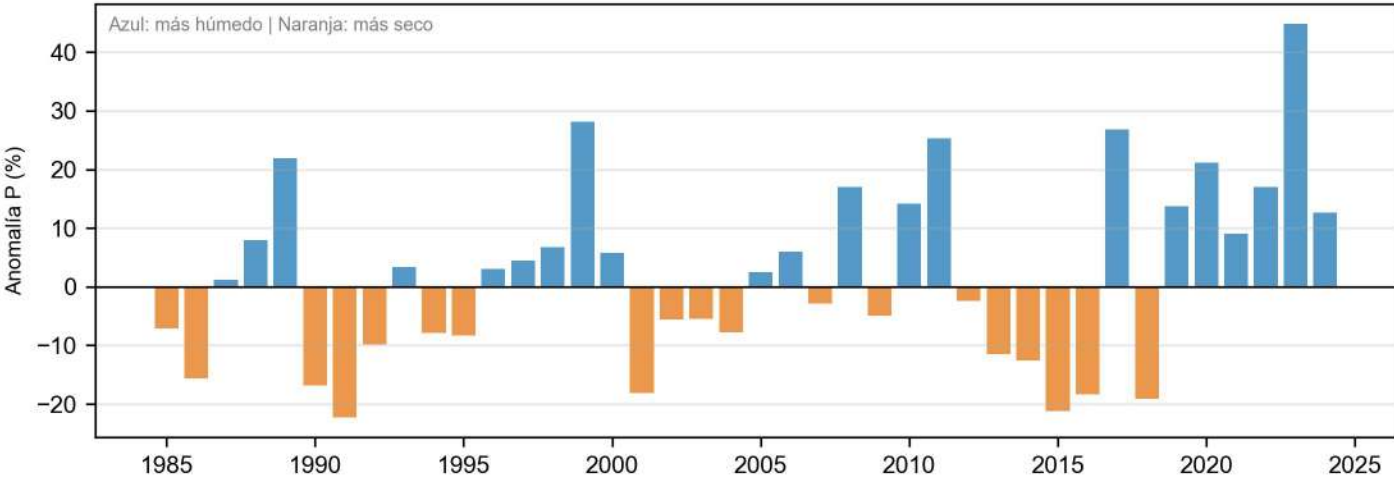
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020

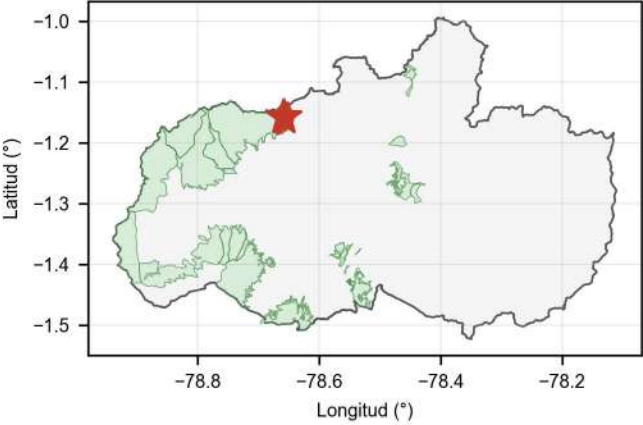


Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



FICHA CLIMATOLÓGICA — ERA5-Land / CHIRPS (corregido) — HGPT
Pmp UNOCANT

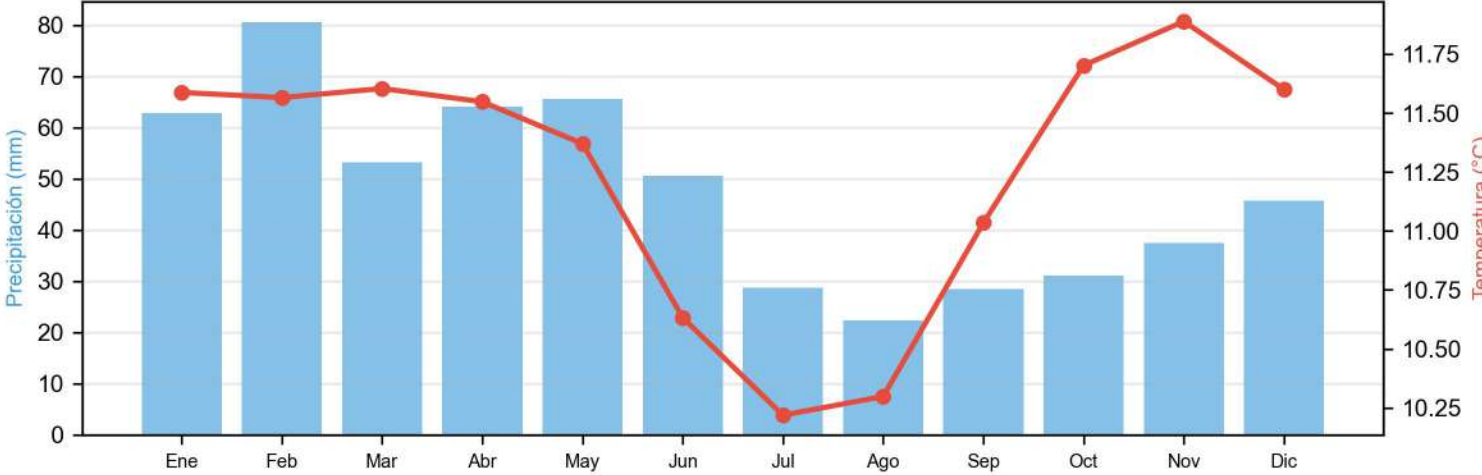
Ubicación en Tungurahua



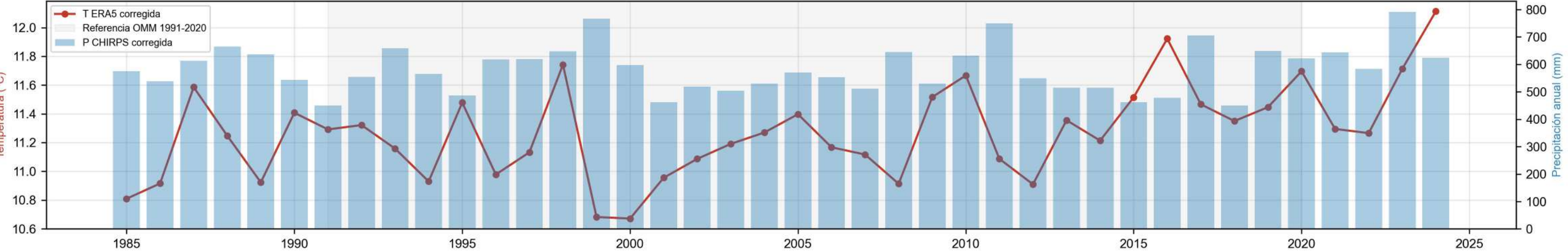
Indicadores climatológicos

Indicador	Valor
T media anual (ERA5 corr.)	11.3 °C
P total anual (CHIRPS corr.)	571.0 mm
Mes más seco	Ago
Mes más lluvioso	Feb
Área de páramo	1025.65 ha
Período de datos	1985-2024
Nivel institucional	HGPT
Fuente T	ERA5-Land (corregido)
Fuente P	CHIRPS (corregido)

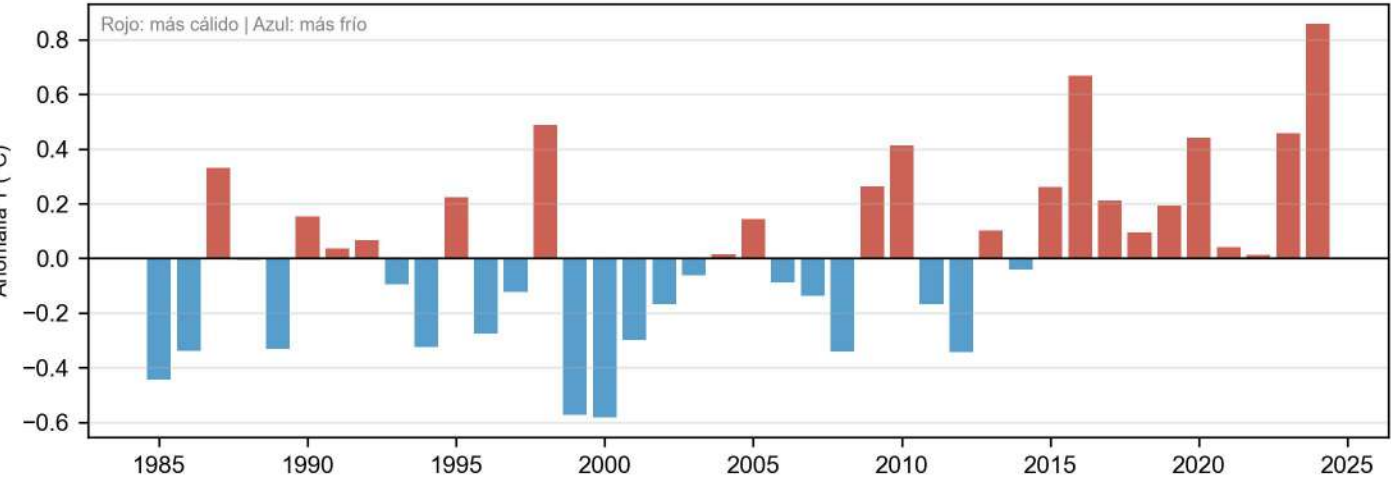
Climatología mensual — Referencia OMM 1991-2020



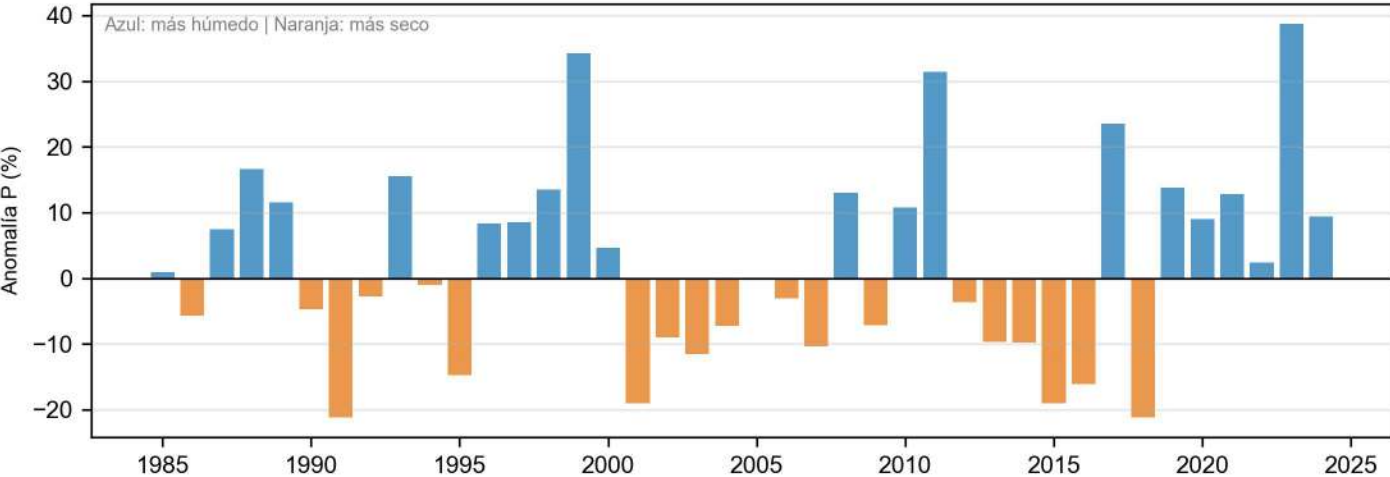
Series temporales anuales — Datos: 1985-2024



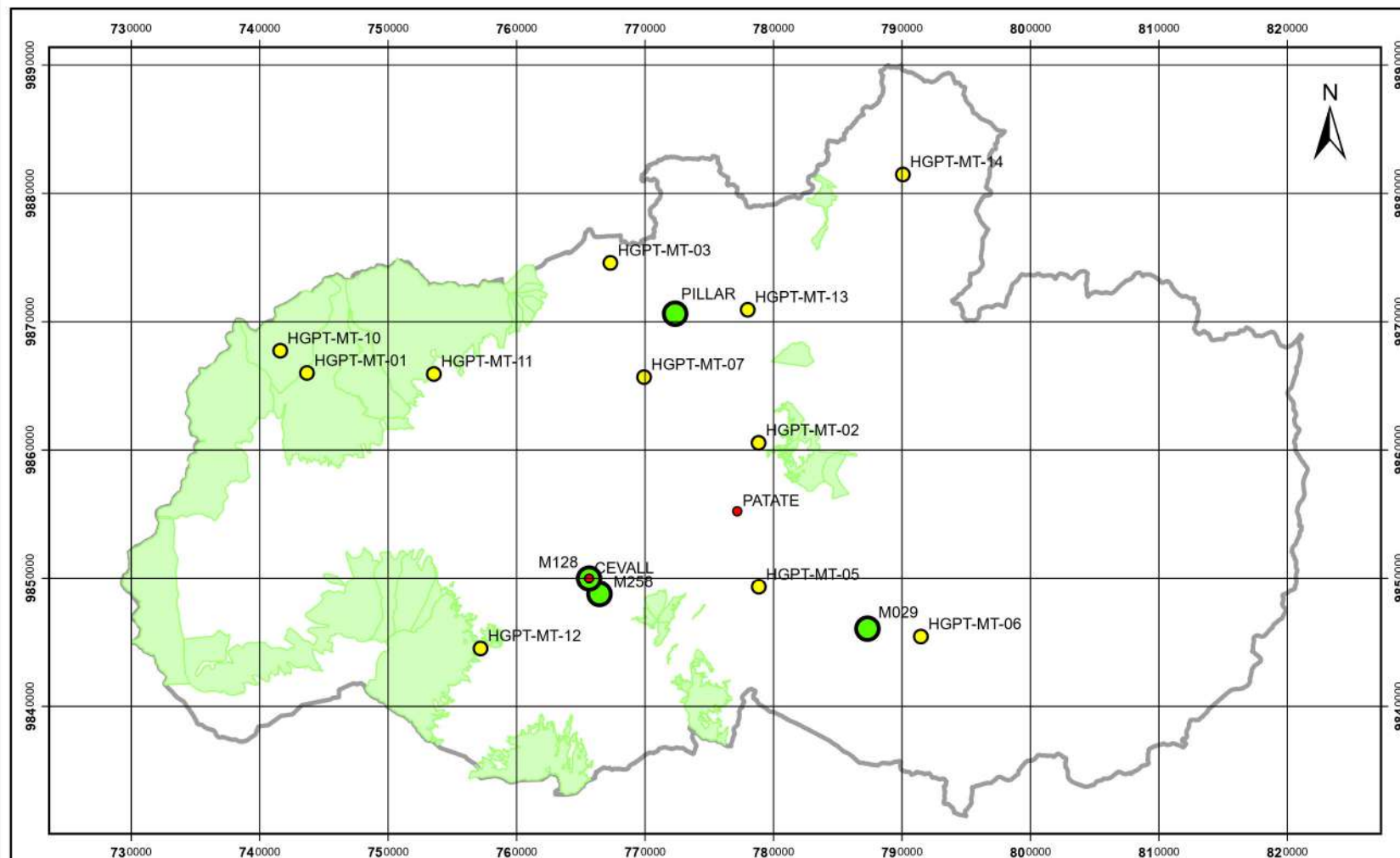
Anomalías temperatura — Referencia OMM 1991-2020



Anomalías precipitación — Referencia OMM 1991-2020



Red de Estaciones Meteorológicas de Tungurahua



ESTACIONES METEOROLÓGICAS:

CÓDIGO	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m)	FUENTE
CEVALL	Cevallos	-1.35616	-78.61278	2910	INAMHI+HGPT
PILLAR	Pillaro	-1.16945	-78.55277	2805	INAMHI+HGPT
PATATE	Patate	-1.30858	-78.50925	2360	INAMHI+HGPT
HGPT-MT-01	Embalse Chiquilurcu	-1.21141	-78.81014	-	HGPT
HGPT-MT-02	Colegio Antonio Jose de Sucre	-1.26037	-78.49436	-	HGPT
HGPT-MT-03	Hacienda Cunchibamba	-1.13368	-78.59808	-	HGPT
HGPT-MT-05	Hacienda Guadalupe	-1.36193	-78.49412	-	HGPT
HGPT-MT-06	Parque Familia Baños	-1.39689	-78.38077	-	HGPT
HGPT-MT-07	Aeropuerto Ambato	-1.21415	-78.57446	-	HGPT
HGPT-MT-10	Embalse Mula Corral	-1.19575	-78.82884	-	HGPT
HGPT-MT-11	Chapulima	-1.21209	-78.72143	-	HGPT
HGPT-MT-12	Pampas de Salasaca	-1.40561	-78.6886	-	HGPT
HGPT-MT-13	Escuela Tasinteo	-1.16662	-78.50205	-	HGPT
HGPT-MT-14	Embalse Pisayambo	-1.07124	-78.39366	-	HGPT
M029	Baños	-1.39139	-78.4181	2360	INAMHI
M258	Querochaca (UTA)	-1.36712	-78.60549	2940	INAMHI
M128	Colegio Pedro Fermín Cevallos (Cevallos)	-1.35616	-78.61278	2910	INAMHI

SÍMBOLOS CONVENCIONALES:

Estaciones Meteorológicas

- A
- B
- excluir

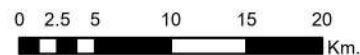
Áreas de Conservación PMP WGS84

Límite Provincial Tungurahua WGS84

UBICACIÓN SITIO DE ESTUDIO:



ESCALA GRÁFICA:



ESCALA DE TRABAJO:

1: 500,000

REFERENCIA ESPACIAL:

Referencia: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984
Authority: EPSG

DESCRIPCIÓN:

El plano representa la distribución espacial de las 17 estaciones meteorológicas activas de la provincia de Tungurahua utilizadas en el análisis hidroclimático. Las estaciones se clasifican según su fuente institucional (INAMHI, HGPT o serie compuesta INAMHI+HGPT) y su aptitud para el análisis de tendencias temporales (Grupo A: series de largo plazo aptas para Mann-Kendall; Grupo B: series de corto plazo aptas para estadística descriptiva). Se incluyen los límites provinciales y las áreas de conservación de páramo de Tungurahua.

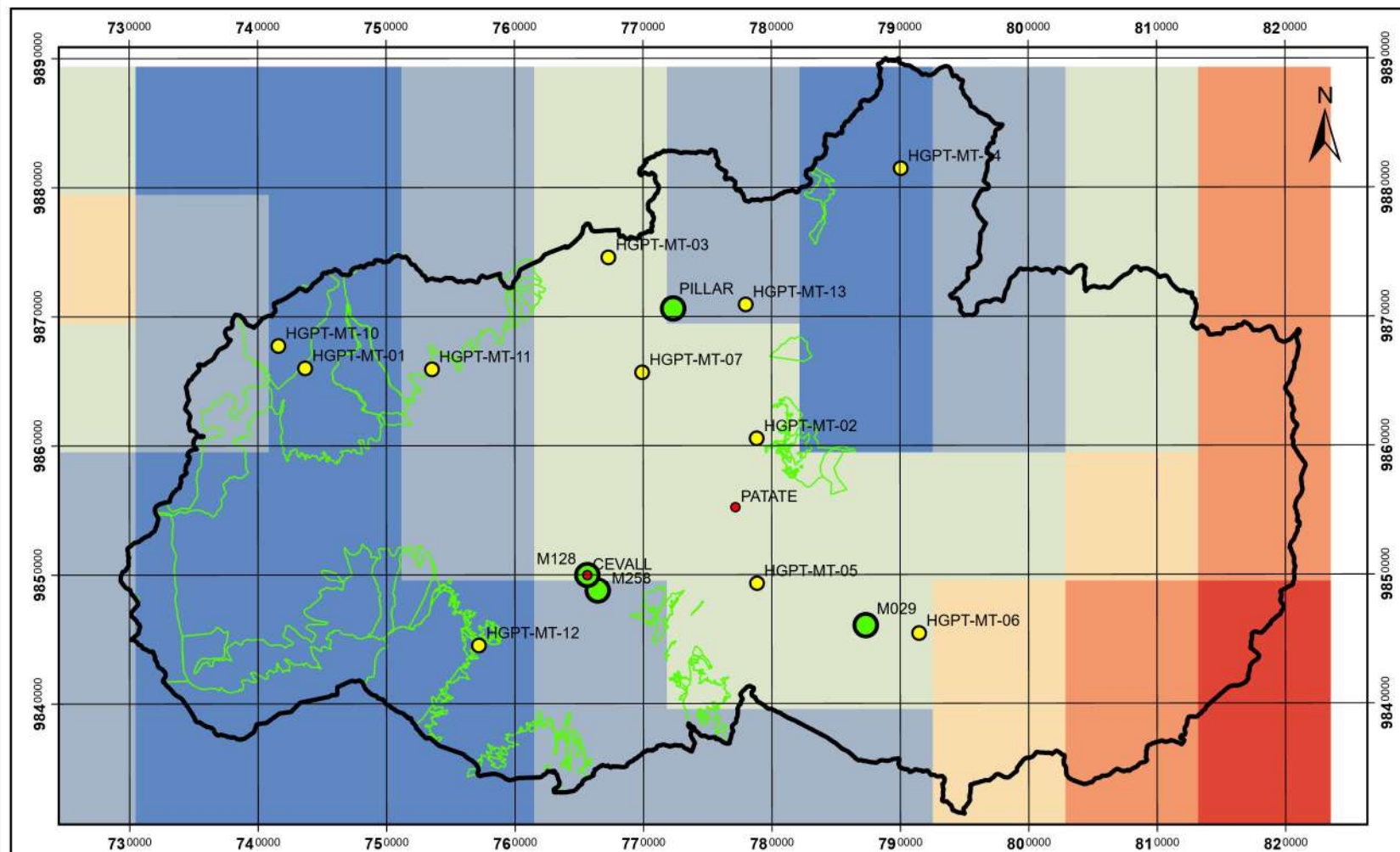


TEMA DE TESIS:
Análisis hidroclimático histórico de ecosistemas de páramo en la provincia de Tungurahua en puntos centinela

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:
Dinámica ecohidrológica y efectividad de conservación en páramos de Tungurahua: enfoque modular en sitios centinela. (Res. UTA-CONIN-2025-0420-R)

FUENTES: Estaciones meteorológicas: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT). Áreas de conservación: HGPT. Dirección de Recursos Naturales, Agua y Páramos. Fondo de Páramos Tungurahua y Lucha contra la Pobreza.	AUTORA: Daniela Cristina Sánchez Falconí
	FECHA: Mayo de 2026
	LÁMINA: 1 de 4

Temperatura media anual ERA5-Land corregida - Período de referencia climatológica 1991-2020



TEMPERATURA MEDIA ANUAL ESTACIONES METEOROLÓGICAS TUNGURAHUA 1991-2020

CÓDIGO	NOMBRE	T_min	T_max	T_media 1991-2020
CEVALL	Cevallos	9.24	10.43	9.77
PILLAR	Pillaro	11.02	12.42	11.59
PATATE	Patate	11.11	12.18	11.62
HGPT-MT-01	Embalse Chiquirco	6.22	7.66	6.82
HGPT-MT-02	Colegio Antonio Jose de Sucre	11.11	12.18	11.62
HGPT-MT-03	Hacienda Cunchibamba	10.43	11.87	11.03
HGPT-MT-05	Hacienda Guadalupe	10.46	11.66	10.97
HGPT-MT-06	Parque Familia Baños	11.27	12.68	11.77
HGPT-MT-07	Aeropuerto Ambato	11.02	12.42	11.59
HGPT-MT-10	Embalse Mula Corral	6.22	7.66	6.82
HGPT-MT-11	Chauptoma	8.43	9.87	9.01
HGPT-MT-12	Pampas de Salesaca	6.18	7.45	6.74
HGPT-MT-13	Escuela Tasileo	9.52	10.84	10.03
HGPT-MT-14	Embalse Pisayambo	6.01	7.3	6.47
M029	Baños	11.27	12.68	11.77
M258	Querocheca (UTA)	9.24	10.43	9.77
M128	Colegio Pedro Fermin Cevallos (Cevallos)	9.24	10.43	9.77

SÍMBOLOS CONVENCIONALES:

Estaciones Meteorológicas	Temperatura promedio 1991-2020
● A	7.4 - 9.8
● B	9.8 - 12.1
● excluir	12.1 - 14.5
■ Áreas de Conservación PMP WGS84	14.5 - 16.8
■ Límite Provincial Tungurahua WGS84	16.8 - 19.2
	19.2 - 21.5

UBICACIÓN SITIO DE ESTUDIO:



ESCALA GRÁFICA:



ESCALA DE TRABAJO:
1: 500,000

REFERENCIA ESPACIAL:
Referencia: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984
Authority: EPSG

DESCRIPCIÓN:

El plano representa la distribución espacial de la temperatura media anual en la provincia de Tungurahua para el período de referencia climatológica 1991-2020, obtenida a partir del producto ERA5-Land corregido por sesgo sistemático respecto a las estaciones meteorológicas locales. Se evidencia el gradiente térmico altitudinal característico de los Andes ecuatoriales, con temperaturas que oscilan entre 7.4°C en las zonas de páramo alto y 21.5°C en el límite oriental de la provincia, equivalente a un gradiente aproximado de 0.65°C por cada 100 metros de variación altitudinal.



TEMA DE TESIS:
Análisis hidroclimático histórico de ecosistemas de páramo en la provincia de Tungurahua en puntos centinela

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:
Dinámica ecohidrológica y efectividad de conservación en páramos de Tungurahua: enfoque modular en sitios centinela. (Res. UTA-CONIN-2025-0420-R)

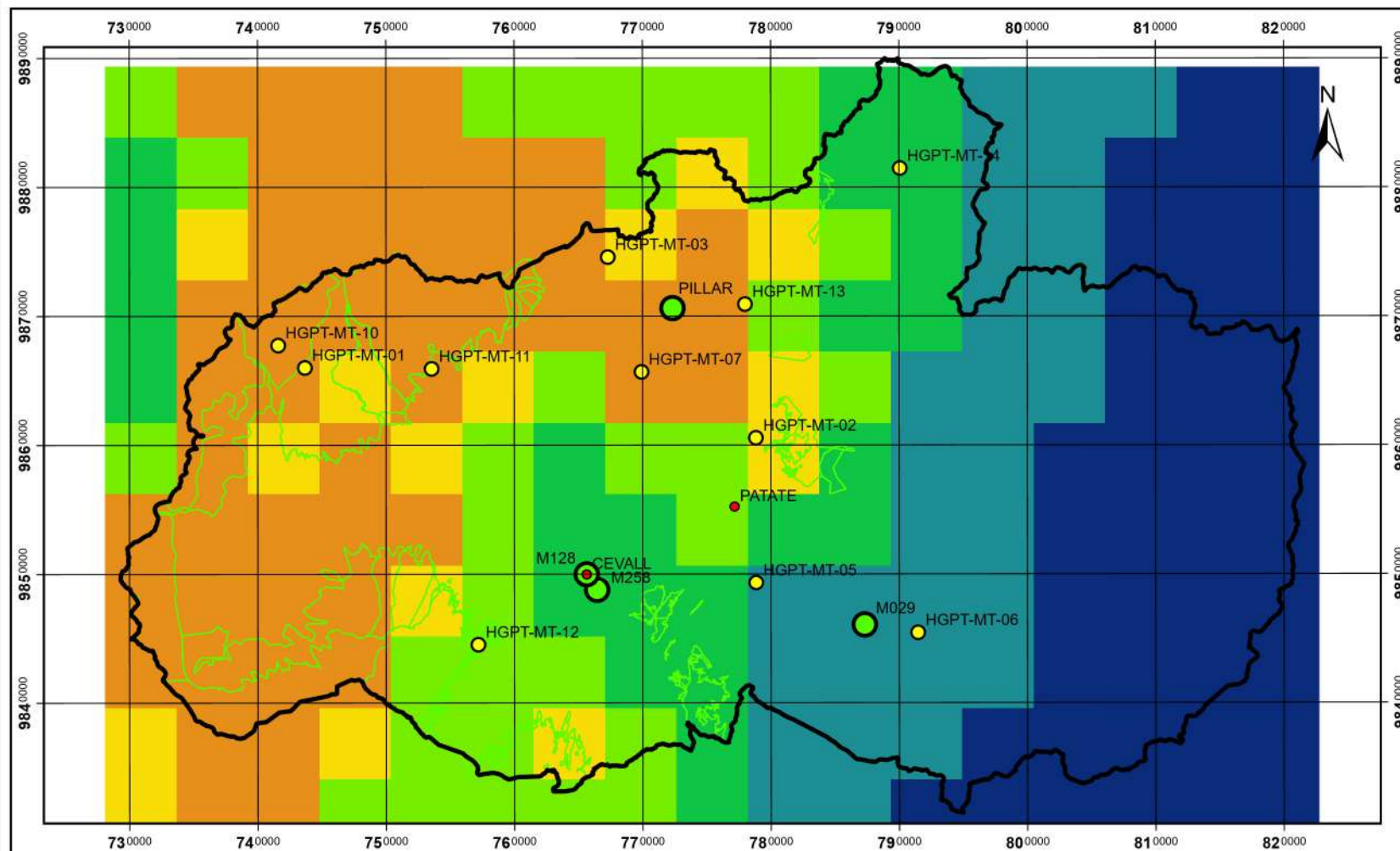
FUENTES:
Temperatura: ERA5-Land (ECMWF/Copernicus Climate Change Service), período 1991-2020, corregida con estaciones INAMHI y HGPT mediante corrección aditiva mensual. Estaciones meteorológicas: INAMHI y HGPT. Áreas de conservación: HGPT, Fondo de Páramos Tungurahua y Lucha contra la Pobreza.

AUTORA:
Daniela Cristina Sánchez Falconi

FECHA:
Mayo de 2026

LAMINA:
2 de 4

Precipitación media anual CHIRPS corregida - Período de referencia climatológica 1991-2020



PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL ESTACIONES METEOROLÓGICAS TUNGURAHUA 1991-2020

CÓDIGO	NOMBRE	P_min	P_max	P_media 1991-2020
CEVALL	Cevallos	694.8	1282.3	873.8
PILLAR	Pillaro	351.1	614.9	446.1
PATATE	Patate	561.1	998.5	720.4
HGPT-MT-01	Embalse Chiguiurcu	441.9	813.6	556.8
HGPT-MT-02	Colegio Antonio José de Sucre	432.3	787.4	587.8
HGPT-MT-03	Hacienda Cunchibamba	502.1	899.6	628.3
HGPT-MT-05	Hacienda Guadalupe	1056.9	1944	1391
HGPT-MT-06	Parque Familia Baños	1213.5	2201.6	1581
HGPT-MT-07	Aeropuerto Ambato	404.7	725.4	517.2
HGPT-MT-10	Embalse Mula Corral	353.1	626.3	443.9
HGPT-MT-11	Chaupioma	445.4	823.4	566.2
HGPT-MT-12	Pampas de Salasaca	642.5	1186.7	806.3
HGPT-MT-13	Escuela Taintico	269.4	481.2	350.3
HGPT-MT-14	Embalse Pisayambo	780	1361	1014.9
M029	Baños	1044.8	1931.6	1388.2
M258	Querochaca (UTA)	694.8	1282.3	873.8
M128	Colegio Pedro Fermín Cevallos (Cevallos)	694.8	1282.3	873.8

SÍMBOLOS CONVENCIONALES:

Estaciones Meteorológicas	Precipitación promedio 1991-2020
● A	396.9 - 711.5
● B	711.5 - 814.0
● excluir	814.0 - 1,037.8
■ Áreas de Conservación PMP WGS84	1,037.8 - 1,525.5
■ Límite Provincial Tungurahua WGS84	1,525.5 - 2,589.0
	2,589.0 - 4,907.9

UBICACIÓN SITIO DE ESTUDIO:



ESCALA GRÁFICA:



ESCALA DE TRABAJO: 1: 500,000

REFERENCIA ESPACIAL:
Referencia: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984
Authority: EPSG

DESCRIPCIÓN:

El plano representa la distribución espacial de la precipitación total anual media en la provincia de Tungurahua para el período de referencia climatológica 1991-2020, obtenida a partir del producto CHIRPS v2.0 corregido por sesgo sistemático respecto a las estaciones meteorológicas locales. Se evidencia un marcado gradiente de precipitación oeste-este, con valores mínimos de 396.9 mm/año en las zonas de páramo alto occidental y valores máximos de 4907.9 mm/año en el límite oriental amazónico de la provincia. Este gradiente refleja la transición entre el régimen pluviométrico interandino, influenciado por la sombra orográfica de la cordillera, y el régimen amazónico caracterizado por alta humedad atmosférica proveniente de la cuenca oriental. Los ecosistemas de páramo de la provincia se distribuyen predominantemente en el rango de 396.9 a 1525.5 mm/año.

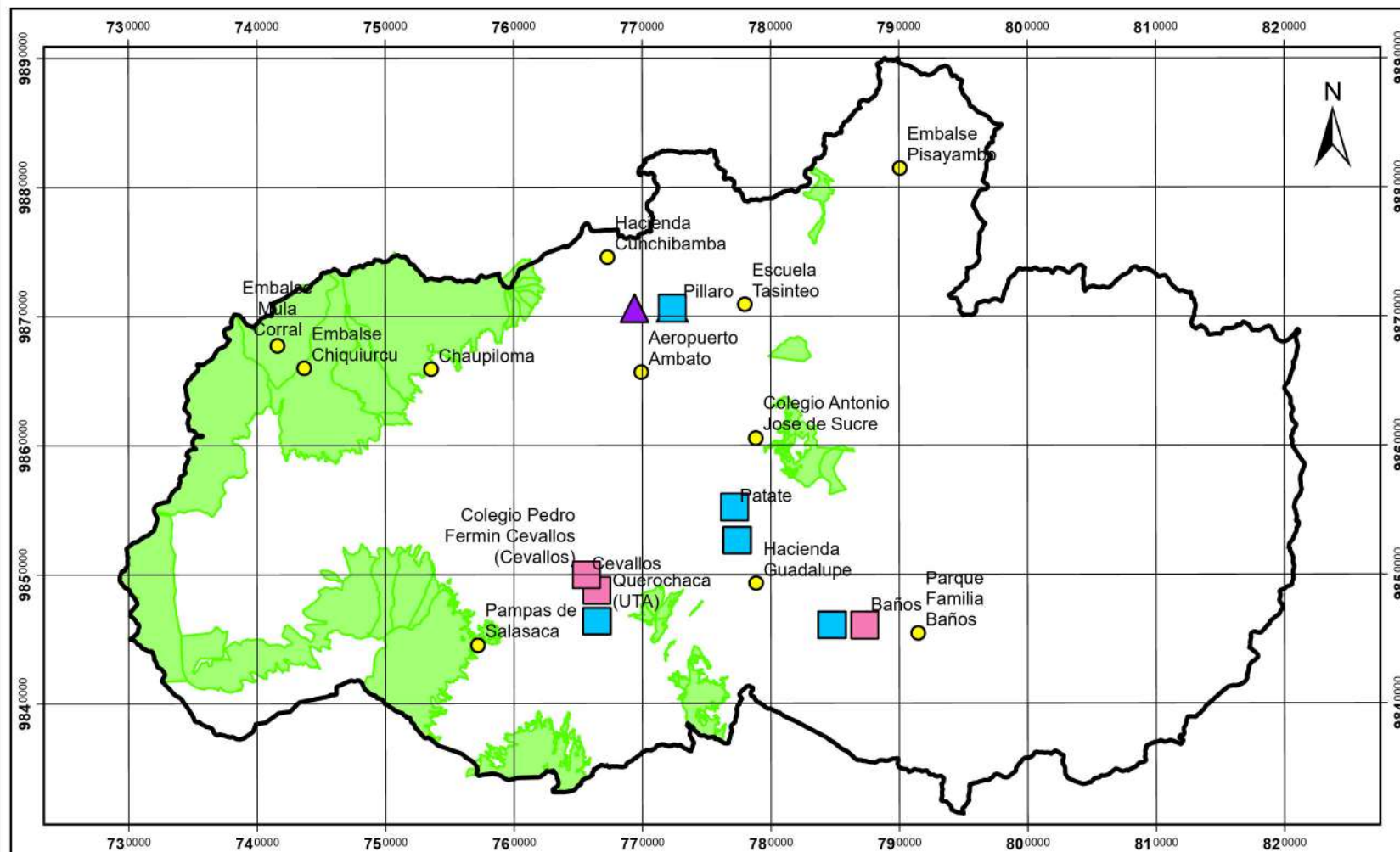


TEMA DE TESIS:
Análisis hidroclimático histórico de ecosistemas de páramo en la provincia de Tungurahua en puntos centinela

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:
Dinámica ecohidrológica y efectividad de conservación en páramos de Tungurahua: enfoque modular en sitios centinela. (Res. UTA-CONIN-2025-0420-R)

FUENTES: Precipitación: CHIRPS v2.0 (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data, Universidad de California Santa Bárbara), período 1991-2020, corregida con estaciones INAMHI y HGPT mediante corrección multiplicativa mensual. Estaciones meteorológicas: INAMHI y HGPT. Áreas de conservación: HGPT. Fondo de Páramos Tungurahua y Lucha contra la Pobreza.	AUTORA: Daniela Cristina Sánchez Falconí FECHA: Mayo de 2026 LAMINA: 3 de 4
--	---

Tendencias temporales de temperatura y precipitación en páramos de Tungurahua - Test de Mann-Kendall



PERÍODOS DE ANÁLISIS PRUEBA DE MANN KENDALL RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS TUNGURAHUA

CÓDIGO	NOMBRE	MK T Año Inicio	MK T Año Fin	MK P Año Inicio	MK P Año Fin
CEVALL	Cevallos			1992	2025
PILLAR	Pillaro	1992	2025	1992	2025
PATATE	Patate			1992	2025
HGPT-MT-01	Embalse Chiquiurcu				
HGPT-MT-02	Colegio Antonio Jose de Sucre				
HGPT-MT-03	Hacienda Cunchibamba				
HGPT-MT-05	Hacienda Guadalupe				
HGPT-MT-06	Parque Familia Baños				
HGPT-MT-07	Aeropuerto Ambato				
HGPT-MT-10	Embalse Mula Corral				
HGPT-MT-11	Chaupiloma				
HGPT-MT-12	Pampas de Salasaca				
HGPT-MT-13	Escuela Tasinteo				
HGPT-MT-14	Embalse Pisayambo				
M029	Baños	1992	2013	1992	2013
M258	Querochaca (UTA)	1992	2013	1992	2013
M128	Colegio Pedro Fermin Cevallos (Cevallos)	1992	2013		

SÍMBOLOS CONVENCIONALES:

Estaciones Meteorológicas	Resultados Mann Kendall
● A	▲ Creciente
● B	■ Sin Tendencia
● excluir	■ Sin Tendencia
 Áreas de Conservación PMP WGS84	■ Sin Tendencia
 Límite Provincial Tungurahua WGS84	■ Sin Tendencia

UBICACIÓN SITIO DE ESTUDIO:



ESCALA GRÁFICA:



ESCALA DE TRABAJO:
1: 500,000

REFERENCIA ESPACIAL:
Referencia: GCS WGS 1984
Datum: WGS 1984
Authority: EPSG

DESCRIPCIÓN:

El plano representa los resultados del test de Mann-Kendall aplicado a las series históricas de temperatura y precipitación en las estaciones meteorológicas del Grupo A de la provincia de Tungurahua. Los símbolos indican la dirección de la tendencia detectada (creciente, decreciente o sin tendencia) y su significancia estadística al 95% de confianza. Se detectó una tendencia creciente estadísticamente significativa en temperatura únicamente en la estación de Pillaro ($p < 0.001$, $\text{slope} = +0.023^\circ\text{C/año}$), equivalente a un incremento acumulado de aproximadamente $+0.75^\circ\text{C}$ en el periodo 1992-2025. Ninguna estación presentó tendencia significativa en precipitación.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA DE TESIS:
Análisis hidroclimático histórico de ecosistemas de páramo en la provincia de Tungurahua en puntos centinela

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:
Dinámica ecohidrológica y efectividad de conservación en páramos de Tungurahua: enfoque modular en sitios centinela. (Res. UTA-CONIN-2025-0420-R)

FUENTES:
Precipitación: CHIRPS v2.0 (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data, Universidad de California Santa Barbara), periodo 1991-2020; corregida con estaciones INAMHI y HGPT; mediante corrección multiplicativa mensual. Estaciones meteorológicas: INAMHI y HGPT. Áreas de conservación: INAMHI. Fondo de Páramos Tungurahua y Lucha contra la Pobreza.

AUTORA:
Daniela Cristina Sánchez Falconí

FECHA:
Mayo de 2026

LAMINA:
4 de 4