Fortaleciendo la capacidad y desarrollando estrategias de adaptación a los fenómenos de Cambio Climático en comunidades de montaña de la Cordillera Real de Los Andes Centrales de Bolivia

INSTITUTO DE HIDRÁULICA
E HIDROLOGÍA

PROYECTO ILLIMANI

"ANÁLISIS DE TENDENCIAS CLIMÁTICAS EN LA REGIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO SAJHUAYA"

INFORME FINAL

Daniel R. Espinoza Romero
Rodrigo Fernandez

IDRC CRDI
International Development Research Centre
Centre de recherches développement interne

Agua Sustentable

LA PAZ – BOLIVIA
Noviembre 2011

INDICE DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 1
1.1 Antecedentes 1
1.2 Objetivo 1
1.3 Alcance 1
1.4 Área de estudio 2
1.4.1 Descripción regional general 2
1.4.2 Descripción local 3
2 METODOLOGÍA 6
2.1 Enfoque de la investigación 6
2.2 Creación de la base de datos hidro-meteorológica 6
2.2.1 Recopilación de información 6
2.2.1.1 Termometría 6
2.2.1.2 Pluviometría 6
2.2.2 Procesamiento y tratamiento de la información 6
2.2.2.1 Base de datos empleada 6
2.2.2.2 Análisis de tendencias 7
3 INFORMACIÓN PLUVIO-TERMOMÉTRICA 8
3.1 Limitaciones de información en la cuenca de estudio 8
3.2 Ubicación de las estaciones 8
3.3 Periodo de registro en estaciones hidrometeorológicas 11
3.4 Análisis de calidad y consistencia 13
3.4.1 Precipitación 13
3.4.2 Temperaturas 23
4 ANÁLISIS DE TENDENCIAS 30
4.1 Conceptos básicos 30
4.1.1 Tests estadísticos 30
4.1.2 Tests Paramétricos 31
Regresión Lineal (test para tendencia) 32
T – Student (test para diferencia de medias de datos en dos periodos) 32
4.1.3 Tests No Paramétricos 33
Mann - Kendall (test para tendencia) 34

Spearman's Rho (test para tendencia) 35
Rank - Sum (test para diferencia de medianas de datos en dos periodos) 36
4.2 Preparación de series temporales 36
4.3 Termometría 38
4.3.1 Análisis de series de temperatura media ambiente 41
4.3.2 Análisis de series de temperatura máxima 45
4.3.3 Análisis de series de temperatura mínima 49
4.3.4 Análisis de amplitud térmica anual 53
4.4 Pluviometría 55
4.4.1 Análisis de series de precipitación 59
4.5 Análisis de sensibilidad en la evaluación de tendencia lineal 64
4.5.1 Formulación teórica 64
4.5.2 Análisis probabilístico de las tasas de crecimiento o decremento de las líneas de tendencia 71
4.6 Análisis de tendencias regionales a futuro 74
4.6.1 Proyección de las tendencias observadas de precipitación 75
4.6.2 Tendencia observada de temperatura media 77
5 CONCLUSIONES 80
5.1 Tendencias regionales 80
5.1.1 Temperatura media 80
5.1.2 Temperatura máxima 81
5.1.3 Temperatura mínima 81
5.1.4 Precipitación 82
BIBLIOGRAFÍA 83
REFERENCIAS WEB 83
ANEXOS 84
A-01 Descripción de la base de datos meteorológica (Hydraccess) 84
A-02 Ajuste de series temporales de temperatura máxima, media y mínima por estaciones a nivel anual y mensual 87
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura máxima mensual y anual (Periodo 1976-2009) El Alto 87
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura máxima mensual y anual (Periodo 1976-2009) La Paz 88
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura máxima mensual y anual (Periodo 1976-2009) Viacha 89

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura media mensual y anual (Periodo 1976-2009) El Alto ___ 90
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura media mensual y anual (Periodo 1976-2009) La Paz___ 91
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura media mensual y anual (Periodo 1976-2009) Viacha___ 92
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura mínima mensual y anual (Periodo 1976-2009) El Alto __ 93
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura mínima mensual y anual (Periodo 1976-2009) La Paz__ 94
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura mínima mensual y anual (Periodo 1976-2009) Viacha__ 95
Temperatura máxima media mínima ANUAL [ºC] (1976-2009) en estaciones _____ 96
Temperatura máxima media mínima ENERO [ºC] (1976-2009) en estaciones_____ 97
Temperatura máxima media mínima FEBRERO [ºC] (1976-2009) en estaciones _____ 98
Temperatura máxima media mínima MARZO [ºC] (1976-2009) en estaciones_____ 99
Temperatura máxima media mínima ABRIL [ºC] (1976-2009) en estaciones _____ 100
Temperatura máxima media mínima MAYO [ºC] (1976-2009) en estaciones _____ 101
Temperatura máxima media mínima JUNIO [ºC] (1976-2009) en estaciones _____ 102
Temperatura máxima media mínima JULIO [ºC] (1976-2009) en estaciones _____ 103
Temperatura máxima media mínima AGOSTO [ºC] (1976-2009) en estaciones _____ 104
Temperatura máxima media mínima SEPTIEMBRE [ºC] (1976-2009) en estaciones __ 105
Temperatura máxima media mínima OCTUBRE [ºC] (1976-2009) en estaciones ____ 106
Temperatura máxima media mínima NOVIEMBRE [ºC] (1976-2009) en estaciones ___ 107
Temperatura máxima media mínima DICIEMBRE [ºC] (1976-2009) en estaciones ____ 108
A-03 Ajuste de series temporales de precipitación por estaciones _____ 109
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1946-2009) El Alto _____ 109
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1976-2009) El Alto _____ 110
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1946-2009) La Paz_____ 111
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1976-2009) La Paz_____ 112
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1946-2009) San Calixto _____ 113
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1976-2009) San Calixto _____ 114

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1976-2009) Lambate 115
Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1976-2009) Mecapaca 116
Precipitación ANUAL en [mm] Estaciones (1946-2009) 117
Precipitación ENERO en [mm] Estaciones (1946-2009) 118
Precipitación FEBRERO en [mm] Estaciones (1946-2009) 119
Precipitación MARZO en [mm] Estaciones (1946-2009) 120
Precipitación ABRIL en [mm] Estaciones (1946-2009) 121
Precipitación MAYO en [mm] Estaciones (1946-2009) 122
Precipitación JUNIO en [mm] Estaciones (1946-2009) 123
Precipitación JULIO en [mm] Estaciones (1946-2009) 124
Precipitación AGOSTO en [mm] Estaciones (1946-2009) 125
Precipitación SEPTIEMBRE en [mm] Estaciones (1946-2009) 126
Precipitación OCTUBRE en [mm] Estaciones (1946-2009) 127
Precipitación NOVIEMBRE en [mm] Estaciones (1946-2009) 128
Precipitación DICIEMBRE en [mm] Estaciones (1946-2009) 129
Precipitación ANUAL en [mm] Estaciones (1976-2009) 130
Precipitación ANUAL en [mm] Estaciones (1976-2009) (CONTINUACIÓN) 131
Precipitación ENERO en [mm] Estaciones (1976-2009) 132
Precipitación ENERO en [mm] Estaciones (1976-2009) (CONTINUACIÓN) 133
Precipitación FEBRERO en [mm] Estaciones (1976-2009) 134
Precipitación FEBRERO en [mm] Estaciones (1976-2009) (CONTINUACIÓN) 135
Precipitación MARZO en [mm] Estaciones (1976-2009) 136
Precipitación MARZO en [mm] Estaciones (1976-2009) (CONTINUACIÓN) 137
Precipitación ABRIL en [mm] Estaciones (1976-2009) 138
Precipitación ABRIL en [mm] Estaciones (1976-2009) (CONTINUACIÓN) 139
Precipitación MAYO en [mm] Estaciones (1976-2009) 140
Precipitación MAYO en [mm] Estaciones (1976-2009) (CONTINUACIÓN) 141
Precipitación JUNIO en [mm] Estaciones (1976-2009) 142
Precipitación JUNIO en [mm] Estaciones (1976-2009) (CONTINUACIÓN) 143
Precipitación JULIO en [mm] Estaciones (1976-2009) 144
Precipitación JULIO en [mm] Estaciones (1976-2009) (CONTINUACIÓN) 145
Precipitación AGOSTO en [mm] Estaciones (1976-2009) 146
Precipitación AGOSTO en [mm] Estaciones (1976-2009) (CONTINUACIÓN) 147

Precipitación SEPTIEMBRE en [mm] Estaciones (1976-2009) _____ 148
Precipitación SEPTIEMBRE en [mm] Estaciones (1976-2009) (CONTINUACIÓN) _____ 149
Precipitación OCTUBRE en [mm] Estaciones (1976-2009) _____ 150
Precipitación OCTUBRE en [mm] Estaciones (1976-2009) (CONTINUACIÓN)_____ 151
Precipitación NOVIEMBRE en [mm] Estaciones (1976-2009) _____ 152
Precipitación NOVIEMBRE en [mm] Estaciones (1976-2009) (CONTINUACIÓN) _____ 153
Precipitación DICIEMBRE en [mm] Estaciones (1976-2009) _____ 154
Precipitación DICIEMBRE en [mm] Estaciones (1976-2009) (CONTINUACIÓN) _____ 155

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características generales de la cuenca del río Sajhuaya (Nevado Illimani)_____ 5
Tabla 2: Características morfométricas de las subcuencas_____ 5
Tabla 2: Características morfométricas de las subcuencas (Cont.)_____ 5
Tabla 3: Estaciones meteorológicas en la cuenca del río Sajhuaya y de apoyo _____ 9
Tabla 4: Diagrama de barras de datos meteorológicos observados en estaciones de de apoyo _____ 12
Tabla 5: Estadísticos de la pluviometría mensual observada en estaciones regionales_____ 18
Tabla 5: Estadísticos de la pluviometría mensual observada en estaciones regionales (Cont.)_____ 19
Tabla 6: Estadísticos de la temperatura media mensual en estaciones regionales _____ 25
Tabla 6: Estadísticos de la temperatura media mensual en estaciones regionales (Cont.) _____ 26
Tabla 7: Coeficientes de determinación de la regresión múltiple de temperatura máxima y mínima diaria (2010) _____ 27
Tabla 8: Temperatura media mensual y anual en [ºC] en estaciones de apoyo (Datos reconstituidos y rellenados 1976-2009) _____ 38
Tabla 9: Temperatura máxima mensual y anual en [ºC] en estaciones de apoyo (Datos reconstituidos y rellenados 1976-2009) _____ 39
Tabla 10: Temperatura mínima mensual y anual en [ºC] en estaciones de apoyo (Datos reconstituidos y rellenados)_____ 40
Tabla 11: Tabla resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para temperatura media mensual y anual en estaciones de referencia (1976-2009) ____ 43
Tabla 12: Tabla resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para temperatura máxima mensual y anual en estaciones de referencia (1976-2009)___ 47
Tabla 13: Tabla resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para temperatura mínima mensual y anual en estaciones de referencia (1976-2009) ___ 51
Tabla 14: Precipitación media mensual y anual en [mm] en estaciones de referencia (Datos reconstituidos y rellenados) _____ 56
Tabla 15: Tabla resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para precipitación mensual y anual en estaciones referenciales (1945-2009) _____ 61
Tabla 16: Tabla resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para precipitación mensual y anual en estaciones referenciales (1976-2009) _____ 62
Tabla 17: Estación meteorológica de la región de estudio _____ 75
Tabla 18: Variación de precipitación mensual y anual [%] para (2040-2060) respecto a (1960-1990) según el análisis de tendencia en las estaciones pluviométricas del periodo (1946-2009) _____ 75
Tabla 19: Variación de precipitación mensual y anual [%] para (2040-2060) respecto a (1960-1990) según el análisis de tendencia en las estaciones pluviométricas del periodo (1946-2009) _____ 77

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica de la cuenca del río Sajhuaya (Illimani) _____ 4

Figura 2: Ubicación de estaciones HOBO y puntos de aforo en el 2009_____ 10

Figura 3: Ubicación de estaciones meteorológicas regionales de apoyo _____ 11

Figura 4: Estadísticas pluviometría mensual observada estaciones regionales _____ 15

Figura 4: Estadísticas pluviometría mensual observada estaciones regionales (continuación) _____ 16

Figura 4: Estadísticas pluviometría mensual observada estaciones regionales (continuación) _____ 17

Figura 4: Estadísticas pluviometría mensual observada estaciones regionales (continuación) _____ 18

Figura 5: Precipitación media mensual en estaciones regionales (1975-2010) _____ 20

Figura 6: Índices anuales del vector regional y de las estaciones regionales, datos originales de precipitación y de series reconstituidas y rellendas _____ 22

Figura 7: Estadísticas temperatura media mensual observada estaciones regionales_____ 23

Figura 7: Estadísticas temperatura media ambiente observada estaciones regionales (Cont.)_____ 24

Figura 7: Estadísticas temperatura media ambiente observada estaciones regionales (Cont.)_____ 25

Figura 8: Temperatura media mensual en estaciones regionales (1975-2010) _____ 26

Figura 9: Índices anuales del vector regional y de las estaciones regionales, datos originales y datos corregidos y completados de temperatura media _____ 28

Figura 10: Índices anuales del vector regional y de las estaciones regionales, datos corregidos completados de temperatura máxima _____ 29

Figura 11: Índices anuales del vector regional y de las estaciones regionales, datos corregidos completados de temperatura mínima _____ 29

Figura 12: Temperatura media mensual y anual en [ºC] en estaciones de apoyo (Datos reconstituidos y rellenados 1976-2009) _____ 39

Figura 13: Temperatura máxima mensual anual en [ºC] en estaciones de apoyo (Datos reconstituidos y rellenados 1976-2009) _____ 40

Figura 14: Temperatura mínima anual en [ºC] en estaciones de apoyo (Datos reconstituidos y rellenados)_____ 41

Figura 15: Ajuste de la serie de temperatura media anual en [ºC] para las estaciones El Alto, La Paz y Viacha en los periodos 1976-2009 (Datos reconstituidos y rellenados)_____ 42

Figura 16: Termogramas sintéticos en base a las líneas de tendencias 1976-2009 de la temperatura media ambiente [ºC] para las estaciones de referencia _____ 44

Figura 17: Ajuste de la serie de temperatura máxima anual en [ºC] para las estaciones El Alto, La Paz y Viacha en los periodos 1976-2009 (Datos reconstituidos y rellenados)_____ 46

Figura 18: Termogramas sintéticos en base a las líneas de tendencias 1976-2009 de temperatura máxima [ºC] para las estaciones de referencia 48

Figura 19: Ajuste de la serie de temperatura mínima anual en [ºC] para las estaciones El Alto, La paz y Viacha (Datos reconstituidos y rellenados) 50

Figura 20: Termogramas sintéticos en base a las líneas de tendencias 1976-2009 de temperatura mínima [ºC] para las estaciones de referencia 52

Figura 21: Termogramas y ajuste lineal de tendencia 1976-2009 de temperaturas [ºC] para la estación de El Alto 53

Figura 22: Termogramas y ajuste lineal de tendencia 1976-2009 de temperaturas [ºC] para la estación de La Paz 54

Figura 23: Termogramas y ajuste lineal de tendencia 1976-2009 de temperaturas [ºC] para la estación de Viacha 55

Figura 24: Precipitación media anual en [mm] en estaciones de referencia (Datos reconstituidos y rellenados) 56

Figura 25: Pluviograma medio mensual en [mm] en estaciones de referencia (Datos reconstituidos y rellenados) 57

Figura 26: Precipitación media mensual en [mm] en estaciones de referencia (Datos reconstituidos y rellenados) 58

Figura 27: Ajuste de la serie de precipitaciones anuales en [mm] para las estaciones de referencia (Datos reconstituidos y rellenados) 60

Figura 28: Pluviogramas sintéticos en base a las líneas de tendencias 1945-2009 de la Precipitación mensual en [mm] para las estaciones de referencia 63

Figura 29: Esquema de la serie cronológica temporal 64

Figura 30: Representación del ajuste de la línea de tendencias Yi. 65

Figura 31: Representación del trazado de líneas de ajuste para diferentes periodos. 65

Figura 32: Evolución del gradiente anual de precipitación en estaciones de referencia 67

Figura 33: Límites asumidos de distorsión del gradiente de precipitación anual 68

Figura 34: Límites asumidos de distorsión del gradiente térmico anual 70

Figura 35: Líneas de tendencias para precipitación anual (estación de El Alto 1943-2009) 71

Figura 36: Líneas de tendencias para Temperatura Media anual (estación de La Paz 1960-2009) 72

Figura 37: Curva de Distribución Normal del gradiente de precipitación anual en base al análisis múltiple de líneas de tendencia (Estación El Alto 1943-2009) 73

Figura 38: Curva de Distribución Normal del gradiente de temperatura media anual en base al análisis múltiple de líneas de tendencia (Estación La Paz 1960-2009) 74

Figura 39: Variación de precipitación mensual [%] para (2040-2060) respecto a (1960-1990) según el análisis de tendencia en las estaciones pluviométricas del periodo (1946-2009) 76

Figura 40: Variación de precipitación anual [%] para (2040-2060) respecto a (1960-1990) según el análisis de tendencia en las estaciones pluviométricas del periodo (1946-2009) 76

Figura 41: Variación de temperatura mensual [ºC] para (2040-2060) respecto a (1960-1990) según el análisis de tendencia en las estaciones pluviométricas del periodo (1976-2009) _____ 78

Figura 42: Variación de temperatura media anual [%] para (2040-2060) respecto a (1960-1990) según el análisis de tendencia en las estaciones pluviométricas del periodo (1976-2009) _____ 78

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En los últimos años se ha evidenciado en el país y en el mundo un aumento significativo de la temperatura así como otros efectos atribuidos al cambio climático que afectan a los sectores productivos, económicos y sociales.

En consecuencia se han elaborado proyectos que proponen estrategias de adaptación y mitigación a los efectos de cambio climático, gestión del agua y manejo del sistema de cultivos, entre otros.

En este contexto las instituciones Agua Sustentable (ONG), la Facultad de Agronomía y el Instituto de Hidráulica e Hidrología de la Universidad Mayor de San Andrés, vienen impulsando el "Proyecto Illimani", el cual enmarca el estudio de la cuenca del río Sajhuaya, donde las comunidades de Khapi, Cebollullo, Tahuapalca y Jalancha del municipio de Palca son los beneficiarios.

1.2 Objetivo

El objetivo general es evaluar el comportamiento y la evolución temporal a nivel mensual de variables climáticas como la precipitación y temperatura en la región de la Cuenca del Río Sajhuaya (Nevado Illimani).

Los objetivos específicos son:

- Establecer una base de datos hidro-climáticos de la región de estudio a nivel mensual.
- Determinar las tendencias de series temporales de precipitación y temperatura, para estaciones representativas de la región.

1.3 Alcance

El estudio climático comprende las siguientes actividades:

a) Crear y validar una base de datos meteorológicos mensuales de la región (Nevado Illimani del Departamento de La Paz), con datos de estaciones con registros históricos lo más extensos posibles hasta 2009/2010. Comprende las siguientes subtareas:

- Creación de la base de datos hidroclimáticos en Hydraccess.
- Inclusión de las temperaturas máximas y mínimas mensuales
- Análisis de calidad, consistencia y regionalización climática de variables analizadas

b) Análisis de tendencias. Evaluación del comportamiento temporal de variables climáticas de estaciones representativas en la región de estudio (estaciones con observaciones históricas extensas). Se evalúan las siguientes variables:

- Precipitación mensual (12) y anual
- Temperatura media mensual (12) y anual
- Temperatura máxima mensual (12) y anual
- Temperatura mínima mensual (12) y anual

1.4 Área de estudio

1.4.1 Descripción regional general

La Cordillera Oriental, con una longitud aproximada de 1100 km y un ancho que varía entre 150 y 400 km, atraviesa los departamentos de La Paz, Oruro y Cochabamba. Este ramal andino es, tanto por su longitud como por su altura media, el más importante de Bolivia y constituye la divisoria de aguas de las tres cuencas hidrográficas que drenan el territorio: la amazónica, la platense y la interior o endorreica.

La formación de la Cordillera Real u Oriental es producto de la presión de Escudo Brasileño sobre la placa del Pacífico que provocó el plegamiento de la corteza terrestre y el levantamiento del lecho marino, dando forma a la cordillera de los andes y a su ramificación más importante: la cordillera Real u Oriental. La presión provocó que las diferentes capas de la corteza terrestre se plegasen durante las eras Secundaria y Terciaria formando diferentes elevaciones donde pueden encontrarse lutitas y areniscas además de intrusiones graníticas provenientes del enfriamiento del magma procedente del interior de la Tierra. La acción de la erosión ha sido tan intensa en esta zona que en la actualidad han aflorado esos materiales a la superficie y se ha rebajado casi a la mitad la altura original de esas elevaciones.

La Cordillera Oriental es una formación joven en la que predominan los suelos áridos producto de la acción de los vientos en su zona meridional. Este gran macizo rocoso constituye una barrera orográfica para los vientos húmedos procedentes de la cuenca amazónica (noreste del nevado Illimani), que al llegar a la cordillera descargan su humedad y ascienden por esta vertiente hasta llegar totalmente desecados al otro lado de la cordillera (suroeste del nevado Illimani), dando origen a paisajes predominantemente áridos.

Desde el macizo del Illampu hasta el Illimani sus altas cimas nevadas superan los 6000 metros de altitud y presenta, entre sus quebradas, glaciares importantes, que con la fusión o el deshielo forman numerosas lagunas en las faldas de las montañas. Sus cimas presentan nieves perpetuas por encima de los 5300 m.s.n.m.

Las cumbres más importantes de la Cordillera de La Paz en el macizo de Sorata (al noroeste), con la altitud de su pico en m.s.n.m. son:

Illampu Sorata	Ancohuma	Illimani	Casiri	Chiaraco	Huayna Potosí	Chachacomani	Condoriri	Taquesi	Mururata
6421	6380	6322	5910	6240	6088	6150	5850	5550	5869

Esta zona tiene un clima muy frío. Debido a los vientos y masas húmedas de aire que vienen del Pacífico, las precipitaciones son mayores en el frente occidental de la cordillera oriental respecto a las lluvias que se dan en el altiplano, lo que influye directamente en la existencia de importantes extensiones de vegetación en los valles interandinos. En la parte oriental (amazónica), las lluvias son torrenciales a causa de los vientos del Atlántico, que influyen en la vegetación de los valles interandinos (Yungas) y llanos orientales. De acuerdo a la clasificación de Köppen, el clima característico de esta zona es el clima de alta montaña (EB) que corresponde a las altas cumbres de las cordilleras que están cubiertas de nieve o hielo la mayor parte del año.

1.4.2 Descripción local

El proyecto estudia la cuenca del río Sajhuaya, que está ubicada al suroeste del Nevado Illimani, ubicada en la Cordillera Oriental. La cuenca de estudio ha sido discretizada en cuatro subcuencas sin cobertura glacial ni nival permanente, las mismas que se han nombrado como las principales comunidades a las que benefician: Jalancha, Khapi, Cebollullo y Tahuapalca, en orden altitudinal descendente, es decir que Jalancha es la que se encuentra a mayor altitud y Tahuapalca a más baja altura *(ver figura 1)*. Además se tienen dos subcuencas con cobertura glacial que son la de Jalancha y Khapi.

Las zonas de cordillera que superan los 4500 ms.n.m. presentan condiciones alpinas, subalpinas y nivales con pendientes predominantes entre 70 a 35% aproximadamente. Las condiciones climáticas en la zona no se superan los 6 ºC de temperatura media y las precipitaciones son sólidas (generalmente en forma de nieve). Estas condiciones limitan el crecimiento de la vegetación, que mayormente presenta características singulares, al adaptarse al rigor del clima, por ejemplo, su crecimiento es más lento. La vegetación predominante en esta zona son: el huari coca, pupusa, zapatilla, cuncuna, ihurpa y paita. En esta región geográfica existe mayor vegetación a similares altitudes que en la cordillera Occidental, especialmente en la zona septentrional, debido a su mayor humedad. Las cimas más altas presentan bofedales con plantas higrófitas, pastos húmedos o chijis[1].

[1] Enciclopedia de Bolivia, AA.VV

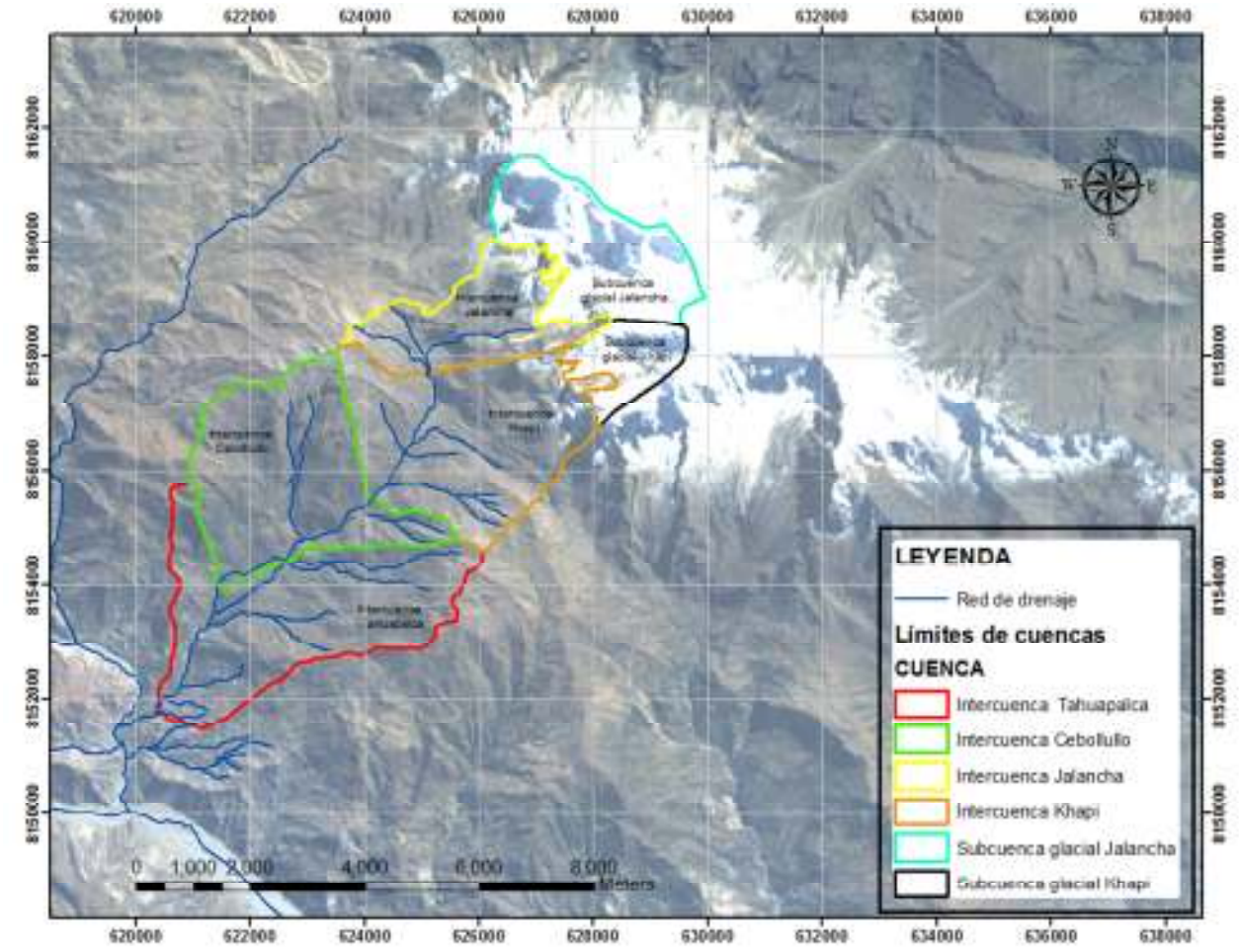


Figura 1: Ubicación geográfica de la cuenca del río Sajhuaya (Illimani)

Proyección UTM, Datum WGS84, Zona 19 Sur *(Fuente: Elaboración propia)*

Las zonas bajo los 4500 m.s.n.m. presentan nieves temporales en caso de precipitación sólida, la cual se fusiona y escurre de manera instantánea o presenta un retardo menor al de una cuenca glacial. En general las condiciones de escurrimiento en esta zona responden directamente a la precipitación (cuenca hidrológica), existe además la presencia de bofedales especialmente en la subcuenca Jalancha. Las pendientes predominantes en esta zona están entre 35 y 5% aproximadamente (disección moderada). Los suelos presentan depósitos aluviales y en las partes bajas los suelos son aptos para cultivos, por esa razón la existencia de pequeños sistemas de riego.

La tabla 1 presenta algunas características de la cuenca total con zona glacial y no glacial.

Características de la cuenca del río Sajhuaya (Nevado Illimani)	
Coordenadas de la cuenca (WGS84)	16º40'S / 67º50'E
Rango altitudinal [m]	6300 - 2500
Superficie [km2]	46,23
Exposición general	Sur y Oeste
Pendiente media [%]	35%
Longitud del curso principal [km]	11,19
Precipitación media anual [mm]	621,2
Temperatura media anual [ºC]	19,7
Temperatura mínima media [ºC]	Varía altitudinalmente
Temperatura máxima media [ºC]	Varía altitudinalmente

Tabla 1: Características generales de la cuenca del río Sajhuaya (Nevado Illimani)
(Fuente: Elaboración propia)

Se ha definido discretizar la cuenca del Río Sajhuaya en 6 subcuencas, 4 de ellas son cuencas intermedias *(ver figura 1)*. La tabla 2 muestra algunas de las propiedades morfométricas de las subcuencas.

Nombre Subcuenca	Tipo Subcuenca	Área [km^2]	Perímetro [km]	Cordenadas Centro Gravedad UTM WGS84 Z19 sur		Altura media [m.s.n.m.]
				X_{cg}	Y_{cg}	
Glaciar Jalancha	Subcuenca	6,32	13,78	627.968	8'159.871	5600
Glaciar Khapi	Subcuenca	2,24	8,46	628.569	8'157.927	5480
Jalancha	Intercuenca	5.62	15,62	625.833	8'158.647	4480
Khapi	Intercuenca	10.83	17,98	625.834	8'156.639	4440
Cebollullo	Intercuenca	9.84	15,80	622.632	8'155.859	3610
Tahuapalca	Intercuenca	11.38	15,86	622.933	8'153.422	3360

Tabla 2: Características morfométricas de las subcuencas
(Fuente: Elaboración propia)

Subcuenca	TIPO	AREA [Km2]	PERIM. [Km]	PDTE. MEDIA CUENCA [m/m]	ELEV. MÍN. [msnm]	ELEV. MÁX. [msnm]	ALT. MEDIA CUENCA [msnm]	DES-NIVEL [m]	LONG. MAX. DRENAJE [Km]	LONG. RECT. EQUIV. [Km]		INDICE COMP.	DIAM. CIRCULO EQUIV. [Km]	TIEMPO CONC. Tc KIRPICH [Hr]	TIEMPO CONC. Tc TEMEZ [Hr]
										L 1	L 2				
Glacial Jalancha	SC-C	6.32	13.78	0.39	4930	6360	5645	1430	3.70	5.86	1.08	1.55	2.84	1.54	2.33
Glacial Khapi	SC-C	2.24	8.46	0.50	5110	6370	5740	1260	2.50	3.65	0.61	1.59	1.69	1.03	1.64
Jalancha	IC	5.62	15.62	0.44	4010	5730	4870	1720	3.90	7.03	0.83	1.82	2.73	1.52	2.37
	SC	**11.94**	**17.65**	0.37	4010	6360	5185	2350	6.40	7.20	1.69	1.43	3.94	2.40	3.57
Khapi	IC	10.83	17.98	0.35	3740	5620	4680	1880	5.30	7.77	1.29	1.60	3.57	2.10	3.11
	SC	**25.01**	**21.77**	0.29	3740	6370	5055	2630	9.10	7.85	3.12	1.24	5.58	3.44	4.88
Cebolullo	IC	9.84	15.80	0.30	2955	4570	3763	1615	5.40	6.30	1.66	1.38	3.65	2.27	3.26
	SC	**34.85**	**28.04**	0.27	2955	6370	4663	3415	12.50	10.93	3.19	1.34	6.67	4.49	6.28
Tahuapalca	IC	11.38	15.86	0.28	2500	4515	3508	2015	7.20	6.43	1.56	1.41	3.58	2.91	4.11
	SC	**46.23**	**33.25**	0.25	2500	6370	4435	3870	15.50	13.39	3.36	1.40	7.57	5.49	7.52

Nota: SC-C = Subcuenca Cabecera, IC= Cuenca intermedia o intercuenca y SC= Subcuenca total

Tabla 2: Características morfométricas de las subcuencas (Cont.)
(Fuente: Elaboración propia)

2 METODOLOGÍA

2.1 Enfoque de la investigación

La investigación está dividida en las siguientes fases:

- Recopilación de información hidrometeorológica, digital de SENAMHI (precipitación, temperatura media ambiente, temperatura máxima, temperatura mínima) imágenes de satélite.
- Análisis de tendencias y evaluación del comportamiento de series históricas de precipitación y temperaturas en estaciones meteorológicas de la región.

2.2 Creación de la base de datos hidro-meteorológica

2.2.1 Recopilación de información

La primera tarea en un estudio climático / meteorológico implica la recopilación de la información registrada o observada en estaciones meteorológicas dentro de la cuenca de estudio o en zonas cercanas o con influencia sobre esta, de manera que la red de observación posibilite realizar la evaluación y estimación de la distribución espacial y temporal de variables climáticas.

2.2.1.1 Termometría

En la cuenca de estudio no se tienen estaciones con registros de temperatura continuos ni sobre periodos amplios, como se requieren para un estudio de tendencias. Se recurrió a la red de estaciones meteorológicas regional administrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) con series largas de registros.

2.2.1.2 Pluviometría

En la cuenca solamente existe una estación pluviométrica (Pinaya) cuyos registros de lluvia no son consistentes respecto a los de las otras estaciones regionales y el periodo de observación es corto y discontinuo. Por lo tanto, se recurrió a estaciones cercanas a la cuenca administradas por SENAMHI que cuenten con series históricas extensas y continuas.

2.2.2 Procesamiento y tratamiento de la información

2.2.2.1 Base de datos empleada

El software utilizado para crear la base de datos hidro-meteorológica es el Hydraccess. Es un paquete completo y homogéneo que permite importar y guardar varios tipos de datos hidro-

meteorológicos en una base de datos en formato Access 2000 (de office de Microsoft) y realizar los procesamientos básicos que un hidrólogo o meteorólogo pueda requerir.
Hydraccess puede manejar los siguientes datos a nivel instantáneo, horario, diario y mensual y algunos procesamientos de la información:

- Series cronológicas: cotas, caudales, datos de calidad de aguas, lluvias y datos meteorológicos.
- Aforos.
- Calibraciones de curvas de gasto
- Información histórica de las estaciones y descripción de esta.
- Cotas de los ceros de escalas en nivelación general (en metros sobre el nivel del mar).

Los datos cronológicos tales como cotas, caudales, calidad de aguas, lluvias o datos meteorológicos son organizados por campos, y son vinculados al código de la **estación** (punto de medición) y a un **captor** (código de la serie observada), misma que posee propiedades que definen su tipo, unidad, número de dígitos significativos y de decimales, etc. Existen tres tipos de captores:

- Captores instantáneos “I”: los datos son ingresados con fecha y hora libres sin imponer un intervalo de tiempo fijo.
- Captores diarios “D”: se ingresa un solo valor por día.
- Captores mensuales “M”: se ingresa un solo valor por mes.

Entre los procesamientos que son posible son: generación de gráficas simples o comparativos a partir de los datos importados; visualización gráfica; agregar datos con varios intervalos de tiempo fijo, desde el minuto hasta el año, pasando por el día, 5 días, 10 días, 15 días y el mes; elaborar tablas de anuario a nivel diario o mensual y realizar un inventario de los datos presentes en la base.

2.2.2.2 Análisis de tendencias

- Evaluación inicial de la calidad de los datos originales, por simple análisis gráfico de datos.
- Regionalización, y análisis de consistencia de la precipitación y temperaturas a nivel mensual. Se aplicó el método del vector regional para identificar anomalías, valores extremos o comportamientos no homogéneos en la región, que son evaluados para establecer su confiabilidad con el fin de ratificarlos o corregirlos.
- Preparación y armado de series continuas mensuales y anuales de los datos de precipitación y temperatura para el análisis de tendencias. Los datos originales presentan vacios o lagunas en algunos meses o periodos, que deben ser reconstituidos para poder aplicar test estadísticos usados para el análisis de tendencias.
- Análisis de tendencias de precipitaciones y temperaturas mensuales y anuales, aplicando test estadísticos paramétricos y no paramétricos, incluidos en el programa TREND.

3 INFORMACIÓN PLUVIO-TERMOMÉTRICA

La investigación climática regional requiere del conocimiento inicial de las condiciones físico-geográficas, datos puntales medidos - observados, procesamiento, tratamiento y análisis de variables meteorológicas a nivel mensual como:

- Precipitación
- Temperatura (máxima, media y mínima)

La precipitación es el agua que proviene de la humedad atmosférica y que cae a la superficie terrestre, principalmente en estado líquido (lluvia) o sólido (granizo y nieve).

La temperatura máxima es la mayor temperatura registrada en un período dado. La temperatura mínima es la menor temperatura registrada en un período dado. La amplitud térmica: diferencia entre la temperatura máxima y mínima. La temperatura media: Es la temperatura promedio de un período dado.

La elaboración de estudios meteorológicos sólo podrá ser efectuada cuando se tenga una base de datos consistente, completa, continua y extensa de las variables climáticas de interés.

3.1 Limitaciones de información en la cuenca de estudio

La baja densidad de la red termo-pluviométrica, la baja disponibilidad de datos históricos continuos y extensos, de precipitación, temperatura en la región, limitan la evaluación climática en la cuenca de estudio. Por ello se recurre a estaciones regionales de apoyo.

Para reponer o hacer frente a estas limitaciones, el proyecto Illimani ha instalado 9 estaciones distribuidas espacial y altitudinalmente en la cuenca del rio Sajhuaya. Sin embargo estas solamente están operando desde el año 2009.

3.2 Ubicación de las estaciones

Las estaciones meteorológicas instaladas el 2009 se encuentran dispuestas a diferentes elevaciones dentro de la cuenca en estudio del río Sajhuaya *(ver figura 2)*.

La tabla 3 muestra los datos de las estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio, tanto las de apoyo como las instaladas para el proyecto *(figura 3)*.

	Estación	Tipo de estación	Provincia	Adminis-trador	Latitud [o]	Longitud [o]	Altitud [m.s.n.m.]	Inicio Actividad	Cierre	Años registro	Temp.	Precip.	Evap.	%HR	V.V.	Insol.	ETP
En la Cuenca	Cebollullo	T (DAVIS)	Murillo	IIAREN-UMSA	-16.694	-67.860	2771	2009		1	TODO						
	Jalancha	T (HOBO)	Murillo	IIAREN-UMSA	-16.660	-67.827	4015	2009		1	•						
	Khapi	T (HOBO)	Murillo	IIAREN-UMSA	-16.680	-67.850	3326	2009		1	•	•					
	Khapi	T (DAVIS)	Murillo	IIAREN-UMSA	-16.685	----	3548	2009		1	TODO						
	Pinaya	TP	Murillo	AS-IHH	----	----	3800	2009		1	•	•			•		
	Plaza	TP (HOBO)	Murillo	IIAREN-UMSA	-16.709	-67.870	2631	2009		1	•	•					
	Tahuapalca	T (HOBO)	Murillo	IIAREN-UMSA	-16.700	----	2419	2009		1	•						
	Tahuapalca	T (DAVIS)	Murillo	IIAREN-UMSA	-16.719	-67.870	2410	2009		1	TODO						
	La Granja	T (HOBO)	Murillo	AS	----	----	----	2010		1	•	•	•	•	•	•	•
	Uyupata	T (HOBO)	Murillo	IIAREN-UMSA	-16.698	-67.870	2924	2009		1	•	•					
APOYO	Achumani	P	Murillo	SENAMHI	-16.533	-68.067	3339	1991		18	•	•	•		•		•
	Bolsa Negra (Mina)	P	Sud Yungas	SENAMHI	-16.550	-67.800	4800	1975	2002	28		•					
	Chacaltaya	TP	Murillo	SENAMHI	-16.350	-68.133	5220	1943		17	•	•					
	El Alto (Aasana)	Syn	Murillo	SENAMHI	-16.517	-68.167	4058	1943		66	•	•	•	•	•	•	•
	La Paz (central)	Ord	Murillo	SENAMHI	-16.533	-68.133	3632	1945		64	•	•	•	•	•	•	•
	Lambate	P	Sud Yungas	SENAMHI	-16.603	-67.700	3400	1967	2003	36		•					
	Mecapaca	CO	Murillo	SENAMHI	-16.667	-68.017	2850	1973		36	•	•	•		•		•
	Palca	TP	Murillo	SENAMHI	-16.557	-67.953	3540	1968		41	•	•		•	•		•
	Viacha	CO	Ingavi	SENAMHI	-16.650	-68.300	3844	1959		50	•	•	•	•	•	•	•
	Pinaya	TP	Murillo	SENAMHI	-16.642	-67.867	3800	2009		1		•			•		
	San Calixto	CO	Murillo	Observatorio	-16.495	-68.133	3658	1891				•					

Nota: Temp= Temperatura media ambiente, Precip= Precipitación, Evap.= Evaporación en tanque, %HR= Humedad relativa, V.V.= Velocidad del viento, Insol.= Horas de sol, ETP= Evapotranspiración potencial

Tabla 3: Estaciones meteorológicas en la cuenca del río Sajhuaya y de apoyo
(Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI y Agua Sustentable)

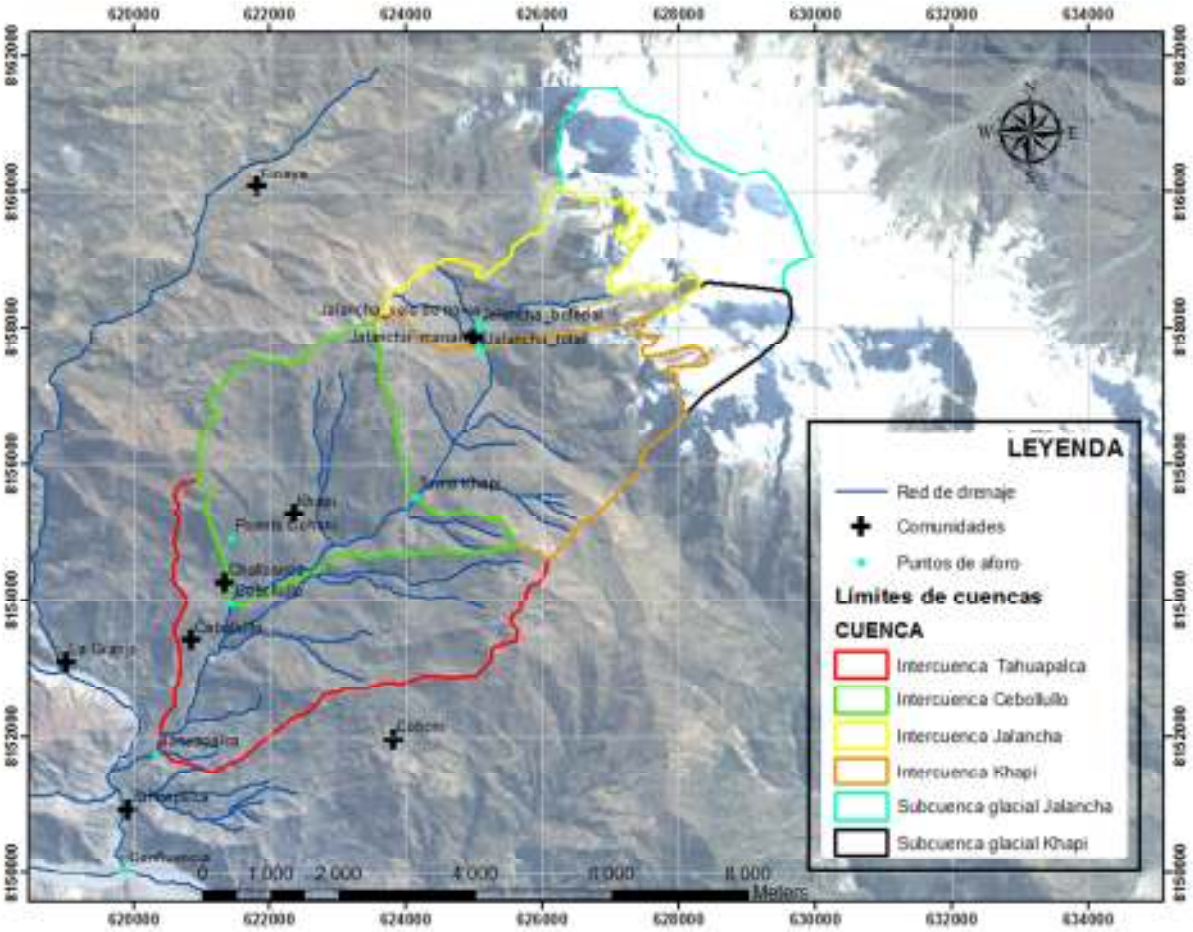


Figura 2: Ubicación de estaciones HOBO y puntos de aforo en el 2009

Proyección UTM, Datum WGS84, Zona 19 Sur *(Fuente: Elaboración propia)*

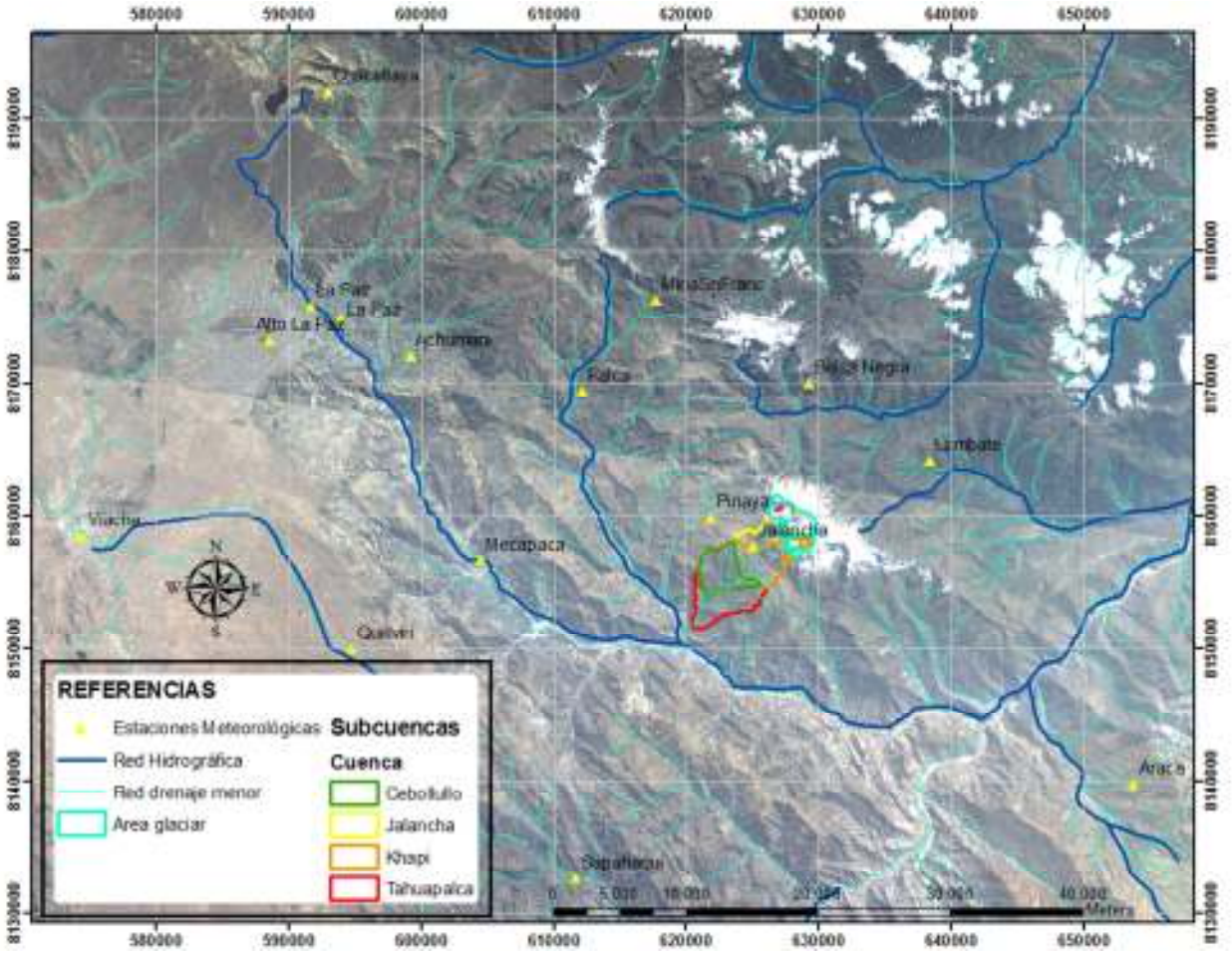


Figura 3: Ubicación de estaciones meteorológicas regionales de apoyo

Proyección UTM, Datum WGS84, Zona 19 Sur *(Fuente: Elaboración propia)*

3.3 Periodo de registro en estaciones hidrometeorológicas

Como se menciona en el punto 3.1, una de las limitaciones del estudio es la poca disponibilidad de registros de temperatura y precipitación en la misma cuenca de estudio.

El análisis se realizó sobre las series históricas de temperatura y precipitación de las estaciones de apoyo situadas alrededor de la zona: La Paz, El Alto, Viacha, Palca, Mecapaca y Achumani *(ver figura 3 y tabla 3).* El periodo de registro o periodo de observación de las estaciones de apoyo, se lo adjunta en forma de diagrama de barras *(ver tabla 4)*.

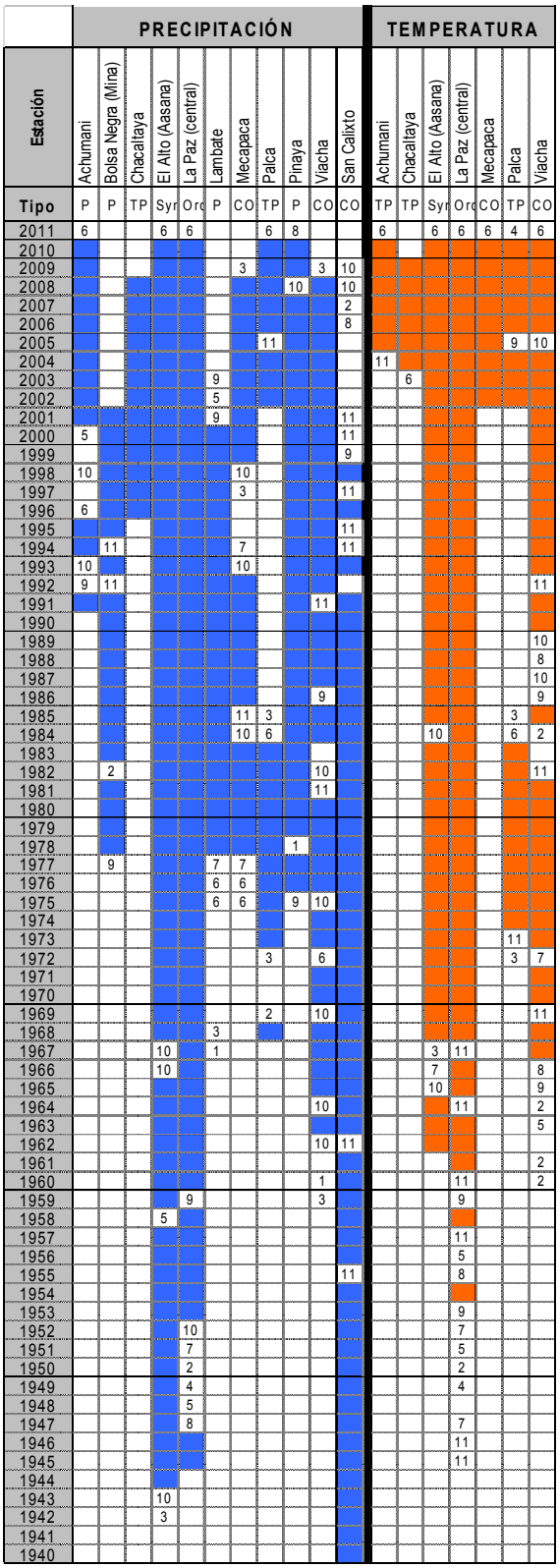


Tabla 4: Diagrama de barras de datos meteorológicos observados en estaciones de de apoyo
(Fuente: Elaboración propia)

3.4 Análisis de calidad y consistencia

3.4.1 Precipitación

Para el presente estudio se han considerado 8 estaciones de apoyo que se encuentran fuera de la cuenca de estudio, debido a la inexistencia de estaciones pluviométricas en la cuenca del río Sajhuaya *(ver figura 3 y tabla 4)*.

Según UNESCO (1982), los errores en la medición de la precipitación se pueden agrupar en dos tipos básicos:

- error en la medida puntual
- error en la evaluación espacial

Una gran parte de los posibles errores son intrínsecos a la medición y por tanto inevitables. Los errores en la medición puntual son debidos al instrumento de medición y a la perturbación aerodinámica (velocidad del viento) en las trayectorias de las partículas de agua causada por el pluviómetro, o debidos a la mala operación y ubicación del instrumento. A fin de estimar el error en la medida puntual de la precipitación, se debe tener en cuenta que:

- Hay muy pocos sitios donde la condición de representatividad sea satisfecha.
- La medida de la lluvia no se puede repetir si se tiene duda acerca de su precisión.
- La muestra tomada en el pluviómetro es extremadamente pequeña en relación al conjunto de las precipitaciones que pretende representar.

Se puede decir que: $\mathbf{P = Pm + \Delta P}$

Donde:
P : Precipitación verdadera
Pm: Precipitación medida en el pluviómetro
ΔP : Corrección total que debe efectuarse a la precipitación media

Donde ΔP puede descomponerse en errores de operación, instrumento, efecto aerodinámico en las trayectorias de las partículas causados por el instrumento, ubicación del instrumento, etc. La base para estimar la distribución espacial de la precipitación (por ejemplo en una cuenca), es la medida puntual registrada en los distintos puntos de la red pluviométrica. La precisión de la evaluación depende de la densidad de la red, la calidad de los instrumentos, instalaciones y observadores. El error en la estimación espacial de la precipitación se puede descomponer en:

$$\mathbf{\Delta PC = \Delta P + \Delta PG + \Delta\ PF}$$

Siendo:
ΔPC: Error en la evaluación de la precipitación espacial
ΔP : Error en la medida de la precipitación puntual

∆PG: Error por no ser suficientemente representativa la precipitación puntual de la zona que representa, que puede ser muy grande si la densidad de la red es muy pequeña

∆PF: Error en la precipitación de las zonas altas de montaña donde no hay instrumentos y es necesario estimarla a partir de extrapolaciones de lo que ocurre en las zonas más bajas (perfil pluviométrico)

Para obtener una calidad y confiabilidad aceptable de los datos puntuales temporales de la precipitación, para su posterior análisis, manejo, y utilización, se siguieron tres etapas:

- Análisis de consistencia, homogenización y regionalización de la precipitación
- Relleno de series mensuales mediante correlación múltiple
- Estimación de la precipitación espacial (en subcuencas) aplicando técnicas geoestadísticas.

A continuación se describen las etapas, que comprende a su vez varios subprocesos. Paralelamente se presenta una síntesis de los resultados obtenidos en cada etapa.

La regionalización es la etapa que define la calidad de los datos y su consistencia. Los resultados que se obtienen al concluirla son la identificación de las estaciones con datos consistentes y confiables, y la validación de estos datos para su uso y aplicación en posteriores análisis. Se definen grupos regionales de estaciones pluviométricas, cuyos registros presentan un comportamiento temporal homogéneo a nivel mensual y anual. La principal herramienta utilizada para esta etapa es el vector regional.

Para el presente estudio se ha tomado las series mensuales de precipitación 1975-2009 de las estaciones regionales de apoyo consideradas.

Tanto para las precipitaciones como para las temperaturas se decidió realizar el análisis de regionalización a nivel mensual y de año hidrológico (septiembre-agosto, mismo adoptado que para el balance hídrico de Bolivia) sobre las estaciones de la tabla 3, conformando así un solo grupo regional, con el fin de evaluar la consistencia para el periodo más extenso posible.

La figuras 4 y la tabla 5 muestran los estadísticos de los datos de precipitación mensual observada de las estaciones regionales de apoyo. Y la figura 5 muestra los valores medios mensuales de precipitación de las series de las estaciones regionales consideradas.

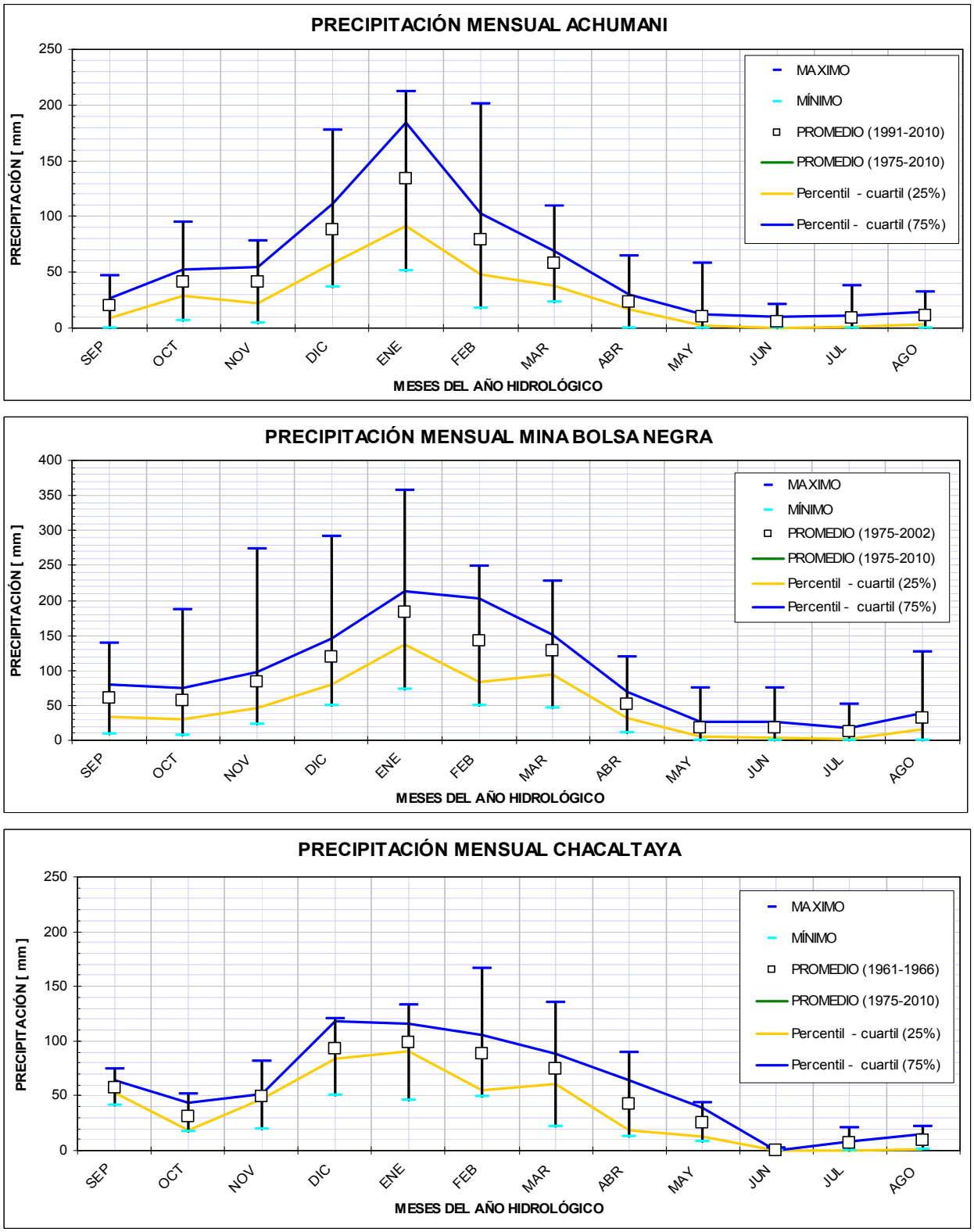


Figura 4: Estadísticas pluviometría mensual observada estaciones regionales
(Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI)

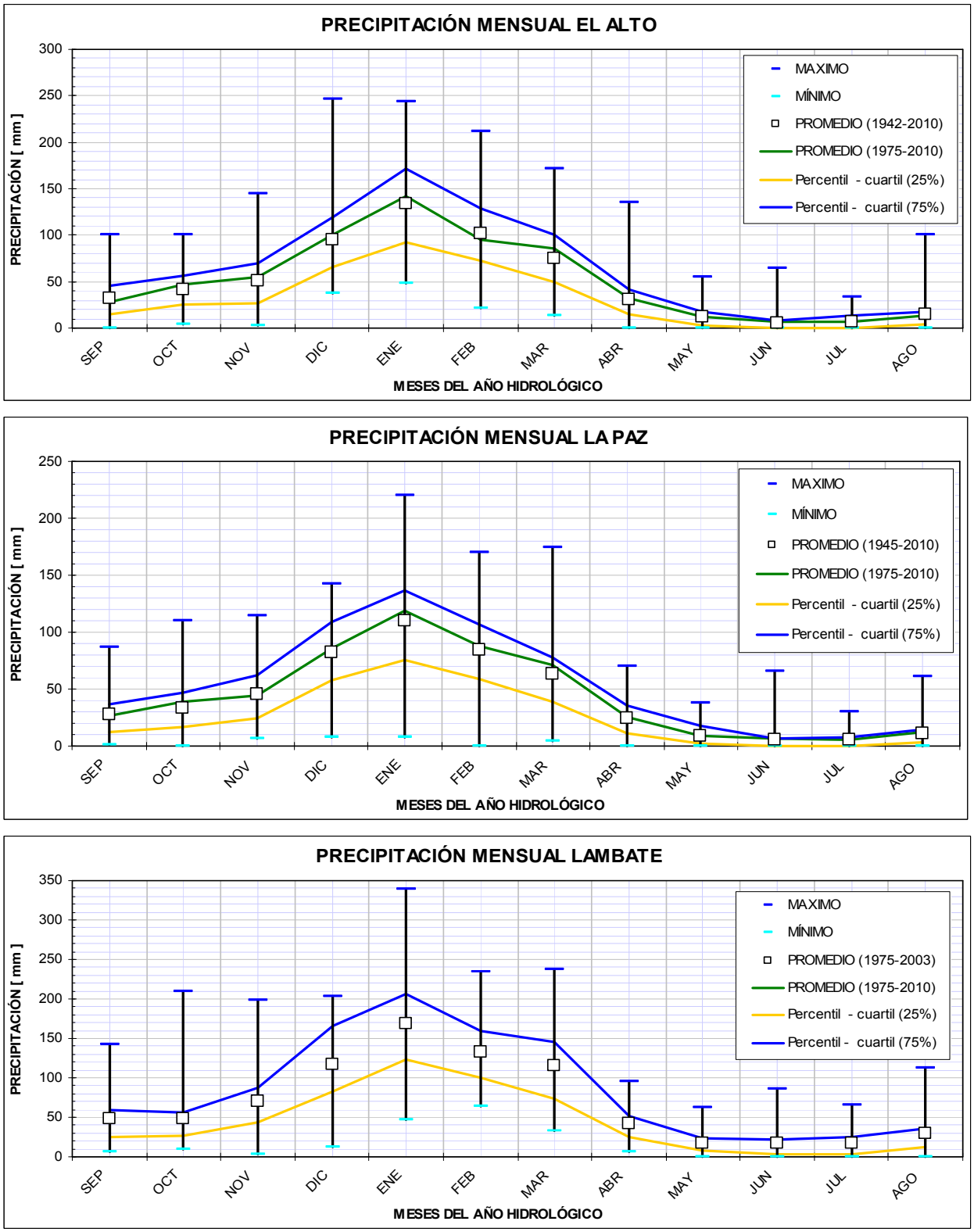


Figura 4: Estadísticas pluviometría mensual observada estaciones regionales (continuación)
(Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI)

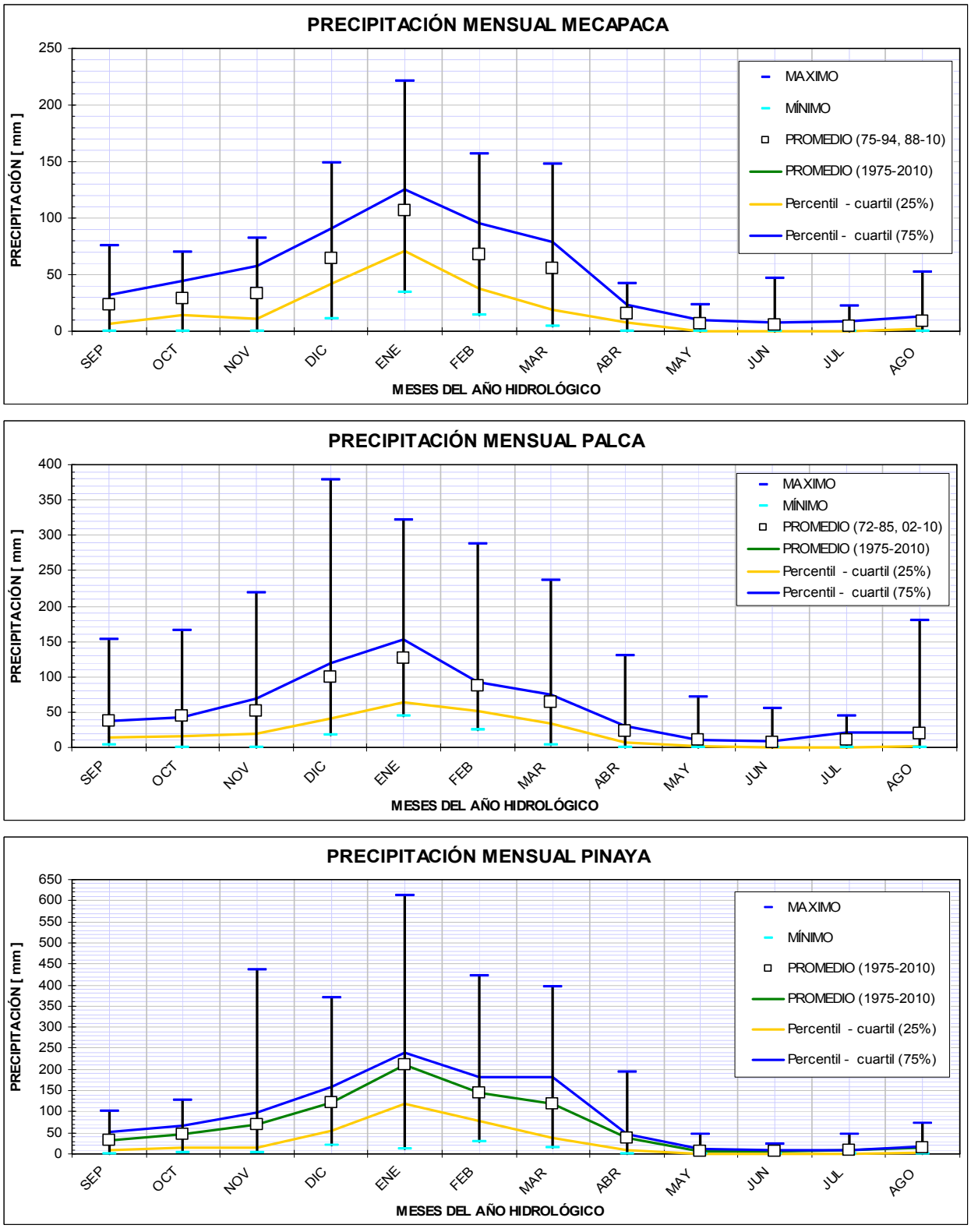


Figura 4: Estadísticas pluviometría mensual observada estaciones regionales (continuación)
(Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI)

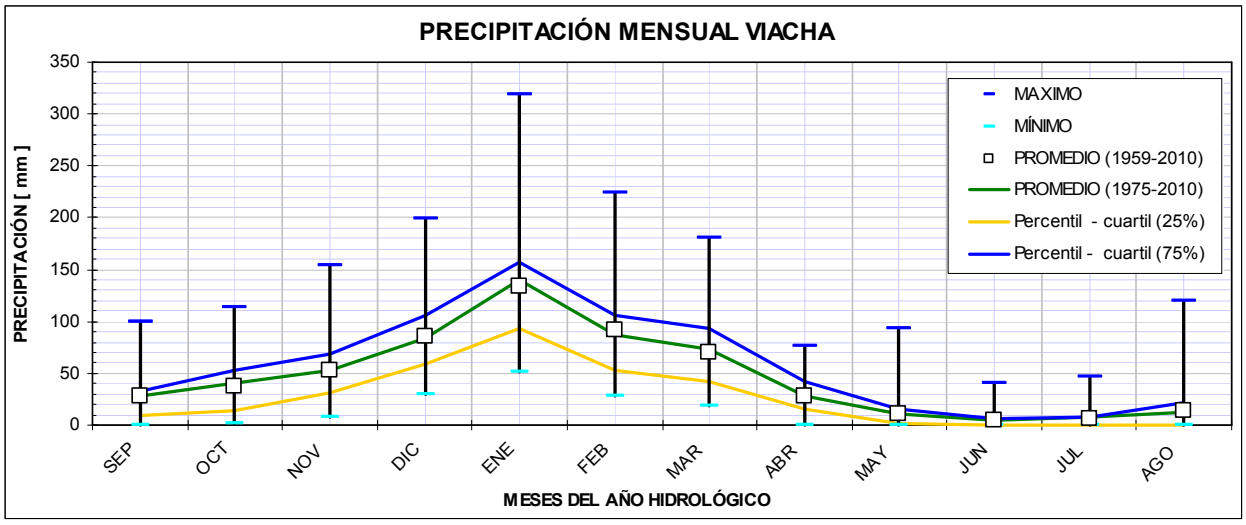


Figura 4: Estadísticas pluviometría mensual observada estaciones regionales (continuación)
(Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI)

ESTACION ACHUMANI													
ESTADÍSTICA	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
MAXIMO Histórico	212	201	109	65	58	22	38	32	47	95	78	177	**811**
MÍNIMO Histórico	51	18	23	0	0	0	0	0	0	7	4	37	**414**
PROMEDIO (1991-2010)	134	80	58	24	10	6	9	11	20	41	42	89	**576**
PROMEDIO (1975-2010)													
Percentil - cuartil (25%)	91	48	38	16	2	0	1	4	9	29	23	58	**487**
Percentil - cuartil (75%)	185	103	70	30	13	10	11	15	27	52	54	112	**622**

ESTACION MINA BOLSA NEGRA													
ESTADÍSTICA	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
MAXIMO Histórico	358	249	228	119	76	75	52	127	139	187	273	292	**1377**
MÍNIMO Histórico	72	50	47	11	0	0	0	0	8	7	23	51	**646**
PROMEDIO (1975-2002)	183	142	128	51	17	18	12	32	61	57	84	119	**925**
PROMEDIO (1975-2010)													
Percentil - cuartil (25%)	137	84	95	31	5	3	2	16	34	31	47	80	**823**
Percentil - cuartil (75%)	213	203	151	70	26	26	17	39	80	76	98	146	**1032**

ESTACION CHACALTAYA													
ESTADÍSTICA	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
MAXIMO Histórico	133	166	135	90	43	3	21	22	75	51	81	120	**573**
MÍNIMO Histórico	46	49	22	13	8	0	0	1	41	17	20	51	**456**
PROMEDIO (1961-1966)	99	88	75	42	26	0	6	10	57	31	50	93	**538**
PROMEDIO (1975-2010)													
Percentil - cuartil (25%)	91	55	61	18	12	0	0	2	52	19	47	84	**531**
Percentil - cuartil (75%)	116	106	88	64	39	0	8	14	64	43	51	118	**570**

ESTACION EL ALTO													
ESTADÍSTICA	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
MAXIMO Histórico	244	211	171	135	55	65	34	100	100	101	145	247	**862**
MÍNIMO Histórico	48	21	14	0	0	0	0	0	0	4	3	37	**388**
PROMEDIO (1942-2010)	133	102	75	31	12	6	7	15	33	41	50	96	**606**
PROMEDIO (1975-2010)	142	95	86	33	12	7	7	14	28	47	54	100	**623**
Percentil - cuartil (25%)	93	73	49	15	3	0	0	3	14	25	27	65	**550**
Percentil - cuartil (75%)	171	128	100	42	18	8	13	17	45	57	70	120	**681**

Tabla 5: Estadísticos de la pluviometría mensual observada en estaciones regionales
(Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI)

ESTACION LA PAZ													
ESTADÍSTICA	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
MAXIMO Histórico	220	170	174	70	38	65	30	62	87	110	114	142	**787**
MÍNIMO Histórico	8	0	5	0	0	0	0	0	1	0	7	8	**355**
PROMEDIO (1945-2010)	110	85	64	24	9	5	6	11	28	33	45	82	**518**
PROMEDIO (1975-2010)	119	87	72	26	9	7	6	12	27	39	45	85	**533**
Percentil - cuartil (25%)	76	59	39	11	2	0	0	3	13	17	24	57	**448**
Percentil - cuartil (75%)	137	107	78	36	17	7	8	14	36	46	62	109	**572**

ESTACION LAMBATE													
ESTADÍSTICA	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
MAXIMO Histórico	339	234	238	95	62	86	65	113	142	209	199	203	**1159**
MÍNIMO Histórico	47	64	33	7	0	0	0	0	7	9	3	12	**467**
PROMEDIO (1975-2003)	169	133	115	42	18	17	17	29	48	48	71	118	**823**
PROMEDIO (1975-2010)													
Percentil - cuartil (25%)	124	100	73	25	8	3	3	13	25	26	44	83	**723**
Percentil - cuartil (75%)	206	160	146	52	23	22	25	36	60	56	88	165	**929**

ESTACION MECAPACA													
ESTADÍSTICA	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
MAXIMO Histórico	221	157	148	42	24	47	22	52	76	70	82	149	**598**
MÍNIMO Histórico	35	14	5	0	0	0	0	0	0	0	0	12	**256**
PROMEDIO (75-94, 88-10)	106	68	56	16	6	6	5	9	24	29	33	64	**421**
PROMEDIO (1975-2010)													
Percentil - cuartil (25%)	71	38	19	8	0	0	0	2	7	15	12	43	**370**
Percentil - cuartil (75%)	126	96	79	23	10	8	9	13	32	44	57	91	**468**

ESTACION PALCA													
ESTADÍSTICA	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
MAXIMO Histórico	322	288	236	129	71	55	44	180	153	166	219	378	**918**
MÍNIMO Histórico	45	25	4	0	0	0	0	0	3	0	0	17	**157**
PROMEDIO (72-85, 02-10)	125	87	65	23	10	8	11	20	37	44	52	99	**469**
PROMEDIO (1975-2010)													
Percentil - cuartil (25%)	64	52	33	7	1	0	0	2	15	17	20	41	**386**
Percentil - cuartil (75%)	153	93	76	29	11	9	21	21	37	42	69	119	**558**

ESTACION PINAYA													
ESTADÍSTICA	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
MAXIMO Histórico	612	423	395	195	45	24	45	72	100	127	435	371	**1342**
MÍNIMO Histórico	11	29	13	0	0	0	0	0	0	2	2	20	**402**
PROMEDIO (1975-2010)	212	145	117	37	7	6	7	15	33	45	69	121	**797**
PROMEDIO (1975-2010)	212	145	117	37	7	6	7	15	33	45	69	121	**797**
Percentil - cuartil (25%)	117	77	37	10	0	0	0	4	10	14	16	54	**561**
Percentil - cuartil (75%)	240	183	181	45	11	8	7	17	52	67	98	160	**951**

ESTACION VIACHA													
ESTADÍSTICA	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
MAXIMO Histórico	319	224	180	76	93	41	47	120	100	114	154	199	**1117**
MÍNIMO Histórico	52	28	19	0	0	0	0	0	0	1	8	29	**292**
PROMEDIO (1959-2010)	133	91	70	29	11	4	6	13	27	37	52	86	**558**
PROMEDIO (1975-2010)	140	87	73	27	11	5	7	12	28	40	54	83	**563**
Percentil - cuartil (25%)	93	54	43	15	2	0	0	0	10	15	30	60	**459**
Percentil - cuartil (75%)	157	107	93	42	16	6	8	21	33	53	69	106	**601**

Tabla 5: Estadísticos de la pluviometría mensual observada en estaciones regionales (Cont.)
(Fuente: Elaboración propi en base a datos de SENAMHI)

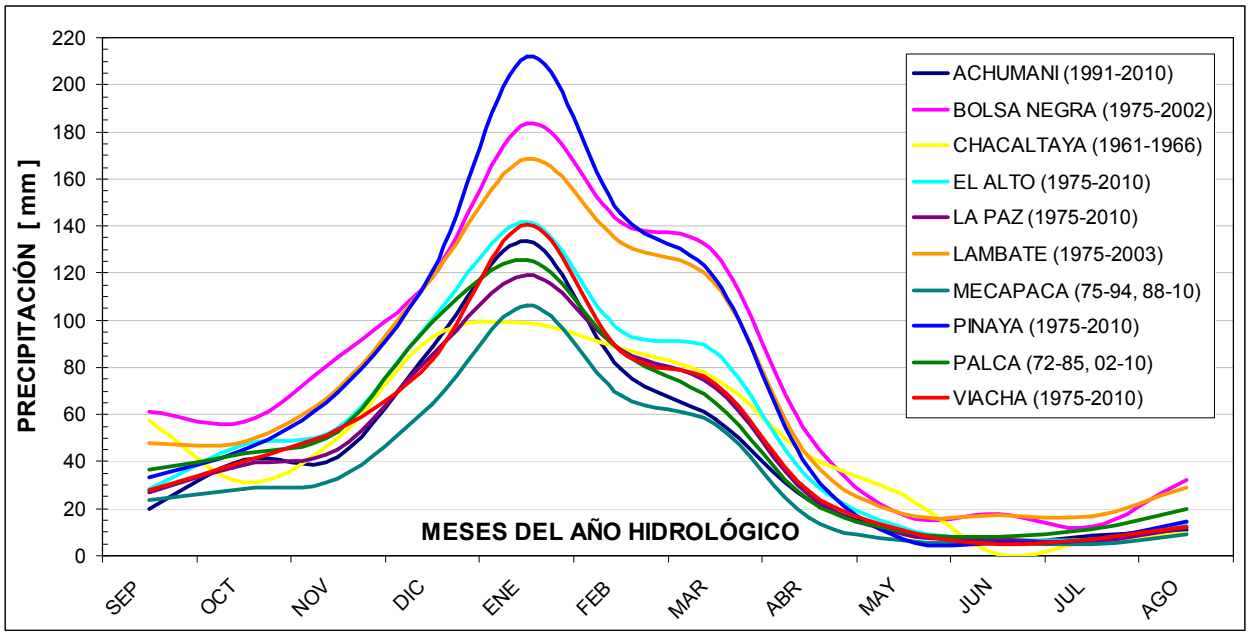


Figura 5: Precipitación media mensual en estaciones regionales (1975-2010)
(Fuente: Elaboración propia)

Vector regional (VR)

El Vector Regional crea un vector de índices anuales o mensuales (individualmente) de precipitación y de temperaturas en base a una serie cronológica de datos temporales ficticios, correspondientes a una estación igualmente ficticia. El VR de índices toma en cuenta los efectos de la tendencia de las series, y los pseudo-ciclos de la zona o región climática que afectan a cada una de las estaciones, verificando de esta manera la homogeneidad temporal de las series. El VR de índices anuales y mensuales verifica igualmente la homogeneidad espacial de series observadas en las estaciones pertenecientes a la misma zona climática.

El cálculo de los índices del VR se basa en una matriz de observaciones compuesta de los registros anuales o mensuales de la variable meteorológica de μ estaciones con n años de registros con observaciones faltantes a ciertas estaciones en ciertos años. Para cada estación se calcula una media que cubre el juego de datos del período de estudio, y para todos los años, se calcula un índice que será superior a 1 cuando el año presente valores altos (año húmedo ó con altas temperaturas) e inferior a 1 cuando el año tenga valores bajos (año con déficit de lluvias o con bajas temperaturas). El VR toma en cuenta la información de una región que supuestamente es homogénea climáticamente (comportamiento temporal similar).

Calculado el VR del grupo regional de estaciones, la crítica de los datos se facilita grandemente, porque se puede entonces:

- Evaluar la calidad de los datos de una estación y su pertenencia al grupo regional, mediante diversos parámetros estadísticos (i.e. coeficiente de correlación, error relativo, desviación Standard) proporcionados por el programa del VR.
- Comparar y evaluar gráficamente el comportamiento de las estaciones dentro de un grupo y entre grupos, trazando, entre otras cosas, el vector regional del grupo, de las estaciones que lo componen, así como las curvas doble acumuladas. Esto permite identificar rápidamente quiebres y datos anómalos.

La calidad del VR depende de la calidad de los datos de la entrada, aunque los algoritmos usados intentan minimizar la influencia de los datos erróneos. El vector calcula a la salida "la contaminación" por los errores que existen en los datos origen. Si se eliminan o corrigen gradualmente los datos incoherentes más evidentes en los datos de entrada, se llegará a un VR de buena calidad. Cuando el VR es de calidad buena, se lo podría usar para reconstituir datos faltantes (lagunas), multiplicando el índice regional de un año por el valor medio de la precipitación en esa estación durante el período de estudio.

Antes de aplicar el programa se requiere del análisis crítico inicial de la información existente, entendiéndose por esto a la detección y exclusión de la matriz de aquellos datos incoherentes o no posibles, es decir que contengan errores groseros. Posteriormente con carácter preliminar, se forman “grupos regionales” grandes de estaciones, tomando en cuenta su cercanía, características físicas y topográficas, etc.

La salida del programa contiene varios parámetros que evalúan la calidad de los resultados. Se consideran principalmente los siguientes parámetros:

- El coeficiente de correlación “r” del índice con las estaciones (>0.70)
- El valor de las desviaciones (que se deben mantener dentro de un margen de tolerancia)
- Los límites de confianza (inferior y superior) dentro de los que se deben mantener las series interanuales del índice del vector

En nuestro caso estos parámetros serán tolerables o admitidos, en cuanto a que el grupo regional está conformado por estaciones bastante lejanas, y sobre contexto físico geográfico diferente (altiplano, valles cerrados interandinos). En algún caso, el análisis de resultados lleva a disminuir el tamaño del grupo regional, a identificar estaciones cuyos datos son inconsistentes y en caso extremo, a eliminar aquellas estaciones con bajo coeficiente de correlación y alta desviación.

Los resultados del VR de índices anuales para la precipitación, se muestran en la figura 6, en forma de índices obtenidos sobre los valores anuales de periodos históricos comunes de al menos 3 estaciones, calculados respecto al año hidrológico adoptado: septiembre-agosto. SE han filtrado las estaciones regionales más consistentes. En general se observa que el comportamiento climático es relativamente homogéneo, salvo en algunos años. Esto implica que los valores de los índices de las estaciones están dentro del intervalo de confianza, por lo

que da una idea de calidad e homogeneidad para trabajar con los datos de lluvia de las estaciones.

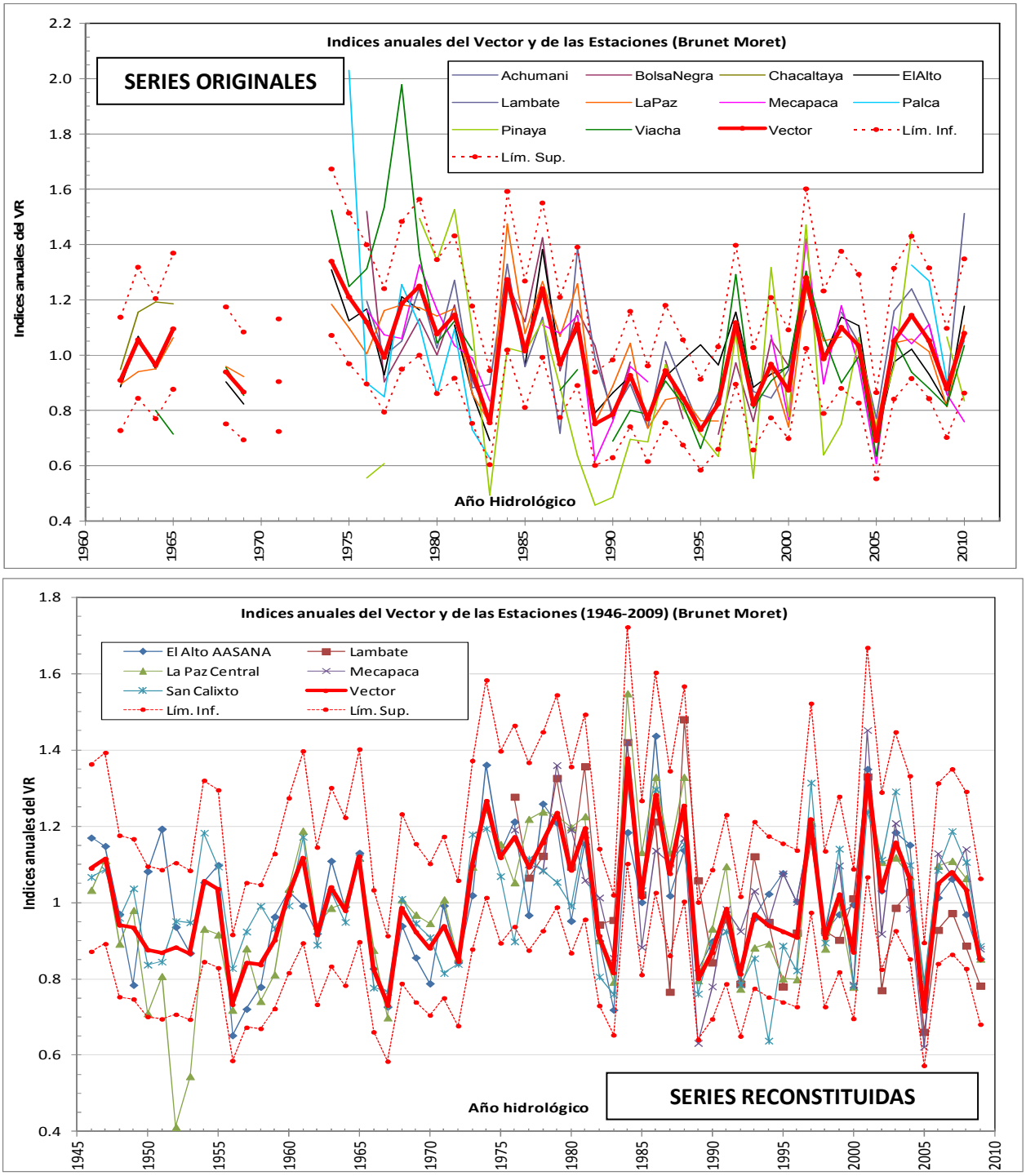


Figura 6: Índices anuales del vector regional y de las estaciones regionales, datos originales de precipitación y de series reconstituidas y rellendas

(Fuente: Elaboración propia)

3.4.2 Temperaturas

La calidad de la información está condicionada por varios factores sujetos en mayor o menor proporción a errores difíciles de detectar. En general, la calidad dependerá de las consideraciones asumidas para definir las estaciones hidrometeorológicas en función a su localización, así como a los periodos de registro observados disponibles y las condiciones en las estaciones respecto a su operación, mantenimiento y procesamiento de la información.

El análisis de consistencia de la información termométrica se efectúa a través del análisis de correlación, basado en la suposición de que las temperaturas medidas en las estaciones regionales, se relacionan entre sí de manera lineal.

La figura 7 y la tabla 6 muestran los estadísticos de los datos de temperatura mensual observada de las estaciones regionales de apoyo.

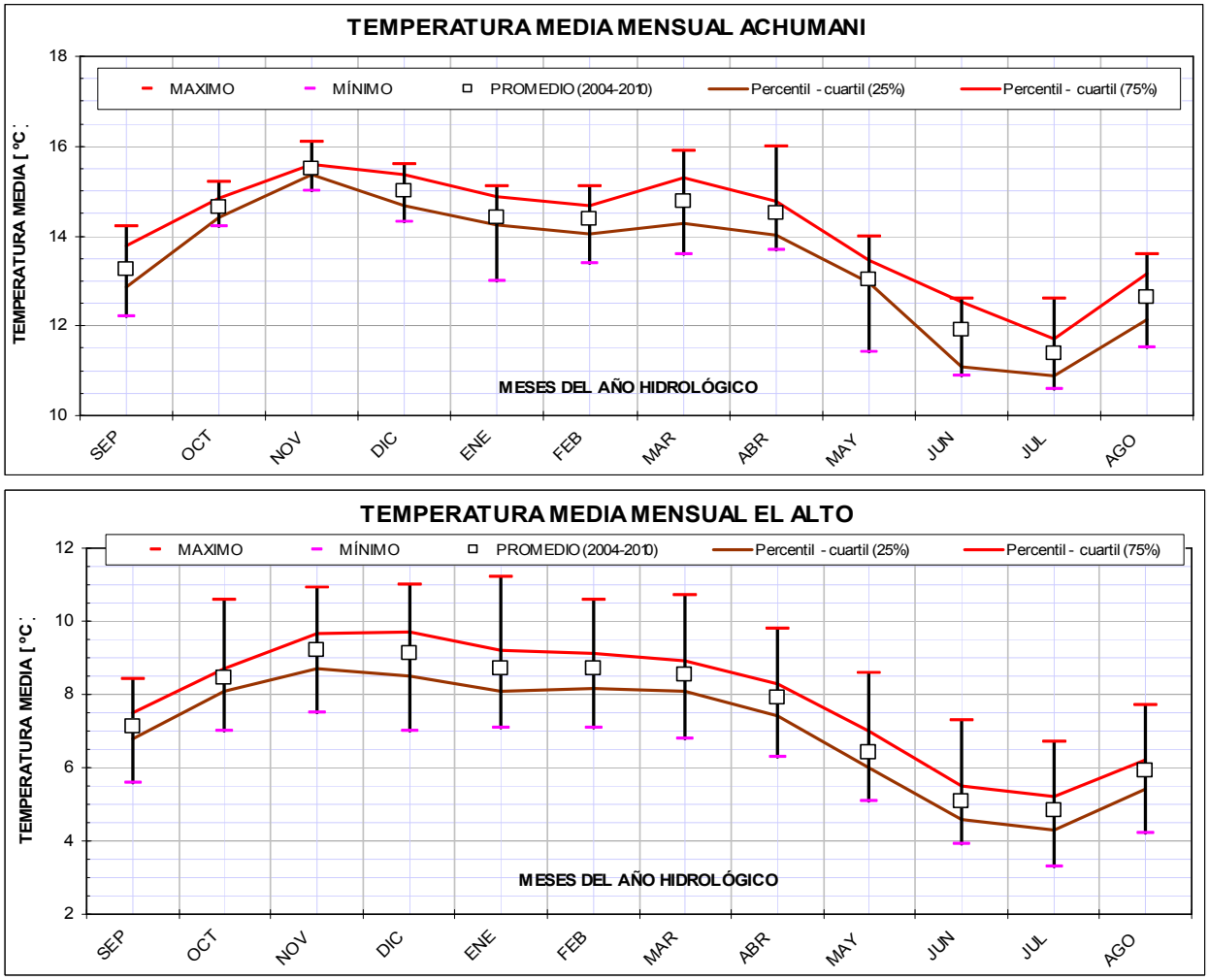


Figura 7: Estadísticas temperatura media mensual observada estaciones regionales
(Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI)

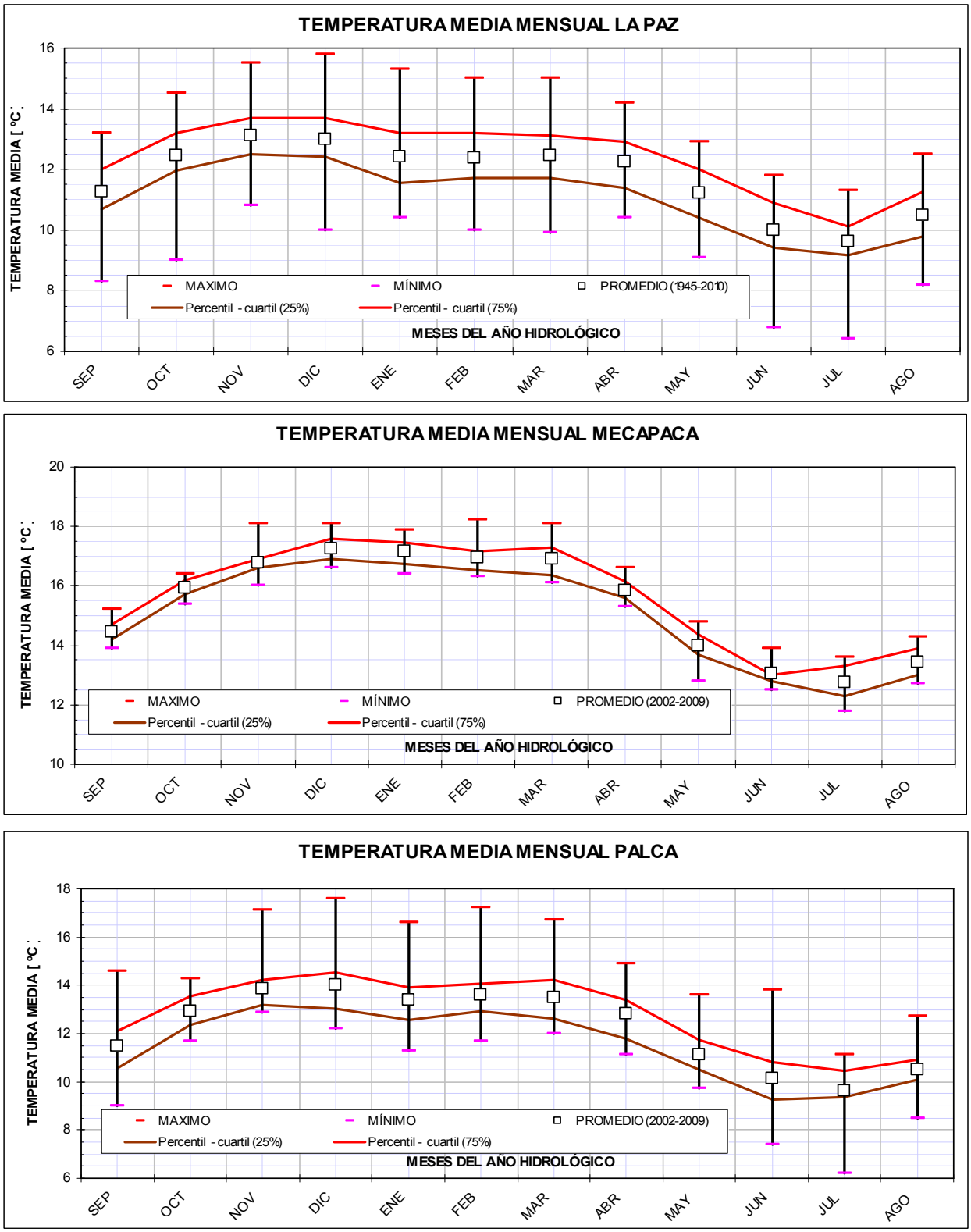


Figura 7: Estadísticas temperatura media ambiente observada estaciones regionales (Cont.)
(Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI)

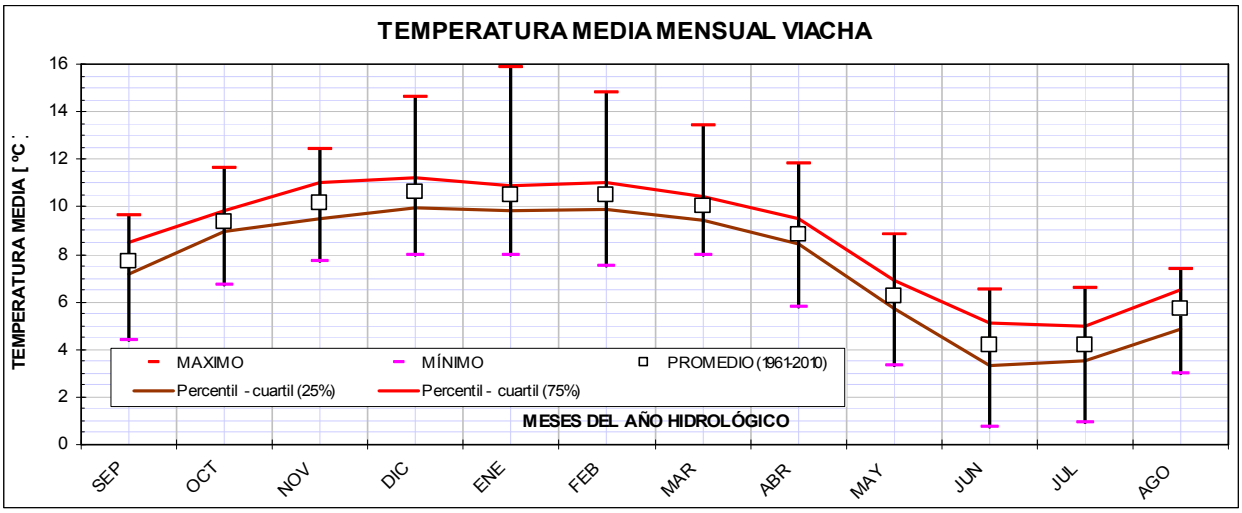


Figura 7: Estadísticas temperatura media ambiente observada estaciones regionales (Cont.)
(Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI)

ESTACIÓN ACHUMANI													
ESTADÍSTICA	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
MAXIMO Histórico	15.1	15.1	15.9	16.0	14.0	12.6	12.6	13.6	14.2	15.2	16.1	15.6	**14.2**
MÍNIMO Histórico	13.0	13.4	13.6	13.7	11.4	10.9	10.6	11.5	12.2	14.2	15.0	14.3	**13.4**
PROMEDIO (2004-2010)	14.4	14.4	14.8	14.5	13.0	11.9	11.4	12.6	13.3	14.6	15.5	15.0	**13.8**
Percentil - cuartil (25%)	14.2	14.1	14.3	14.0	13.0	11.1	10.9	12.2	12.8	14.4	15.3	14.7	**13.5**
Percentil - cuartil (75%)	14.9	14.7	15.3	14.8	13.4	12.5	11.7	13.2	13.8	14.9	15.6	15.4	**14.0**

ESTACIÓN EL ALTO													
ESTADÍSTICA	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
MAXIMO Histórico	11.2	10.6	10.7	9.8	8.6	7.3	6.7	7.7	8.4	10.6	10.9	11.0	**8.5**
MÍNIMO Histórico	7.1	7.1	6.8	6.3	5.1	3.9	3.3	4.2	5.6	7.0	7.5	7.0	**6.9**
PROMEDIO (1962-2010)	8.7	8.7	8.5	7.9	6.4	5.1	4.8	5.9	7.1	8.4	9.2	9.1	**7.5**
Percentil - cuartil (25%)	8.1	8.2	8.1	7.4	6.0	4.6	4.3	5.4	6.8	8.1	8.7	8.5	**7.2**
Percentil - cuartil (75%)	9.2	9.1	8.9	8.3	7.0	5.5	5.2	6.2	7.5	8.7	9.7	9.7	**7.7**

ESTACIÓN LA PAZ													
ESTADÍSTICA	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
MAXIMO Histórico	15.3	15.0	15.0	14.2	12.9	11.8	11.3	12.5	13.2	14.5	15.5	15.8	**13.6**
MÍNIMO Histórico	10.4	10.0	9.9	10.4	9.1	6.8	6.4	8.2	8.3	9.0	10.8	10.0	**10.4**
PROMEDIO (1945-2009)	12.4	12.4	12.5	12.2	11.2	10.0	9.6	10.5	11.3	12.5	13.1	13.0	**11.9**
Percentil - cuartil (25%)	11.6	11.7	11.7	11.4	10.4	9.4	9.2	9.8	10.7	12.0	12.5	12.4	**11.3**
Percentil - cuartil (75%)	13.2	13.2	13.1	12.9	12.0	10.9	10.1	11.3	12.0	13.2	13.7	13.7	**12.5**

ESTACIÓN MECAPACA													
ESTADÍSTICA	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**ANUAL**
MAXIMO Histórico	17.9	18.2	18.1	16.6	14.8	13.9	13.6	14.3	15.2	16.4	18.1	18.1	**16.0**
MÍNIMO Histórico	16.4	16.3	16.1	15.3	12.8	12.5	11.8	12.7	13.9	15.4	16.0	16.6	**14.9**
PROMEDIO (2002-2010)	17.1	16.9	16.9	15.9	14.0	13.0	12.7	13.4	14.5	15.9	16.8	17.3	**15.3**
Percentil - cuartil (25%)	16.8	16.5	16.4	15.6	13.7	12.8	12.3	13.0	14.2	15.7	16.6	16.9	**15.2**
Percentil - cuartil (75%)	17.4	17.2	17.3	16.2	14.3	13.0	13.3	13.9	14.7	16.2	16.9	17.6	**15.4**

Tabla 6: Estadísticos de la temperatura media mensual en estaciones regionales
(Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI)

ESTACIÓN PALCA													
ESTADÍSTICA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MAXIMO Histórico	16.6	17.2	16.7	14.9	13.6	13.8	11.1	12.7	14.6	14.3	17.1	17.6	**13.9**
MÍNIMO Histórico	11.3	11.7	12.0	11.1	9.7	7.4	6.2	8.5	9.0	11.7	12.9	12.2	**11.0**
PROMEDIO (72-85, 02-10)	13.4	13.6	13.5	12.8	11.1	10.1	9.6	10.5	11.5	12.9	13.9	14.0	**12.2**
Percentil - cuartil (25%)	12.5	12.9	12.6	11.8	10.5	9.3	9.3	10.1	10.6	12.3	13.2	13.0	**11.6**
Percentil - cuartil (75%)	13.9	14.1	14.3	13.4	11.7	10.8	10.4	10.9	12.1	13.6	14.2	14.6	**12.7**

ESTACIÓN VIACHA													
ESTADÍSTICA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MAXIMO Histórico	15.9	14.8	13.4	11.8	8.8	6.5	6.6	7.4	9.6	11.6	12.4	14.6	**10.0**
MÍNIMO Histórico	8.0	7.5	8.0	5.8	3.3	0.7	0.9	3.0	4.4	6.7	7.7	8.0	**5.5**
PROMEDIO (1961-2009)	10.5	10.5	10.0	8.8	6.2	4.2	4.2	5.7	7.7	9.3	10.2	10.6	**8.3**
Percentil - cuartil (25%)	9.8	9.9	9.4	8.4	5.7	3.3	3.5	4.9	7.1	8.9	9.5	10.0	**8.0**
Percentil - cuartil (75%)	10.9	11.0	10.4	9.5	6.9	5.1	5.0	6.5	8.5	9.8	11.0	11.2	**8.9**

Tabla 6: Estadísticos de la temperatura media mensual en estaciones regionales (Cont.)
(Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI)

La figura 8 muestra los valores medios mensuales de temperatura media de las series de las estaciones regionales consideradas sobre el periodo (1975-2010)

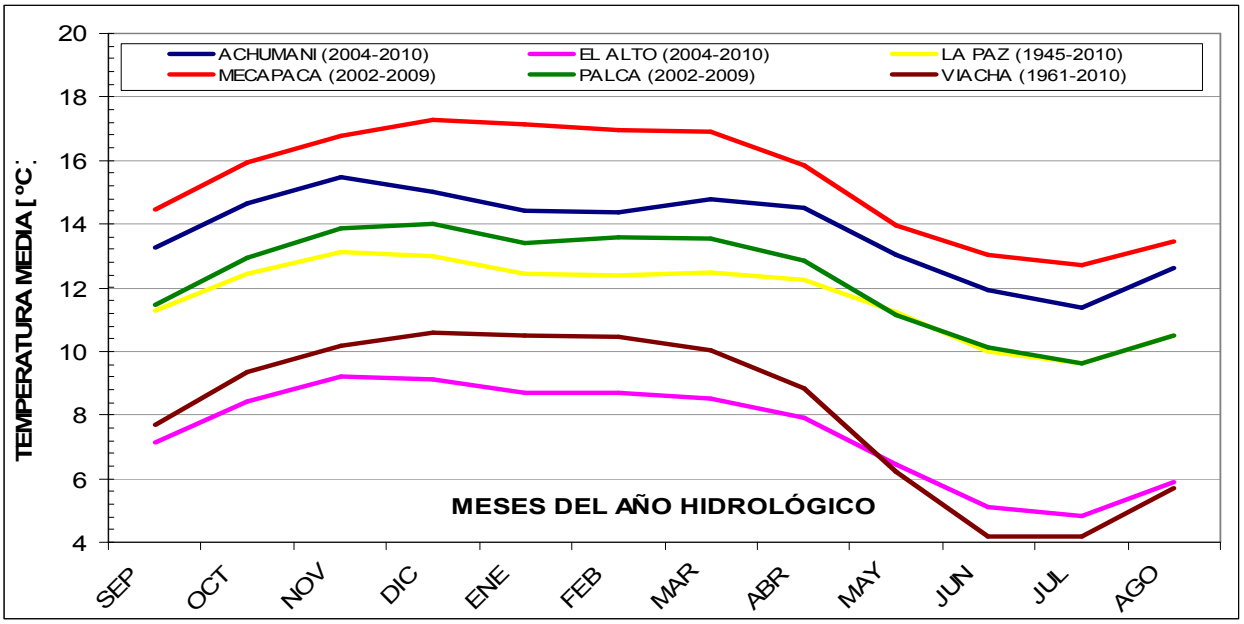


Figura 8: Temperatura media mensual en estaciones regionales (1975-2010)
(Fuente: Elaboración propia)

Del análisis de consistencia, se puede observar que existe correspondencia entre las temperaturas registradas en las diferentes estaciones regionales durante el periodo 2010. El análisis de consistencia de la información y el relleno de datos faltantes de la estación Pinaya (HOBO) se realiza a través de un modelo de regresión lineal múltiple partir de las estaciones de apoyo. Los coeficientes de determinación que comparan los valores calculados y reales en el análisis de regresión múltiple para los diferentes juegos de estaciones se muestran en las tablas siguientes:

Resumen Tmax			Resumen Tmin		
Estaciones	r^2	r	Estaciones	r^2	r
Pinaya HOBO vs Todas las estaciones	0,823	0,907	Pinaya HOBO vs Todas las estaciones	0,861	0,928
Pinaya HOBO vs Viacha - La Paz - El Alto	0,793	0,890	Pinaya HOBO vs Viacha - La Paz - El Alto	0,860	0,927
Pinaya HOBO vs La Paz - El Alto	0,791	0,889	Pinaya HOBO vs La Paz - El Alto	0,860	0,927
Pinaya HOBO vs Viacha - La Paz	0,770	0,877	Pinaya HOBO vs Viacha - La Paz	0,844	0,919
Pinaya HOBO vs Viacha - El Alto	0,687	0,829	Pinaya HOBO vs Viacha - El Alto	0,799	0,894

Tabla 7: Coeficientes de determinación de la regresión múltiple de temperatura máxima y mínima diaria (2010)
(Fuente: Elaboración propia)

Podemos observar que los datos de temperatura la estación analizada Pinaya son consistentes y que existe una buena correlación entre ésta y las estaciones de apoyo. Se ha considerado la estación Pinaya por ser la que se encuentra más cerca a la cuenca de estudio. Elegimos las estaciones de La Paz y el Alto para rellenar vacios y lagunas de datos en estaciones de la región, por ser las estaciones con el record más largo de información.

La figura 9 de índices anuales para temperatura media, muestra un comportamiento regional homogéneo, que implica que los índices de las estaciones están dentro del límite de confianza, por lo que da a entender la buena calidad de datos y validar que existe un comportamiento similar. Si bien muestran un comportamiento regional homogéneo, en algunas estaciones se presentan años en que el índice queda fuera del límite de confianza del grupo regional, que es el caso de Viacha (1970-1979). A pesar de esta condición se la tomo en cuenta por tener una serie continua y larga para ser comparada con las otras estaciones regionales adoptadas para el análisis. Es posible que la estación haya sufrido cambios de posición, ubicación tipo de instrumento de medición.

Las figuras 10 de índices anuales para temperatura máxima, muestran un comportamiento regional homogéneo, que implica que los índices de las estaciones están dentro del límite de confianza, por lo que da a entender la buena calidad de datos y validar que existe un comportamiento similar.

Caso poco diferente son los índices anuales para temperatura mínima de las figuras 11, que si bien muestran un comportamiento regional homogéneo, en la estación de Viacha se presentan años en que el índice queda fuera del límite de confianza del grupo regional. Se han evaluado mes a mes los valores y se ha decidido aceptarlos. Es justificable debido a la poca información regional cercana para conformar los grupos mencionados para un periodo extenso, como el que se está evaluando en el presente estudio.

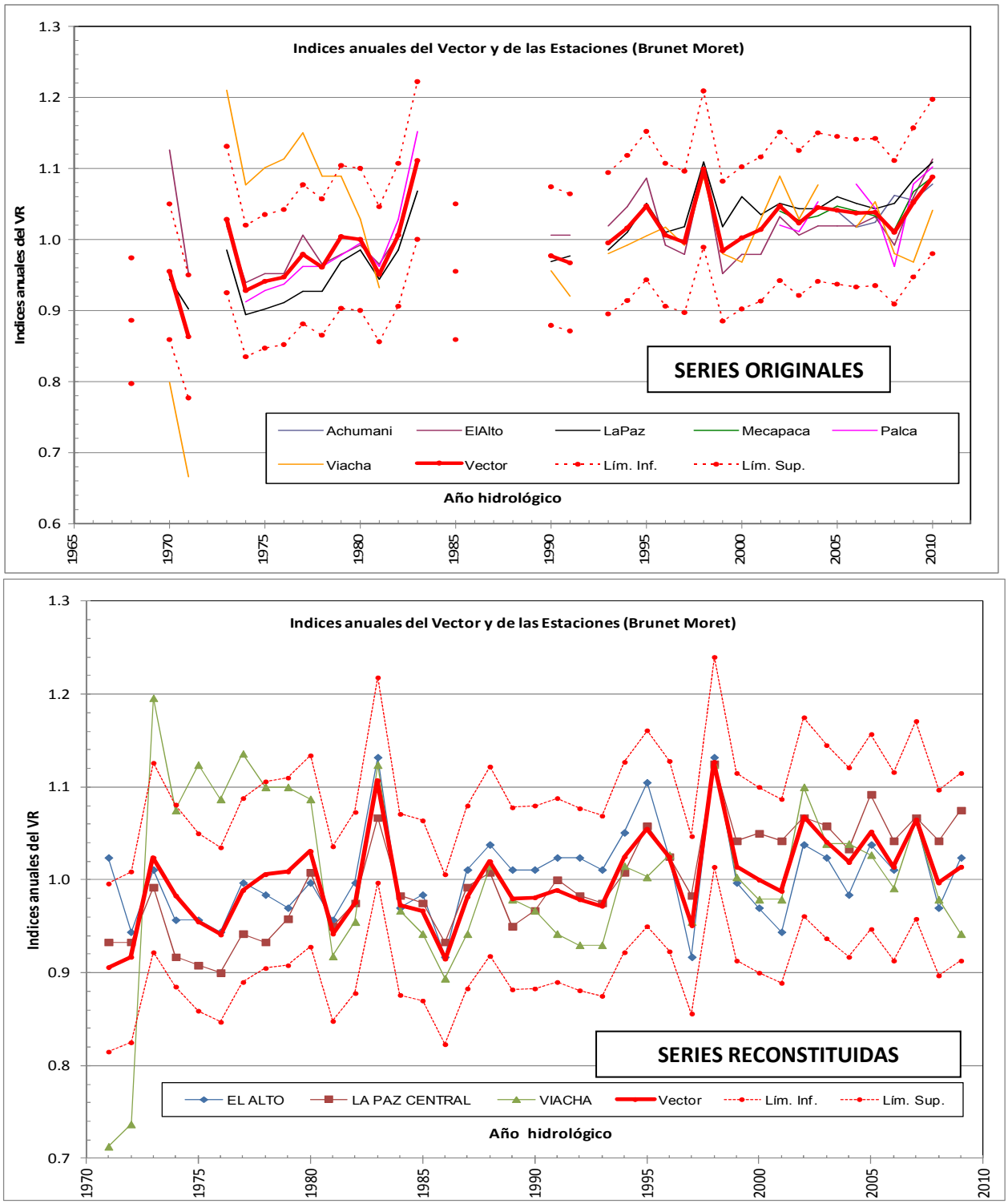


Figura 9: Índices anuales del vector regional y de las estaciones regionales, datos originales y datos corregidos y completados de temperatura media

(Fuente: Elaboración propia)

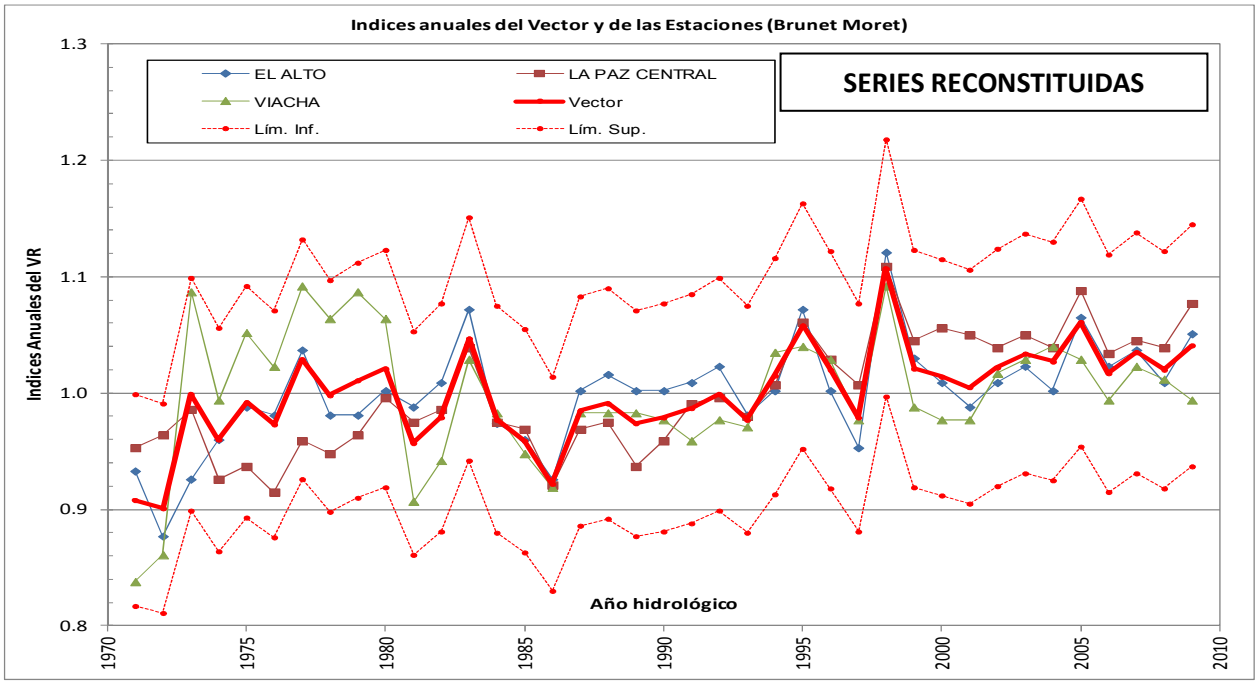


Figura 10: Índices anuales del vector regional y de las estaciones regionales, datos corregidos completados de temperatura máxima

(Fuente: Elaboración propia)

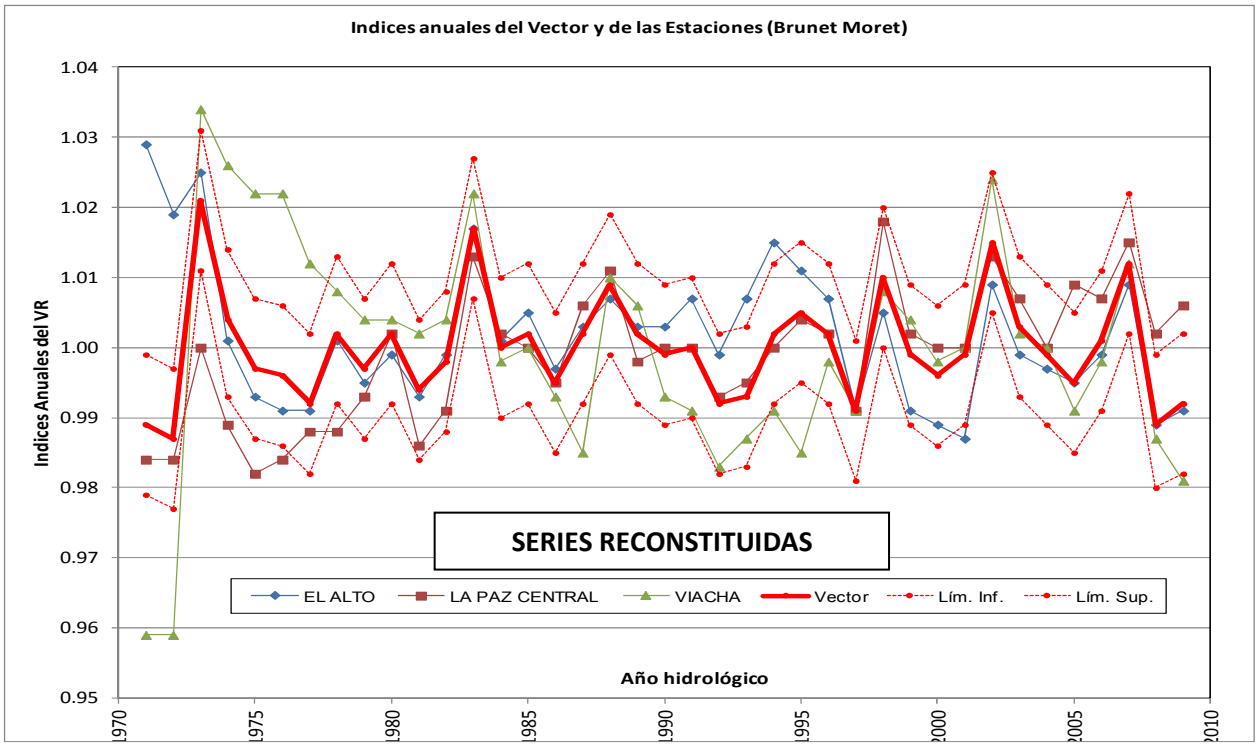


Figura 11: Índices anuales del vector regional y de las estaciones regionales, datos corregidos completados de temperatura mínima

(Fuente: Elaboración propia)

4 ANÁLISIS DE TENDENCIAS

El análisis de tendencias servirá para evaluar el cambio en el comportamiento de la precipitación y temperatura sobre periodos largos. Sobre series temporales ó cronológicas de precipitaciones, temperaturas medias, temperaturas máximas y mínimas extremas en la región, se analiza la tendencia aplicando técnicas estadísticas, denominadas test paramétricos y no paramétricos. Se describe además una metodología para evaluar la sensibilidad del análisis de tendencias sobre distintos periodos.

Es necesario indicar que la posible tendencia identificada en series temporales de datos de una variable climática pueden deberse a diferentes causas: cambio climático global, consecuencia del aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (efecto urbano y grandes metrópolis), cambio de uso de la tierra (deforestación, urbanización, reforestación, etc.). El análisis de tendencias, por sí solo, no permite identificar las causas.

4.1 Conceptos básicos

Una serie temporal es un grupo de datos observados de una variable, ordenada según transcurre el tiempo. Estas series permiten el análisis de patrones de comportamiento, secuencia de eventos en el tiempo y permite estimar su evolución en el futuro cercano.

La tendencia es un efecto prolongado del comportamiento general de una serie en el tiempo. La forma de la línea general de tendencia puede ajustarse a una recta o a una curva, y puede ser ascendente (creciente), estacionaria (sin variación significativa) o descendente (decreciente).

Los cambios en una serie de tiempo se puede producir gradualmente (una tendencia), bruscamente (un cambio radical) o en una forma más compleja. Puede afectar a la media, mediana, varianza u otros parámetros estadísticos de los datos.

Las variables hidroclimáticas por lo general y en nuestro caso, presentan variaciones estacionales regulares (movimiento oscilatorio), definidos por el ciclo hidrológico y por las condiciones climáticas regionales en el hemisferio sur (variaciones térmicas por incidencia del sol) que se da en el año. El régimen de lluvias se caracteriza por una época seca o estiaje (mayo a agosto), época húmeda o de lluvias (noviembre a marzo) y el periodo de transición (abril, septiembre y octubre). Las variaciones térmicas entre verano e invierno son marcadas.

4.1.1 Tests estadísticos

Las gráficas de series en el tiempo son una herramienta visual de gran utilidad para el análisis de tendencia o cambio.

El punto de partida de una prueba estadística es definir una **hipótesis** nula (Ho) y una hipótesis alternativa (H1). Por ejemplo, para comprobar la evolución de la media de una serie de tiempo, Ho sería que no hay ningún cambio en la media de los datos, y H1 sería que la media va aumentando o disminuyendo con el tiempo.

La **prueba estadística** es una forma de comparar Ho y H1, que implica un valor numérico a partir de la serie de datos que se está probando.

El **nivel de significancia** es una manera de medir si la prueba estadística es muy diferente de los valores que normalmente se producen bajo Ho. Es la probabilidad de que un valor de la prueba estadística sea extremo, o más extremo que el valor observado suponiendo que no hay tendencia o cambio (Ho). Por ejemplo, para a = 0.05, el valor crítico de la prueba estadística es el que superará el 5% del valor de la prueba estadística obtenida a partir de datos generados aleatoriamente. Si el valor de la prueba estadístico es mayor que el valor crítico de la prueba estadística, se rechaza Ho. El nivel de significancia es por tanto la probabilidad de que una prueba detecta una tendencia o cambio (rechazar Ho), y cuando no está presente (error tipo I). Una posible interpretación del nivel de significancia podría ser:

$a > 0.10$	poca evidencia en contra de Ho
$0.05 < a < 0.10$	posible evidencia en contra de Ho
$0.01 < a < 0.05$	fuerte evidencia en contra de Ho
$a < 0.01$	evidencia muy fuerte en contra de Ho

Para detectar tendencias o cambios, se utiliza el valor crítico de la prueba estadística a/2 se utiliza (dos periodos). Para detectar un aumento (o disminución), se utiliza el valor crítico de la prueba estadística “a” (un periodo).

Hay dos tipos posibles de **errores**. Error tipo I cuando Ho se rechaza incorrectamente. Error de tipo II cuando Ho se acepta cuando H1 es verdadero. Una prueba con escaso margen de error de tipo II se dice que es de gran alcance.

4.1.2 Tests Paramétricos

Una prueba paramétrica responde a un modelo matemático predefinido que condiciona la muestra investigada y su población a parámetros estadísticos.

La significancia de resultados de este tipo de test depende de las suposiciones o condiciones estadísticas impuestas:

- Datos de series temporales independientes entre si
- Datos de series temporales distribuidos normalmente
- Datos de series temporales y errores (desviaciones de la tendencia) siguen una distribución particular.

- Población con la misma varianza (o en casos espaciales deben tener una proporción de varianza conocida)

Estas pruebas son útiles ya que además cuantifican el cambio en los datos (por ejemplo, cambios en la media o la pendiente de la tendencia). Generalmente estas pruebas son más poderosas que las no paramétricas.

A continuación de describe el fundamento matemático estadístico de los 2 test paramétricos aplicados en el presente estudio:

Regresión Lineal (test para tendencia)

El test asume que los datos están distribuidos normalmente. Prueba si hay una tendencia lineal examinando las relaciones entre el tiempo (x) y la variable de interés (y).

El gradiente de regresión es estimado con:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$$

y la intercepción se estima como:

$$a = \bar{y} - b\,\bar{x}$$

El S del test estadístico es:

$$S = b / \sigma$$

Donde:

$$\sigma = \sqrt{\frac{12\sum_{i=1}^{n}(y_i - a - bx_i)}{n(n-2)(n^2-1)}}$$

La S de la prueba estadística sigue una distribución T-Student con n-2 grados de libertad bajo la hipótesis nula (valores críticos de la prueba estadística para varios niveles de significancia se obtienen de tablas estadísticas T-Student).

Este test asume que los datos están distribuidos normalmente y que los errores (desviaciones de la tendencia) son independientes y siguen la misma distribución normal con media 0.

T – Student (test para diferencia de medias de datos en dos periodos)

Este método prueba si los valores medios de dos distintos periodos son diferentes. El test asume que los datos son normalmente distribuidos.
El T de la prueba estadística de Student es (valores críticos de la prueba estadística para varios niveles de significancia se obtienen de tablas estadísticas T-Student):

$$t = \frac{(\bar{x} - \bar{y})}{S\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}}$$

Donde $\bar{x}$ y $\bar{y}$ son las medias del primer y segundo periodo respectivamente, y m y n son los números de observaciones en el primer y segundo periodo respectivamente, y S es la muestra de la desviación estándar (de la totalidad m y n observaciones).

4.1.3 Tests No Paramétricos

Una prueba no paramétrica responde a un modelo matemático de distribución libre, que no condiciona la muestra investigada y su población a parámetros estadísticos.

La significancia de resultados de este tipo de test depende de algunas suposiciones o condiciones estadísticas asociadas a este tipo de test, con menor grado de condicionamiento respecto a las pruebas paramétricas:

- Datos de series temporales independientes
- Variables de continuidad básica

Estos test no requieren de mediciones fuertes, y gran parte de estos se aplican a datos de escala ordinal o escala nominal.

Estas pruebas detectan tendencia o cambio, pero no cuantifican la magnitud. Son muy útiles porque la mayoría de las series temporales de datos hidrológicos no se distribuyen normalmente.

Estas pruebas presentan las siguientes **ventajas**:

- Se usa este tipo de pruebas si el tamaño de la muestra es muy pequeño, a menos que la naturaleza de la distribución de la población sea conocida con exactitud.
- Generalmente estas pruebas hacen menos suposiciones acerca de los datos y pueden ser más relevantes a una situación particular. La hipótesis probada por estas pruebas pueden ser más adecuadas para la investigación.
- Estas pruebas analizan los datos que son incoherentes a los rangos, así como datos cuyas puntuaciones numéricas tiene aparentemente el peso de los rangos.
- Estas pruebas tratan datos que son simplemente clasificatorios o categóricos, es decir, que son medidos en una escala nominal. Ninguna técnica paramétrica es aplicable a este tipo de datos.

- Algunas pruebas tratan muestras obtenidas de observaciones de diferentes poblaciones. Las pruebas paramétricas a menudo no puede manipular este tipo de datos sin exigir hacer suposiciones aparentemente irreales o requisitos pesados de cálculo.
- Estas pruebas son más fáciles de aprender, aplicar, y su interpretación suele ser más directa que las paramétricas.
- El uso de rangos permite menos errores.
- Generalmente estas pruebas son distribuciones libres, pero no pueden cuantificar el tamaño de la tendencia.

Por otro lado estas pruebas presentan las siguientes **desventajas**:

- Si la serie de datos tiene las suposiciones del modelo estadístico paramétrico conocidas, y las hipótesis de investigación pudieran ser probadas por una prueba paramétrica, entonces las pruebas estadísticas no paramétricas serían inútiles. Este grado de falta de aplicabilidad es expresado por la potencia – eficacia de este tipo de pruebas.
- Estas pruebas no son sistemáticas, como las paramétricas y diferentes pruebas son simples variaciones de un tema central. Aunque el valor de la aproximación sistemática es parcialmente verdadera, no justifica su aplicabilidad. Más aún un análisis cuidadoso de las pruebas no paramétricas revela temas comunes: las pruebas para datos categóricos son sistemáticos, así como son muchas de las pruebas aplicadas a datos ordenados. La diferencia está en la superficie, es decir, que las fórmulas matemáticas de cálculo algunas veces no detectan las relaciones subyacentes entre pruebas.
- La aplicabilidad de estas pruebas está muy difundida y aparecen en diferentes formatos, por lo que esto relaciona a la conveniencia o no del método.

A continuación de describe el fundamento matemático estadístico de los 3 test no paramétricos aplicados en el presente estudio:

Mann - Kendall (test para tendencia)

Método estadísticamente basado en el ranking (número de orden) de dos variables, ampliamente usado en estudios de identificación de tendencias en series de variables hidrometeorológicas en cuanto a si son ascendentes o descendentes, pero no cuantifican estas. Además de tendencias detecta saltos.

Los n valores de la serie temporal (X_1, X_2, X_3, . . . , X_n) son reemplazados por sus filas relativas (R_1, R_2, R_3, . . . , R_n) (comenzando en 1 para el más bajo hasta n).

El S del test estadístico es:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} [\sum_{j=i+1}^{n} \text{sgn}(R_j - R_i)]$$

Donde:

$$\text{sgn}(x) = 1 \quad \text{for } x > 0$$

$$\text{sgn}(x) = 0 \quad \text{for } x = 0$$

$$\text{sgn}(x) = -1 \quad \text{for } x < 0$$

Si la hipótesis nula Ho es verdadera, entonces S es normalmente distribuida con:

$$\mu = 0$$

$$\sigma = n(n-1)(2n+5)/18$$

La Z-estadística está dada por:

$$z = |S| / \sigma^{0.5}$$

Los valores críticos de la prueba estadística para varios niveles de significancia pueden ser obtenidos de tablas de probabilidad normal, para rechazar o aceptar la hipótesis. Valores positivos (+) o negativos (-) de S indican una tendencia de aumento o disminución.

Spearman's Rho (test para tendencia)

Es buen método cuando los datos no tienen distribución normal, especialmente si hay valores extremos.

Es un test basado en rangos, que determina si la correlación entre dos variables es significativa. En el análisis de tendencias, una variable es considerada como el tiempo (X_i) (años) y el otro a las correspondientes series temporales de datos (Y_i).

Los n valores de la serie temporal son reemplazados por sus filas relativas (comenzando en 1 para el más bajo hasta n) como en la prueba de Mann-Kendall.

El test estadístico ρs es el coeficiente de correlación, obtenido de la misma manera que el coeficiente de correlación de una muestra cualquiera pero utilizando rangos:

$$\rho_s = S_{xy} / (S_x S_y)^{0.5}$$

Donde:

$$S_x = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 \qquad S_y = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2 \qquad S_{xy} = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

y X_i (tiempo), Y_i (variable de interés), $\bar{x}$ y $\bar{y}$ se refieren a las filas ($\bar{x}$, $\bar{y}$, S_X y S_Y) tienen la mismo valor en un análisis de tendencias).

Para muestras largas, la cantidad $\rho_s\sqrt{n-1}$ está normalmente distribuida con media de 0 y la varianza de 1 (valores críticos para la prueba estadística para distintos niveles de significancia se obtienen de de las tablas de probabilidad normal).

Rank - Sum (test para diferencia de medianas de datos en dos periodos)

Este método prueba si las medianas o puntos medios en dos periodos distintos son diferentes. Para el cálculo de la prueba estadística Rank-Sum:

Se alinean todos los datos, desde 1 (el más pequeño) hasta n (el más largo): En caso de valores iguales de datos, utilizar la media de rangos.

Se calcula un S estadístico como la suma de los rangos de las observaciones en el grupo más pequeño (el número de observaciones en el grupo más pequeño se denota como n, y el número de las observaciones en el grupo más grande se denota como m).

Se calcula la media teórica y desviación estándar de S bajo Ho para la totalidad de la muestra.

$$\mu = n\,(N+1)/2$$
$$\sigma = [n\,m\,(N+1)/12]^{0.5}$$

La forma estandarizada de Z_{rs} de la prueba estadística se calcula como:

$$Z_n = (S-0.5-\mu)/\sigma \quad \text{if } S > \mu$$
$$Z_n = 0 \quad \text{if } S = \mu$$
$$Z_n = |S+0.5-\mu|/\sigma \quad \text{if } S < \mu$$

Z_{rs} se distribuye normalmente, y el valor crítico de la prueba estadística para varios niveles de significancia, se pueden obtener de las tablas de probabilidad normal.

4.2 Preparación de series temporales

Para realizar los test estadísticos sobre series temporales de datos hidrometeorológicos, estas deben ser continuas, es decir, que no deben existir vacíos, huecos, o lagunas de datos en la serie. En la mayoría de los registros de variables meteorológicas en estaciones la información presenta vacios mensuales en los datos disponibles. Más claramente la tabla 4 muestra el diagrama de barras para los datos termo-pluviométricos.

Para estudiar periodos lo más extensos posible, y para no perder información de algunos periodos debido a estos vacios, se ha definido por conveniente aplicar 2 metodologías para el relleno, completado o en algún caso para la reconstitución de las distintas variables estudiadas. Esas metodologías se describen a continuación:

Temperaturas máximas y mínimas

Se completa el valor mensual faltante con el valor que corresponde a la media de la serie histórica del mes en cuestión.

Precipitación y temperatura media ambiente

Se completa el valor mensual faltante utilizado el cálculo del mismo por correlación múltiple lineal entre estaciones que en lo posible, pertenezcan al mismo grupo regional climático. Por consideraciones prácticas, el relleno de una serie de datos de una estación cualquiera se realiza tomando en cuenta a las estaciones geográficamente más cercanas, siempre y cuando esas estaciones tengan consistencia aceptable (según el vector regional).

Los criterios de relleno son los siguientes:

- Se realiza entre estaciones cercanas que pertenezcan al mismo grupo regional climático. En caso de que esto no sea posible, se deberá realizar un cuidadoso análisis para usar estaciones de otro grupo.
- Se rellenan datos faltantes siempre que los mismos no superen un periodo continuo de vacios de 3 temporadas o años.
- Las nuevas series rellenadas y/o ampliadas deberán seguir el comportamiento original, lo que se comprueba mediante la teoría de decisiones y/o el Vector Regional.

Para los datos termométricos se vio por conveniente para una mejor aplicación del método realizar las correlaciones mes a mes, es decir que se tiene 12 matrices para el relleno mensual de temperaturas medias.

Para los datos pluviométricos se vio por conveniente para una mejor aplicación del método dividir al año en tres estaciones, de acuerdo al comportamiento estacional de las lluvias en la región de estudio:

- Época húmeda: Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo
- Época seca: Mayo, Junio, Julio, Agosto
- Época de transición: Abril, Septiembre, Octubre

Varios programas estadísticos incluyen a la regresión múltiple entre sus herramientas y tienen además diversos parámetros que permiten evaluar la bondad de ajuste, como el coeficiente de regresión (r^2), de regresión corregida (r^2 correg), error típico de la estimación y el estadístico F, que indica si existe relación lineal significativa entre la variable dependiente y el conjunto de variables independientes. El valor 0.00 indica un máximo nivel significativo de una serie de datos (de una estación) en la regresión. Para el presente estudio se utilizó el módulo de

regresión múltiple del programa SPSS-Statistical Product and Service Solutions. Por criterio y experiencia, se recomienda aplicar la regresión linear con imposición en el origen, es decir que la ecuación no tiene término independiente:

$$Y = \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + ... + \beta_n \cdot X_n$$

4.3 Termometría

En este punto se presenta un resumen de las temperaturas medias, temperaturas máximas y mínimas mensuales y anuales. Se ha considerado un periodo común de datos en estaciones de la región con fines comparativos (1976-2009). Se presenta las medias de datos para la serie del periodo común, que es el periodo total de la serie histórica de datos.

Estacion	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
El Alto AASANA	1976 - 2009	8.9	8.9	8.7	7.9	6.3	4.9	4.6	5.8	7.1	8.4	9.1	9.3	**7.5**
La Paz Central	1976 - 2009	12.8	12.9	12.8	12.5	11.7	10.4	10.0	10.9	11.6	12.8	13.5	13.4	**12.1**
Viacha	1976 - 2009	10.4	10.4	10.1	9.1	6.5	4.7	4.6	6.1	7.9	9.5	10.3	10.6	**8.3**

Tabla 8: Temperatura media mensual y anual en [ºC] en estaciones de apoyo (Datos reconstituidos y rellenados 1976-2009)
(Fuente: Elaboración propia)

La tabla 8 muestra las temperaturas medias mensuales y anuales por estación para el periodo 1976-2009 de las estaciones regionales de referencia. La figura 12 muestra gráficamente la variación mensual para el periodo estudiado y la media anual de temperatura media ambiente. Se observan los meses con temperaturas más altas. El comportamiento mensual se correlaciona entre estaciones (es paralelo). El gradiente térmico anual entre las estaciones de El Alto y La Paz es de 4.6ºC en 426 m, lo que equivale a 1.08ºC/100m.

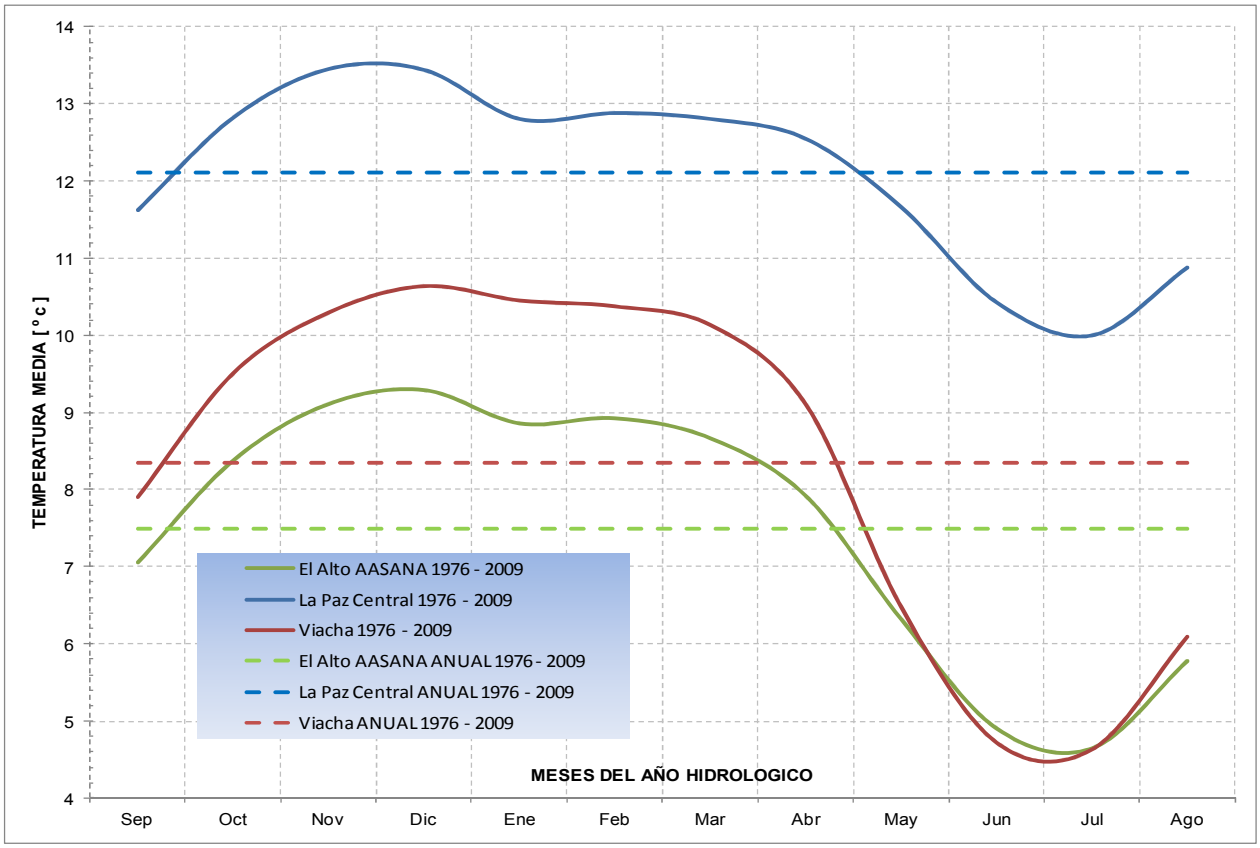


Figura 12: Temperatura media mensual y anual en [ºC] en estaciones de apoyo (Datos reconstituidos y rellenados 1976-2009)
(Fuente: Elaboración propia)

La tabla 9 muestra las temperaturas máximas mensuales y anuales por estación para el periodo 1976-2009 de las estaciones regionales de referencia. La figura 13 muestra gráficamente los valores medios máximos mensuales y anuales para el periodo estudiado.

Estacion	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
El Alto AASANA	1976 - 2009	13.9	14.2	14.2	14.5	14.5	13.5	13.3	14.3	14.8	15.6	15.9	15.3	**14.5**
La Paz Central	1976 - 2009	18.3	18.6	18.6	19.0	18.9	17.7	17.2	18.2	18.6	19.6	20.0	19.6	**18.7**
Viacha	1976 - 2009	17.0	17.2	17.2	17.6	17.2	16.4	16.4	17.2	17.6	18.3	18.4	18.1	**17.4**

Tabla 9: Temperatura máxima mensual y anual en [ºC] en estaciones de apoyo (Datos reconstituidos y rellenados 1976-2009)
(Fuente: Elaboración propia)

El comportamiento mensual se correlaciona entre estaciones (es paralelo). El gradiente térmico (1976-2009) anual de máximas entre las estaciones de El Alto y La Paz es de 4.2ºC en 426 m, lo que equivale a 0.99ºC/100m. Esto para las limitaciones en cuanto a densidad de estaciones meteorológicas lo que se tiene es simplemente una referencia, considerando además el efecto de isla de calor que se tiene en la ciudad.

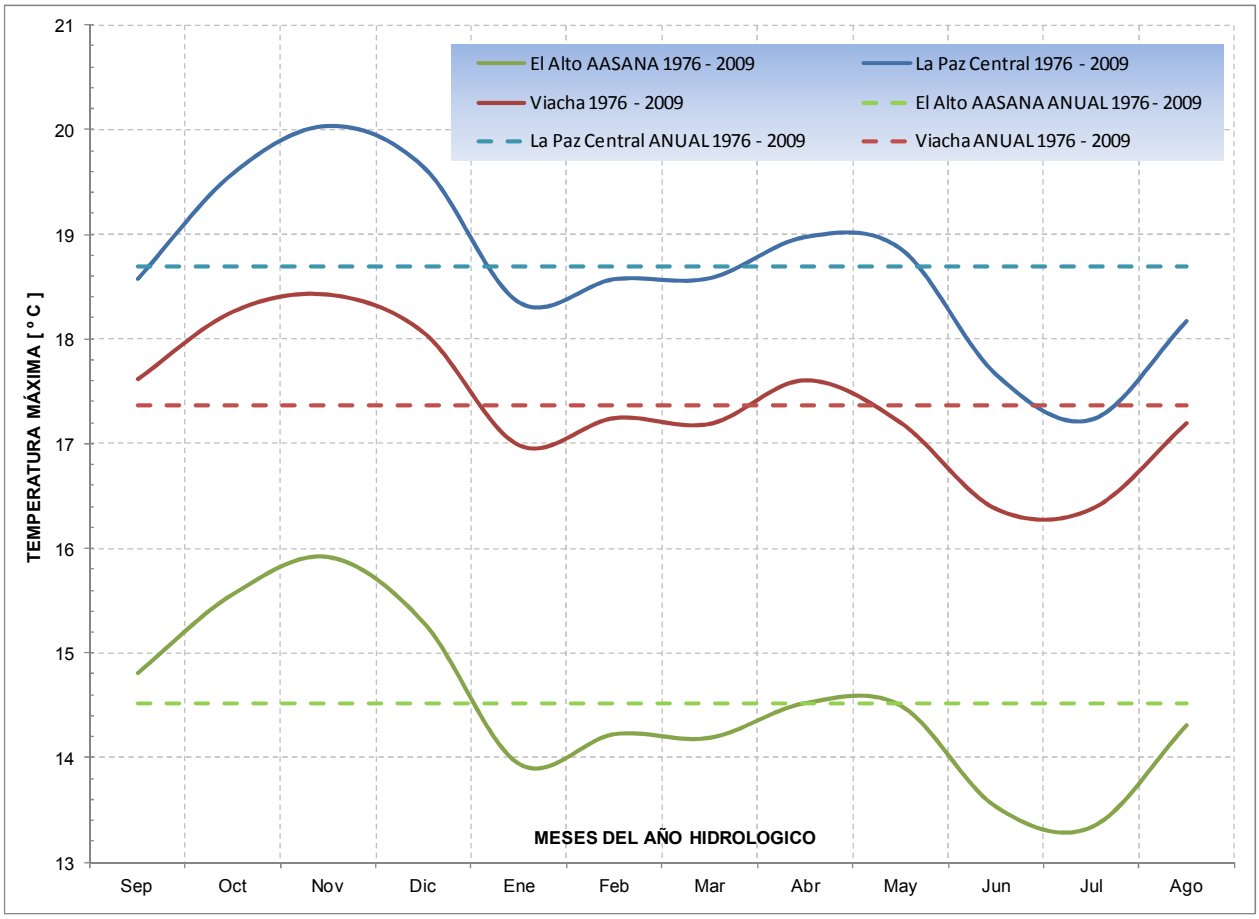


Figura 13: Temperatura máxima mensual anual en [ºC] en estaciones de apoyo (Datos reconstituidos y rellenados 1976-2009)
(Fuente: Elaboración propia)

La tabla 10 muestra las temperaturas mínimas mensuales y anuales por estación para el periodo de estudio 1976-2009 de las estaciones regionales de referencia. La figura 14 muestra gráficamente las temperaturas mínimas anuales y la variación mensual de temperatura mínima.

Estacion	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
El Alto AASANA	1976 - 2009	3.8	3.6	3.1	1.4	-1.9	-3.7	-4.0	-2.8	-0.7	1.2	2.3	3.3	**0.4**
La Paz Central	1976 - 2009	7.3	7.2	7.0	6.1	4.5	3.2	2.8	3.6	4.7	6.1	6.9	7.2	**5.5**
Viacha	1976 - 2009	4.0	3.6	3.1	0.6	-4.3	-7.0	-7.2	-5.1	-1.9	0.7	2.1	3.2	**-0.7**

Tabla 10: Temperatura mínima mensual y anual en [ºC] en estaciones de apoyo (Datos reconstituidos y rellenados)
(Fuente: Elaboración propia)

El comportamiento mensual se correlaciona entre estaciones (es paralelo). El gradiente térmico anual de mínimas entre las estaciones de El Alto y La Paz es de 5.1ºC en 426 m, lo que equivale a 1.20ºC/100m.

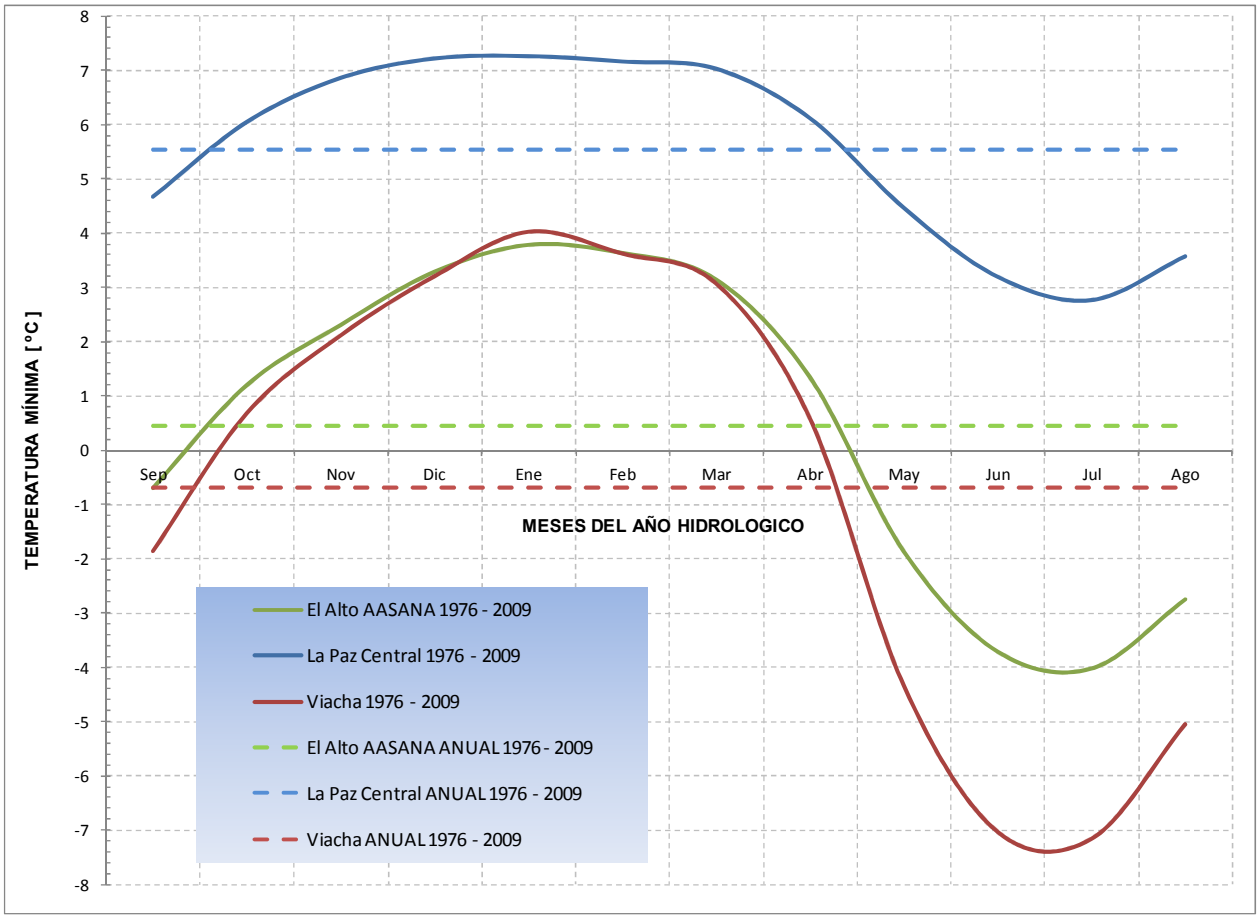


Figura 14: Temperatura mínima anual en [ºC] en estaciones de apoyo (Datos reconstituidos y rellenados)
(Fuente: Elaboración propia)

4.3.1 Análisis de series de temperatura media ambiente

En este punto se presenta un resumen del análisis de tendencias y resultados de los test estadísticos para las series temporales de temperatura media mensual y anual. En anexo 2 (A-02) se presentan los resultados mensuales y anuales de los test paramétricos y no paramétricos además de las gráficas de tendencia lineal para todas las estaciones.

La figura 15 muestra gráficamente el ajuste lineal de tendencia de temperatura media anual para las estaciones de referencia El Alto, La Paz y Viacha para el periodo histórico común de referencia 1976-2009. La gráfica muestra la influencia que tiene la metrópoli, actividad o desarrollo urbano sobre la temperatura (efecto isla de calor) que influye directamente aumentando la temperatura. Para Viacha por el contrario se tiene tendencia a la disminución de la temperatura.

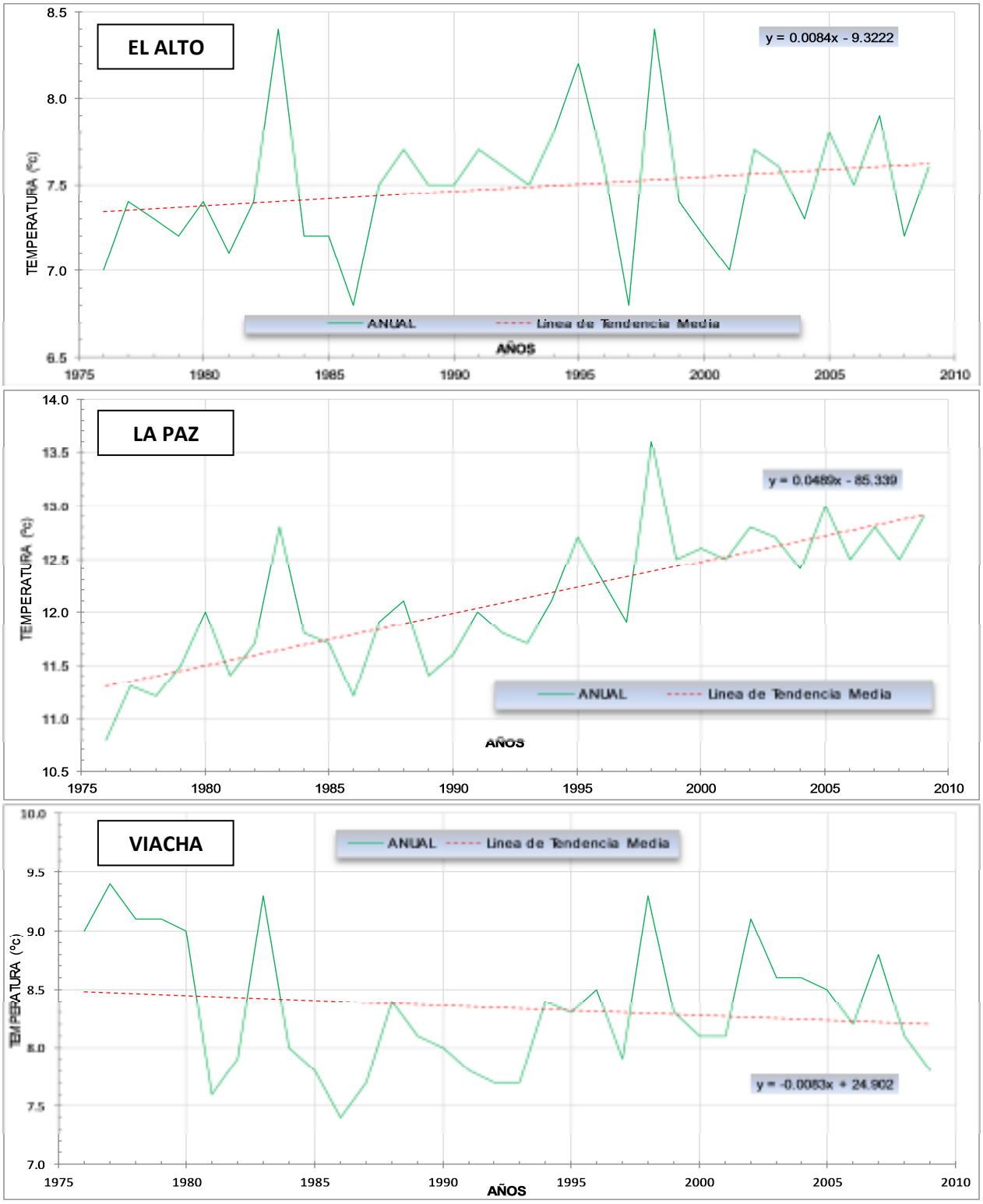
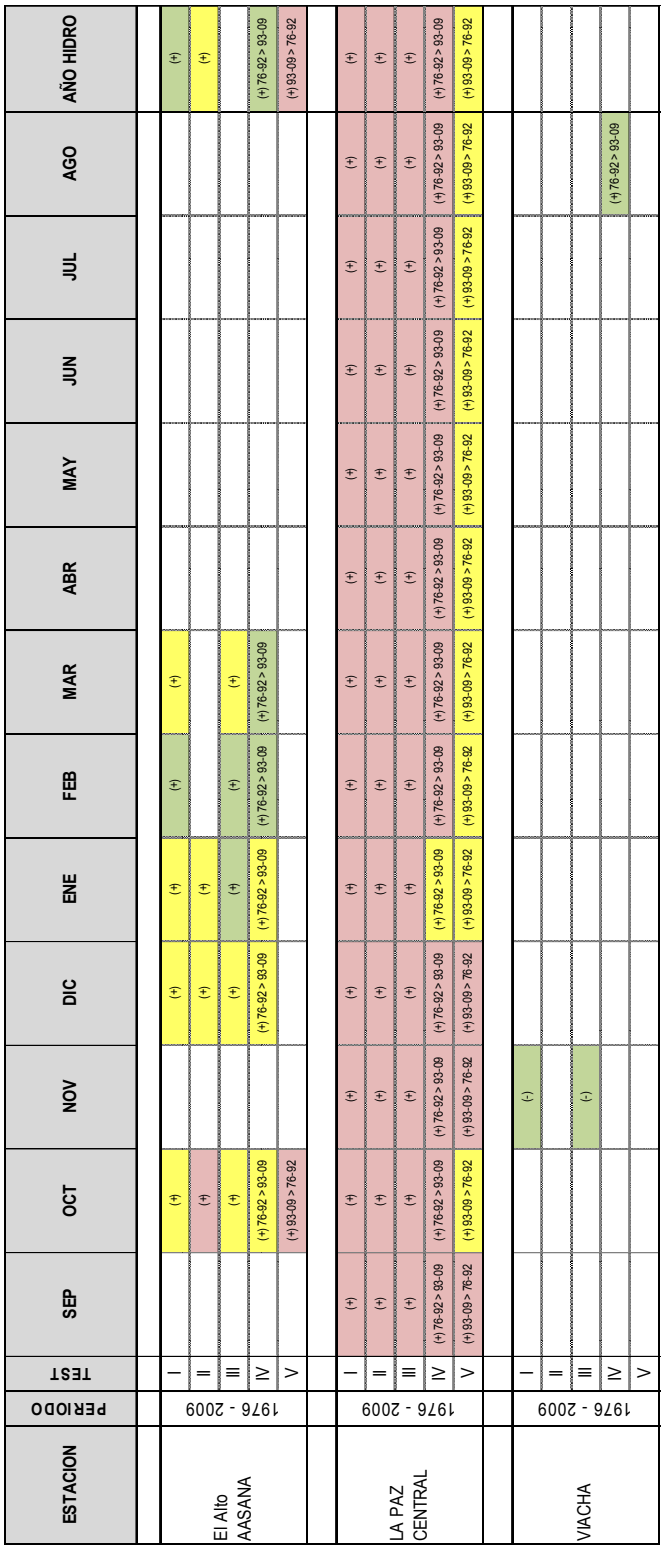


Figura 15: Ajuste de la serie de temperatura media anual en [ºC] para las estaciones El Alto, La Paz y Viacha en los periodos 1976-2009 (Datos reconstituidos y rellenados)
(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	PERIODO	TEST	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	AÑO HIDRO
El Alto AASANA	1976 - 2009	I		(+)		(+)	(+)	(+)	(+)						(+)
		II		(+)		(+)	(+)								(+)
		III		(+)		(+)	(+)	(+)	(+)						(+) 76-92 > 93-09
		IV		(+) 76-92 > 93-09		(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09						(+) 76-92 > 93-09
		V		(+) 93-09 > 76-92											(+) 93-09 > 76-92
LA PAZ CENTRAL	1976 - 2009	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		IV	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09
		V	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92		(+) 93-09 > 76-92
VIACHA	1976 - 2009	I			(-)										
		II													
		III			(-)									(+) 76-92 > 93-09	
		IV													
		V													

REFERENCIAS

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

0,10	Nivel de significancia con poca evidencia en contra de Ho
0,05	Nivel de significancia con evidencia posible en contra de Ho
0,01	Nivel de significancia con evidencia fuerte en contra de Ho

(-) Tendencia negativa (decreciente)
(+) Tendencia positiva (ascendente)

Tabla 11: Tabla resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para temperatura media mensual y anual en estaciones de referencia (1976-2009) *(Fuente: Elaboración propia)*

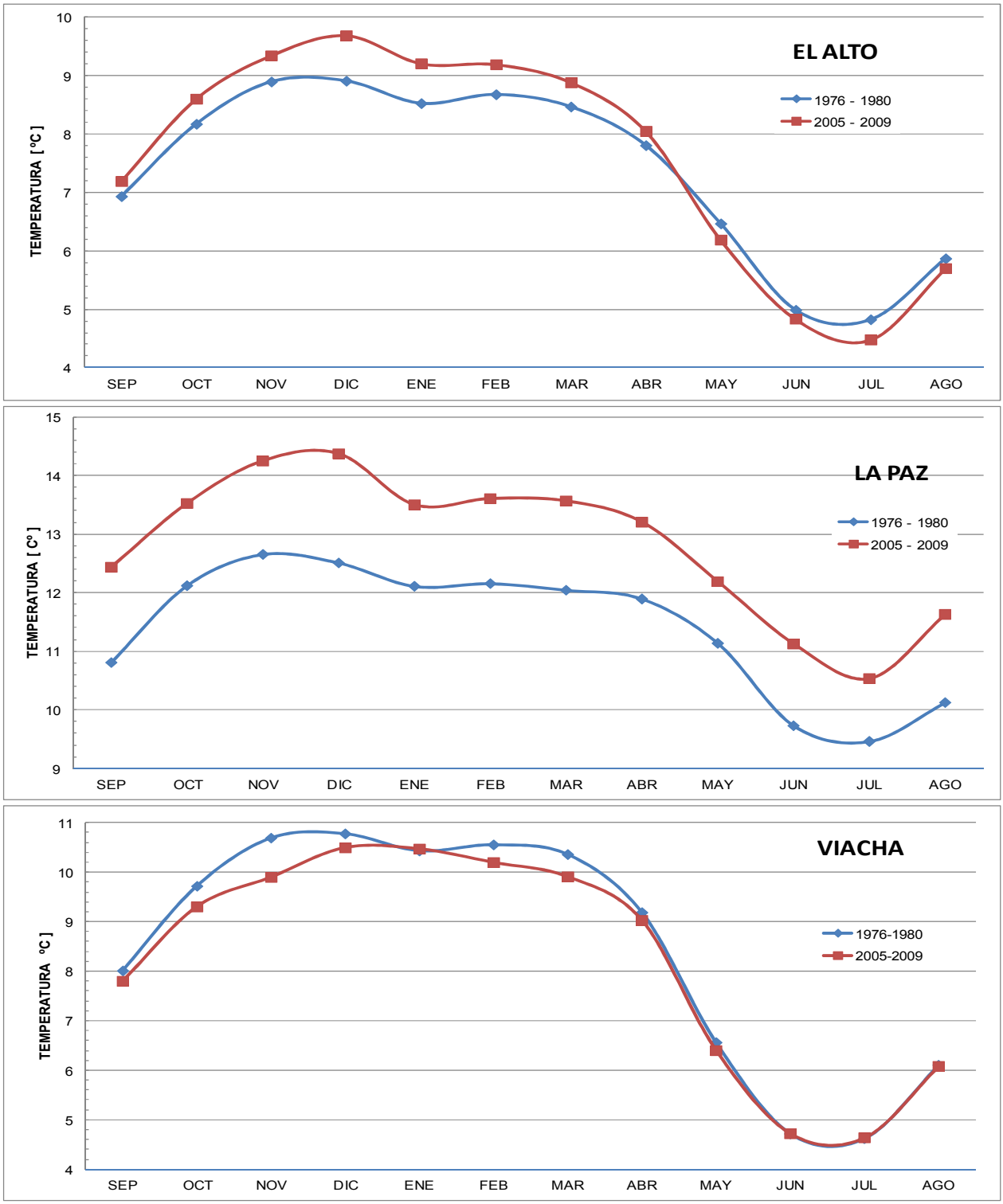


Figura 16: Termogramas sintéticos en base a las líneas de tendencias 1976-2009 de la temperatura media ambiente [ºC] para las estaciones de referencia
(Fuente: Elaboración propia)

La tabla 11 muestra un resumen del análisis de tendencia por estación para el periodo común 1976-2009, donde se identifica mensualmente y anualmente si la serie temporal de temperaturas medias presenta cambios significativos, esto mediante los test paramétricos o no paramétricos.

Regionalmente no se ve un comportamiento similar. En Viacha los cambios o tendencias son no significativos. En La Paz si se tiene en todos los meses y anualmente tendencia al crecimiento, por efecto de isla de calor que produce la ciudad. En El Alto solamente se tienen incrementos evidentes en diciembre, enero, febrero, marzo, octubre y anualmente.

La figura 16 muestra los termogramas sintéticos calculados para las estaciones sobre el quinquenio inicial y final del periodo común, en base a las líneas de tendencias 1976-2009.

El comportamiento intermensual de la temperatura en El Alto es caótico (aumenta entre septiembre y abril y disminuye en época seca e invierno mayo a agosto), en algunos meses la temperatura se ha incrementado y en algunos ha disminuido. En La Paz el comportamiento de la temperatura a lo largo de los meses del año es homogéneo, es decir que en todos los meses se tiene un incremento de la temperatura respecto a los años setenta, como era de esperarse. Algunos efectos que favorecen a este comportamiento son el crecimiento de la ciudad, aumento de emisión de gases y/o actividad industrial.

4.3.2 Análisis de series de temperatura máxima

En este punto se presenta un resumen del análisis de tendencias y resultados de los test estadísticos para las series temporales de temperaturas máximas mensuales y anuales. En anexo 2 (A-02) se presentan los resultados mensuales y anuales de los test paramétricos y no paramétricos además de las gráficas de tendencia lineal para todas las estaciones.

La figura 17 muestra gráficamente el ajuste lineal de tendencia de la temperatura máxima anual para las estaciones de referencia para el periodo común 1976-2009. Para el periodo analizado se tiene un ajuste con un gradiente positivo en El Alto y La paz, con la diferencia de que el primero presenta un gradiente menor en magnitud respecto al segundo. Por otro lado en Viacha el comportamiento es estable, es decir que no presenta cambios significativos.

La tabla 12 muestra un resumen del análisis de tendencia por estación para el periodo común 1976-2009, donde se identifica mensualmente y anualmente si la serie temporal de temperaturas máximas extremas presenta cambios significativos, esto mediante los test paramétricos o no paramétricos. Regionalmente no se ve una clara tendencia, solo que para la estación de El Alto se tiene tendencias positivas (incremento) en septiembre, junio y a nivel anual; mientras que en Viacha la tendencia es negativa en febrero y positiva en invierno, mayo, junio, julio, agosto y a nivel anual. Las tendencias en La Paz son positivas, como era de esperarse por el efecto de ciudad.

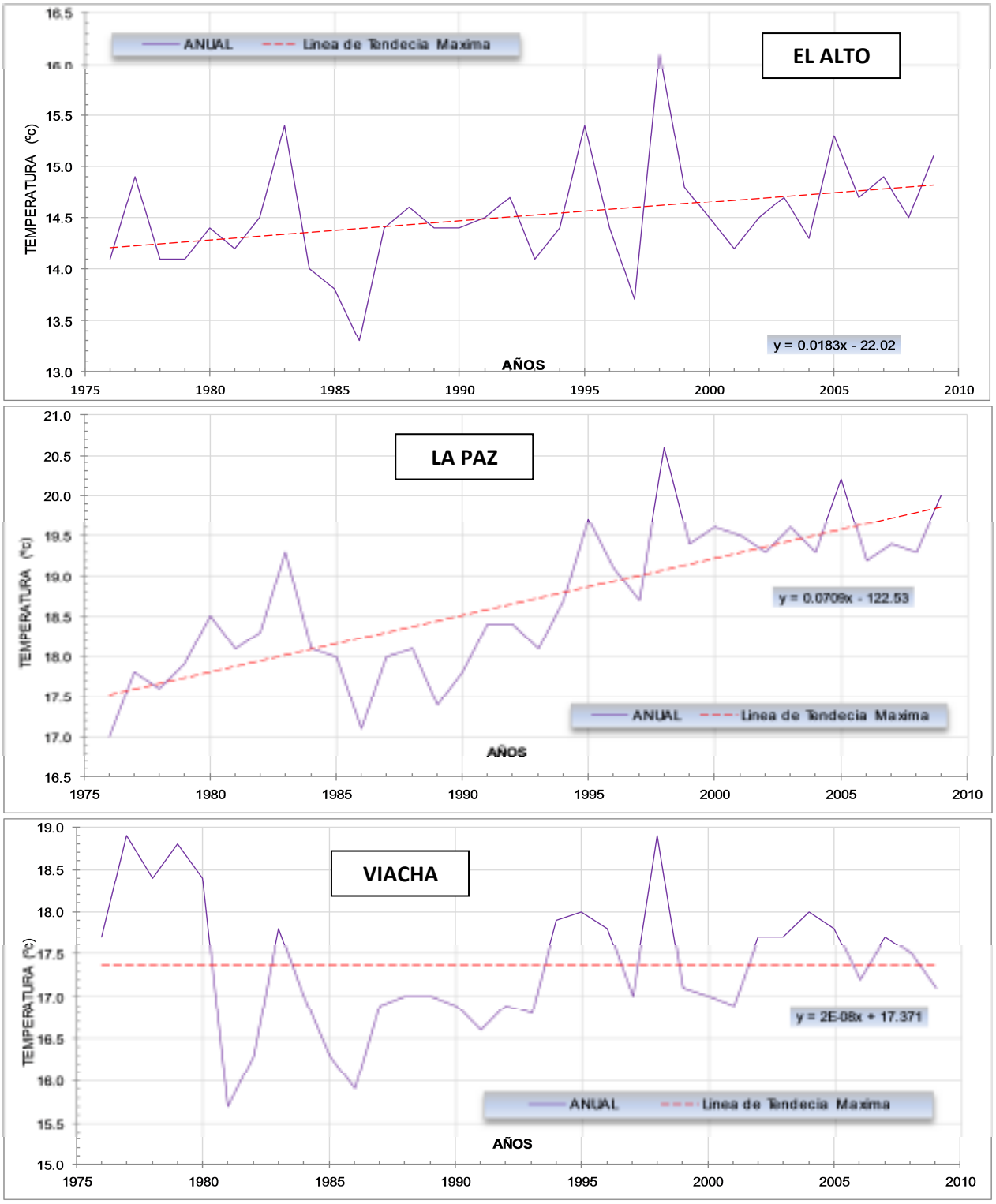
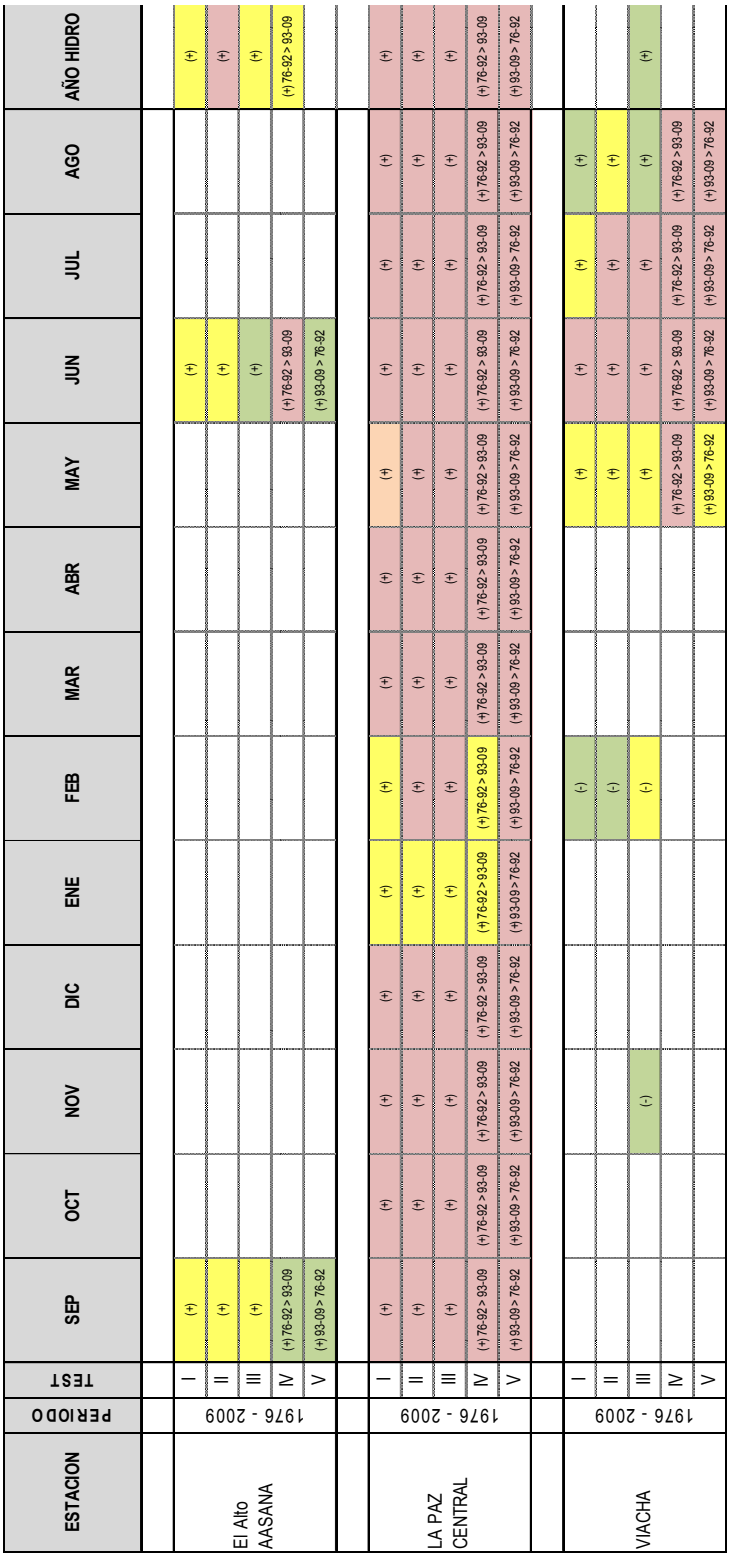


Figura 17: Ajuste de la serie de temperatura máxima anual en [ºC] para las estaciones El Alto, La Paz y Viacha en los periodos 1976-2009 (Datos reconstituidos y rellenados)
(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	PERIODO	TEST	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	AÑO HIDRO
El Alto AASANA	1976 - 2009	I	(+)									(+)			(+)
		II	(+)									(+)			(+)
		III	(+)									(+)			(+)
		IV	(+) 76-92 > 93-09									(+) 76-92 > 93-09			(+) 76-92 > 93-09
		V	(+) 93-09 > 76-92									(+) 93-09 > 76-92			
LA PAZ CENTRAL	1976 - 2009	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		IV	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09
		V	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92
VIACHA	1976 - 2009	I						(-)			(+)	(+)	(+)	(+)	
		II						(-)			(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		III			(-)			(-)			(+)	(+)	(+)	(+)	
		IV									(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	
		V									(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	

REFERENCIAS

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

0.10	Nivel de significancia con poca evidencia en contra de Ho
0.05	Nivel de significancia con evidencia posible en contra de Ho
0.01	Nivel de significancia con evidencia fuerte en contra de Ho

(-) Tendencia negativa (decreciente)

(+) Tendencia positiva (ascendente)

Tabla 12: Tabla resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para temperatura máxima mensual y anual en estaciones de referencia (1976-2009) *(Fuente: Elaboración propia)*

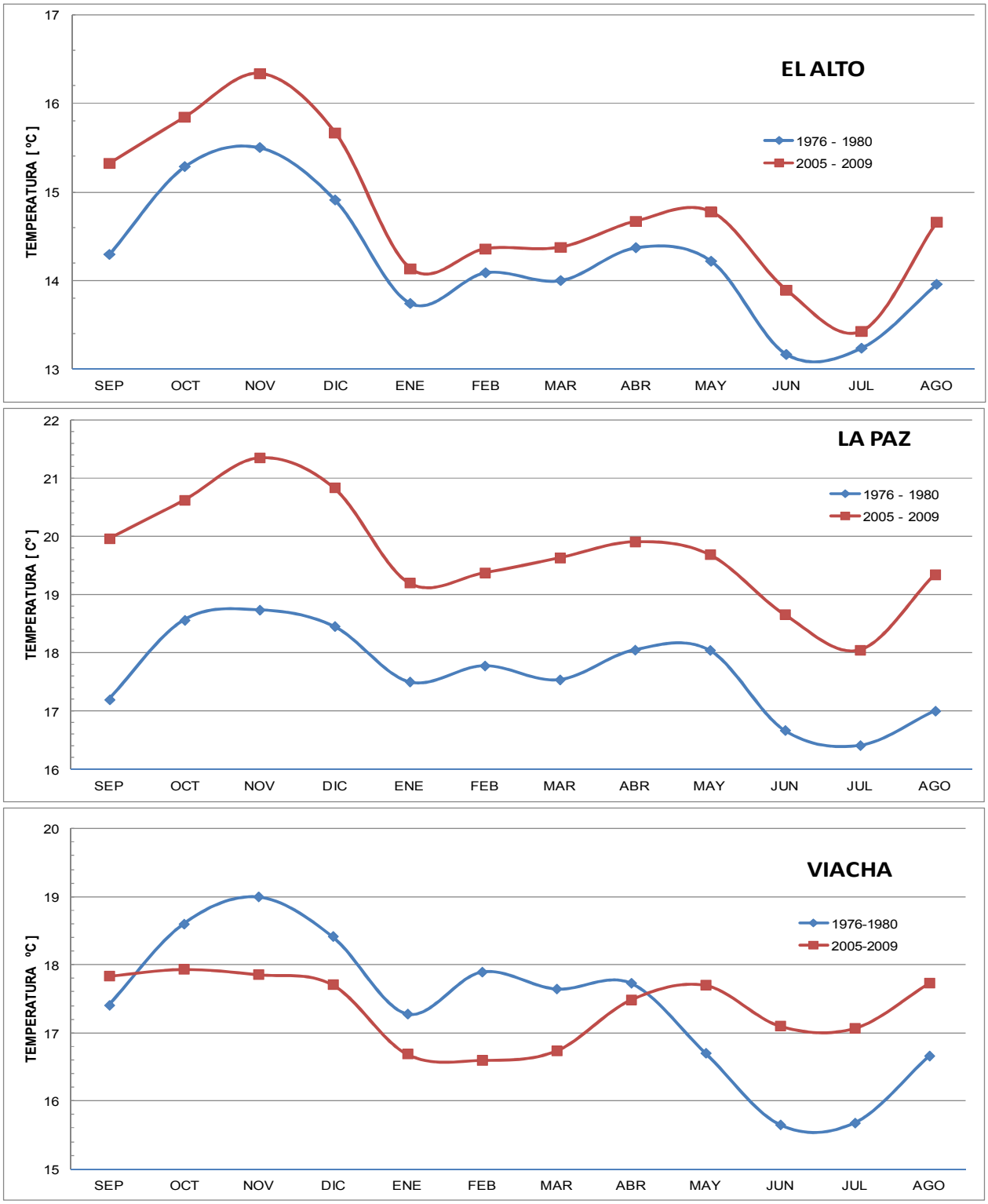


Figura 18: Termogramas sintéticos en base a las líneas de tendencias 1976-2009 de temperatura máxima [ºC] para las estaciones de referencia
(Fuente: Elaboración propia)

La figura 18 muestra los termogramas sintéticos calculados para las estaciones de referencia sobre el quinquenio inicial y final, en base a las líneas de tendencias del periodo 1976-2009.

El comportamiento intermensual de la temperatura máxima en El Alto y La Paz presenta aumento en todos los meses y a nivel anual. En Viacha por el contrario el comportamiento de la temperatura máxima se incrementa para los meses de mayo a septiembre y en verano de octubre a abril presentan disminución.

4.3.3 Análisis de series de temperatura mínima

En este punto se presenta un resumen del análisis de tendencias y resultados de los test estadísticos para las series temporales de temperaturas mínimas mensuales y anuales. En anexo 2 (A-02) se presentan los resultados mensuales y anuales de los test paramétricos y no paramétricos además de las gráficas de tendencia lineal para todas las estaciones.

La figura 19 muestra gráficamente el ajuste lineal de tendencia de la temperatura mínima anual para las estaciones de referencia para el periodo 1976-2009. Para el periodo analizado se tiene un ajuste con un gradiente positivo solo en La Paz, mientras que el gradiente es negativo en El Alto y Viacha.

Las tablas 13 muestran un resumen del análisis de tendencia por estación para el periodo común 1976-2009, donde se identifica mensualmente y anualmente si la serie temporal de temperaturas mínimas extremas presenta cambios significativos, esto mediante los test paramétricos o no paramétricos. No se identifica una tendencia regional marcada. En El Alto se identifica una clara tendencia negativa en los meses de invierno (mayo, junio, julio y agosto), mientras que es positiva en verano (diciembre, enero, febrero y marzo). En La Paz en enero, febrero, marzo, julio, agosto, octubre, noviembre y diciembre las temperaturas mínimas tienden a aumentar. En Viacha los cambios son significativos solamente en mayo, junio, julio y a nivel anual (negativo) y positivo en enero.

La figura 20 muestra los termogramas sintéticos calculados para las estaciones de referencia sobre el quinquenio inicial y final, en base a las líneas de tendencias del periodo 1976-2009.

El comportamiento intermensual de la temperatura mínima en La Paz presenta incremento en todos los meses. En El Alto y Viacha, para los mese de invierno (mayo, junio, julio, agosto, sepiembre) el comportamiento de la temperatura mínima tiende a disminuir y para los otros meses la temperatura tiende a incrementarse.

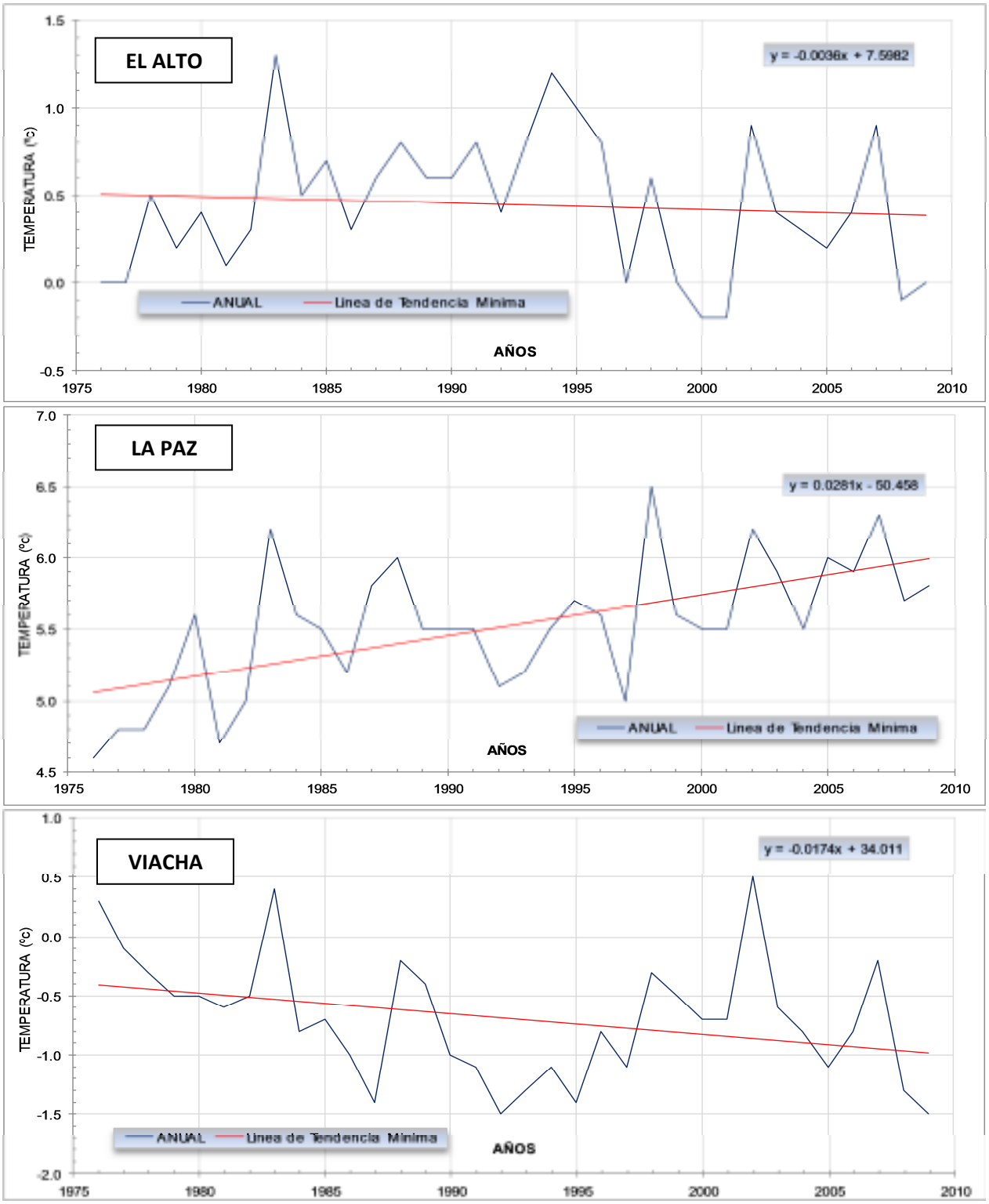
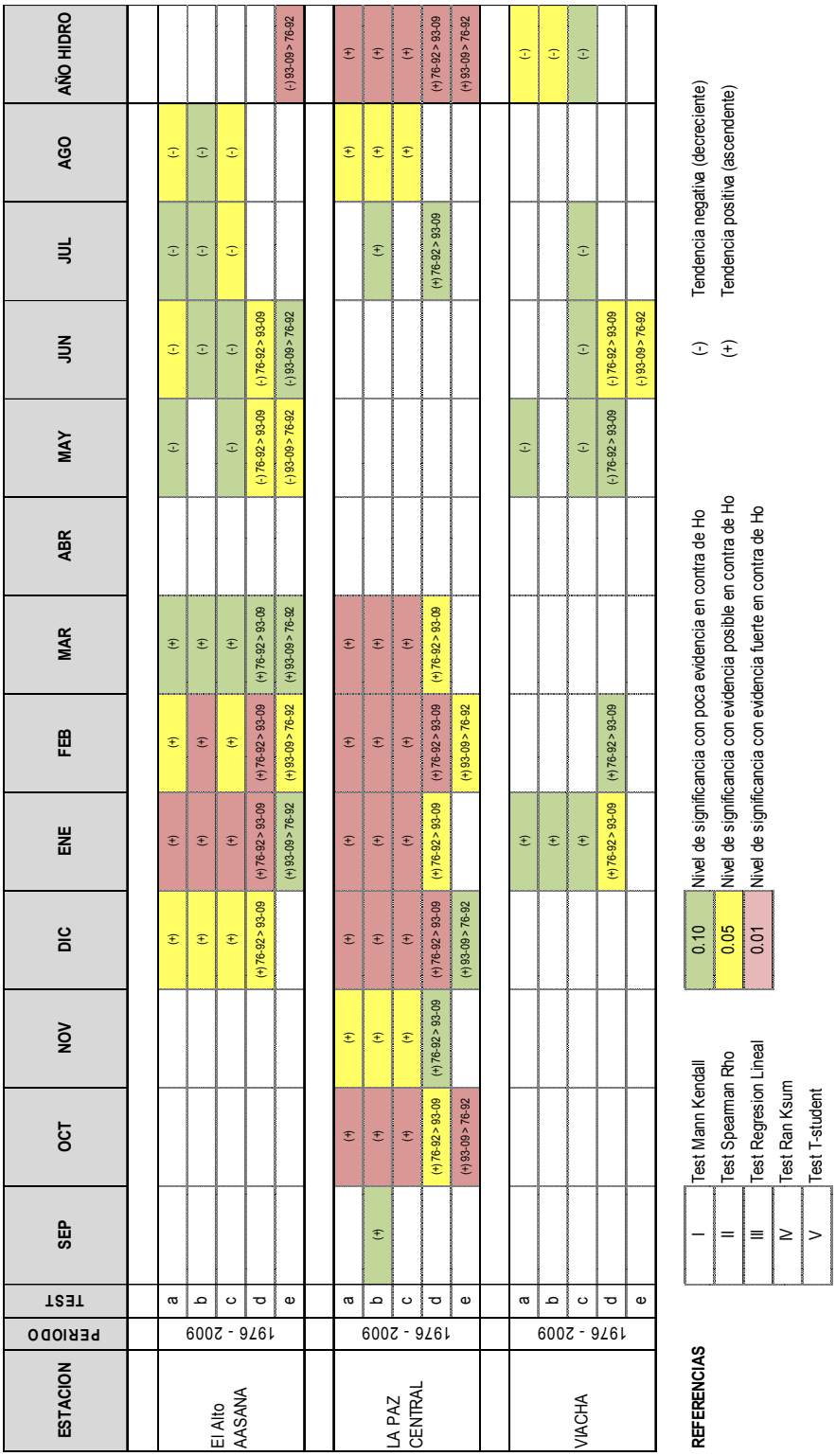


Figura 19: Ajuste de la serie de temperatura mínima anual en [ºC] para las estaciones El Alto, La paz y Viacha (Datos reconstituidos y rellenados)
(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	PERIODO	TEST	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	AÑO HIDRO
El Alto AASANA	1976 - 2009	a				(+)	(+)	(+)	(+)		(-)	(-)	(-)	(-)	
		b				(+)	(+)	(+)	(+)			(-)	(-)	(-)	
		c				(+)	(+)	(+)	(+)		(-)	(-)	(-)	(-)	
		d				(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09		(-) 76-92 > 93-09	(-) 76-92 > 93-09	(-) 76-92 > 93-09		
		e					(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92	(+) 93-09 > 76-92		(-) 93-09 > 76-92	(-) 93-09 > 76-92			(-) 93-09 > 76-92
LA PAZ CENTRAL	1976 - 2009	a		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)					(+)	(+)
		b	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)				(+)	(+)	(+)
		c		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)					(+)	(+)
		d		(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09				(+) 76-92 > 93-09		(+) 76-92 > 93-09
		e		(+) 93-09 > 76-92		(+) 93-09 > 76-92		(+) 93-09 > 76-92							(+) 93-09 > 76-92
VIACHA	1976 - 2009	a					(+)				(-)				(-)
		b					(+)								(-)
		c					(+)				(-)	(-)	(-)		(-)
		d					(+) 76-92 > 93-09	(+) 76-92 > 93-09			(-) 76-92 > 93-09	(-) 76-92 > 93-09			
		e										(-) 93-09 > 76-92			

REFERENCIAS

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

0.10	Nivel de significancia con poca evidencia en contra de Ho
0.05	Nivel de significancia con evidencia posible en contra de Ho
0.01	Nivel de significancia con evidencia fuerte en contra de Ho

(-) Tendencia negativa (decreciente)

(+) Tendencia positiva (ascendente)

Tabla 13: Tabla resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para temperatura mínima mensual y anual en estaciones de referencia (1976-2009) *(Fuente: Elaboración propia)*

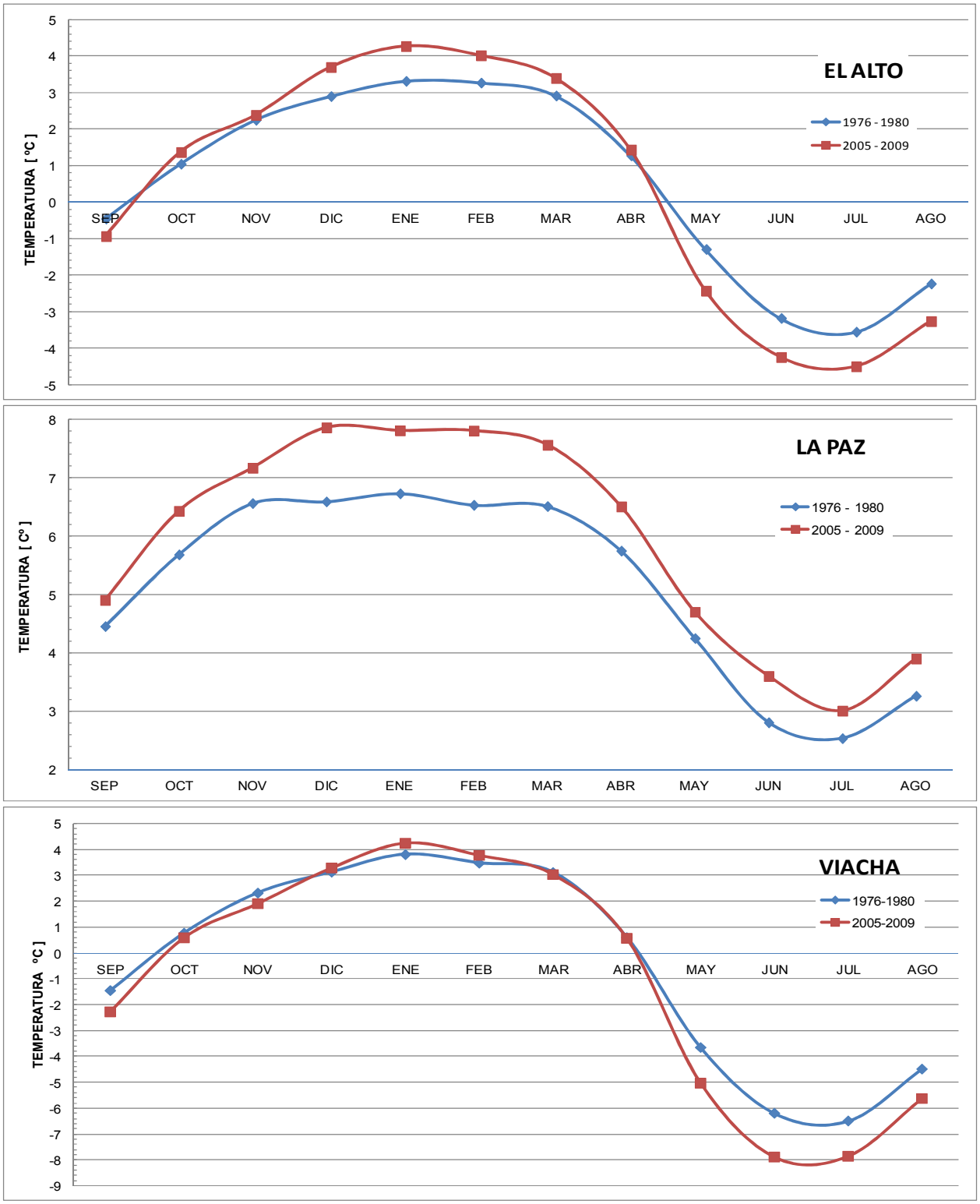


Figura 20: Termogramas sintéticos en base a las líneas de tendencias 1976-2009 de temperatura mínima [ºC] para las estaciones de referencia

(Fuente: Elaboración propia)

4.3.4 Análisis de amplitud térmica anual

En este punto se presenta un análisis anual de tendencias lineal en conjunto para las temperaturas máximas, mínimas y medias. Esto con el fin de evaluar la amplitud de temperaturas a lo largo del periodo estudiado 1976-2009 en estaciones de referencia.

Las figuras 21, 22 y 23 muestran los termogramas anuales y el ajuste lineal para las temperaturas máximas y mínimas extremas y temperaturas medias para las estaciones de referencia El Alto, La Paz y Viacha respectivamente.

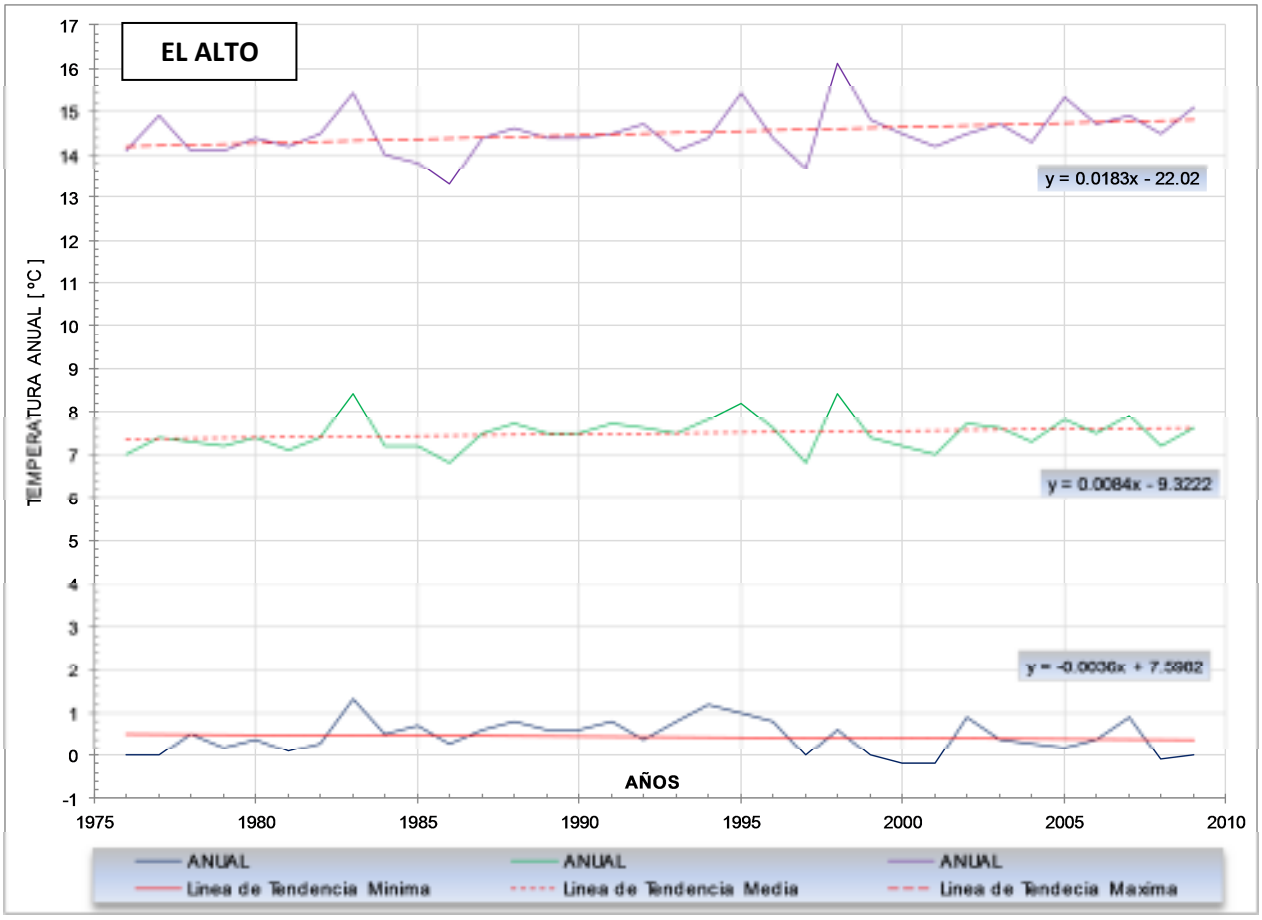


Figura 21: Termogramas y ajuste lineal de tendencia 1976-2009 de temperaturas [ºC] para la estación de El Alto
(Fuente: Elaboración propia)

En El Alto la amplitud de onda entre las temperaturas máximas y mínimas sobre el periodo 1976-2009 se amplía. Esto implica que las temperaturas máximas tiene un gradiente positivo y las temperaturas mínimas un gradiente negativo. Este último gradiente no es significativo respecto al gradiente positivo de las temperaturas máximas

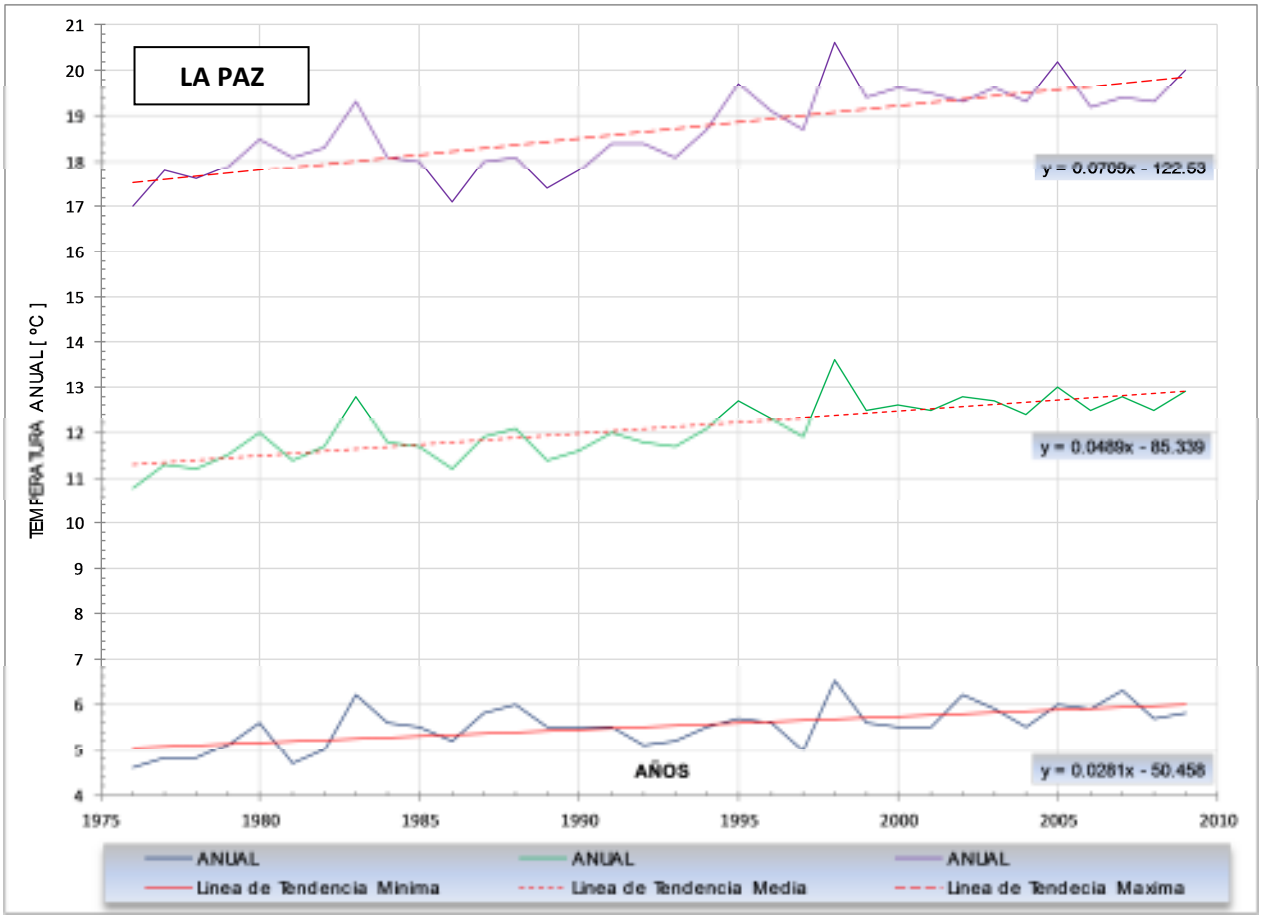


Figura 22: Termogramas y ajuste lineal de tendencia 1976-2009 de temperaturas [ºC] para la estación de La Paz
(Fuente: Elaboración propia)

En La Paz la amplitud de onda entre las temperaturas máximas y mínimas sobre el periodo 1976-2009 se amplia. Esto implica que las temperaturas máximas tiene un gradiente positivo mucho mayor al de temperaturas mínimas.

En Viacha la amplitud de onda entre las temperaturas máximas y mínimas sobre el periodo 1976-2009 no es tan evidente como en El Alto y La Paz. Esto implica que las temperaturas máximas tiene un gradiente positivo muy bajo, lo que se concluye de un comportamiento estable, mientras que en las temperaturas mínimas el gradiente negativo es significativo.

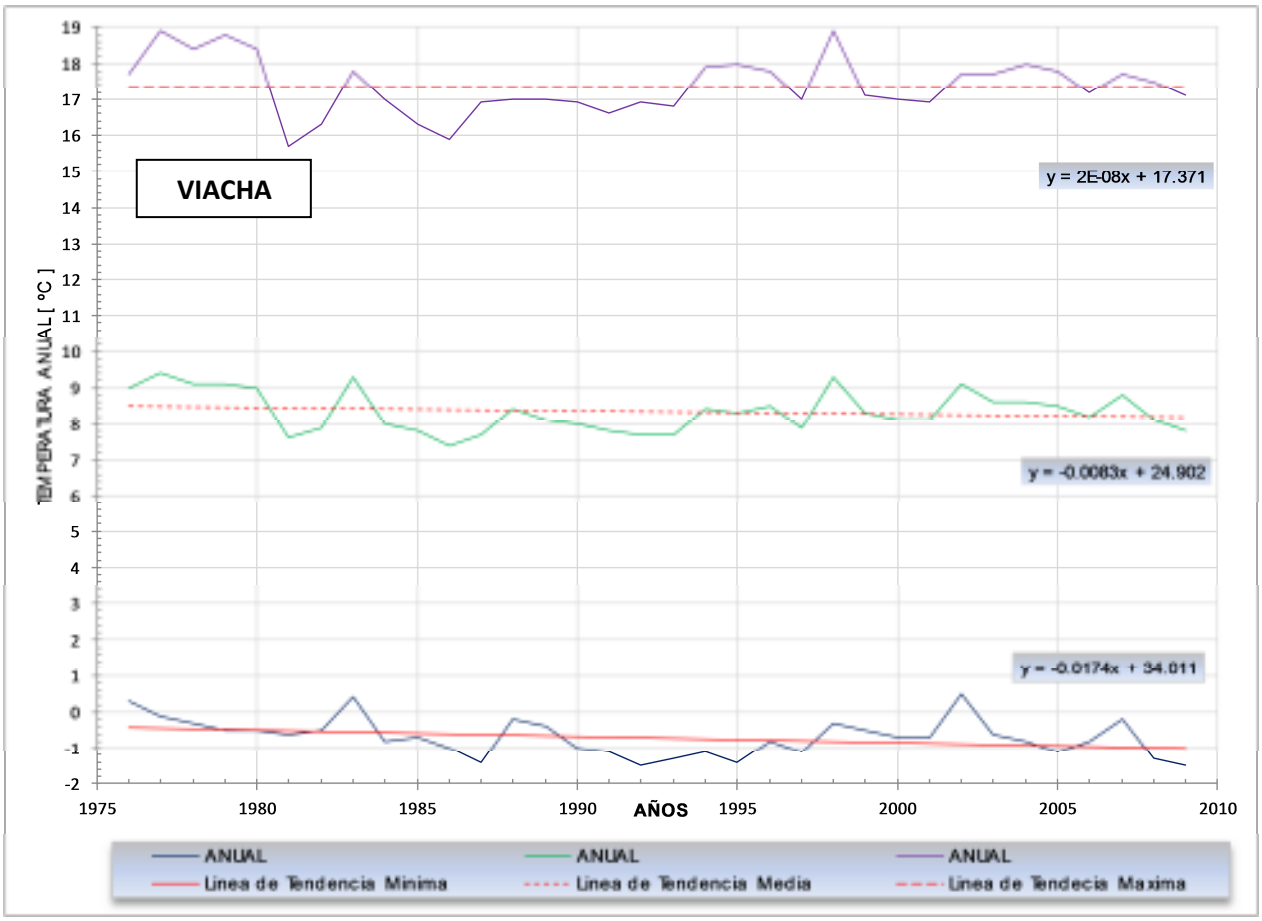


Figura 23: Termogramas y ajuste lineal de tendencia 1976-2009 de temperaturas [ºC] para la estación de Viacha
(Fuente: Elaboración propia)

4.4 Pluviometría

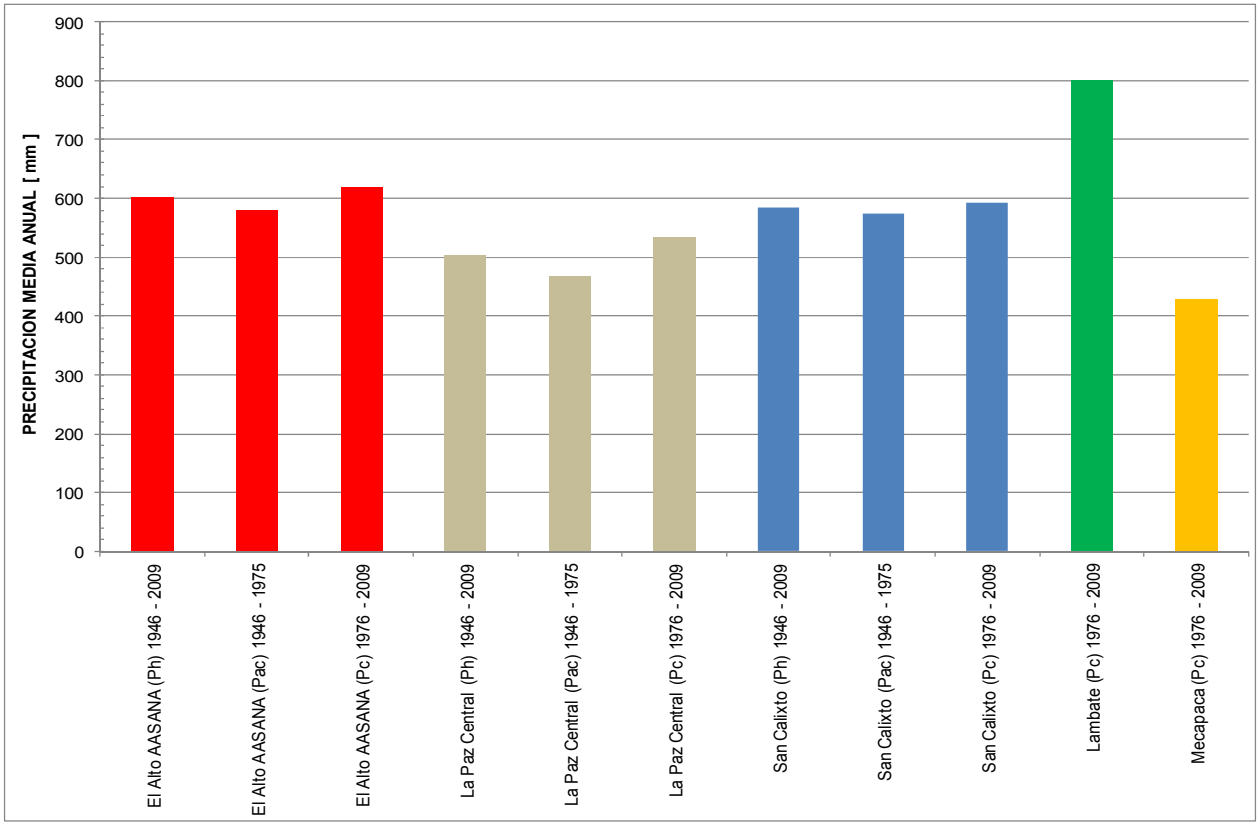
En este punto se presenta un resumen de las precipitaciones medias mensuales y anuales. Se ha considerado un periodo histórico (1946-2009) y otro común (1976-2009) de datos en estaciones de la región con fines comparativos. Se presenta las medias de datos para la serie del periodo histórico, del periodo anterior al común y para el periodo común de las series históricas de datos. La tabla 14 muestra las precipitaciones medias mensuales y anuales en las estaciones principales para los tres periodos considerados.

Estacion	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	AÑO HIDRO
El Alto AASANA (Ph)	1946 - 2009	135.6	99.8	76.0	31.0	12.0	5.8	7.4	15.1	33.0	41.4	50.7	93.2	**601.0**
El Alto AASANA (Pac)	1946 - 1975	130.0	111.4	61.3	27.4	13.0	3.9	7.2	16.4	37.1	36.8	45.4	90.7	**580.7**
El Alto AASANA (Pc)	1976 - 2009	140.4	89.7	89.0	34.2	11.1	7.6	7.5	13.9	29.3	45.5	55.3	95.4	**618.8**
La Paz Central (Ph)	1946 - 2009	111.5	83.7	63.8	24.9	9.4	5.6	6.0	10.6	28.4	33.6	45.0	79.9	**502.3**
La Paz Central (Pac)	1946 - 1975	102.3	84.3	53.6	22.3	10.0	3.4	5.8	8.6	29.2	28.0	43.7	76.4	**467.6**
La Paz Central (Pc)	1976 - 2009	119.6	83.2	72.9	27.2	8.8	7.5	6.2	12.3	27.6	38.6	46.2	82.9	**533.0**
San Calixto (Ph)	1946 - 2009	134.5	98.0	74.6	29.3	11.8	6.2	6.8	11.2	30.7	39.4	51.1	89.8	**583.7**
San Calixto (Pac)	1946 - 1975	127.5	102.9	68.1	26.8	13.3	4.3	6.8	11.2	34.2	38.1	49.3	91.9	**574.2**
San Calixto (Pc)	1976 - 2009	140.7	93.7	80.4	31.6	10.5	8.0	6.9	11.3	27.6	40.6	52.7	88.0	**592.0**
Lambate (Pc)	1976 - 2009	167.2	125.2	112.9	40.7	15.5	14.8	17.1	24.8	45.0	50.5	68.5	119.1	**801.2**
Mecapaca (Pc)	1976 - 2009	108.0	65.2	58.5	17.6	6.6	5.5	4.7	9.4	24.6	27.9	36.4	63.5	**427.9**

Nota: Ph= Periodo histórico, Pac= Periodo anterior al común, Pc = Periodo Común

Tabla 14: Precipitación media mensual y anual en [mm] en estaciones de referencia (Datos reconstituidos y rellenados)

(Fuente: Elaboración propia)



Nota: Ph= Periodo histórico, Pac= Periodo anterior al común, Pc = Periodo Común

Figura 24: Precipitación media anual en [mm] en estaciones de referencia (Datos reconstituidos y rellenados)

(Fuente: Elaboración propia)

La figura 24 muestra gráficamente las medias anuales para los tres periodos estudiados, para las estaciones de referencia. Se observa el periodo con precipitaciones anuales más altas y se tiene una idea inicial de las tendencias. En El Alto, La Paz, San Calixto se observa que las medias mayores de precipitación anual se dan en el periodo común, es decir que tienden a incrementarse en el último periodo.

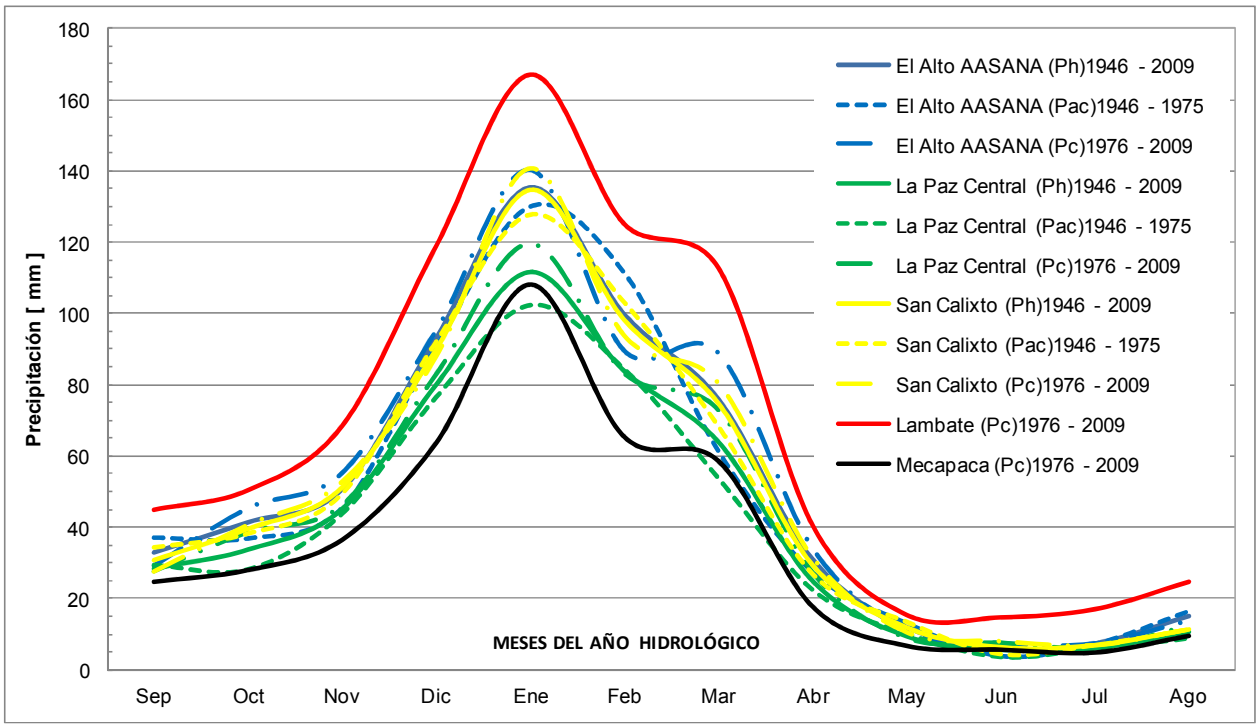


Figura 25: Pluviograma medio mensual en [mm] en estaciones de referencia (Datos reconstituidos y rellenados)

(Fuente: Elaboración propia)

Con fines comparativos las figuras 25 y 26 muestran las medias mensuales de precipitación de los tres periodos estudiados, por estación meteorológica de referencia. La gráfica permite identificar mes a mes el periodo donde se ha tenido medias de lluvia más altas o más bajas.

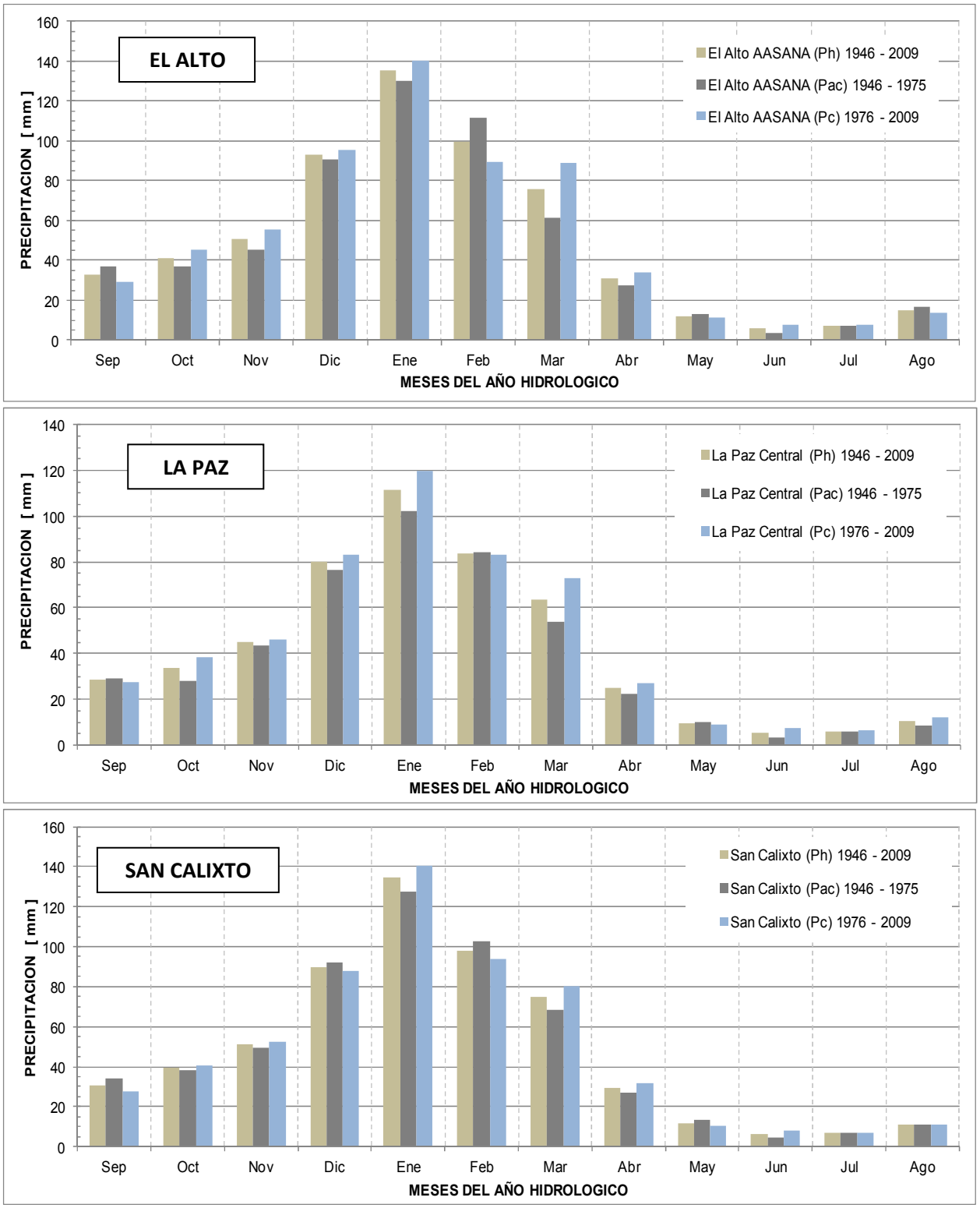


Figura 26: Precipitación media mensual en [mm] en estaciones de referencia (Datos reconstituidos y rellenados)
(Fuente: Elaboración propia)

4.4.1 Análisis de series de precipitación

En este punto se presenta un resumen del análisis de tendencias y resultados de los test estadísticos para las series temporales de precipitación mensual y anual. En el nexo 3 (A-03) se presentan los resultados mensuales y anuales de los test paramétricos y no paramétricos además de las gráficas de tendencia lineal para todas las estaciones.

La figura 27 muestra gráficamente los casos del ajuste lineal de tendencia de la precipitación anual para la estación de El Alto, La Paz y San Calixto para dos diferentes periodos el histórico y el periodo común entre otras estaciones de la región.

La gráfica muestra la influencia del periodo de análisis, para el primer caso sobre 63 años (1946-2009), y el segundo sobre 33 años (1976-2009), además muestra la sensibilidad de estos en el ajuste lineal al trabajar con series cortas o de pocos años. Para el primer periodo (histórico) se tiene un gradiente positivo (incremento) e las tres estaciones de referencia, y para el segundo uno negativo (decremento) en las estaciones de El Alto y San Calixto (La Paz), mientras que en San Calixto el gradiente positivo se mantiene. Esto implica que no existe una tendencia evidente pero si se presenta una variabilidad climática con periodos secos de varios años y otros años húmedos.

Las tablas 15 y 16 muestran un resumen del análisis de tendencia por estación para los dos periodos estudiados, donde se identifica mensualmente o anualmente si la serie temporal de temperaturas medias presenta cambios significativos, esto mediante los test paramétricos o no paramétricos.

Regionalmente para el periodo histórico 1946-2009, no se ve una tendencia regional marcada o evidente. En El Alto y San Calixto se tiene que en septiembre las lluvias tienden a disminuir. En El Alto para febrero las lluvias tienden a disminuir y en marzo y abril a aumentar. En La Paz para los meses de octubre, enero, marzo, abril, junio y a nivel anual las lluvias tienden a incrementarse. En San Calixto los cambios son menso evidentes que en las otras estaciones.

Para el periodo común 1976-2009, son menos evidentes las tendencias en las estaciones analizadas, salvo en el mes de septiembre que para todas las estaciones salvo la del Alto la tendencia es negativas (disminución de lluvias), para el mes de mayo solamente en las estaciones El Alto, La Paz, Lambate y Mecapaca presentan tendencias negativas significativas lo que implica una disminución de lluvias. A nivel anual solamente en las estaciones de La Paz y Lambate se tiene un gradiente negativo (disminución de lluvias).

La figura 28 muestra los pluviogramas sintéticos calculados para las estaciones con periodo más largo observado (El Alto, La Paz y San Calixto) sobre el quinquenio inicial, medio y final, en base a las líneas de tendencias 1946-2009.

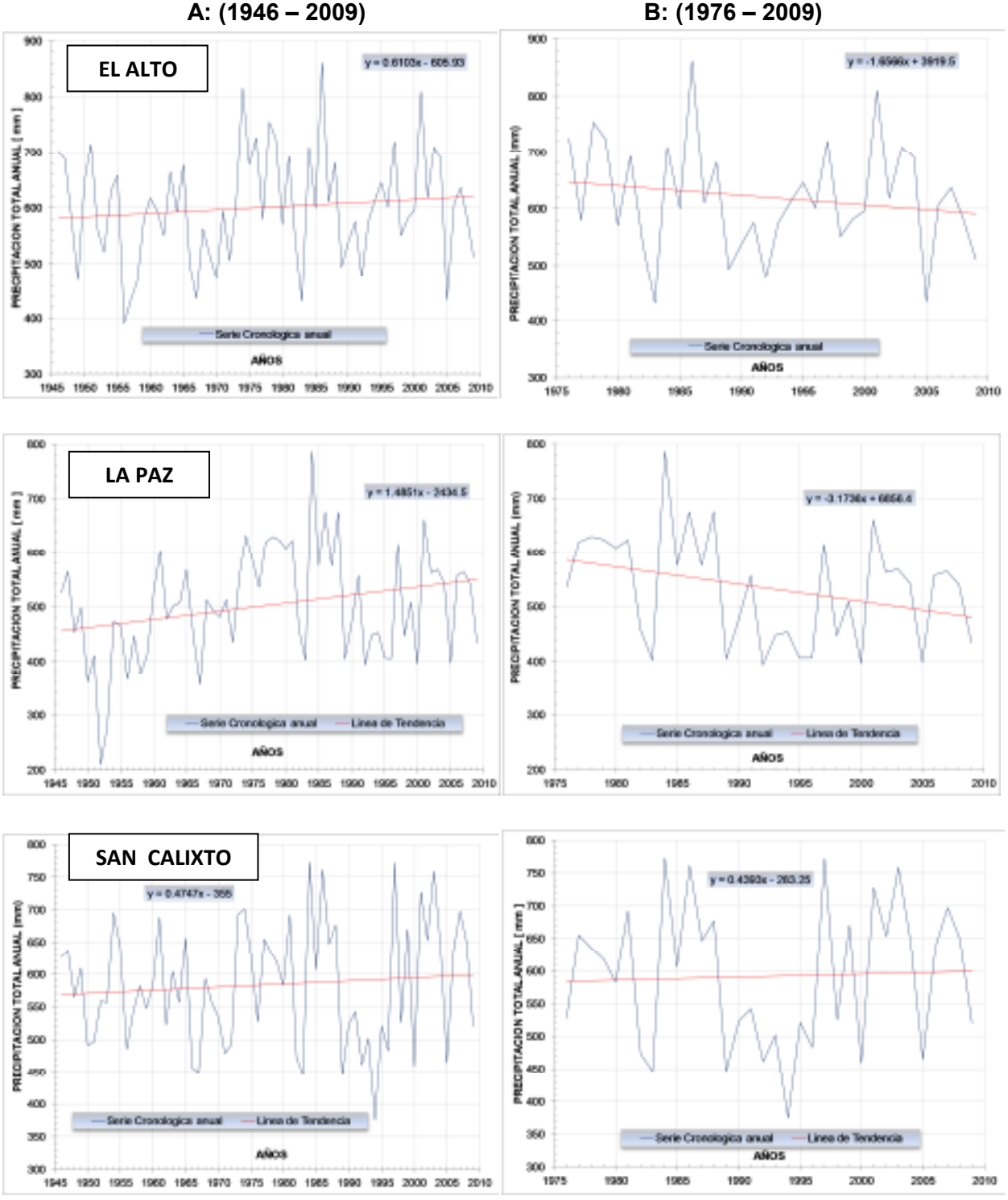
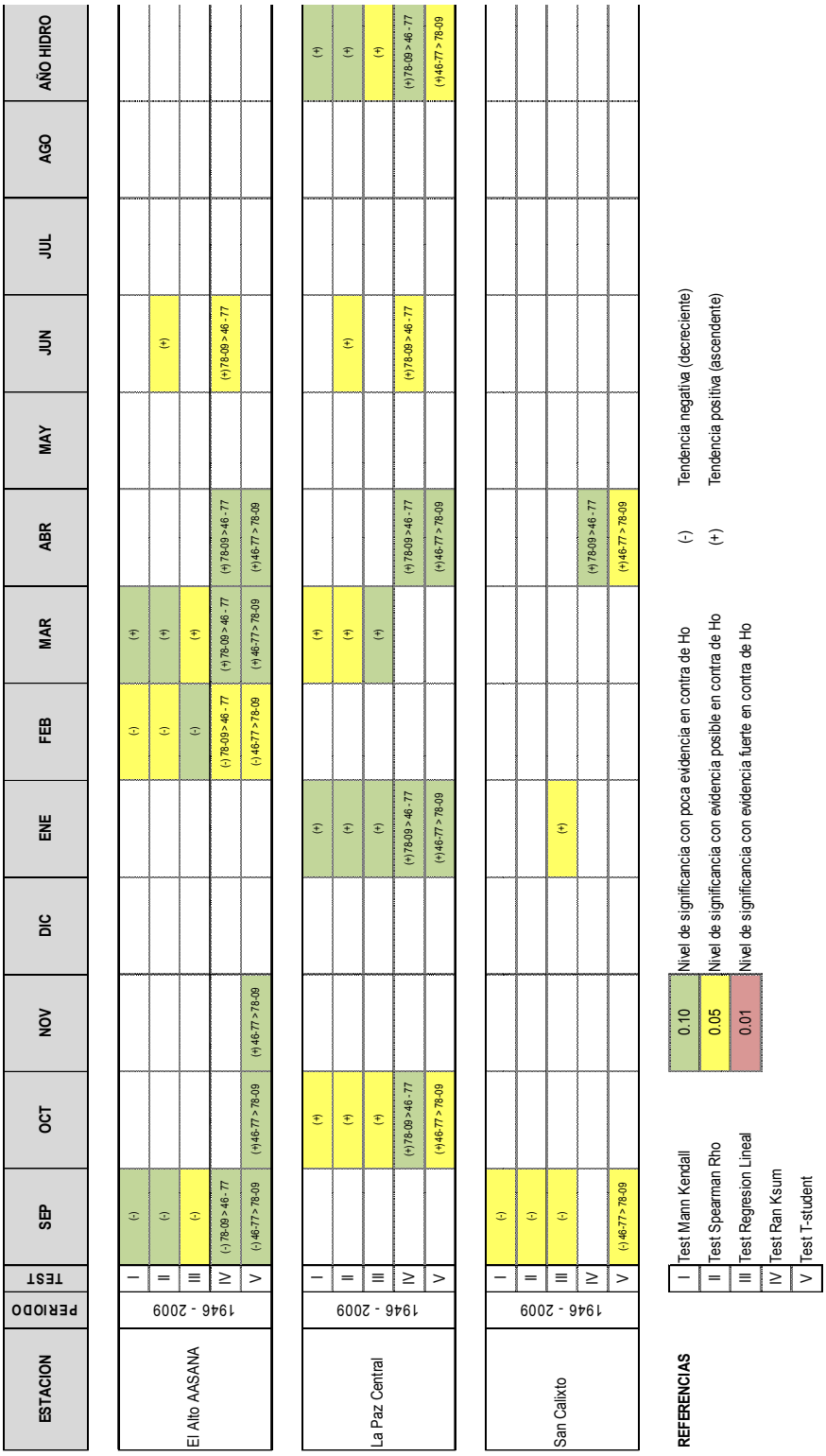


Figura 27: Ajuste de la serie de precipitaciones anuales en [mm] para las estaciones de referencia (Datos reconstituidos y rellenados)
(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	PERIODO	TEST	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	AÑO HIDRO
El Alto AASANA	1946 - 2009	I	(-)					(-)	(+)						
		II	(-)					(-)	(+)			(+)			
		III	(-)					(-)	(+)						
		IV	(-) 78-09 > 46 - 77					(-) 78-09 > 46 - 77	(+) 78-09 > 46 - 77	(+) 78-09 > 46 - 77		(+) 78-09 > 46 - 77			
		V	(-) 46-77 > 78-09	(+) 46-77 > 78-09	(+) 46-77 > 78-09			(-) 46-77 > 78-09	(+) 46-77 > 78-09	(+) 46-77 > 78-09					
La Paz Central	1946 - 2009	I		(+)			(+)		(+)						(+)
		II		(+)			(+)		(+)			(+)			(+)
		III		(+)			(+)		(+)						(+)
		IV		(+) 78-09 > 46 - 77			(+) 78-09 > 46 - 77			(+) 78-09 > 46 - 77		(+) 78-09 > 46 - 77			(+) 78-09 > 46 - 77
		V		(+) 46-77 > 78-09			(+) 46-77 > 78-09			(+) 46-77 > 78-09					(+) 46-77 > 78-09
San Calixto	1946 - 2009	I	(-)												
		II	(-)												
		III	(-)				(+)								
		IV								(+) 78-09 > 46 - 77					
		V	(-) 46-77 > 78-09							(+) 46-77 > 78-09					

REFERENCIAS

I	Test Mann Kendall	0.10	Nivel de significancia con poca evidencia en contra de Ho
II	Test Spearman Rho	0.05	Nivel de significancia con evidencia posible en contra de Ho
III	Test Regresion Lineal	0.01	Nivel de significancia con evidencia fuerte en contra de Ho
IV	Test Ran Ksum		
V	Test T-student		

(-) Tendencia negativa (decreciente)

(+) Tendencia positiva (ascendente)

Tabla 15: Tabla resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para precipitación mensual y anual en estaciones referenciales (1945-2009)
(Fuente: Elaboración propia)

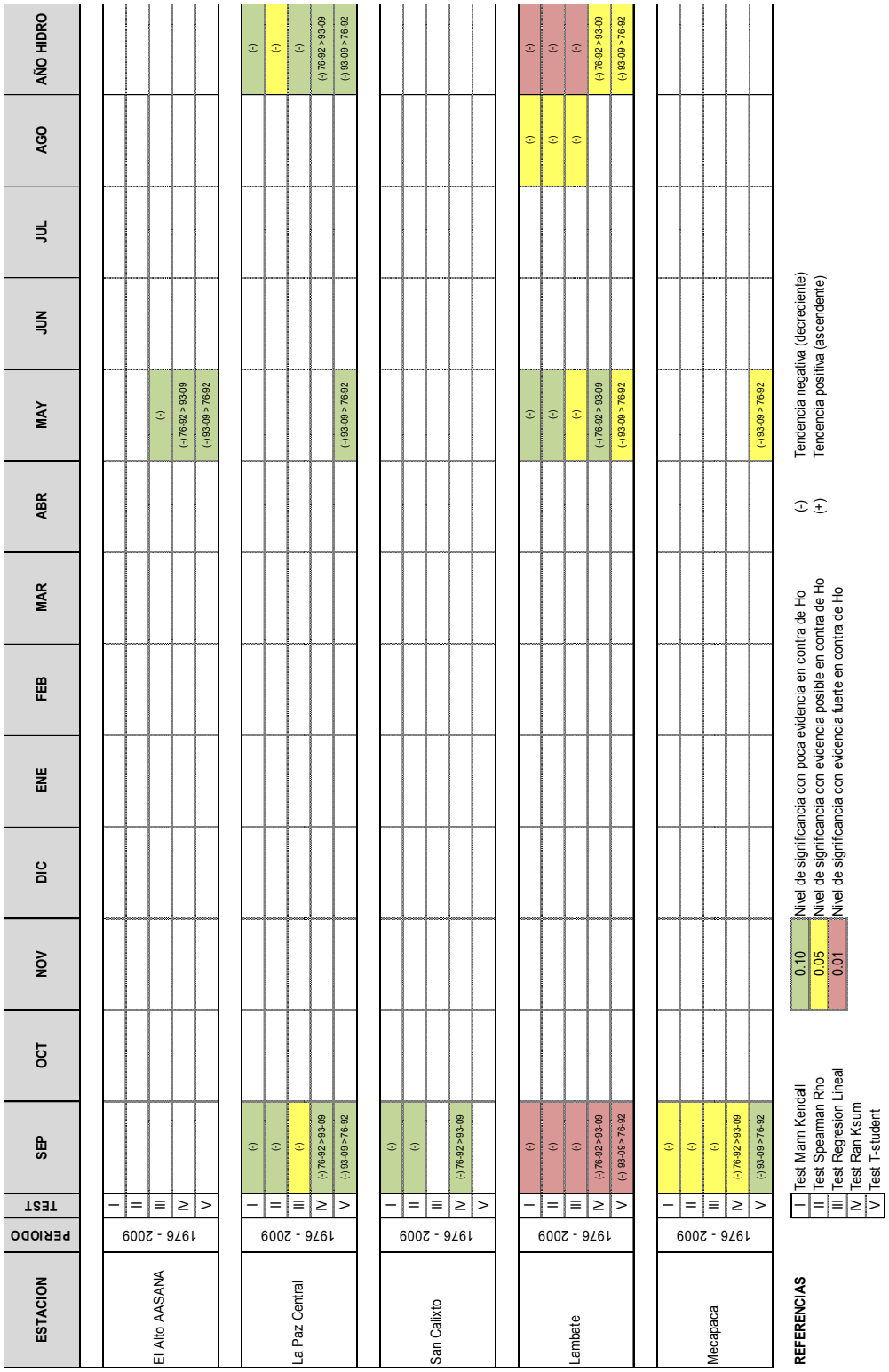


Tabla 16: Tabla resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para precipitación mensual y anual en estaciones referenciales (1976-2009) *(Fuente: Elaboración propia)*

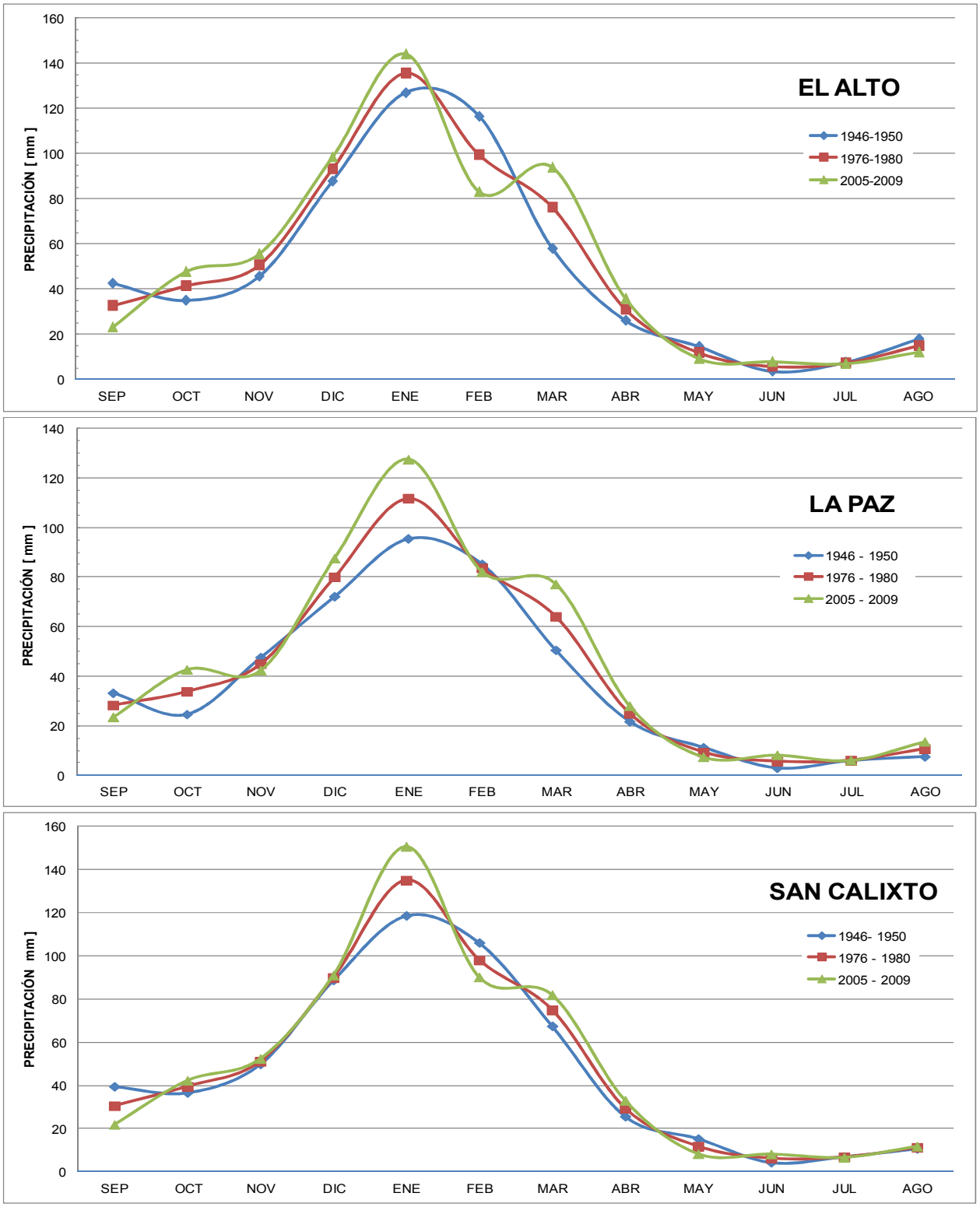


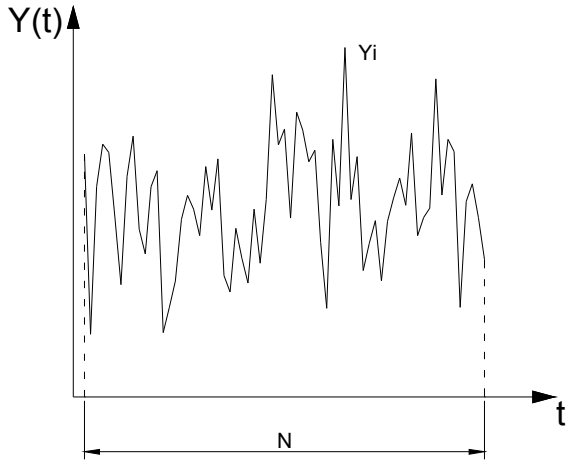
Figura 28: Pluviogramas sintéticos en base a las líneas de tendencias 1945-2009 de la Precipitación mensual en [mm] para las estaciones de referencia

(Fuente: Elaboración propia)

El comportamiento intermensual de la precipitación en las estaciones de referencia son similares. Para todos los casos se tiene mayor lluvia en el último quinquenio en lso meses de enero y marzo, mientras que en septiembre se tiene menos lluvias. En los otros meses hay pocos cambios es decir que el comportamiento ha sido estable para el periodo analizado.

4.5 Análisis de sensibilidad en la evaluación de tendencia lineal

4.5.1 Formulación teórica



Sea la serie temporal de datos Y_i mostrada en la figura 29, $Y_i \in \mathbb{R}^+$ donde:

$$Y_i = Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_N$$

Y_i: Representa el valor de la variable en el periodo o instante i

Donde:

N: Es el tamaño total de la muestra medido en una escala temporal como se indica en la figura 29.

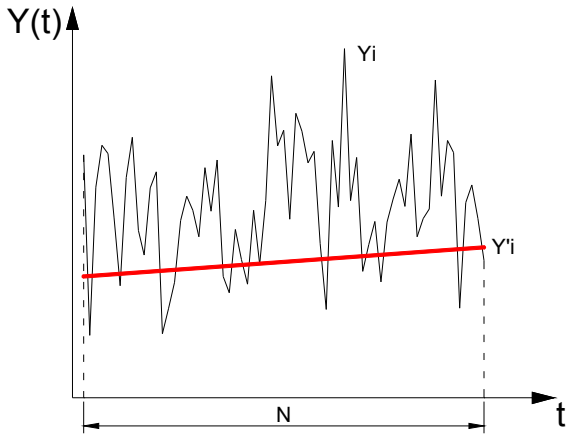
Figura 29: Esquema de la serie cronológica temporal

La variable meteorológica Y_i, es considerada una variable aleatoria, debido a que su comportamiento responde a un proceso estocástico. Esta variable, corresponde a medidas de precipitación total o temperatura a nivel diario, mensual o anual, en milímetros (mm). Para el caso de temperaturas, se analiza medidas de temperaturas máximas, mínimas y medias en grados centígrados (°C).

Y_i muestra series de tiempo caracterizadas cada año, es decir, un valor por año, por ejemplo, la precipitación total anual, o la precipitación mensual de cualquier mes, por ejemplo, la precipitación total caída en el mes de febrero de 1980 (Y_i), y la siguiente sería la precipitación caída en febrero de 1981 (Y_{i+1}).

Trazado de líneas de tendencia

A la serie temporal Y_i, asociada a la escala temporal t_i, se le aplica el método de los mínimos cuadrados para elaborar la regresión lineal, de esta forma, se obtiene una ecuación lineal que resulta ser un ajuste de los datos de la variable Y_i. $Y'_i = A_j + B_j \cdot t_i$



Como Y_i es una variable aleatoria, los coeficientes A_j y B_j, también resultan ser variables aleatorias. Donde:

Y'_i, Representa lo mismo que Y_i, con la diferencia de que Y'_i resulta poseer valores ajustados obtenidos de la tendencia, es decir, estos valores no son aleatorios, siguen un comportamiento armónico, resultado de la ecuación lineal de tendencia asociado a la variable Y_i, tal como se muestra en la figura 30.

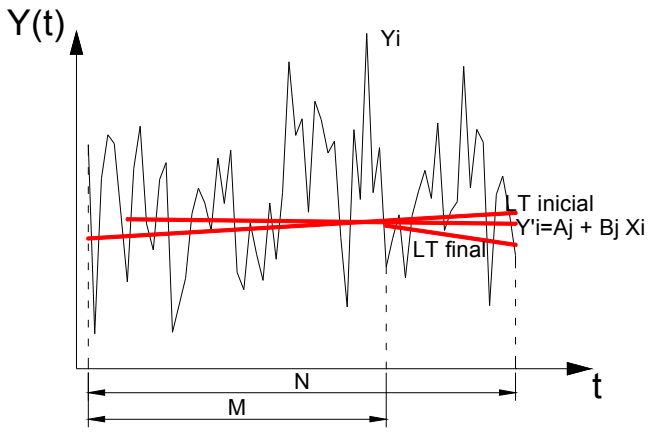
Figura 30: Representación del ajuste de la línea de tendencias Yi.

t_i: Representa el periodo analizado en unidades de tiempo, además, $i = 1,2,3,\dots,N$.

A_j, Es un factor adimensional resultado de la regresión lineal, y representa el desplazamiento del origen de la ecuación de ajuste $j = 1,2,3,\dots,M$

B_j, Resulta ser la pendiente o tasa de crecimiento o decrecimiento de la línea de tendencia.

La Variable B_j, varía con respecto a Y_i, es decir:



Existe un B_j para un Y_i, entonces, existirá, también, un B_{j+1} para un Y_{i+1}; esto quiere decir, que existirá tantas B_j como Y_i existan, pero, si se asume que $i = j$, el estudio será irracional, debido a que si se tiene el ultimo valor de la serie Y_i, , es decir Y_N, a este le corresponderá un B_N, esto resulta ilógico porque se supondrá que el tamaño de Y_N es 1, y la teoría de la regresión lineal, no permite aplicar el método a un solo dato por lo que $B_N = 0$, y no existiría ecuación.

Figura 31: Representación del trazado de líneas de ajuste para diferentes periodos.

Observando desde un punto de vista meteorológico, hallar la tendencia sobre pocos datos o un periodo de tiempo corto, por ejemplo 2 datos, provocaría un elevado grado de incertidumbre para validar un comportamiento o evolución aceptable de la variable estudiada. Por esta razón la importancia de realizar ajustes de series temporales Y_i con un tamaño muestral grande, para que el ajuste presente resultados consistentes y se reduzcan las incertidumbres.

Es por eso que $j \neq i$, y, $j = 1,2,3,\ldots,M$, donde M se muestra en la figura 31. Se puede definir como un periodo de Análisis, con un umbral inicial y final en común para el cual se deberán ajustar las series cronológicas.

Periodo inicial y final de análisis par el caso de precipitación

Como se muestra en la tabla 4, se definen dos periodos de estudio: el histórico (1946-2009, solo para precipitación) y el común entre otras estaciones (1976-2009, para temperaturas y precipitación), por lo tanto se tendrán dos periodos de análisis "M", el M_1 y el M_2. Debido al periodo de registro u observaciones en las estaciones regionales de referencia más largas en unas que en otras. A pesar del efecto ciudad (isla de calor) especialmente en las estaciones de El Alto, La Paz y San Calixto se las ha considerado debido a la inexistencia de otras estaciones con mayor influencia en la zona de estudio que cuenten con registro y periodos largos de observación.

Una manera para definir el año final del periodo de análisis, en otras palabras, el año umbral hasta donde se realizara el análisis de tendencias, se considera un análisis del "ruido" provocado por la evolución de la variable B_j, que es la pendiente o el gradiente de la línea de tendencias.

En la figura 32, se muestra este análisis, que toma en cuenta a las estaciones de referencia para el presente estudio, es decir, que trabaja integralmente pero con los resultados independientes de cada estación, en cuanto a trazado de líneas de tendencia, descrito arriba. Esta figura muestra el comportamiento evolutivo del gradiente pluviométrico (representada por la variable B_j) en cada estación cronológicamente desde el año 1946.

La estación más larga en cuanto a registros pluviométricos para este caso es la estación de San Calixto, ubicada en la ciudad de La Paz. En cuanto a su representatividad esta presenta los primeros años, un comportamiento armónico. Se observa que la evolución de B_j, es casi lineal, mostrando que no produce distorsiones en su evolución, pero a medida que pasan los años o se reduce el periodo de análisis, este comportamiento se va distorsionando, es decir, es como si estuviese emitiendo un señal que va en aumento conforme pasa el tiempo, produciendo un "ruido" en la evolución. Esto implica que a mayor periodo de análisis o tamaño de las series cronológicas, el comportamiento o evolución lineal es más estable, mientras que a más corto es el periodo de análisis, la incertidumbre aumenta

La distorsión en la evolución del gradiente de precipitación, está directamente relacionada con tamaño de la muestra, vale decir que, al analizar secuencialmente la evolución de la variable B_j, y al acortar el tamaño de la muestra, da lugar a una distorsión más evidente presentada para periodos más actuales, que es el periodo de observación de las estaciones de Mina Bolsa Negra, Palca, Mecapaca y Lambate por ejemplo.

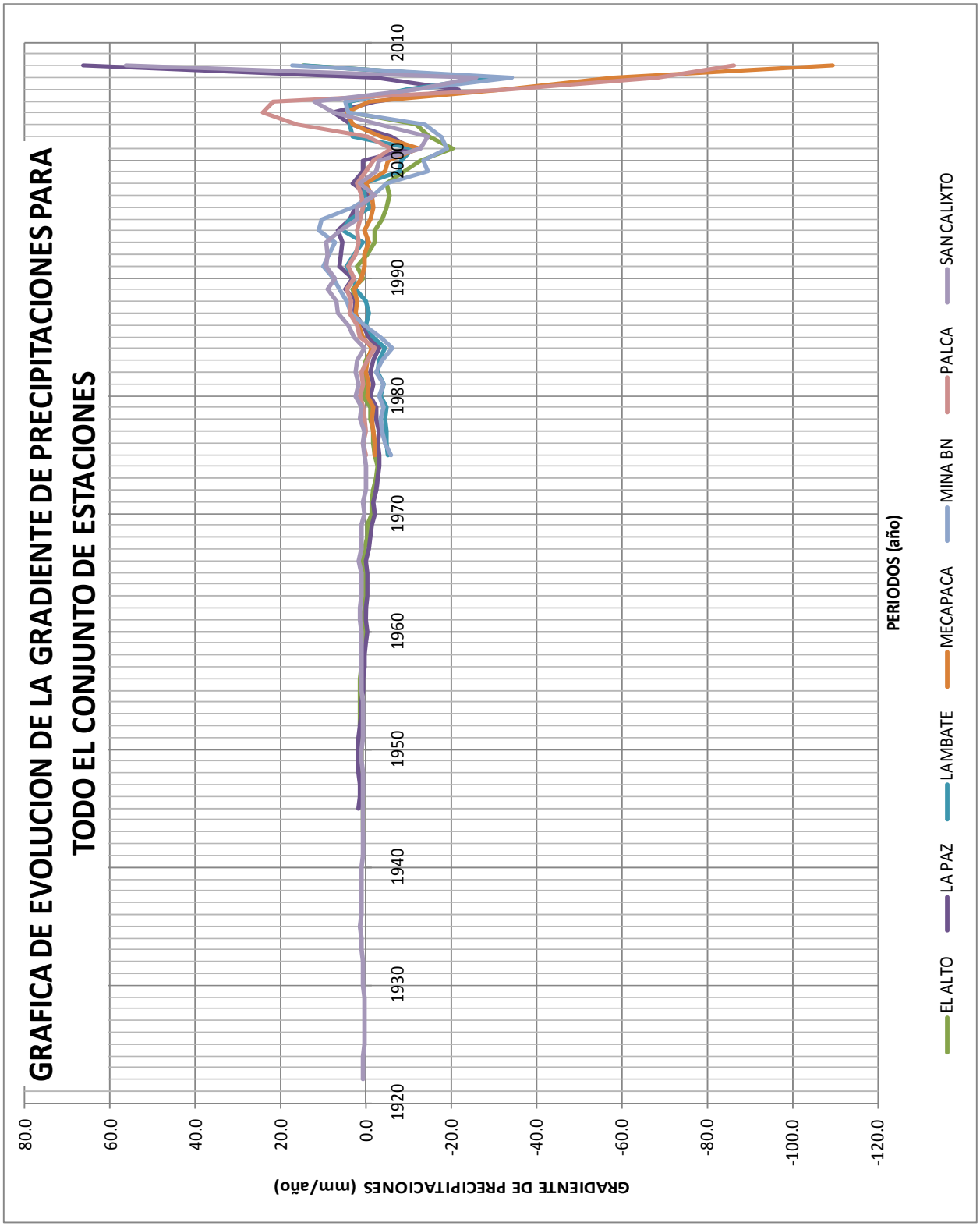


Figura 32: Evolución del gradiente anual de precipitación en estaciones de referencia
(Fuente: Elaboración propia)

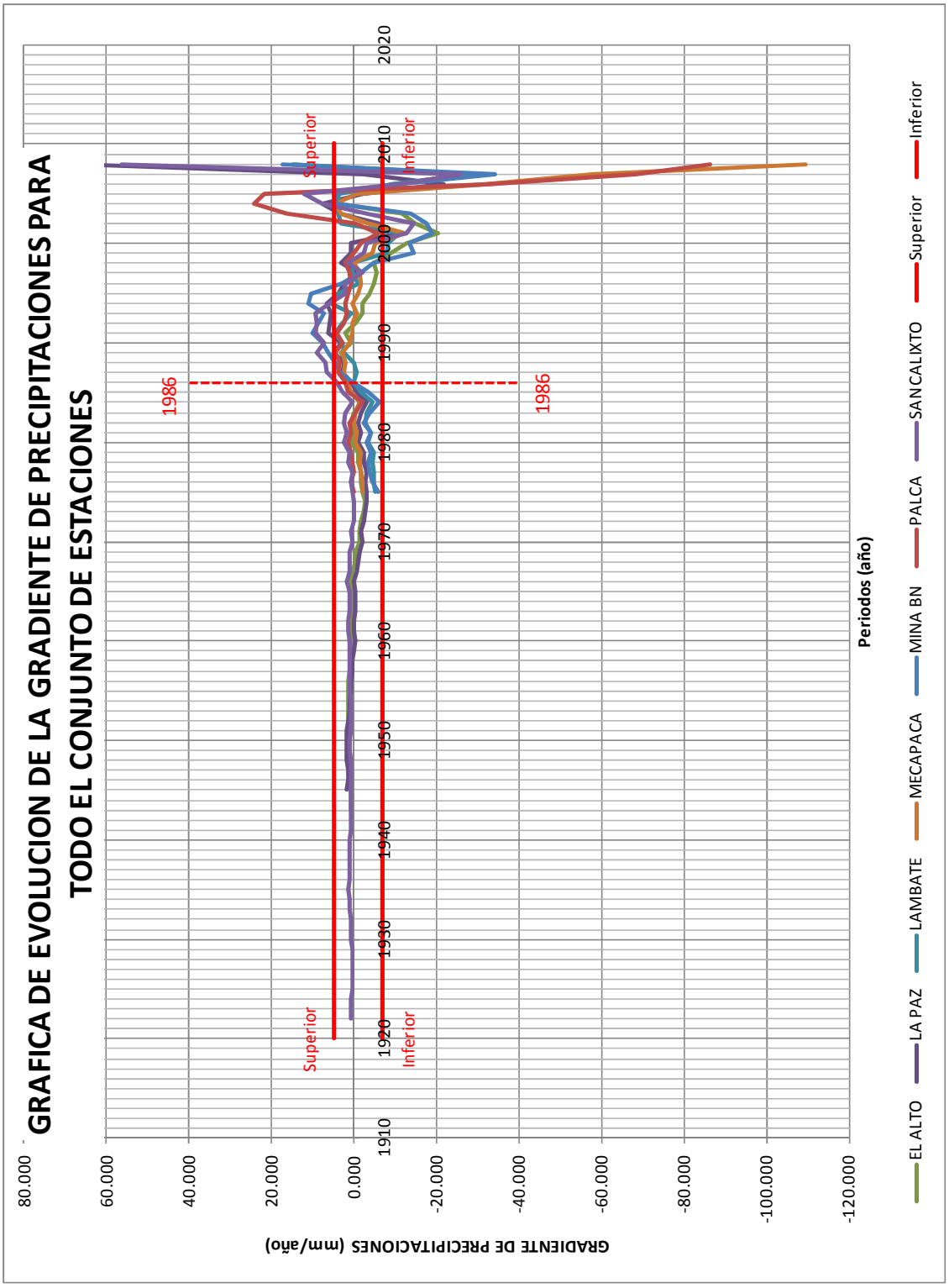


Figura 33: Límites asumidos de distorsión del gradiente de precipitación anual
(Fuente: Elaboración propia)

No es de interés el considerar valores de B_j elevados, debido a que resultan ser ilógicos, poco probables, inconsistentes, no factibles o con incertidumbre alta, por esto se puede validar los rangos admisibles para valores de B_j dados por:

$$Límite\ Superior\ para\ B = \overline{B_j} + \frac{\sigma_{B_j}}{2} \qquad Límite\ Inferiorpara\ B = \overline{B_j} - \frac{\sigma_{B_j}}{2}$$

Donde:

$\overline{B_j}$: es la media de la variable $\boldsymbol{B_j}$, considerando todas las estaciones analizadas

σ_{B_j}: Desviación estándar de las variables B_j de las estaciones analizadas

Como se muestra en la figura 33, los límites superior e inferior, restringen la evolución de la variable B_j de todas las estaciones regionales, pero a causa de la distorsión producida en periodos más actuales y más cortos, existen valores que sobrepasan los límites de confianza impuestos. Este es un criterio para el cual se puede definir un umbral final del periodo de análisis M, considerando el primer año para el cual, cualquiera de las B_j sobrepasa el límite superior o inferior, tal como se observa en la figura 33, a la cual le corresponde el año **1986**, entonces es el considerado como el año que define el periodo de análisis M límite. Esto implica que para series (1987-2009, 22 años), (1988-2009, 21 años), etc. las líneas de tendencias ajustadas presentan gradientes muy altos o muy bajos que para el análisis de ruido el comportamiento es inestables en la serie temporal, por tanto los resultados que arroja el análisis de tendencias reflejan incertidumbre respecto a una mayor precisión que se tendría a la realidad al análisis de series más largas.

Periodo inicial y final de análisis par el caso de temperaturas medias

El periodo de análisis, se realizo conforme el procedimiento descrito en el punto anterior referido al análisis de precipitación. El resultado de este análisis para el caso de temperaturas se muestra a continuación en la figura 34.

En la figura 34, se observa que la evolución del gradiente térmico en las estaciones de El Alto AASANA y La Paz Central, carecen de homogeneidad, es decir que presentan una correlación baja.

El año **1993** es el considerado como el año que define el periodo de análisis M límite. Esto implica que para series (1994-2009, 15 años), (1995-2009, 14 años), etc. las líneas de tendencias ajustadas presentan gradientes muy altos o muy bajos que para el análisis de ruido el comportamiento es inestables en la serie temporal, por tanto los resultados que arroja el análisis de tendencias reflejan incertidumbre respecto a una mayor precisión que se tendría a la realidad al análisis de series más largas.

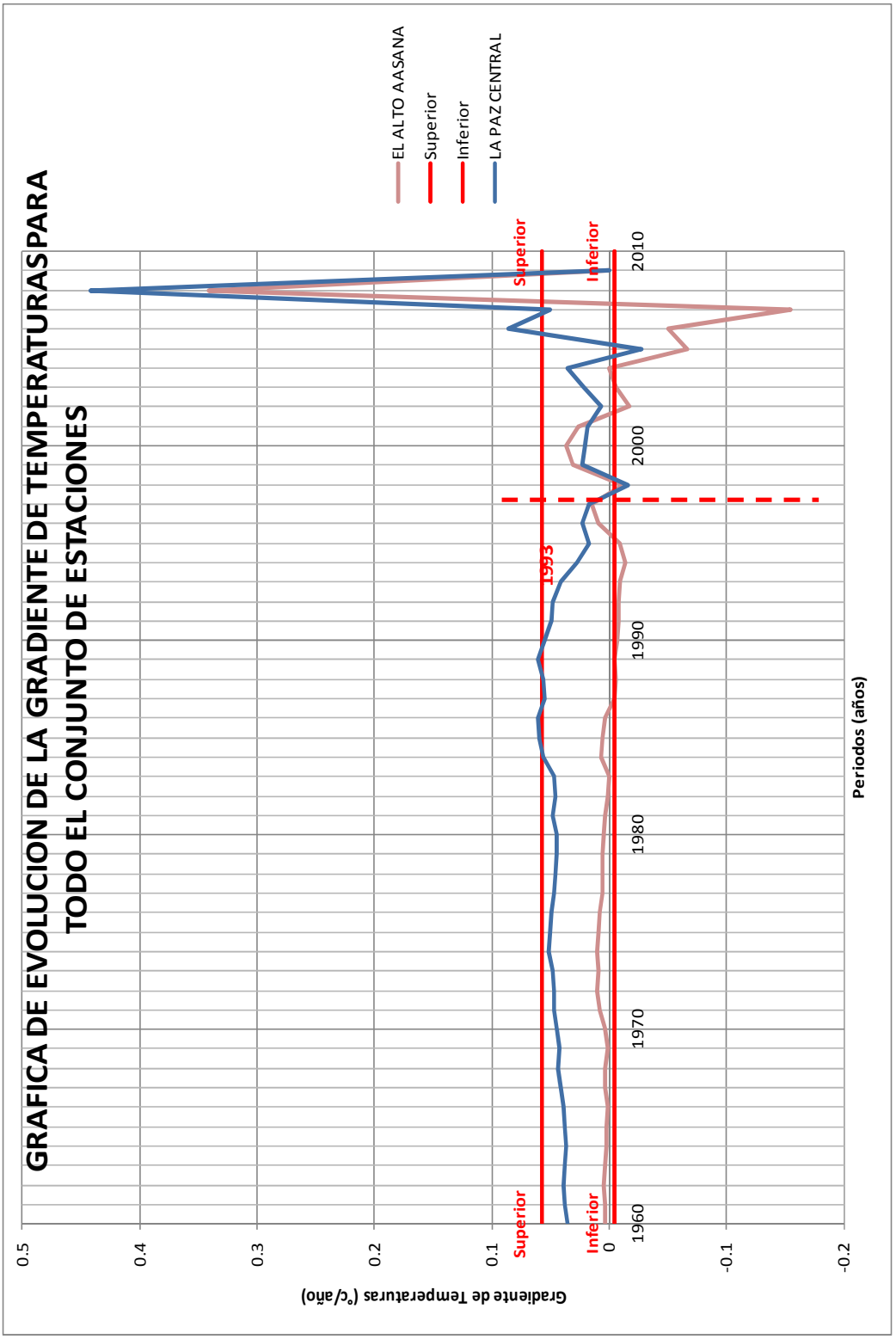


Figura 34: Límites asumidos de distorsión del gradiente térmico anual
(Fuente: Elaboración propia)

4.5.2 Análisis probabilístico de las tasas de crecimiento o decremento de las líneas de tendencia

Una vez definido un periodo de análisis M, se procede al análisis individual por estación, ajustando los valores de B_j a una función de distribución de la distribución Normal $\boldsymbol{N}\left(\overline{B_j}, \sigma_{B_j}\right)$, y determinando valores de gradiente de precipitaciones a niveles de probabilidad de 25%, 50% y 75%.

$$N\left(\overline{B_i}, \sigma_{B_i}\right) = \int_{-\infty}^{t} \frac{1}{\sigma_{B_i}\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-B_i}{\sigma}\right)^2} dt$$

Los gradientes hallados para los niveles de probabilidad dados de 25%, 50% y 75%, se pueden definir para evaluar las posibles tendencias que se tengan con aproximación o precisión dada en los niveles e probabilidad adoptados.

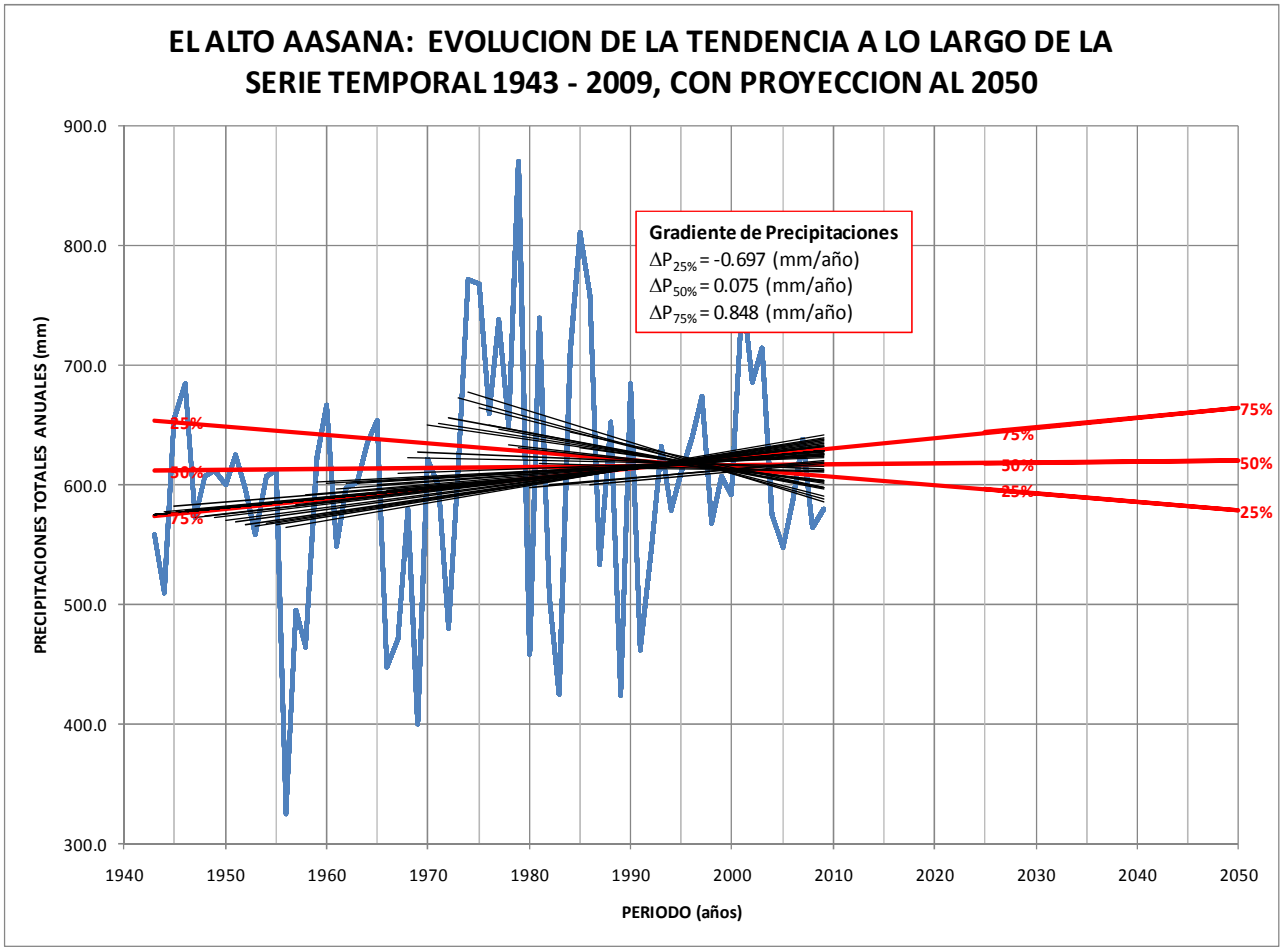


Figura 35: Líneas de tendencias para precipitación anual (estación de El Alto 1943-2009)
(Fuente: Elaboración propia)

Como se aprecia en la figura 35 las líneas de tendencia de color rojo, son trazadas desde 1943 – 2009 y para una proyección al año 2050, representando el 25%, 50% y 75% de probabilidad de ocurrencia respecto al periodo analizado. Para el caso de El Alto se ve que se tiene una probabilidad de aumento al 75% y a disminuir la lluvia del 25%. Se han analizado 66 años de datos (líneas negras), para las líneas obtenidas en base a series largas se ve que tienen un comportamiento más estable, mientras que para las series cortas desde el año 1970 el gradiente elevado hace que las líneas de tendencia produzcan una amplitud mayor para el caso de proyecciones al año a 2050, lo cual es ilógicos, poco probable, inconsistente, no factible o con un alto grado de incertidumbre.

Los resultados del análisis múltiple de líneas de tendencia para temperatura media anual se muestran en la figura 36, correspondiente a la estación de LA PAZ CENTRAL sobre el periodo 1960-2009 y proyecciones al año 2050.

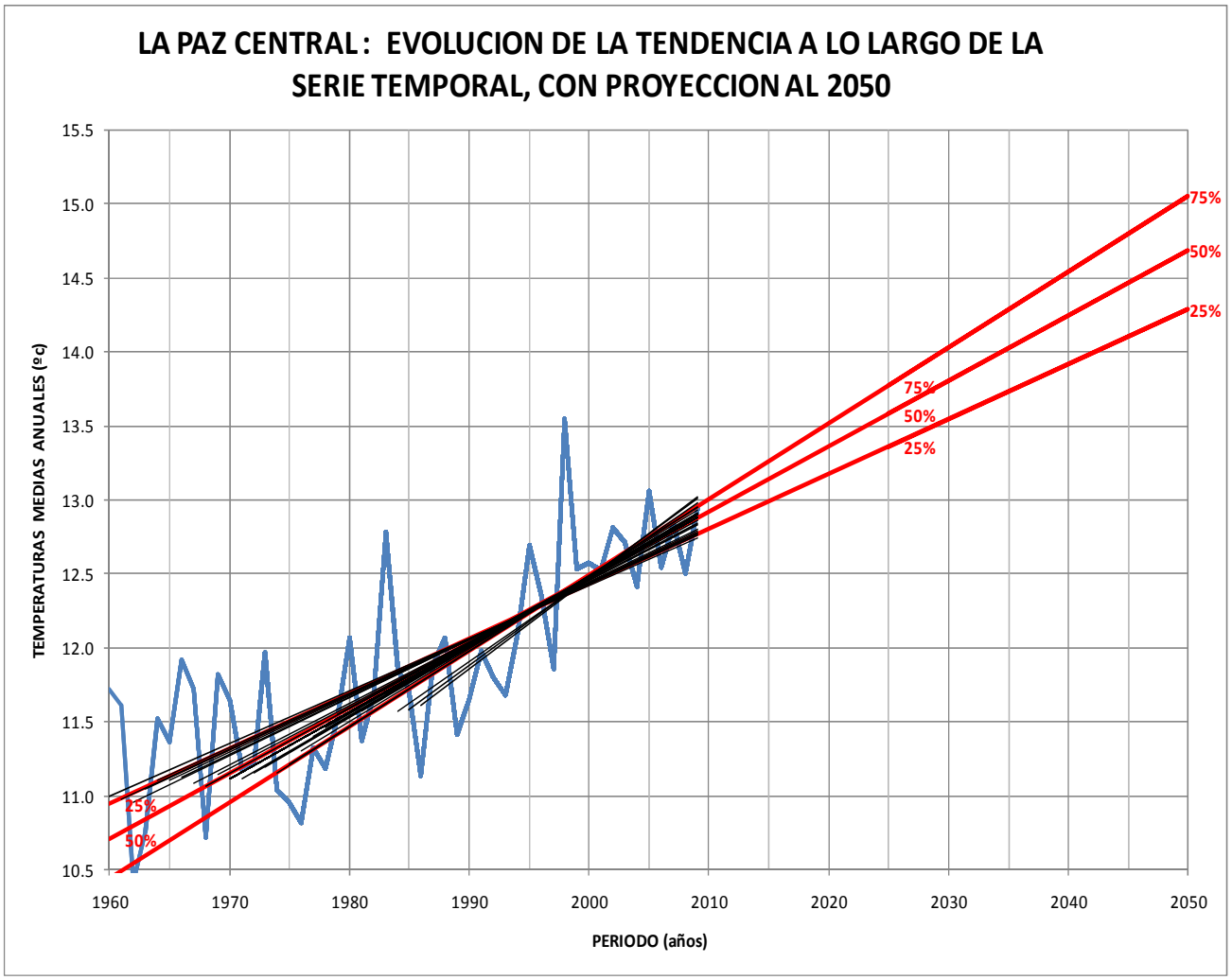


Figura 36: Líneas de tendencias para Temperatura Media anual (estación de La Paz 1960-2009)
(Fuente: Elaboración propia)

Curvas de Distribución Probabilística

El resultado del ajuste de la variable B_j, aplicándole la función de distribución de la distribución Normal, muestra una curva característica observada en la figura 37 para el caso de precipitación anual en la estación de el Alto y en la figura 38 para el caso de temperatura media anual en la estación La Paz.

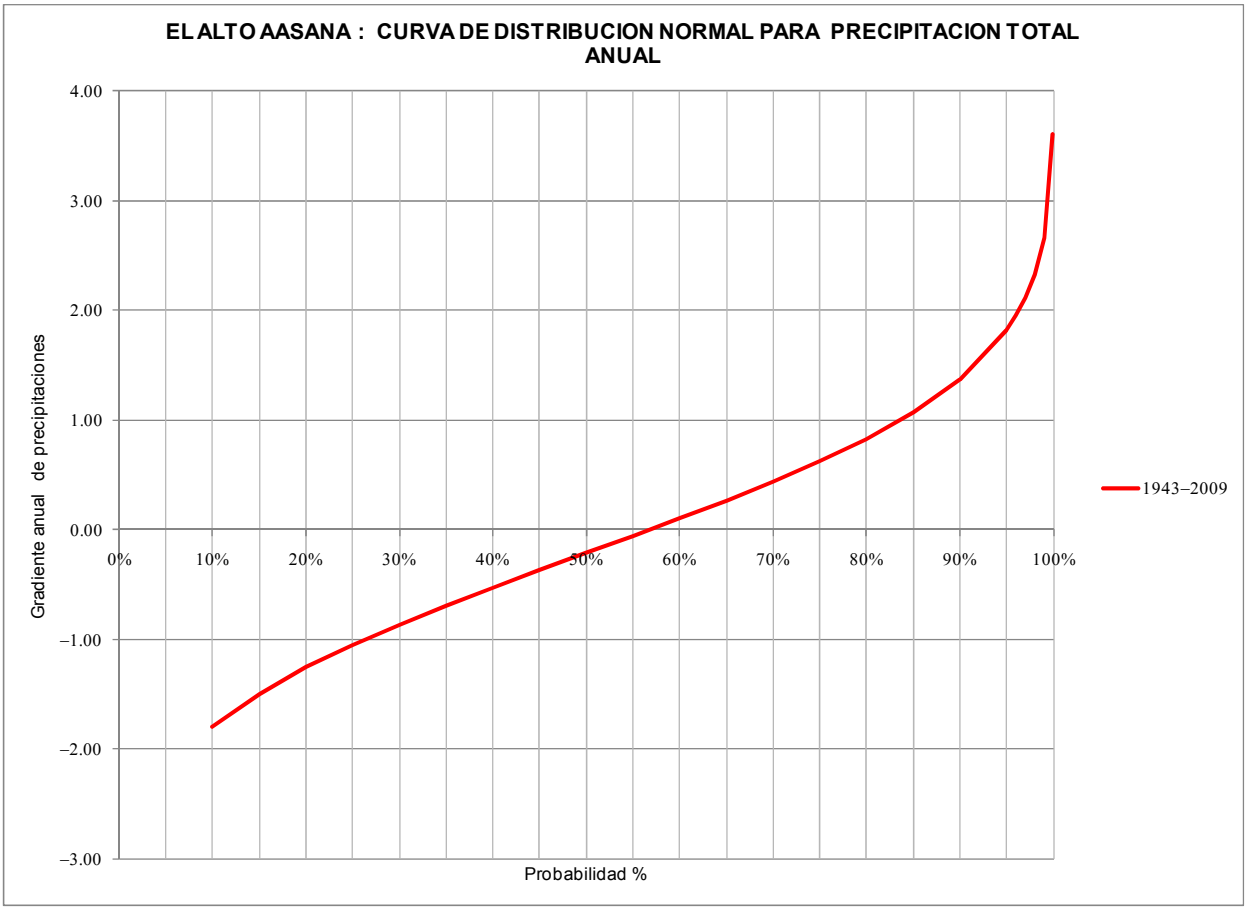


Figura 37: Curva de Distribución Normal del gradiente de precipitación anual en base al análisis múltiple de líneas de tendencia (Estación El Alto 1943-2009)

(Fuente: Elaboración propia)

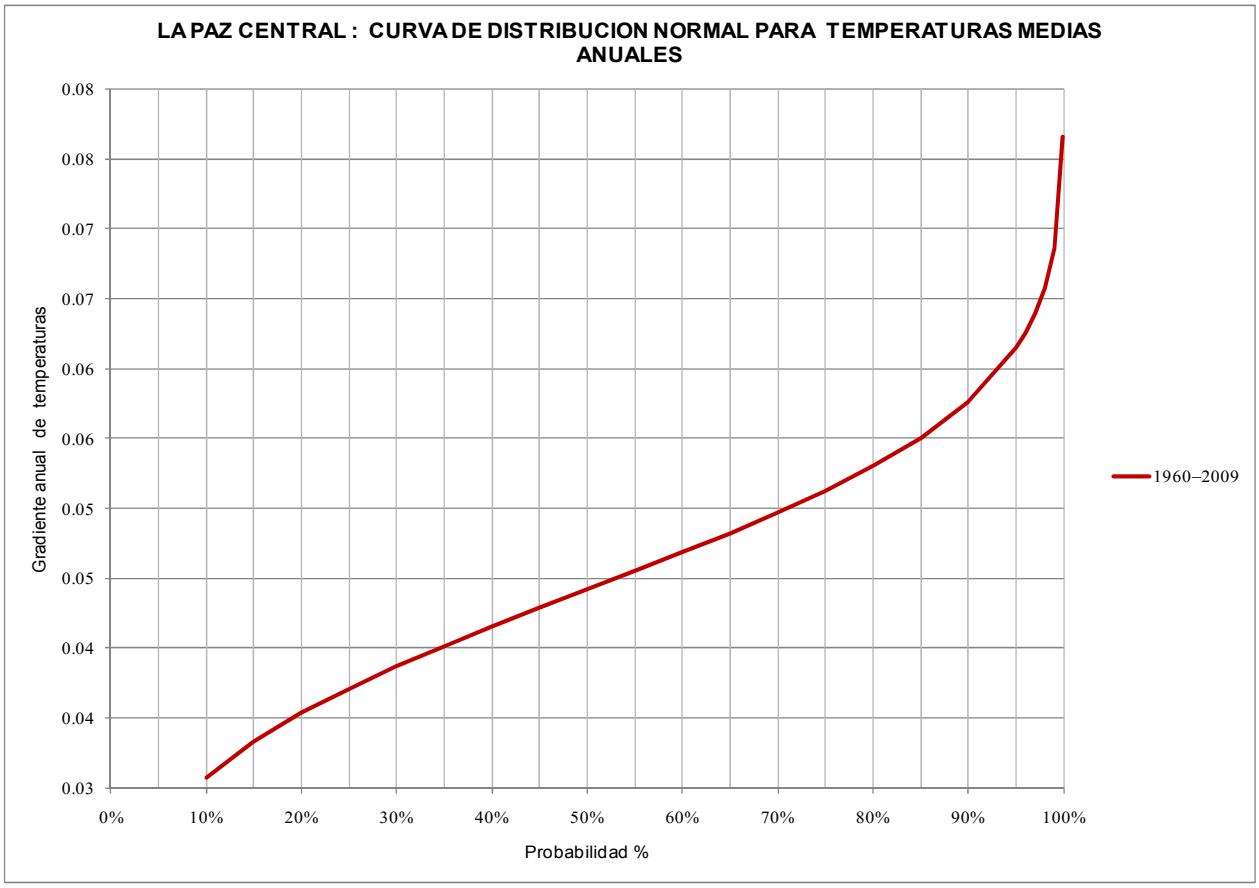


Figura 38: Curva de Distribución Normal del gradiente de temperatura media anual en base al análisis múltiple de líneas de tendencia (Estación La Paz 1960-2009)

(Fuente: Elaboración propia)

4.6 Análisis de tendencias regionales a futuro

En el presente punto se realiza una comparación del análisis regional de tendencias termopluviométricas en las estaciones de El Alto (AASSANA), La Paz central (Laikacota), Viacha y San Calixto, únicas estaciones de la zona de estudio con observaciones consistentes y series temporales largas, contra las salidas o simulaciones de los modelos climáticos GCMs. Definidas en el estudio de escenarios de cambio climático.

Los valores proyectados para el periodo (2040-2060) respecto a (1960-1990) tanto para temperaturas medias como para precipitaciones anuales en la estación fueron obtenidos a partir de las ecuaciones de las líneas de tendencia definidas para periodos largos. Para este análisis se consideraron las estaciones de El Alto, La Paz, Viacha y San Calixto, que cuentan con datos observados consistentes sobre periodos largos. Lastimosamente son las únicas estaciones representativas en la zona de estudio, ya que otras estaciones presentan lagunas o vacios de varios años en los datos observados.

Estación Meteorológica	Provincia	Tipo	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud [m.s.n.m.]	Precipitación	Temperatura
El Alto (AASANA)	Murillo	S	16° 31'	68° 10'	4058	√ (1946-2009)	√ (1976-2009)
La Paz (Central)	Murillo	CO A	16° 29'	68° 07'	3632	√ (1946-2009)	√ (1976-2009)
Viacha	Murillo	CO	16° 39	68° 18'	3844	---	√ (1976-2009)
San Calixto	Murillo	CO	16° 30	68° 06'	3658	√ (1946-2009)	---

Tabla 17: Estación meteorológica de la región de estudio
(Fuente: Elaboración propia en base a datos de SENAMHI)

4.6.1 Proyección de las tendencias observadas de precipitación

La tabla 18 muestra el cambio o variación de precipitación media mensual y anual en porcentaje para las estaciones de El Alto, La Paz y San Calixto consideradas representativa para la región. A pesar de que las estaciones de La Paz (central) y San Calixto estén ubicadas en plena urbe de la Ciudad de La Paz, estas fueron consideradas para este análisis, debido a que las series temporales presentan una correlación aceptable respecto a las estaciones en la región. Los valores de las estaciones fueron obtenidos de las líneas de tendencias mensuales y anuales, para la serie larga observada del periodo 1946-2009 común en las estaciones, es decir, que se han proyectando los valores medios al 2050 (2040-2060) respecto a las rectas ajustadas. Esto permitirá comparar las tendencias con las salidas y proyecciones de los modelos de circulación general sobre un mismo periodo de análisis. Para más información sobre escenarios de cambio climático de precipitación en la región, referirse al informe respectivo.

ESTACION PERIODO (1943-2009)	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	AÑO HIDRO
EL ALTO	-73	40	25	15	16	-42	61	40	-56	96	-11	-49	**8**
LA PAZ	-43	70	-15	25	37	-5	54	32	-51	124	3	74	**22**
SAN CALIXTO	-71	18	6	3	31	-21	25	32	-74	81	-7	12	**6**

Nota: Los colores muestran el nivel de significancia detectada en los test estadísticos paramétricos y no paramétricos, Verde: variación leve, Amarillo: variación moderada y Rojo: variación fuerte

Tabla 18: Variación de precipitación mensual y anual [%] para (2040-2060) respecto a (1960-1990) según el análisis de tendencia en las estaciones pluviométricas del periodo (1946-2009)
(Fuente: Elaboración propia)

La figura 39 muestra la variación de precipitación mensual en porcentaje al año (2040-2060) en base a las líneas de tendencias mensual y anual en las estaciones de referencia. Se destaca la disminución de lluvias en setiembre y aumento en octubre, enero, marzo abril y junio. Los demás valores obtenidos simplemente se los muestra como referencia ya que los modelos paramétricos y no paramétricos no han captado cambios significativos en las series cronológicas históricas.

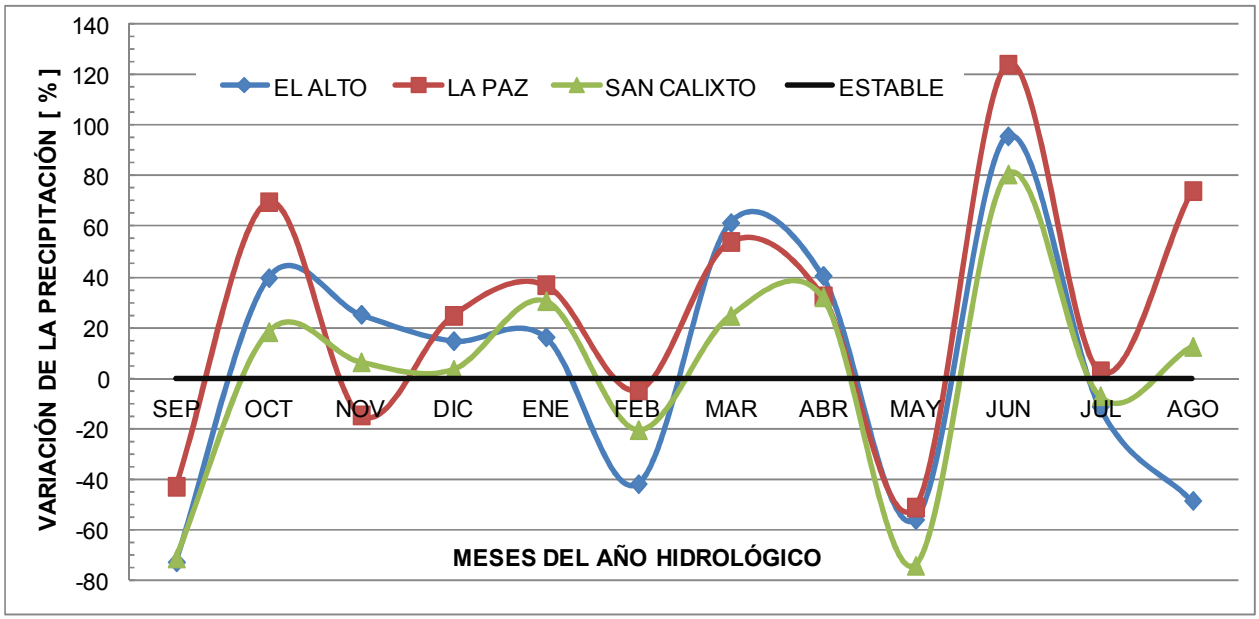


Figura 39: Variación de precipitación mensual [%] para (2040-2060) respecto a (1960-1990) según el análisis de tendencia en las estaciones pluviométricas del periodo (1946-2009)

(Fuente: Elaboración propia)

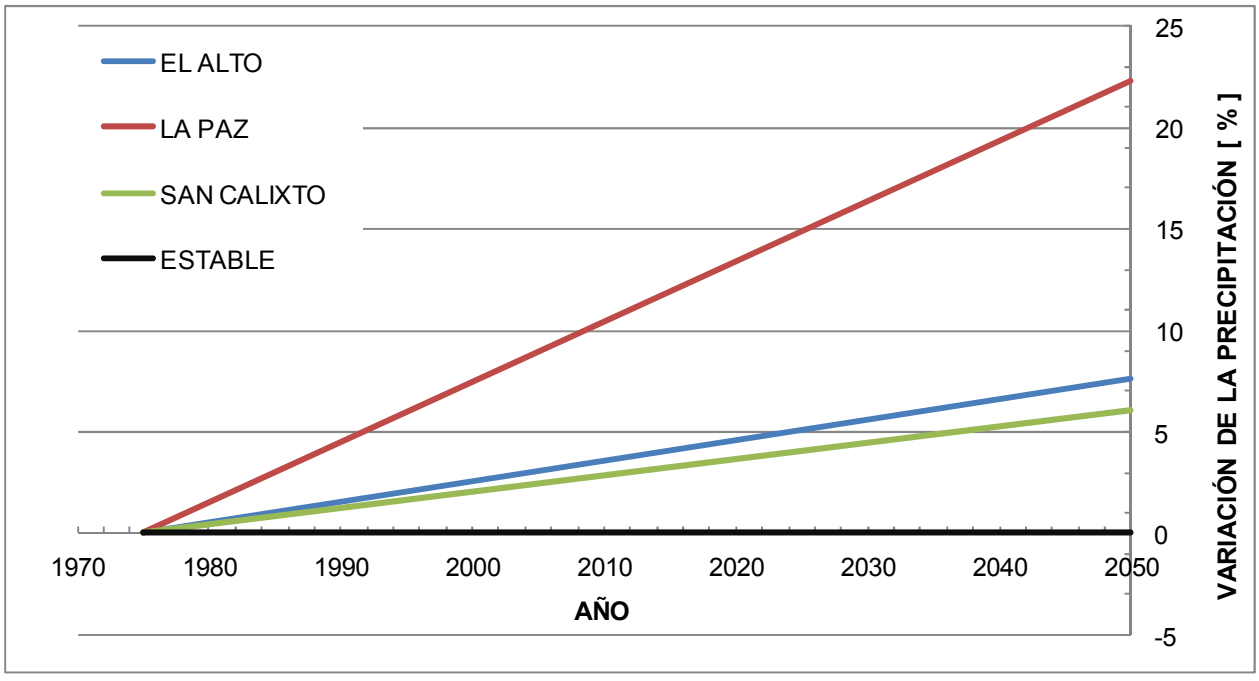


Figura 40: Variación de precipitación anual [%] para (2040-2060) respecto a (1960-1990) según el análisis de tendencia en las estaciones pluviométricas del periodo (1946-2009)

(Fuente: Elaboración propia)

La figura 40 muestra las proyecciones de variación de precipitación en % a nivel anual para el año 2050 en base a la línea de tendencia de estaciones. A nivel anual solamente la estación La Paz presenta una tendencia significativa, las otras dos estaciones no presentan cambios significativos en el tiempo.

La variación interanual a 2050 no es lineal o no tiene un gradiente constante, sin embargo para el presente estudio se ha considerado el tipo de variación lineal antes mencionado debido a que no se conoce la evolución temporal año a año hasta a 2050.

4.6.2 Tendencia observada de temperatura media

La tabla 19 muestra el cambio o variación de temperatura media mensual y anual en ºC para las estaciones de El Alto, La Paz y Viacha consideradas representativa para la región. A pesar de que las estaciones de La Paz (central) y San Calixto estén ubicadas en plena urbe de la Ciudad de La Paz, estas fueron consideradas para este análisis, debido a que las series temporales presentan una correlación aceptable respecto a las estaciones en la región. Los valores de las estaciones fueron obtenidos de las líneas de tendencias mensuales y anuales, para la serie larga observada del periodo 1946-2009 común en las estaciones, es decir, que se han proyectando los valores medios al 2050 (2040-2060) respecto a las rectas ajustadas. Esto permitirá comparar las tendencias con las salidas y proyecciones de los modelos de circulación general sobre un mismo periodo de análisis. Para más información sobre escenarios de cambio climático de precipitación en la región, referirse al informe respectivo.

ESTACION	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	AÑO HIDRO
EL ALTO	0.6	1.0	1.0	1.8	1.6	1.2	1.0	0.6	-0.6	-0.4	-0.8	-0.4	**0.6**
LA PAZ	4.1	3.6	4.1	4.8	3.5	3.7	3.9	3.3	2.7	3.6	2.7	3.8	**3.6**
VIACHA	-0.5	-1.1	-2.0	-0.7	0.1	-0.9	-1.2	-0.4	-0.4	0.0	0.0	-0.1	**-0.6**

Nota: Los colores muestran el nivel de significancia detectada en los test estadísticos paramétricos y no paramétricos, Verde: variación leve, Amarillo: variación moderada y Rojo: variación fuerte

Tabla 19: Variación de precipitación mensual y anual [%] para (2040-2060) respecto a (1960-1990) según el análisis de tendencia en las estaciones pluviométricas del periodo (1946-2009) *(Fuente: Elaboración propia)*

La figura 41 muestra la variación de temperatura media mensual en ºC al año (2040-2060) en base a las líneas de tendencias mensual y anual en las estaciones de referencia. Se destaca gran aumento de temperatura esperadas para la ciudad de La Paz setiembre y para los meses de septiembre hasta abril en El Alto y disminución entre mayo y agosto en El Alto. Para Viacha decremento de temperatura para septiembre a diciembre, febrero y mayo. Los demás valores obtenidos simplemente se los muestra como referencia ya que los modelos paramétricos y no paramétricos no han captado cambios significativos en las series cronológicas históricas.

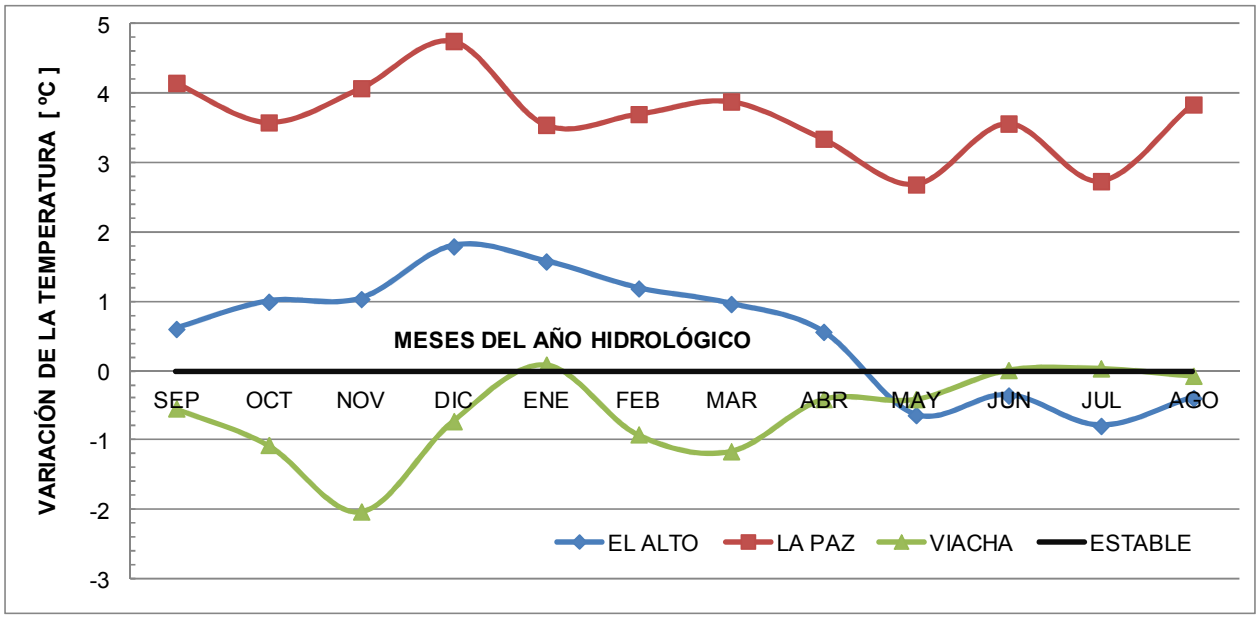


Figura 41: Variación de temperatura mensual [ºC] para (2040-2060) respecto a (1960-1990) según el análisis de tendencia en las estaciones pluviométricas del periodo (1976-2009)

(Fuente: Elaboración propia)

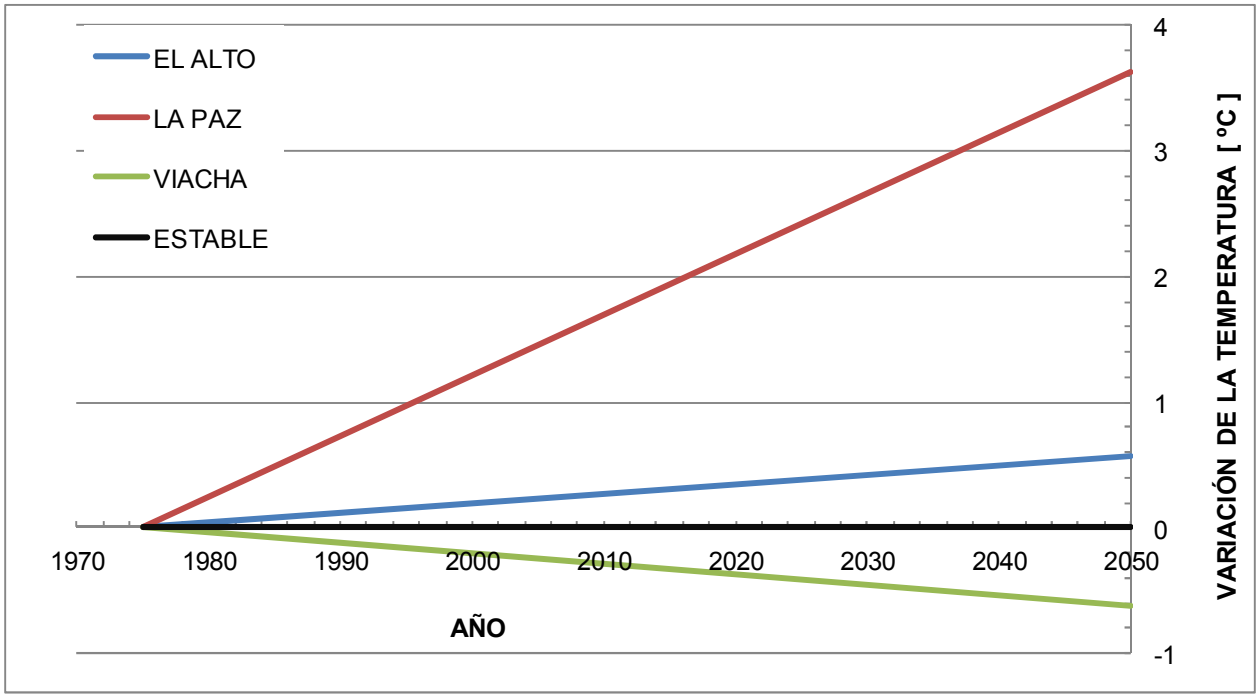


Figura 42: Variación de temperatura media anual [%] para (2040-2060) respecto a (1960-1990) según el análisis de tendencia en las estaciones pluviométricas del periodo (1976-2009)

(Fuente: Elaboración propia)

La figura 42 muestra las proyecciones de variación de temperatura media anual en ºC a nivel anual para el año 2050 en base a la línea de tendencia de estaciones. A nivel anual solamente la estación La Paz presenta una tendencia significativa importante, en El Alto una significancia leve y en Viacha no se detectan cambios.

Los resultados en la estación de La Paz en especial serán consideradas como especiales debido al efecto que presenta una ciudad grande sobre la temperatura, esta atribución de cambios en la temperatura se da por influencia de la urbanidad, emisión de gases (vehicular), materiales que retienen y absorben el calor, (cemento, asfalto, aluminio), acumulación de calor, etc. En este medio físico la disipación de calor se produce durante la noche, tiempo en el que el calor acumulado en el día es liberado. Comúnmente se da un fenómeno de elevación de la temperatura en zonas urbanas densamente construidas, y se ha observado que este fenómeno denominado “isla de calor” aumenta con el tamaño de la ciudad y que es directamente proporcional al tamaño de la mancha urbana.

Estaciones meteorológicas que quedan dentro de la isla de calor (ciudad), registran datos artificiales (ya que no registran la climatología regional, sino la forzada por el régimen de la isla de calor). Con el efecto de la isla de calor las temperaturas mínimas son notablemente más altas que en el entorno próximo y las máximas son ligeramente más bajas por lo que la temperatura media es más alta en la ciudad que además suele contar con un mayor grado de humedad. *(http://es.wikipedia.org/wiki/Isla_de_calor)*

La variación interanual a 2050 no es lineal o no tiene un gradiente constante, sin embargo para el presente estudio se ha considerado el tipo de variación lineal antes mencionado debido a que no se conoce la evolución temporal año a año hasta a 2050.

5 CONCLUSIONES

En el presente punto se mencionan aspectos relevantes del estudio.

5.1 Tendencias regionales

En el análisis de tendencias es importante contar con una base de datos o series temporales de observaciones meteorológicas consistentes sobre periodos largos, para reducir la incertidumbre y evaluar la variabilidad climática en la región. Esto debido a que la variabilidad climática sobre un periodo corto, puede revelar un comportamiento o una tendencia equivocada a largo plazo.

5.1.1 Temperatura media

Las tendencias muestran un evidente cambio en la temperatura media mensual y anual en varios meses del año en la estación de La Paz, y en significancia menor en El Alto.

Para las estaciones de referencia evaluadas sobre 33 años (El Alto, La Paz y Viacha 1976-2009) muestran tendencias significativas positivas en varios meses y a nivel anual y solamente negativos para el mes de Noviembre en Viacha.

A nivel mensual y anual como era de esperar en La Paz es más evidente la tendencia a presentar incrementos de temperatura en un futuro, como consecuencia del efecto isla de calor que se da en ciudades.

En El Alto para los meses de octubre, diciembre enero, febrero y marzo y a nivel anua la temperatura media tiende a incrementarse, con significancias leves, moderadas y evidentes o fuertes como se ve en la *tabla11* según los test paramétricos y no paramétricos. Para los otros meses no se detecta cambios relevantes en el comportamiento temporal, se concluye que se tiene un comportamiento estable.

Los gradientes obtenidos se los presenta en el Anexo 02 a nivel mensual y anual.

Las proyecciones de tendencias en base a sus líneas de ajuste hasta 2050 servirán para comparar la evolución de temperaturas contra las salidas de modelos de circulación general (ver informe de escenarios de cambio climático). Para ello solamente se considerara aquellas rectas y gradientes con algún grado de significancia.

5.1.2 Temperatura máxima

La tendencia en temperatura máxima presenta cambios significativos a nivel mensual y anual para los periodos observados en cada estación. Para el periodo común 1976-2009 (33 años) los cambios son mucho más importantes y evidentes en la estación La Paz, con tendencias a incrementar la temperatura máxima extrema, tanto a nivel mensual como anual, como consecuencia del efecto isla de calor que se da en ciudades.

En El Alto sobre el periodo 1976-2009 (33 años) las tendencias con significancia leve, media y/o fuerte se dan en los mese de septiembre, junio y a nivel anual, para estos las temperaturas máximas tienden a incrementarse. En Viacha sobre el periodo 1976-2009 (33 años) la temperatura máxima de noviembre y febrero tiende a disminuir con significancia leve. Mientras que para la época de invierno (mayo, junio, julio y agosto) las temperaturas máximas tienden a incrementarse con significancia media y fuerte según los test paramétricos y no paramétricos *(tabla 12)*.

Los gradientes obtenidos se los presenta en el Anexo 02 a nivel mensual y anual.

No se han realizado proyecciones de tendencias en base a sus líneas de ajuste hasta 2050 debido a que los modelos de circulación general no dan simulaciones o salidas para la variable de temperatura máxima *(ver informe de escenarios de cambio climático)*.

5.1.3 Temperatura mínima

Las tendencias regionales para las estaciones de referencia (El Alto, La Paz y Viacha) sobre periodos de observación 1976-2009 (33 años) de de temperatura mínima, presentan cambios significativos de temperatura a nivel mensual y anual.

Para la época de verano y lluviosa, los meses de febrero a marzo en **El Alto** (1976-2009, 33 años) la temperatura mínima tiende a incrementarse, mientras que para los meses de mayo a agosto (invierno) las temperaturas tienden a disminuir. Para los mese de septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, julio, agosto y a nivel anual en **La Paz** (1976-2009, 33 años) la temperatura mínima tiende a incrementarse. Para el Caso de **Viacha** (1976-2009) solamente en enero y febrero se tiene un gradiente positivo (aumento), y para los mese de mayo, junio, julio y a nivel anual el gradiente es negativo (disminución). Todos estos resultados sobre las series cronológicas observadas presentan significancia leve, moderada y fuerte según los test paramétricos y no paramétricos *(tabla 13)*.

Los gradientes obtenidos se los presenta en el Anexo 02 a nivel mensual y anual.

No se han realizado proyecciones de tendencias en base a sus líneas de ajuste hasta 2050 debido a que los modelos de circulación general no dan simulaciones o salidas para la variable de temperatura mínima *(ver informe de escenarios de cambio climático)*.

5.1.4 Precipitación

Se ha podido evaluar las tendencias sobre periodos de 1946-2009 (63 años) y 1976-2009 (33 años) en El Alto, La Paz y San Calixto. Para las tres estaciones, solamente en abril se tiene tendencia significativa leve de aumento de lluvia para el periodo 1946-2009. Para el mes de septiembre se tiene un gradiente negativo (disminución) en El Alto y San Calixto. Para octubre la tendencia es negativa (disminución) en La Paz y El Alto. Para noviembre en El Alto se tiene un gradiente positivo. Para enero en La Paz y San Calixto se tiene una tendencia positiva (aumento). Para febrero en El Alto la tendencia es a un decremento en lluvias. Para marzo se tiene un incremento de lluvias en El Alto y La Paz. En junio la tendencia es positiva en El Alto y La Paz. A nivel anual solo en La Paz la significancia es leve y moderada con una tendencia a incremento de lluvias. Todos estos resultados sobre las series cronológicas observadas presentan significancia leve, moderada y fuerte según los test paramétricos y no paramétricos *(tabla 15)*.

Se han evaluado además las tendencias significativas sobre el periodo común 1976-2009 (33 años) sobre estaciones regionales de referencia (La Paz, El Alto y San Calixto) y sobre estaciones de apoyo (Lambate y Mecapaca), con periodos de registro iguales al definido como periodo común. Sobre este periodo los cambios evolutivos en cuanto al comportamiento de las lluvias son menos significativos que para el periodo largo (1946-2009). En La Paz, San Calixto, Lambate y Mecapaca se presentan tendencias a la disminución de lluvias y en abril el gradiente también es negativo en las estaciones El Alto, La Paz , Lambate y Mecapaca. Para agosto en Lambate la tendencia es negativa (disminución), y a nivel anual en La Paz y Lambate la tendencia es a un decremento de lluvias. Todos estos resultados sobre las series cronológicas observadas presentan significancia leve, moderada y fuerte según los test paramétricos y no paramétricos *(tabla 16)*.

Los gradientes obtenidos se los presenta en el Anexo 03 a nivel mensual y anual.

Las proyecciones de tendencias en base a sus líneas de ajuste hasta 2050 servirán para comparar la evolución de lluvias contra las salidas de modelos de circulación general *(ver informe de escenarios de cambio climático)*. Para ello solamente se considerara aquellas rectas y gradientes con algún grado de significancia.

BIBLIOGRAFÍA

- Chiew Francis & Siriwardena Lionel, 2005. Trend User Guide (trend/chance detection software). CRC for Catchment Hydrology. Australia

- Espinoza D., 2011. Informe Final "Estudio Hidroclimático para la región del Chaco Boliviano". Centro de Apoyo a la Gestión Sustentable de Agua y Medio Ambiente. Proyecto Promoción de la Gobernación y Ejercicio Pleno del Derecho al Agua

- Plata, K., 2010. Tendencias de las series termopluviométricas en la ciudad de La Paz. Proyecto de grado, Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH), Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). La Paz-Bolivia

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. 1979. Inventario de Datos de la Red Hidrológica del SENAMHI. 1979. Edición propia, SENAMHI. La Paz – Bolivia

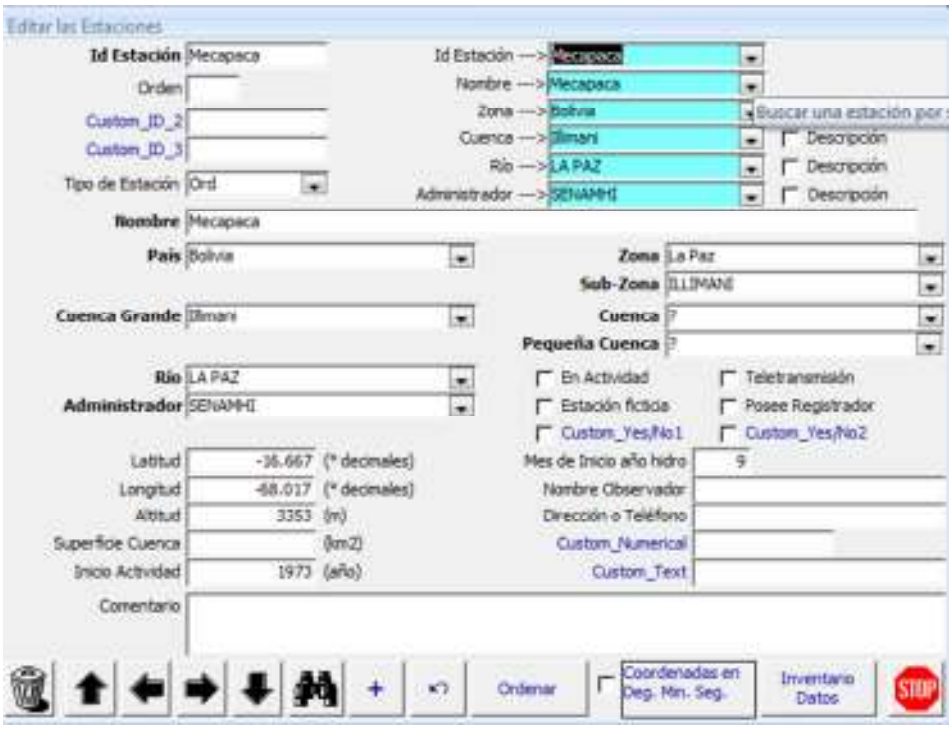
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Inventario de ubicación y record de la Red pluviométrica, meteorológica, hidrométrica del SENAMHI. Edición propia, SENAMHI oficina nacional. La Paz – Bolivia

REFERENCIAS WEB

http://www.senamhi.gob.bo/sismet/

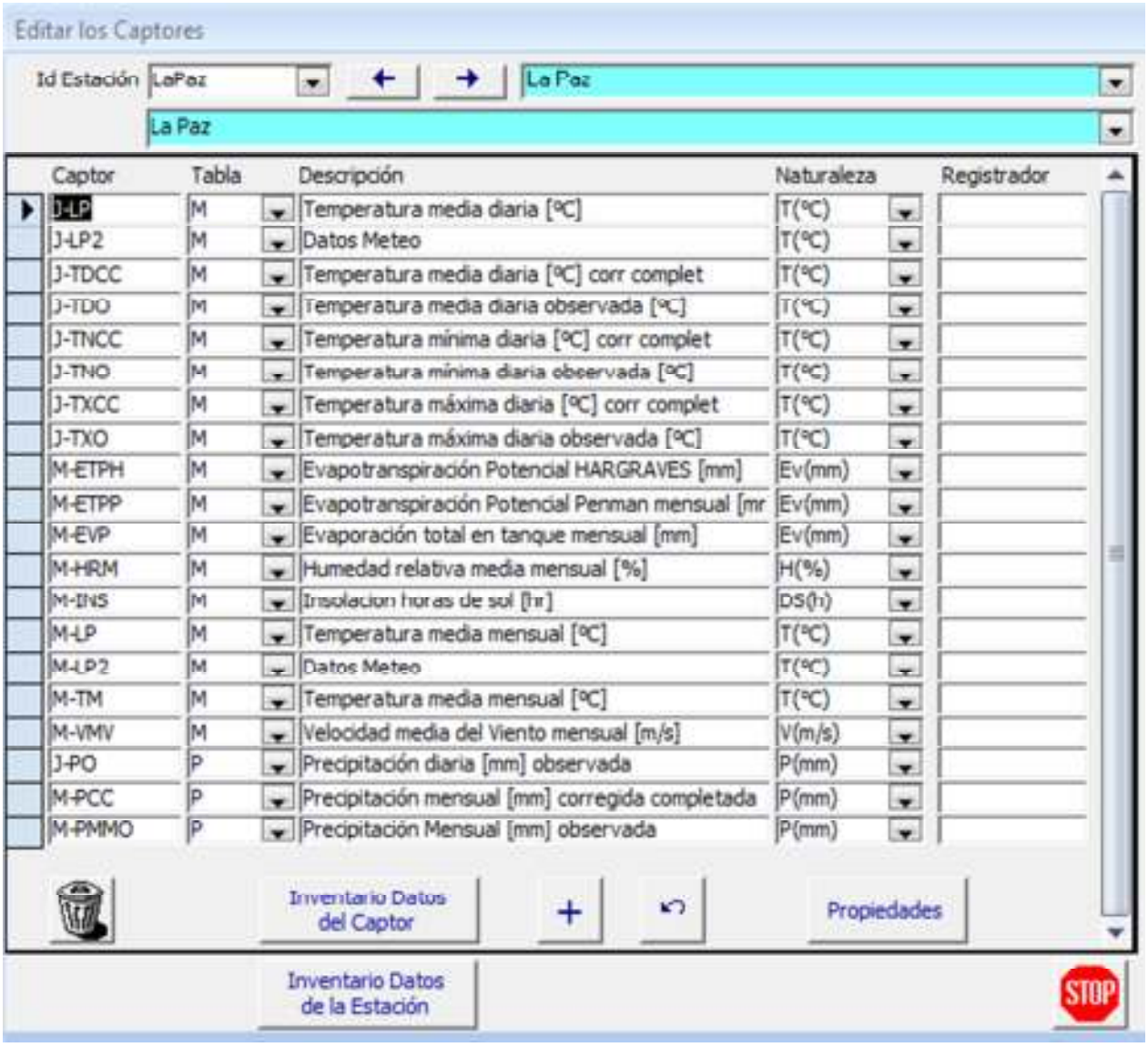
ANEXOS

A-01 Descripción de la base de datos meteorológica (Hydraccess)



Proyecto_Illimani.dbf : Base de datos hidrometeorológica originales, reconstituidos, corregidos.
Id Estaciones: "Nombre de la estación" (max. 12 caracteres)
Orden : " — "
Custom_ID_2: "__" (según SENAMHI)
Custom_ID_3: " — "
Tipo de estación: Pluviometrica, termopluviometrica, sinóptica, climatológica ordinaria
Nombre: "Nombre completo de la estación" (descripción*)
Departamento: "País – departamento al que pertenece la estación"
Cuenca: "Cuenca a la que pertenece la estación"
Río: "Desconocido" (**)
Administrador: "Administrador de la estación"
Latitud: "Latitud de la estación" (Coord. Geográficas en º decimales)
Longitud: "Longitud de la estación" (Coord. Geográficas en º decimales)
Altitud: "Altitud de la estación" (altura sobre el nivel del mar en metros)
Superficie de cuenca: "__ " (no se cuenta con esta información)
Inicio de actividad: "Año de inicio de actividad en la estación" (según SENAMHI)
Inicio del año hidrológico: "Año en que se inicia el año hidrológico en la región" (***)
Referencias: * Algunos casos presenta información adicional (según SENAMHI)
** La base datos de SENAMHI no presenta esta información
*** Año hidrológico asumido para el Balance Hídrico microregional

CAPTORES (M-…) "mensuales"



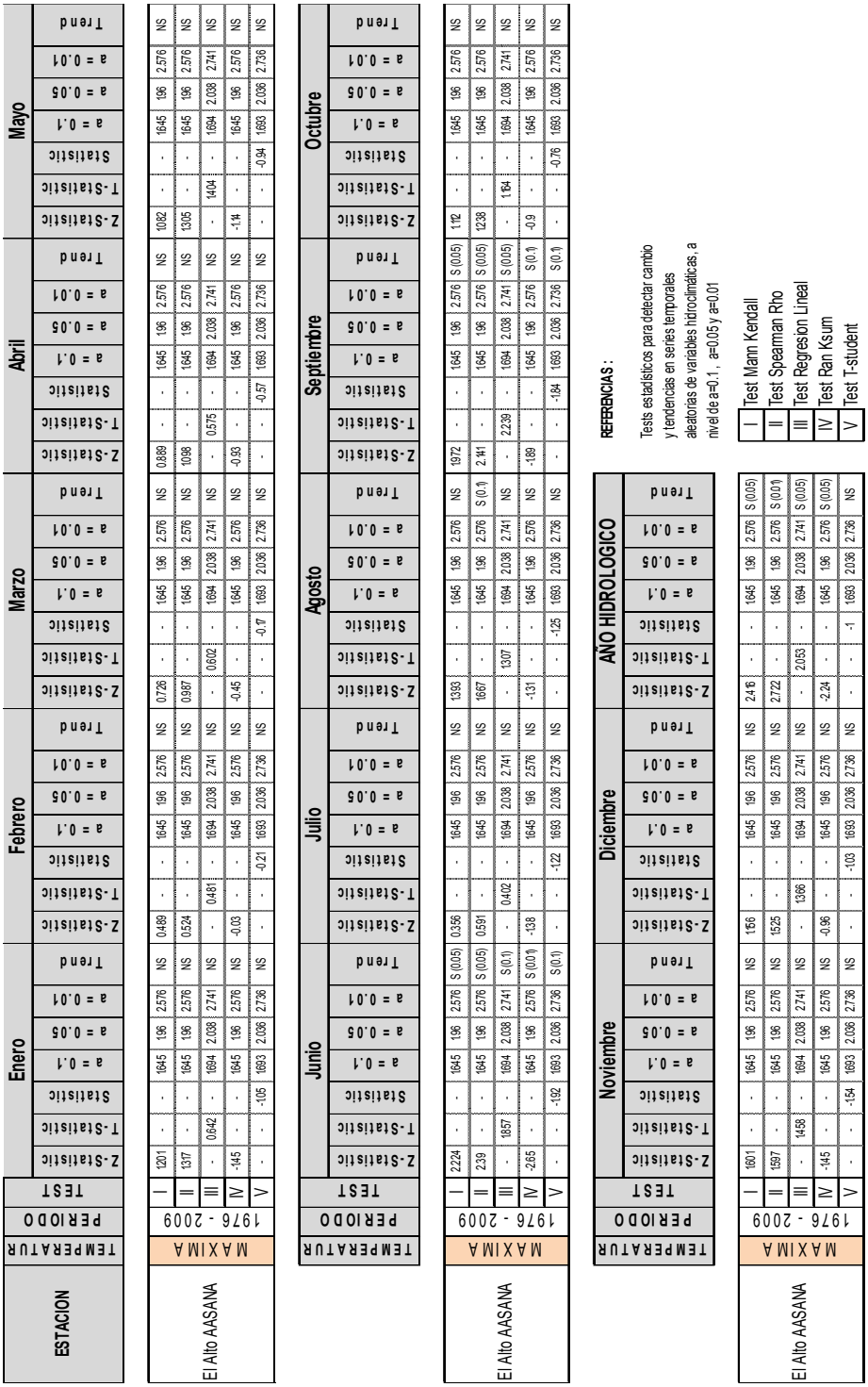
Tipo de tablas (P=lluvias, M=datos meteo)

Captor: Descripción

J-TDcc: Temperatura media diaria corregida completada [ºC]
J-TDo: Temperatura media diaria observada [ºC]
J-Tncc: Temperatura mínima diaria corregida completada [ºC]
J-Tno: Temperatura mínima diaria observada [ºC]
J-Txcc: Temperatura máxima diaria corregida completada
J-Txo: Temperatura máxima diaria observada [ºC]
M-ETPH: Evapotranspiración Potencial HARGRAVES [mm]

M-ETPP: Evapotranspiración Potencial Penman mensual [mm]
M-EVP: Evaporación total en tanque mensual [mm]
M-HRM: Humedad relativa media mensual [%]
M-INS: Insolacion horas de sol [hr]
M-TM: Temperatura Media Ambiente mensual observada [ºC]
M-TMC: Temperatura Media Ambiente mensual completada [ºC]
M-TNo: Temperatura Mínima mensual observada [ºC]
M-TNoc: Temperatura Mínima Extrema mensual completada [ºC]
M-Txo: Temperatura Máxima Extrema mensual original [ºC]
M-Txoc: Temperatura Máxima Extrema mensual completado [ºC]
M-PM: Precipitación mensual observada [ºC]
M-Pcc: Precipitación mensual corregida y completada [ºC]
M-PMMO: Precipitación Mensual observada [mm]
J-Po: Precipitación diaria observada [mm]
M-QLS: Caudal Medio Mensual (en [l/s])
M-QM3: Caudal Medio Mensual (en [m3/s])
M-VOL: Volumen Medio de aportación en (Hm3)
M-Lq: Lámina de escurrimiento (mm)

A-02 Ajuste de series temporales de temperatura máxima, media y mínima por estaciones a nivel anual y mensual



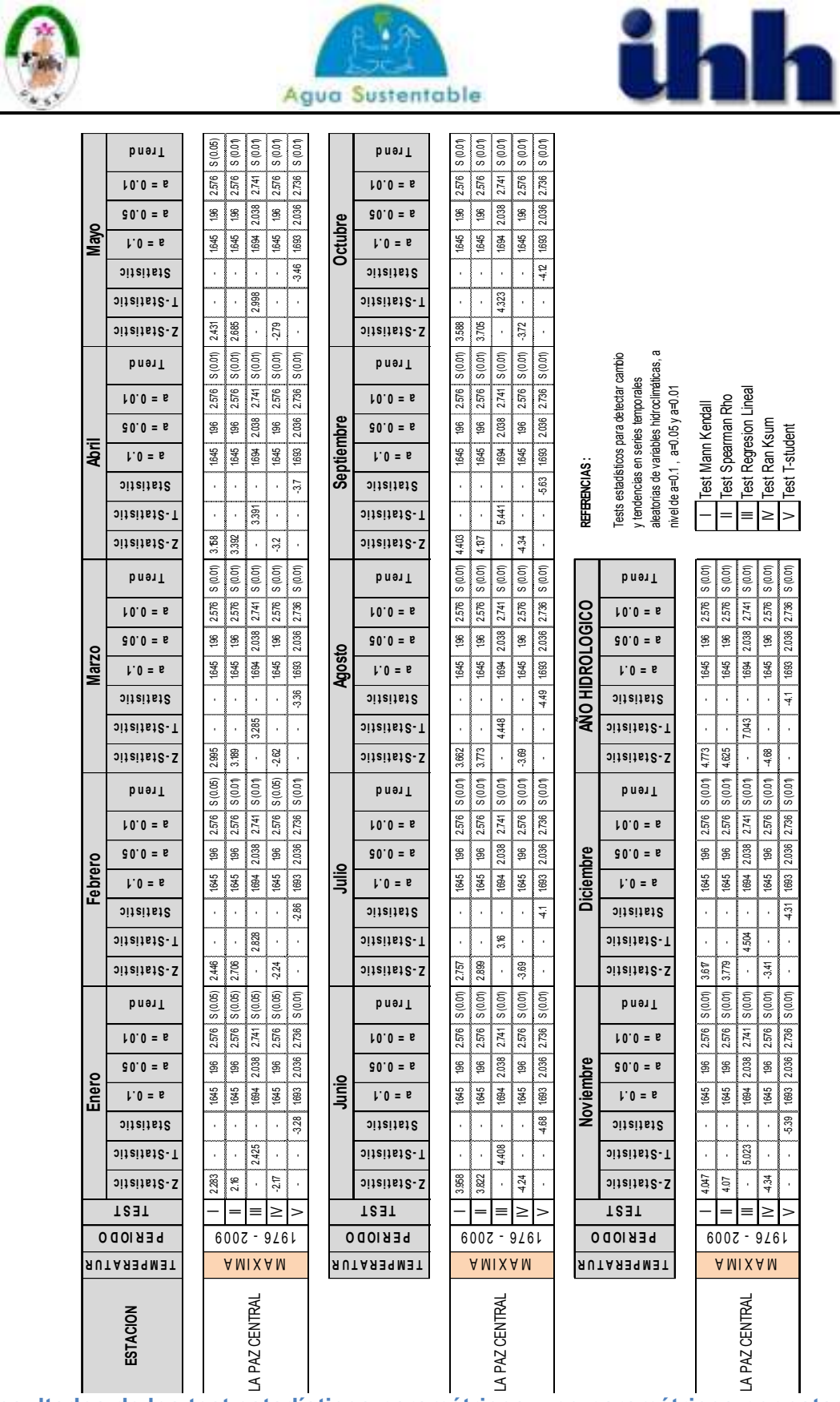
ESTACION	TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo					
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
El Alto AASANA	MAXIMA	1976 - 2009	I	1201	-	-	1645	1.96	2.576	0.489	-	-	1645	1.96	2.576	0.726	-	-	1645	1.96	2.576	1082	-	-	1645	1.96	2.576	NS	-	-	1645	1.96	2.576
			II	1317	-	-	1645	1.96	2.576	0.524	-	-	1645	1.96	2.576	0.987	-	-	1645	1.96	2.576	1305	-	-	1645	1.96	2.576	NS	-	-	1645	1.96	2.576
			III	-	0.642	-	-	2.038	2.741	-	0.481	-	1694	2.038	2.741	-	0.602	-	1694	2.038	2.741	-	0.575	-	1694	2.038	2.741	NS	1.404	-	1694	2.038	2.741
			IV	-1.45	-	-	1645	1.96	2.576	-0.03	-	-	1645	1.96	2.576	-0.45	-	-	1645	1.96	2.576	-0.93	-	-	1645	1.96	2.576	-1.14	-	-0.94	1645	1.96	2.576
			V	-	-	-1.05	1693	2.036	2.736	-	-	-0.21	1693	2.036	2.736	-	-	-0.17	1693	2.036	2.736	-	-	-0.57	1693	2.036	2.736	NS	-	-0.76	1693	2.036	2.736
	TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Junio						Julio						Agosto						Septiembre						Octubre					
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
El Alto AASANA	MAXIMA	1976 - 2009	I	2.224	-	-	1645	1.96	2.576	0.356	-	-	1645	1.96	2.576	1393	-	-	1645	1.96	2.576	1972	-	-	1645	1.96	2.576	S (0.05)	-	-	1645	1.96	2.576
			II	2.39	-	-	1645	1.96	2.576	0.591	-	-	1645	1.96	2.576	1667	-	-	1645	1.96	2.576	2.141	-	-	1645	1.96	2.576	S (0.05)	1238	-	-	1645	1.96	2.576
			III	-	1857	-	1694	2.038	2.741	-	0.402	-	1694	2.038	2.741	-	1307	-	1694	2.038	2.741	-	2.239	-	1694	2.038	2.741	S (0.05)	-	1.164	-	1694	2.038	2.741
			IV	-2.65	-	-	1645	1.96	2.576	-1.38	-	-	1645	1.96	2.576	-1.31	-	-	1645	1.96	2.576	-1.89	-	-	1645	1.96	2.576	S (0.1)	-0.9	-	-	1645	1.96	2.576
			V	-	-	-1.92	1693	2.036	2.736	-	-	-1.22	1693	2.036	2.736	-	-	-1.25	1693	2.036	2.736	-	-	-1.84	1693	2.036	2.736	S (0.1)	-	-	-0.76	1693	2.036	2.736
	TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Noviembre						Diciembre						AÑO HIDROLOGICO																	
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01													
El Alto AASANA	MAXIMA	1976 - 2009	I	1601	-	-	1645	1.96	2.576	1.56	-	-	1645	1.96	2.576	2.416	-	-	1645	1.96	2.576	Test Mann Kendall											
			II	1597	-	-	1645	1.96	2.576	1525	-	-	1645	1.96	2.576	2.722	-	-	1645	1.96	2.576	Test Spearman Rho											
			III	-	1458	-	1694	2.038	2.741	-	1366	-	1694	2.038	2.741	-	2.053	-	1694	2.038	2.741	Test Regresion Lineal											
			IV	-1.45	-	-	1645	1.96	2.576	-0.96	-	-	1645	1.96	2.576	-2.24	-	-	1645	1.96	2.576	Test Ran Ksum											
			V	-	-	-1.54	1693	2.036	2.736	-	-	-1.03	1693	2.036	2.736	-	-	-1	1693	2.036	2.736	Test T-student											

REFERENCIAS :

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0,1 , a=0,05 y a=0,01

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura máxima mensual y anual (Periodo 1976-2009) El Alto

(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo					
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
LA PAZ CENTRAL	MAXIMA	1976 - 2009	I	2.283	-	-	1.645	1.96	2.576	2.446	-	-	1.645	1.96	2.576	2.985	-	-	1.645	1.96	2.576	3.58	-	-	1.645	1.96	2.576	2.431	-	-	1.645	1.96	2.576
			II	2.16	-	-	-	1.96	2.576	2.706	-	-	-	1.96	2.576	3.189	-	-	-	1.96	2.576	3.392	-	-	-	1.96	2.576	2.685	-	-	-	1.96	2.576
			III	-	2.425	-	1.694	2.038	2.741	-	2.828	-	1.694	2.038	2.741	-	3.285	-	1.694	2.038	2.741	-	3.391	-	1.694	2.038	2.741	-	2.998	-	1.694	2.038	2.741
			IV	-2.17	-	-	1.645	1.96	2.576	-2.24	-	-	1.645	1.96	2.576	-2.62	-	-	1.645	1.96	2.576	-3.2	-	-	1.645	1.96	2.576	-2.79	-	-	1.645	1.96	2.576
			V	-	-	-3.28	1.693	2.036	2.736	-	-	-2.86	1.693	2.036	2.736	-	-	-3.36	1.693	2.036	2.736	-	-	-3.7	1.693	2.036	2.736	-	-	-3.46	1.693	2.036	2.736
			Trend	S (0.05)	S (0.05)	S (0.05)	S (0.05)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)
LA PAZ CENTRAL	TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Junio						Julio						Agosto						Septiembre						Octubre					
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
			I	3.958	-	-	1.645	1.96	2.576	2.757	-	-	1.645	1.96	2.576	3.662	-	-	1.645	1.96	2.576	4.403	-	-	1.645	1.96	2.576	3.588	-	-	1.645	1.96	2.576
			II	3.822	-	-	-	1.96	2.576	2.899	-	-	-	1.96	2.576	3.773	-	-	-	1.96	2.576	4.67	-	-	-	1.96	2.576	3.705	-	-	-	1.96	2.576
			III	-	4.408	-	1.694	2.038	2.741	-	3.16	-	1.694	2.038	2.741	-	4.448	-	1.694	2.038	2.741	-	5.441	-	1.694	2.038	2.741	-	4.323	-	1.694	2.038	2.741
			IV	-4.24	-	-	1.645	1.96	2.576	-3.69	-	-	1.645	1.96	2.576	-3.69	-	-	1.645	1.96	2.576	-4.34	-	-	1.645	1.96	2.576	-3.72	-	-	1.645	1.96	2.576
			V	-	-	-4.68	1.693	2.036	2.736	-	-	-4.1	1.693	2.036	2.736	-	-	-4.49	1.693	2.036	2.736	-	-	-5.63	1.693	2.036	2.736	-	-	-4.12	1.693	2.036	2.736
			Trend	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)
LA PAZ CENTRAL	TEMPERATUR	AÑO HIDROLOGICO	TEST	Noviembre						Diciembre																							
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01																		
			I	4.047	-	-	1.645	1.96	2.576	3.67	-	-	1.645	1.96	2.576	4.773	-	-	1.645	1.96	2.576												
			II	4.07	-	-	1.645	1.96	2.576	3.779	-	-	1.645	1.96	2.576	4.625	-	-	1.645	1.96	2.576												
			III	-	5.023	-	1.694	2.038	2.741	-	4.504	-	1.694	2.038	2.741	-	7.043	-	1.694	2.038	2.741												
			IV	-4.34	-	-	1.645	1.96	2.576	-3.41	-	-	1.645	1.96	2.576	-4.68	-	-	1.645	1.96	2.576												
			V	-	-	-5.39	1.693	2.036	2.736	-	-	-4.31	1.693	2.036	2.736	-	-	-4.1	1.693	2.036	2.736												
			Trend	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)												

REFERENCIAS:

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0.1 , a=0.05 y a=0.01

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura máxima mensual y anual (Periodo 1976-2009) La Paz

(Fuente: Elaboración propia)

ESTACION	TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo					
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend
VIACHA	MAXIMA	1976 - 2009	I	0.074	-	-	1645	196	2.576	NS	-175	-	-	1645	196	2.576	S (0.1)	-111	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.4	-	-	1645	196	2.576	NS	2.061	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)
			II	0.166	-	-	1645	196	2.576	NS	-189	-	-	1645	196	2.576	S (0.1)	-12	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.44	-	-	1645	196	2.576	NS	2.455	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)
			III	-	-0.83	-	1694	2.038	2.741	NS	-	-2.05	-	1694	2.038	2.741	S (0.05)	-	-139	-	1694	2.038	2.741	NS	-	-0.43	-	1694	2.038	2.741	NS	-	2.295	-	1694	2.038	2.741	S (0.05)
			IV	-0.96	-	-	1645	196	2.576	NS	1033	-	-	1645	196	2.576	NS	0.276	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.59	-	-	1645	196	2.576	NS	-2.82	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)
			V	-	-	-0.07	1693	2.036	2.736	NS	-	-	1.561	1693	2.036	2.736	NS	-	-	0.686	1693	2.036	2.736	NS	-	-	-0.65	1693	2.036	2.736	NS	-	-	-2.37	1693	2.036	2.736	S (0.05)

TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Junio						Julio						Agosto						Septiembre						Octubre					
			Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend
VIACHA	MAXIMA	1976 - 2009	2.654	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	2.327	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)	1927	-	-	1645	196	2.576	S (0.1)	1305	-	-	1645	196	2.576	NS	0	-	-	1645	196	2.576	NS
			2.727	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	2585	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	2.36	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)	1.08	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.16	-	-	1645	196	2.576	NS
			-	2.802	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)	-	2.942	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)	-	1799	-	1694	2.038	2.741	S (0.1)	-	0.744	-	1694	2.038	2.741	NS	-	-1.06	-	1694	2.038	2.741	NS
			-3.69	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	-3.82	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	-2.86	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	-158	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.34	-	-	1645	196	2.576	NS
			-	-	-3.89	1693	2.036	2.736	S (0.01)	-	-	-3.98	1693	2.036	2.736	S (0.01)	-	-	-3.05	1693	2.036	2.736	S (0.01)	-	-	-12	1693	2.036	2.736	NS	-	-	0.617	1693	2.036	2.736	NS

TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Noviembre						Diciembre						AÑO HIDROLOGICO					
			Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend
VIACHA	MAXIMA	1976 - 2009	-138	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.86	-	-	1645	196	2.576	NS	0.504	-	-	1645	196	2.576	NS
			-143	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.58	-	-	1645	196	2.576	NS	0.561	-	-	1645	196	2.576	NS
			-	-1.77	-	1694	2.038	2.741	S (0.1)	-	-1.37	-	1694	2.038	2.741	NS	-	0	-	1694	2.038	2.741	NS
			0.723	-	-	1645	196	2.576	NS	0	-	-	1645	196	2.576	NS	-183	-	-	1645	196	2.576	S (0.1)
			-	-	1.149	1693	2.036	2.736	NS	-	-	0.423	1693	2.036	2.736	NS	-	-	-0.96	1693	2.036	2.736	NS

REFERENCIAS:

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0.1 , a=0.05 y a=0.01

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura máxima mensual y anual (Periodo 1976-2009) Viacha

(Fuente: Elaboración propia)

ESTACION	TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo					
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
El Alto AASANA	MEDIA	1976 - 2009	I	2.179	-	-	1645	196	2.576	1646	-	-	1645	196	2.576	2.238	-	-	1645	196	2.576	1.12	-	-	1645	196	2.576	-0.107	-	-	1645	196	2.576
			II	2.446	-	-	1645	196	2.576	1879	-	-	1645	196	2.576	2.388	-	-	1645	196	2.576	1428	-	-	1645	196	2.576	-0.74	-	-	1645	196	2.576
			III	-	18'2	-	1694	2038	2.741	-	15'4	-	1694	2038	2.741	-	1273	-	1694	2038	2.741	-	0.71	-	1694	2038	2.741	-	-0.77	-	1694	2038	2.741
			IV	-2.45	-	-	1645	196	2.576	-176	-	-	1645	196	2.576	-186	-	-	1645	196	2.576	-1.97	-	-	1645	196	2.576	1102	-	-	1645	196	2.576
			V	-	-	-146	1693	2036	2.736	-	-	-1'0	1693	2036	2.736	-	-	-062	1693	2036	2.736	-	-	-0.34	1693	2036	2.736	-	-	0.823	1693	2036	2.736
			Trend	NS						NS						S (0.05)						NS						NS					
			I	-0.62	-	-	1645	196	2.576	-125	-	-	1645	196	2.576	-0.4	-	-	1645	196	2.576	0.964	-	-	1645	196	2.576	255	-	-	1645	196	2.576
			II	-0.42	-	-	1645	196	2.576	-123	-	-	1645	196	2.576	-0.19	-	-	1645	196	2.576	1231	-	-	1645	196	2.576	2.822	-	-	1645	196	2.576
			III	-	-0.51	-	1694	2038	2.741	-	-107	-	1694	2038	2.741	-	-0.56	-	1694	2038	2.741	-	0.959	-	1694	2038	2.741	-	2.078	-	1694	2038	2.741
			IV	0.482	-	-	1645	196	2.576	0.241	-	-	1645	196	2.576	0.069	-	-	1645	196	2.576	-134	-	-	1645	196	2.576	-2.45	-	-	1645	196	2.576
			V	-	-	0.412	1693	2036	2.736	-	-	0.089	1693	2036	2.736	-	-	0.223	1693	2036	2.736	-	-	-0.51	1693	2036	2.736	-	-	- ∞	1693	2036	2.736
			Trend	S (0.05)						S (0.1)						NS						NS						S (0.05)					
			I	1.12	-	-	1645	196	2.576	2.288	-	-	1645	196	2.576	2.55	-	-	1645	196	2.576	1.868	-	-	1645	196	2.576	S (0.1)					
			II	1.454	-	-	1645	196	2.576	2.541	-	-	1645	196	2.576	2.2	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)						S (0.05)					
			III	-	1.528	-	1694	2038	2.741	-	2.268	-	1694	2038	2.741	-	1276	-	1694	2038	2.741	S (0.05)						NS					
			IV	-1.31	-	-	1645	196	2.576	-2.17	-	-	1645	196	2.576	-183	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)						S (0.1)					
			V	-	-	-0.81	1693	2036	2.736	-	-	-134	1693	2036	2.736	-	-	- ∞	1693	2036	2.736	NS						S (0.01)					

ESTACION	TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Junio						Julio						Agosto						Septiembre						Octubre					
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
El Alto AASANA	MEDIA	1976 - 2009	I	-0.62	-	-	1645	196	2.576	-125	-	-	1645	196	2.576	-0.4	-	-	1645	196	2.576	0.964	-	-	1645	196	2.576	255	-	-	1645	196	2.576
			II	-0.42	-	-	1645	196	2.576	-123	-	-	1645	196	2.576	-0.19	-	-	1645	196	2.576	1231	-	-	1645	196	2.576	2.822	-	-	1645	196	2.576
			III	-	-0.51	-	1694	2038	2.741	-	-107	-	1694	2038	2.741	-	-0.56	-	1694	2038	2.741	-	0.959	-	1694	2038	2.741	-	2.078	-	1694	2038	2.741
			IV	0.482	-	-	1645	196	2.576	0.241	-	-	1645	196	2.576	0.069	-	-	1645	196	2.576	-134	-	-	1645	196	2.576	-2.45	-	-	1645	196	2.576
			V	-	-	0.412	1693	2036	2.736	-	-	0.089	1693	2036	2.736	-	-	0.223	1693	2036	2.736	-	-	-0.51	1693	2036	2.736	-	-	- ∞	1693	2036	2.736
			Trend	NS						NS						NS						NS						S (0.05)					
			I	2.288	-	-	1645	196	2.576	2.541	-	-	1645	196	2.576	2.2	-	-	1645	196	2.576	1868	-	-	1645	196	2.576	S (0.1)					
			II	2.541	-	-	1645	196	2.576	2.541	-	-	1645	196	2.576	2.2	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)						S (0.05)					
			III	-	2.268	-	1694	2038	2.741	-	2.268	-	1694	2038	2.741	-	1276	-	1694	2038	2.741	S (0.05)						NS					
			IV	-2.17	-	-	1645	196	2.576	-2.17	-	-	1645	196	2.576	-183	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)						S (0.1)					
			V	-	-	-134	1693	2036	2.736	-	-	-134	1693	2036	2.736	-	-	- ∞	1693	2036	2.736	NS						S (0.01)					

TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Noviembre						Diciembre						AÑO HIDROLOGICO					
			Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
MEDIA	1976 - 2009	I	1.12	-	-	1645	196	2.576	2.288	-	-	1645	196	2.576	1.868	-	-	1645	196	2.576
		II	1.454	-	-	1645	196	2.576	2.541	-	-	1645	196	2.576	2.2	-	-	1645	196	2.576
		III	-	1.528	-	1694	2038	2.741	-	2.268	-	1694	2038	2.741	-	1276	-	1694	2038	2.741
		IV	-1.31	-	-	1645	196	2.576	-2.17	-	-	1645	196	2.576	-183	-	-	1645	196	2.576
		V	-	-	-0.81	1693	2036	2.736	-	-	-134	1693	2036	2.736	-	-	- ∞	1693	2036	2.736
		Trend	NS						NS						S (0.05)					

REFERENCIAS :

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0.1 , a=0.05 y a=0.01

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura media mensual y anual (Periodo 1976-2009) El Alto

(Fuente: Elaboración propia)

ESTACION	TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo					
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend
LA PAZ CENTRAL	MEDIA	1976 - 2009	I	2.743	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	3.424	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	3.889	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	3.543	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	2.431	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)
			II	2.702	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	3.408	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	3.798	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	3.682	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	2.468	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)
			III	-	2.972	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)	-	3.82	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)	-	3.839	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)	-	3.761	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)	-	2.776	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)
			IV	-2.41	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)	-3	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	-3	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	-3.34	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	-2.38	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)
			V	-	-	-2.42	1693	2.036	2.736	S (0.05)	-	-	-2.62	1693	2.036	2.736	S (0.05)	-	-	-2.38	1693	2.036	2.736	S (0.05)	-	-	-2.33	1693	2.036	2.736	S (0.05)	-	-	-187	1693	2.036	2.736	S (0.1

ESTACION	TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Junio						Julio						Agosto						Septiembre						Octubre					
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend
LA PAZ CENTRAL	MEDIA	1976 - 2009	I	4.344	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	2.787	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	3.306	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	3.825	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	4.61	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)
			II	4.124	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	3.115	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	3.298	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	3.703	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	4.638	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)
			III	-	5.263	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)	-	3.264	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)	-	3.92	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)	-	4.746	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)	-	5.379	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)
			IV	-4.03	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	-3.79	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	-3	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	-3.65	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	-3.75	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)
			V	-	-	-2.73	1693	2.036	2.736	S (0.05)	-	-	-2.56	1693	2.036	2.736	S (0.05)	-	-	-2.64	1693	2.036	2.736	S (0.05)	-	-	-3.47	1693	2.036	2.736	S (0.05)	-	-	-2.56	1693	2.036	2.736	S (0.05)

ESTACION	TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Noviembre						Diciembre						AÑO HIDROLOGICO					
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend
LA PAZ CENTRAL	MEDIA	1976 - 2009	I	3.884	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	4.047	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	4.996	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)
			II	3.98	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	4.121	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	4.607	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)
			III	-	5.032	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)	-	5.112	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)	-	6.824	-	1694	2.038	2.741	S (0.01)
			IV	-4.03	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	-3.62	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)	-4.27	-	-	1645	196	2.576	S (0.01)
			V	-	-	-3.14	1693	2.036	2.736	S (0.01)	-	-	-3.21	1693	2.036	2.736	S (0.01)	-	-	-2.62	1693	2.036	2.736	S (0.05)

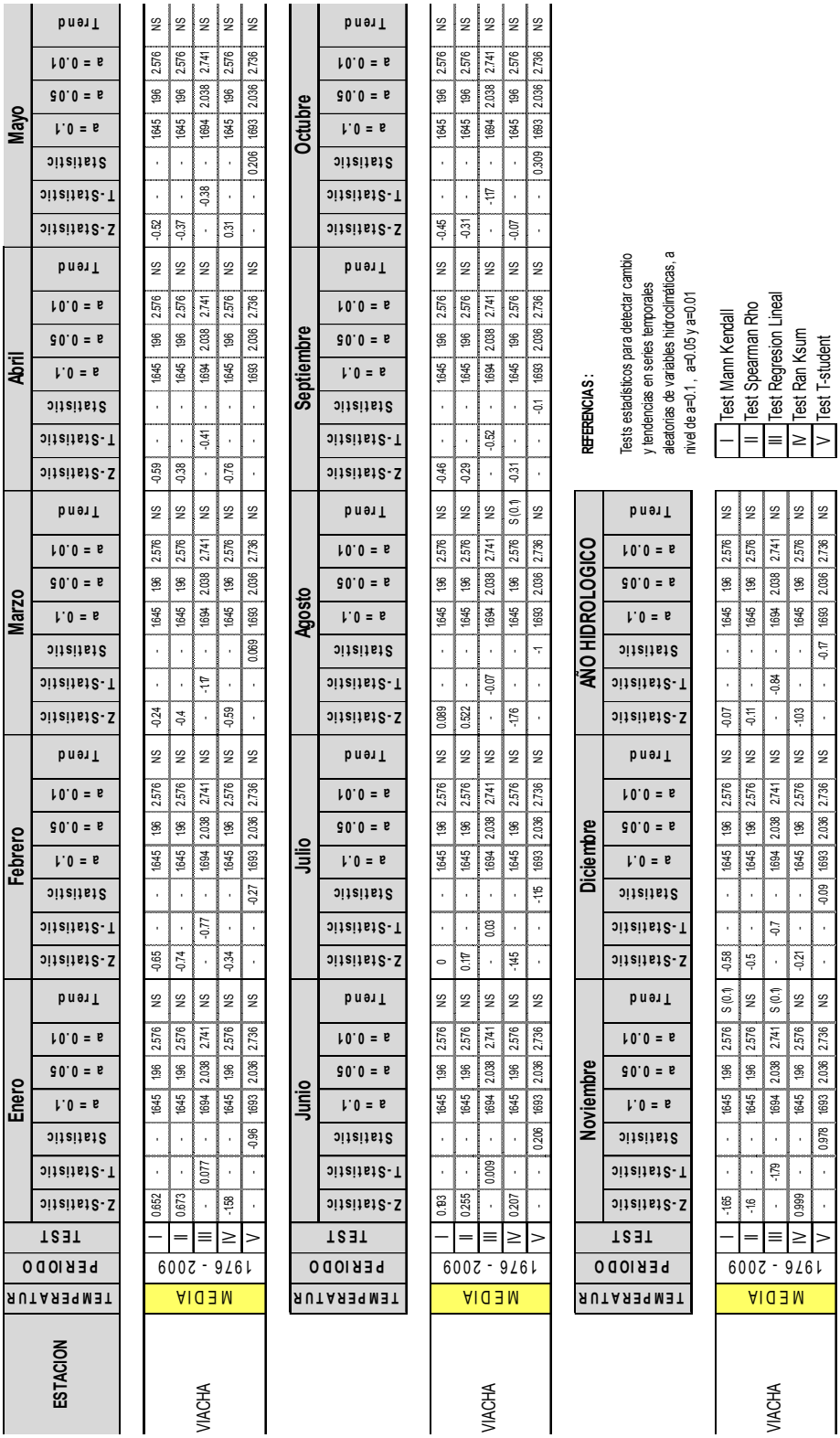
REFERENCIAS :

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0.1 , a=0.05 y a=0.01

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura media mensual y anual (Periodo 1976-2009) La Paz

(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	TEMPERATUR	PERIODO	TEST	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo					
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
VIACHA	MEDIA	1976 - 2009	I	0.652	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.65	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.24	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.59	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.52	-	-	1.645	1.96	2.576
			II	0.673	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.74	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.4	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.38	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.37	-	-	1.645	1.96	2.576
			III	-	0.077	-	-	1.694	2.038	2.741	-	-0.77	-	1.694	2.038	2.741	-	-1.17	-	1.694	2.038	2.741	-	-0.41	-	1.694	2.038	2.741	-	-0.38	-	1.694	2.038	2.741
			IV	-1.68	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.34	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.59	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.76	-	-	1.645	1.96	2.576	0.31	-	-	1.645	1.96	2.576
			V	-	-	-0.96	1.693	2.036	2.736	-	-	-0.27	1.693	2.036	2.736	-	-	0.069	1.693	2.036	2.736	-	-	-	1.693	2.036	2.736	-	-	0.206	1.693	2.036	2.736
				Trend	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
				NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576
				NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576
				S (0.1)	0.077	-	1.694	2.038	2.741	NS	-	-0.77	1.694	2.038	2.741	NS	-	-1.17	1.694	2.038	2.741	NS	-0.41	-	1.694	2.038	2.741	NS	-0.38	-	1.694	2.038	2.741
				NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.31	-	1.645	1.96	2.576
				-0.58	-	-0.96	1.645	1.96	2.576	-0.5	-	-0.27	1.645	1.96	2.576	-0.59	-	0.069	1.645	1.96	2.576	-0.76	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.52	-	0.206	1.645	1.96	2.576
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
VIACHA	MEDIA	1976 - 2009	I	0.193	-	-	1.645	1.96	2.576	0	-	-	1.645	1.96	2.576	0.089	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.46	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.45	-	-	1.645	1.96	2.576
			II	0.255	-	-	1.645	1.96	2.576	0.17	-	-	1.645	1.96	2.576	0.522	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.29	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.31	-	-	1.645	1.96	2.576
			III	-	0.009	-	1.694	2.038	2.741	-	0.03	-	1.694	2.038	2.741	-	-0.07	-	1.694	2.038	2.741	-	-0.52	-	1.694	2.038	2.741	-	-1.17	-	1.694	2.038	2.741
			IV	0.207	-	-	1.645	1.96	2.576	-1.45	-	-	1.645	1.96	2.576	-1.76	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.31	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.07	-	-	1.645	1.96	2.576
			V	-	-	0.206	1.693	2.036	2.736	-	-	-1.15	1.693	2.036	2.736	-	-	-1	1.693	2.036	2.736	-	-	-	1.693	2.036	2.736	-	-	0.309	1.693	2.036	2.736
				Trend	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
				NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576
				NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576
				NS	-	-	1.694	2.038	2.741	NS	-	-	1.694	2.038	2.741	S (0.1)	-0.07	-	1.694	2.038	2.741	NS	-0.52	-	1.694	2.038	2.741	NS	-1.17	-	1.694	2.038	2.741
				NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	1.645	1.96	2.576
				-0.58	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.5	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.07	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.31	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.07	-	-	1.645	1.96	2.576
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
VIACHA	MEDIA	1976 - 2009	I	-1.65	-	-	1.645	1.96	2.576	-	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.07	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.58	-	-	1.645	1.96	2.576	NS					
			II	-1.6	-	-	1.645	1.96	2.576	-	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.11	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.5	-	-	1.645	1.96	2.576	NS					
			III	-	-1.79	-	1.694	2.038	2.741	-	-0.7	-	1.694	2.038	2.741	-	-0.84	-	1.694	2.038	2.741	-	-0.7	-	1.694	2.038	2.741	NS					
			IV	0.999	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.21	-	-	1.645	1.96	2.576	-1.03	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.21	-	-	1.645	1.96	2.576	NS					
			V	-	0.978	-	1.693	2.036	2.736	-	-	-0.09	1.693	2.036	2.736	-	-0.17	-	1.693	2.036	2.736	-	-	-	1.693	2.036	2.736	NS					

TEMPERATUR	PERIODO	TEST	AÑO HIDROLOGICO														
			Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend								
		I	-0.07	-	-	1.645	1.96	2.576	NS								
		II	-0.11	-	-	1.645	1.96	2.576	NS								
		III	-	-0.84	-	1.694	2.038	2.741	NS								
		IV	-1.03	-	-	1.645	1.96	2.576	NS								
		V	-	-	-0.17	1.693	2.036	2.736	NS								
			Noviembre						Diciembre								
			Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend		
		I	-0.58	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.65	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
		II	-0.5	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.74	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
		III	-	-0.7	-	1.694	2.038	2.741	NS	-	-0.77	-	1.694	2.038	2.741	NS		
		IV	-0.21	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.34	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
		V	-	-	-0.09	1.693	2.036	2.736	NS	-	-	-0.27	1.693	2.036	2.736	NS		

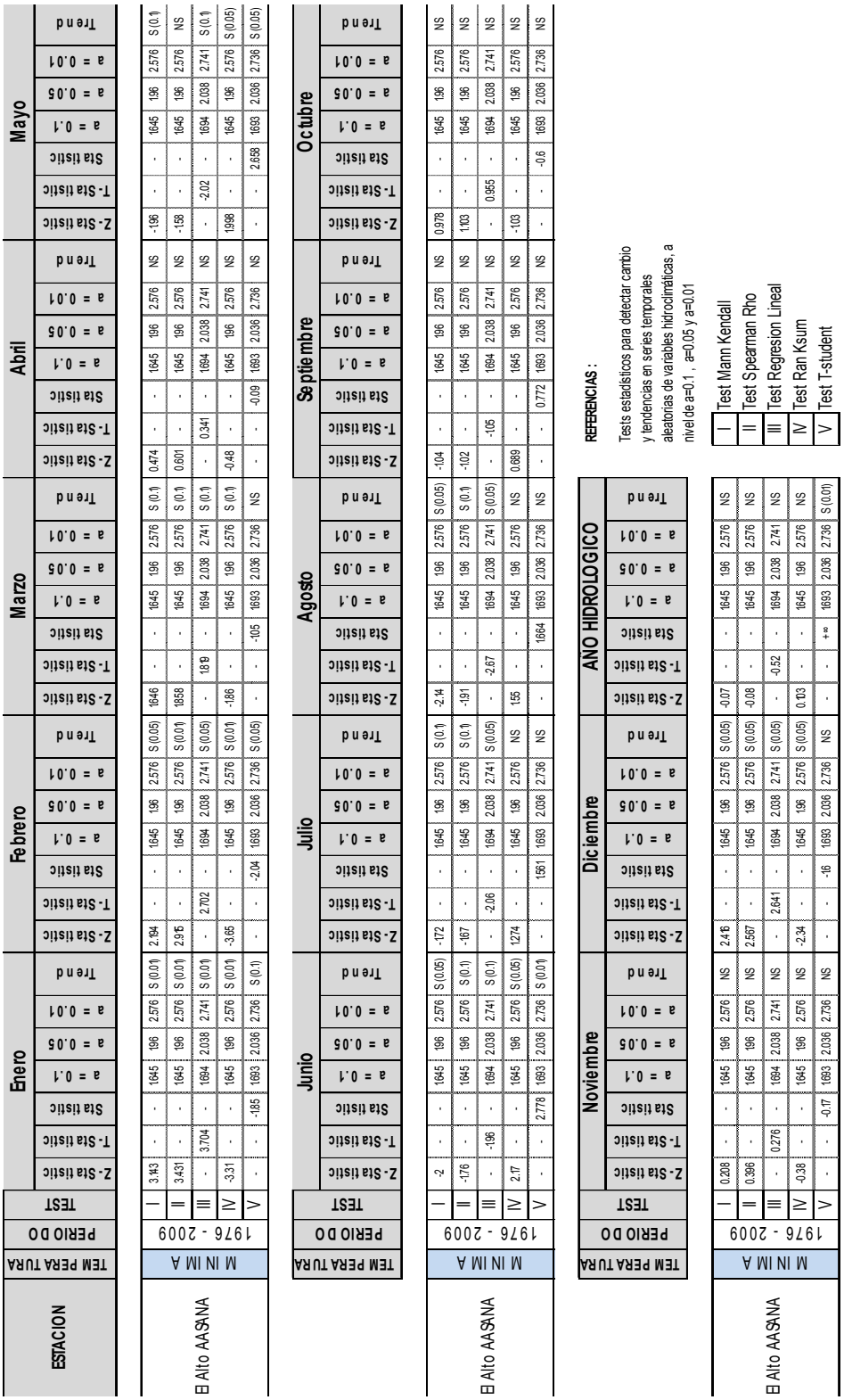
REFERENCIAS :

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidrocimáticas, a nivel de a=0.1 , a=0.05 y a=0.01

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura media mensual y anual (Periodo 1976-2009) Viacha

(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	TEMPERATURA MINIMA	PERIODO	TEST	Enero					Febrero					Marzo					Abril					Mayo				
				Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05
Alto AASANA	MINIMA	1976 - 2009	I	3.143	-	-	1645	196	2.784	-	-	1645	196	1646	-	-	1645	196	0.474	-	-	1645	196	-196	-	-	1645	196
			II	3.431	-	-	1645	196	2.975	-	-	1645	196	1658	-	-	1645	196	0.601	-	-	1645	196	-158	-	-	1645	196
			III	-	3.704	-	1694	2.038	-	2.702	-	1694	2.038	-	1.819	-	1694	2.038	-	0.341	-	1694	2.038	-	-2.02	-	1694	2.038
			IV	-3.31	-	-	1645	196	-3.65	-	-	1645	196	-186	-	-	1645	196	-0.48	-	-	1645	196	1998	-	-	1645	196
			V	-	-	-1.85	1693	2.036	-	-	-2.04	1693	2.036	-	-	-1.05	1693	2.036	-	-	-0.09	1693	2.036	-	-	2.658	1693	2.036
			TEST	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05
			I	-2	-	-	1645	196	-172	-	-	1645	196	-2.14	-	-	1645	196	-1.04	-	-	1645	196	0.978	-	-	1645	196
			II	-176	-	-	1645	196	-167	-	-	1645	196	-191	-	-	1645	196	-1.02	-	-	1645	196	1.103	-	-	1645	196
			III	-	-196	-	1694	2.038	-	-2.06	-	1694	2.038	-	-2.67	-	1694	2.038	-	-105	-	1694	2.038	-	0.955	-	1694	2.038
			IV	2.17	-	-	1645	196	1.274	-	-	1645	196	1.55	-	-	1645	196	0.889	-	-	1645	196	-1.03	-	-	1645	196
			V	-	-	2.778	1693	2.036	-	-	1.561	1693	2.036	-	-	1.664	1693	2.036	-	-	0.772	1693	2.036	-	-	-1.8	1693	2.036
			TEST	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05
			I	0.208	-	-	1645	196	2.416	-	-	1645	196	-0.07	-	-	1645	196											
			II	0.396	-	-	1645	196	2.567	-	-	1645	196	-0.08	-	-	1645	196											
			III	-	0.276	-	1694	2.038	-	2.641	-	1694	2.038	-	-0.52	-	1694	2.038											
			IV	-0.38	-	-	1645	196	-2.34	-	-	1645	196	0.103	-	-	1645	196											
			V	-	-	-0.17	1693	2.036	-	-	-16	1693	2.036	-	-	+∞	1693	2.036											
			TEST	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05
			I	0.208	-	-	1645	196	2.416	-	-	1645	196	-0.07	-	-	1645	196											
			II	0.396	-	-	1645	196	2.567	-	-	1645	196	-0.08	-	-	1645	196											
			III	-	0.276	-	1694	2.038	-	2.641	-	1694	2.038	-	-0.52	-	1694	2.038											
			IV	-0.38	-	-	1645	196	-2.34	-	-	1645	196	0.103	-	-	1645	196											
			V	-	-	-0.17	1693	2.036	-	-	-16	1693	2.036	-	-	+∞	1693	2.036											

ESTACION	TEMPERATURA MINIMA	PERIODO	TEST	Noviembre					Diciembre					AÑO HIDROLOGICO				
				Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05
Alto AASANA	MINIMA	1976 - 2009	I	2.576	196	2.576	NS		2.576	196	2.576	S (0.05)		-2.14	-	-	1645	196
			II	2.576	196	2.576	NS		2.576	196	2.576	S (0.1)		-1.91	-	-	1645	196
			III	2.741	2.038	2.741	S (0.1)		2.741	2.038	2.741	S (0.05)		-	-2.67	-	1694	2.038
			IV	2.576	196	2.576	NS		2.576	196	2.576	NS		1.55	-	-	1645	196
			V	2.736	2.036	2.736	NS		2.736	2.036	2.736	NS		-	-	1.664	1693	2.036
			TEST	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05
			I	2.416	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)				-0.07	-	-	1645	196
			II	2.567	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)				-0.08	-	-	1645	196
			III	-	2.641	-	1694	2.038	2.741	S (0.05)				-	-0.52	-	1694	2.038
			IV	-2.34	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)				0.103	-	-	1645	196
			V	-	-	-16	1693	2.036	2.736	NS				-	-	+∞	1693	2.036
			TEST	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05
			I	2.416	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)				-0.07	-	-	1645	196
			II	2.567	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)				-0.08	-	-	1645	196
			III	-	2.641	-	1694	2.038	2.741	S (0.05)				-	-0.52	-	1694	2.038
			IV	-2.34	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)				0.103	-	-	1645	196
			V	-	-	-16	1693	2.036	2.736	NS				-	-	+∞	1693	2.036
			TEST	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05
			I	2.416	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)				-0.07	-	-	1645	196
			II	2.567	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)				-0.08	-	-	1645	196
			III	-	2.641	-	1694	2.038	2.741	S (0.05)				-	-0.52	-	1694	2.038
			IV	-2.34	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)				0.103	-	-	1645	196
			V	-	-	-16	1693	2.036	2.736	NS				-	-	+∞	1693	2.036

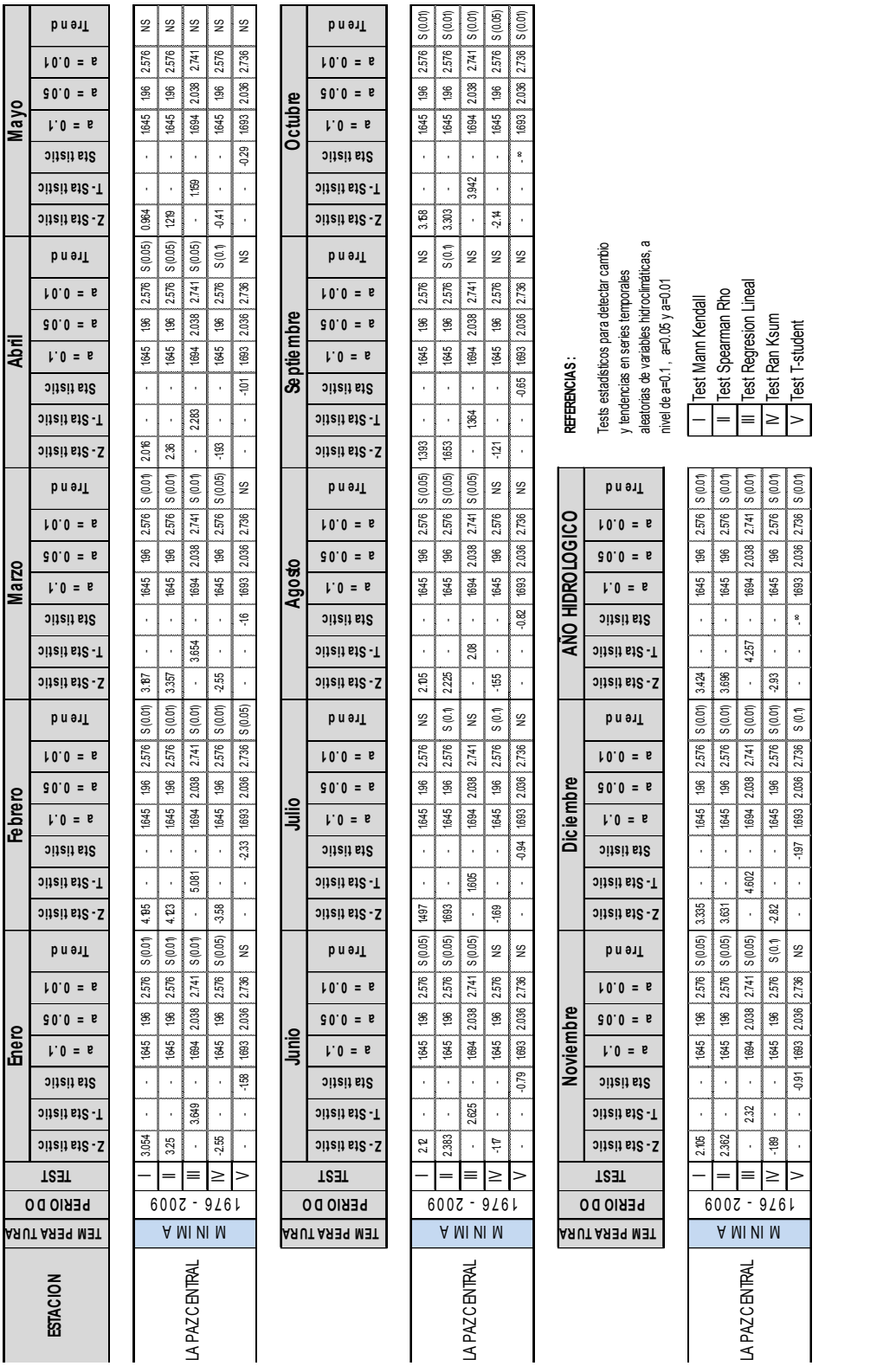
REFERENCIAS :

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0.1 , a=0.05 y a=0.01

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura mínima mensual y anual (Periodo 1976-2009) El Alto

(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	TEM PERA TURA	PERIO DO	TEST	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo					
				Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
LA PAZ CENTRAL	M IN IM A	1976 - 2009	I	3.054	-	-	1.645	1.96	2.576	4.185	-	-	1.645	1.96	2.576	3.187	-	-	1.645	1.96	2.576	2.016	-	-	1.645	1.96	2.576	0.964	-	-	1.645	1.96	2.576
			II	3.25	-	-	1.645	1.96	2.576	4.123	-	-	1.645	1.96	2.576	3.357	-	-	1.645	1.96	2.576	2.36	-	-	1.645	1.96	2.576	1.219	-	-	1.645	1.96	2.576
			III	-	3.649	-	1.694	2.038	2.741	-	5.081	-	1.694	2.038	2.741	-	3.654	-	1.694	2.038	2.741	-	2.283	-	1.694	2.038	2.741	-	1.159	-	1.694	2.038	2.741
			IV	-2.55	-	-	1.645	1.96	2.576	-3.58	-	-	1.645	1.96	2.576	-2.55	-	-	1.645	1.96	2.576	-1.93	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.41	-	-	1.645	1.96	2.576
			V	-	-	-1.88	1.693	2.036	2.736	-	-	-2.33	1.693	2.036	2.736	-	-	-1.6	1.693	2.036	2.736	-	-	-1.01	1.693	2.036	2.736	-	-	-0.29	1.693	2.036	2.736
			TEST	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
				Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo					
				Trend						Trend						Trend						Trend						Trend					
			I	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-
			II	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-
			III	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-
			IV	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-
			V	NS	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-

ESTACION	TEM PERA TURA	PERIO DO	TEST	Junio						Julio						Agosto						Septiembre						Octubre					
				Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
LA PAZ CENTRAL	M IN IM A	1976 - 2009	I	2.12	-	-	1.645	1.96	2.576	1.497	-	-	1.645	1.96	2.576	2.105	-	-	1.645	1.96	2.576	1.393	-	-	1.645	1.96	2.576	3.58	-	-	1.645	1.96	2.576
			II	2.383	-	-	1.645	1.96	2.576	1.693	-	-	1.645	1.96	2.576	2.225	-	-	1.645	1.96	2.576	1.653	-	-	1.645	1.96	2.576	3.303	-	-	1.645	1.96	2.576
			III	-	2.625	-	1.694	2.038	2.741	-	1.605	-	1.694	2.038	2.741	-	2.08	-	1.694	2.038	2.741	-	1.364	-	1.694	2.038	2.741	-	3.942	-	1.694	2.038	2.741
			IV	-1.07	-	-	1.645	1.96	2.576	-1.69	-	-	1.645	1.96	2.576	-1.55	-	-	1.645	1.96	2.576	-1.21	-	-	1.645	1.96	2.576	-2.14	-	-	1.645	1.96	2.576
			V	-	-	-0.79	1.693	2.038	2.736	-	-	-0.94	1.693	2.038	2.736	-	-	-0.82	1.693	2.038	2.736	-	-	-0.65	1.693	2.038	2.736	-	-	-.∞	1.693	2.038	2.736
			TEST	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
				Junio						Julio						Agosto						Septiembre						Octubre					
				Trend						Trend						Trend						Trend						Trend					
			I	S (0.05)	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-
			II	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-
			III	S (0.05)	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-
			IV	NS	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-
			V	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-

ESTACION	TEM PERA TURA	PERIO DO	TEST	Noviembre						Diciembre						AÑO HIDROLOGICO					
				Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
LA PAZ CENTRAL	M IN IM A	1976 - 2009	I	2.105	-	-	1.645	1.96	2.576	3.335	-	-	1.645	1.96	2.576	3.424	-	-	1.645	1.96	2.576
			II	2.362	-	-	1.645	1.96	2.576	3.631	-	-	1.645	1.96	2.576	3.698	-	-	1.645	1.96	2.576
			III	-	2.32	-	1.694	2.038	2.741	-	4.602	-	1.694	2.038	2.741	-	4.257	-	1.694	2.038	2.741
			IV	-1.89	-	-	1.645	1.96	2.576	-2.82	-	-	1.645	1.96	2.576	-2.93	-	-	1.645	1.96	2.576
			V	-	-	-0.91	1.693	2.038	2.736	NS	-	-1.97	1.693	2.038	2.736	S (0.1)	-	-.∞	1.693	2.038	2.736
			TEST	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
				Noviembre						Diciembre						AÑO HIDROLOGICO					
				Trend						Trend						Trend					
			I	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-
			II	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-
			III	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-
			IV	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-
			V	NS	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-

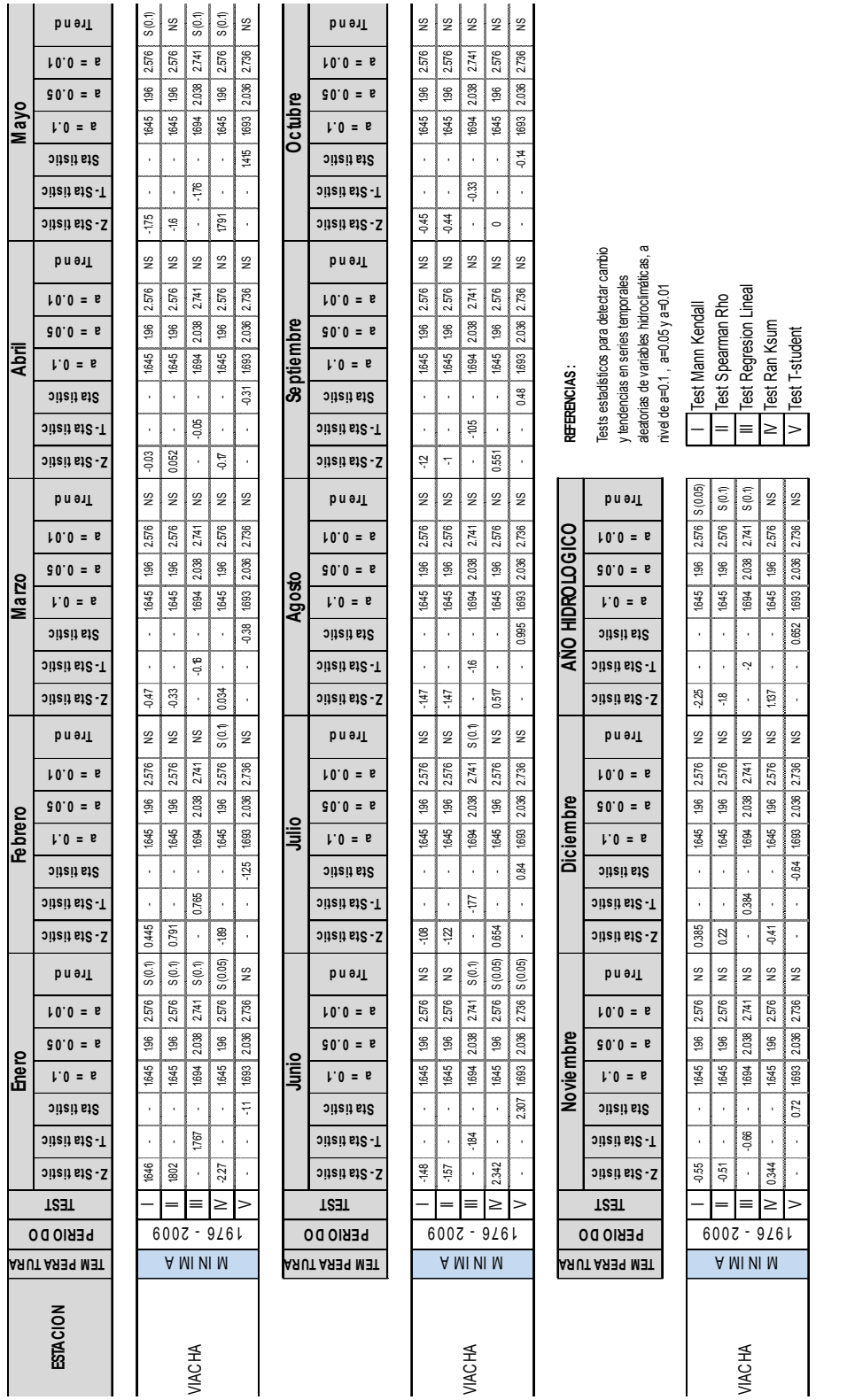
REFERENCIAS:

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0.1 , a=0.05 y a=0.01

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura mínima mensual y anual (Periodo 1976-2009) La Paz

(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	TEM PERA TURA	PERIO DO	TEST	Enero					Febrero					Marzo					Abril					Mayo				
				Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05
VIACHA	MINIMA	1976 - 2009	I	1646	-	-	1645	196	0.445	-	-	1645	196	-0.47	-	-	1645	196	-0.03	-	-	1645	196	-175	-	-	1645	196
			II	1802	-	-	1645	196	0.791	-	-	1645	196	-0.33	-	-	1645	196	0.052	-	-	1645	196	-16	-	-	1645	196
			III	-	1.767	-	1694	2.038	-	0.765	-	1694	2.038	-	-0.16	-	1694	2.038	-	-0.05	-	1694	2.038	-	-176	-	1694	2.038
			IV	-2.27	-	-	1645	196	-189	-	-	1645	196	0.034	-	-	1645	196	-0.7	-	-	1645	196	1791	-	-	1645	196
			V	-	-	-11	1693	2.036	-	-	-125	1693	2.036	-	-	-0.38	1693	2.036	-	-	-0.31	1693	2.036	-	-	1445	1693	2.036
		TEST		Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05
			I	1646	-	-	1645	196	0.445	-	-	1645	196	-0.47	-	-	1645	196	-0.03	-	-	1645	196	-175	-	-	1645	196
			II	1802	-	-	1645	196	0.791	-	-	1645	196	-0.33	-	-	1645	196	0.052	-	-	1645	196	-16	-	-	1645	196
			III	-	1.767	-	1694	2.038	-	0.765	-	1694	2.038	-	-0.16	-	1694	2.038	-	-0.05	-	1694	2.038	-	-176	-	1694	2.038
			IV	-2.27	-	-	1645	196	-189	-	-	1645	196	0.034	-	-	1645	196	-0.7	-	-	1645	196	1791	-	-	1645	196
			V	-	-	-11	1693	2.036	-	-	-125	1693	2.036	-	-	-0.38	1693	2.036	-	-	-0.31	1693	2.036	-	-	1445	1693	2.036

ESTACION	TEM PERA TURA	PERIO DO	TEST	Junio					Julio					Agosto					Septiembre					Octubre				
				Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05
VIACHA	MINIMA	1976 - 2009	I	-148	-	-	1645	196	-108	-	-	1645	196	-147	-	-	1645	196	-12	-	-	1645	196	-0.45	-	-	1645	196
			II	-157	-	-	1645	196	-122	-	-	1645	196	-147	-	-	1645	196	-1	-	-	1645	196	-0.44	-	-	1645	196
			III	-	-184	-	1694	2.038	-	-177	-	1694	2.038	-	-16	-	1694	2.038	-	-105	-	1694	2.038	-	-0.33	-	1694	2.038
			IV	2.342	-	-	1645	196	0.654	-	-	1645	196	0.517	-	-	1645	196	0.551	-	-	1645	196	0	-	-	1645	196
			V	-	-	2.307	1693	2.036	-	-	0.84	1693	2.036	-	-	0.985	1693	2.036	-	-	0.48	1693	2.036	-	-	-0.14	1693	2.036
		TEST		Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05
			I	-148	-	-	1645	196	-108	-	-	1645	196	-147	-	-	1645	196	-12	-	-	1645	196	-0.45	-	-	1645	196
			II	-157	-	-	1645	196	-122	-	-	1645	196	-147	-	-	1645	196	-1	-	-	1645	196	-0.44	-	-	1645	196
			III	-	-184	-	1694	2.038	-	-177	-	1694	2.038	-	-16	-	1694	2.038	-	-105	-	1694	2.038	-	-0.33	-	1694	2.038
			IV	2.342	-	-	1645	196	0.654	-	-	1645	196	0.517	-	-	1645	196	0.551	-	-	1645	196	0	-	-	1645	196
			V	-	-	2.307	1693	2.036	-	-	0.84	1693	2.036	-	-	0.985	1693	2.036	-	-	0.48	1693	2.036	-	-	-0.14	1693	2.036

TEM PERA TURA	PERIO DO	TEST	Noviembre					Diciembre					ANO HIDROLOGICO				
			Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05
MINIMA	1976 - 2009	I	-0.55	-	-	1645	196	0.385	-	-	1645	196	-2.25	-	-	1645	196
		II	-0.51	-	-	1645	196	0.22	-	-	1645	196	-18	-	-	1645	196
		III	-	-0.66	-	1694	2.038	-	0.384	-	1694	2.038	-	-2	-	1694	2.038
		IV	0.344	-	-	1645	196	-0.41	-	-	1645	196	1.137	-	-	1645	196
		V	-	-	0.72	1693	2.036	-	-	-0.64	1693	2.036	-	-	0.662	1693	2.036
		TEST															
			I	Test Mann Kendall													
			II	Test Spearman Rho													
			III	Test Regresion Lineal													
			IV	Test Ran Ksum													
			V	Test T-student													

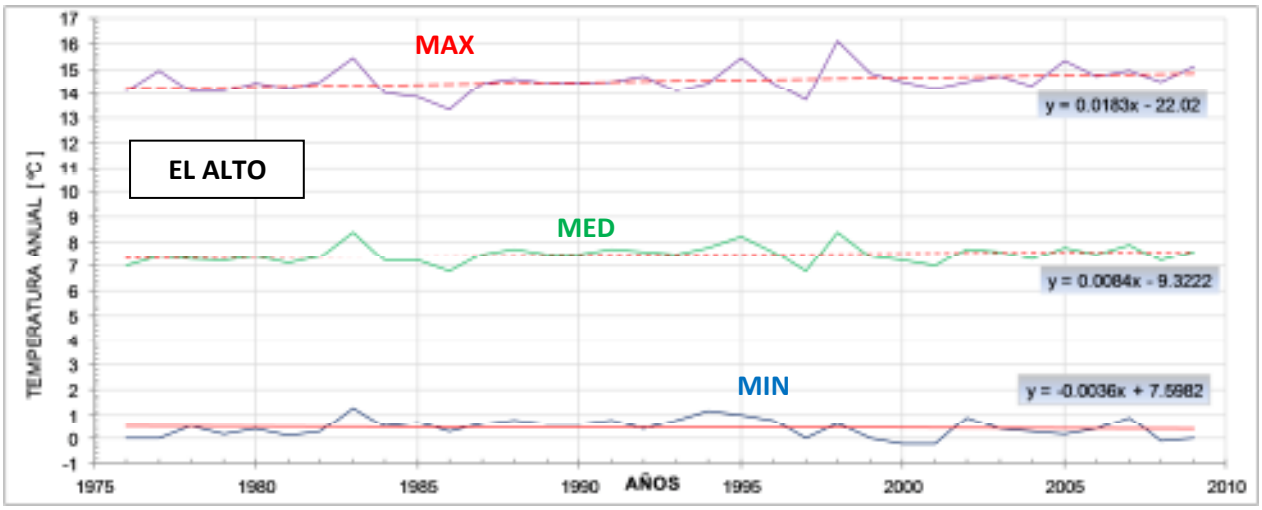
REFERENCIAS :

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0,1 , a=0,05 y a=0,01

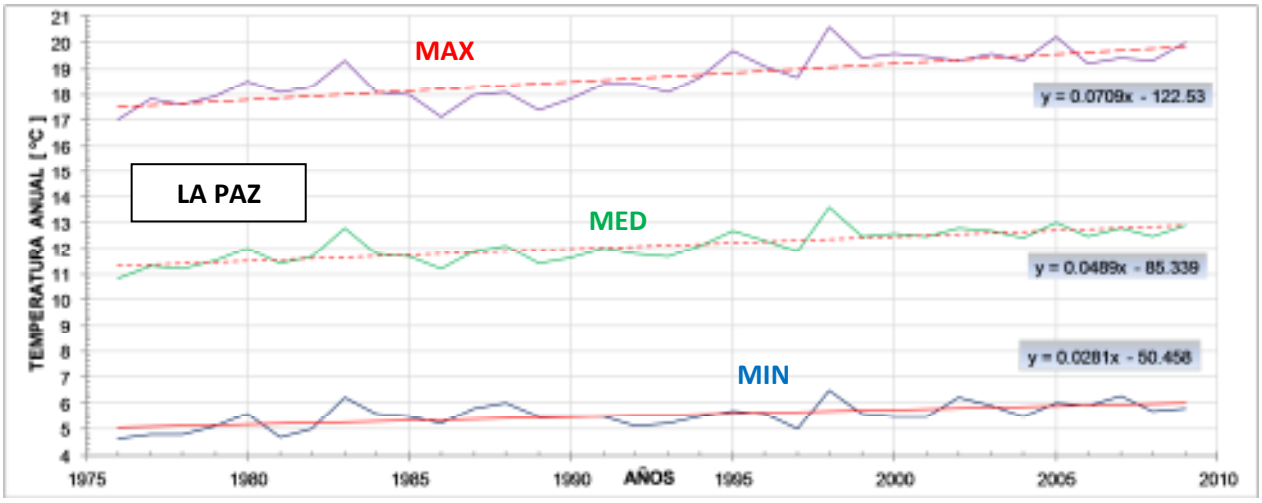
ESTACION	TEM PERA TURA	PERIO DO	TEST	Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend
VIACHA	MINIMA	1976 - 2009	I	-0.55	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)
			II	-0.51	-	-	1645	196	2.576	S (0.1)
			III	-	-0.66	-	1694	2.038	2.741	S (0.1)
			IV	0.344	-	-	1645	196	2.576	NS
			V	-	-	0.72	1693	2.036	2.736	NS
		TEST		Z-Sta tístic	T-Sta tístic	Sta tístic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend
			I	-0.55	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)
			II	-0.51	-	-	1645	196	2.576	S (0.1)
			III	-	-0.66	-	1694	2.038	2.741	S (0.1)
			IV	0.344	-	-	1645	196	2.576	NS
			V	-	-	0.72	1693	2.036	2.736	NS

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para temperatura mínima mensual y anual (Periodo 1976-2009) Viacha

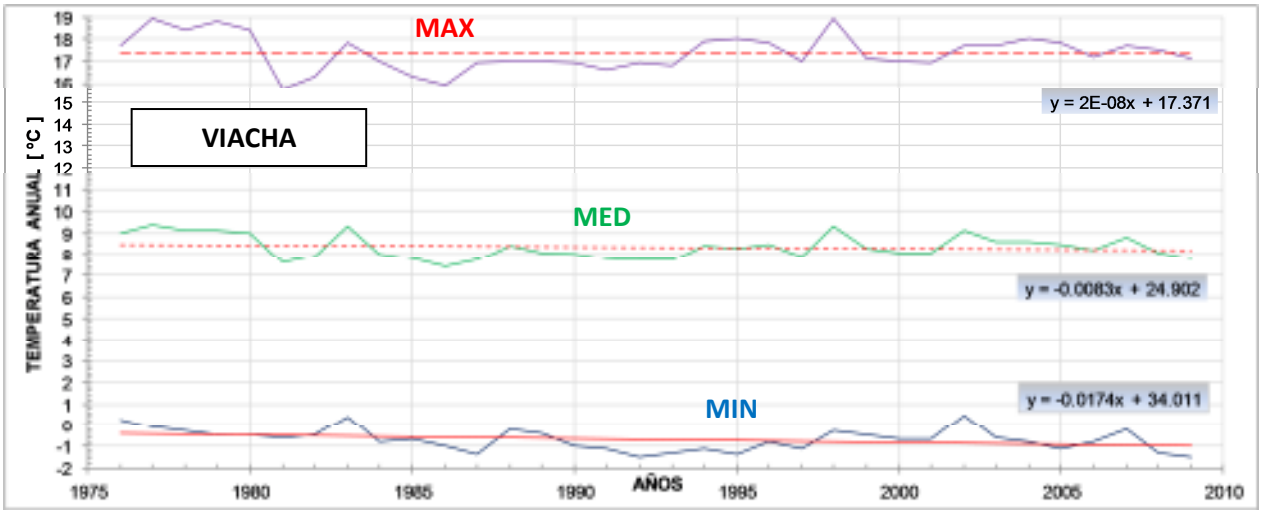
(Fuente: Elaboración propia)



(Fuente: Elaboración propia)

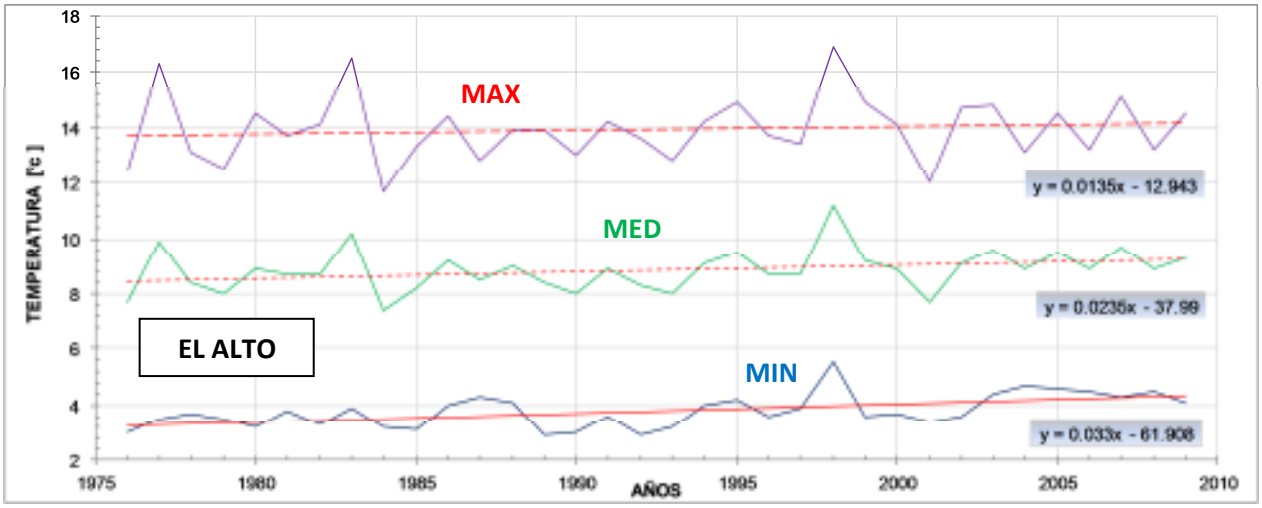


(Fuente: Elaboración propia)

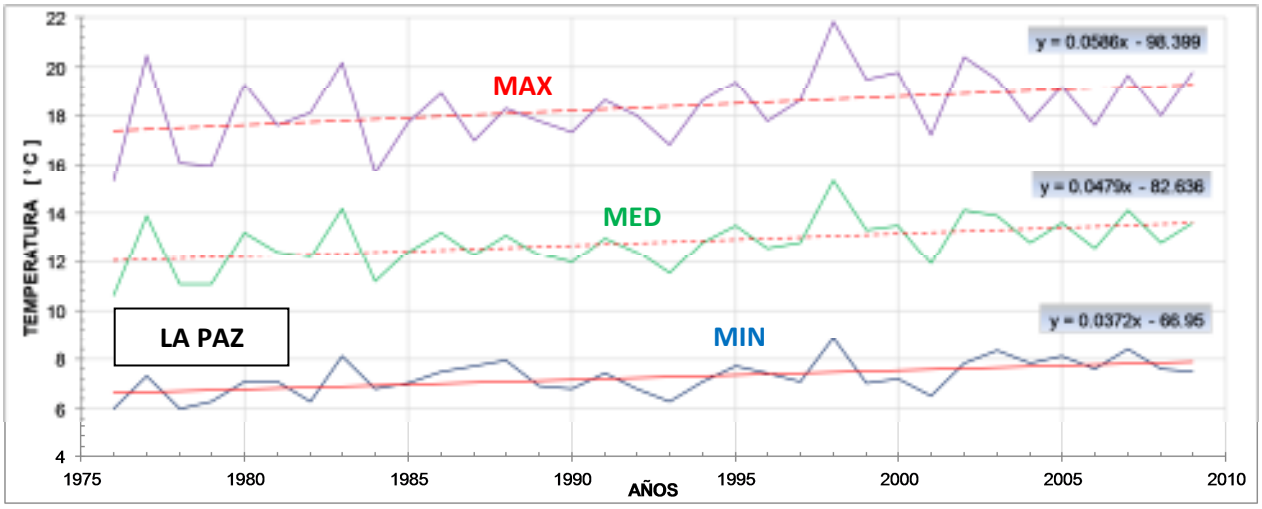


(Fuente: Elaboración propia)

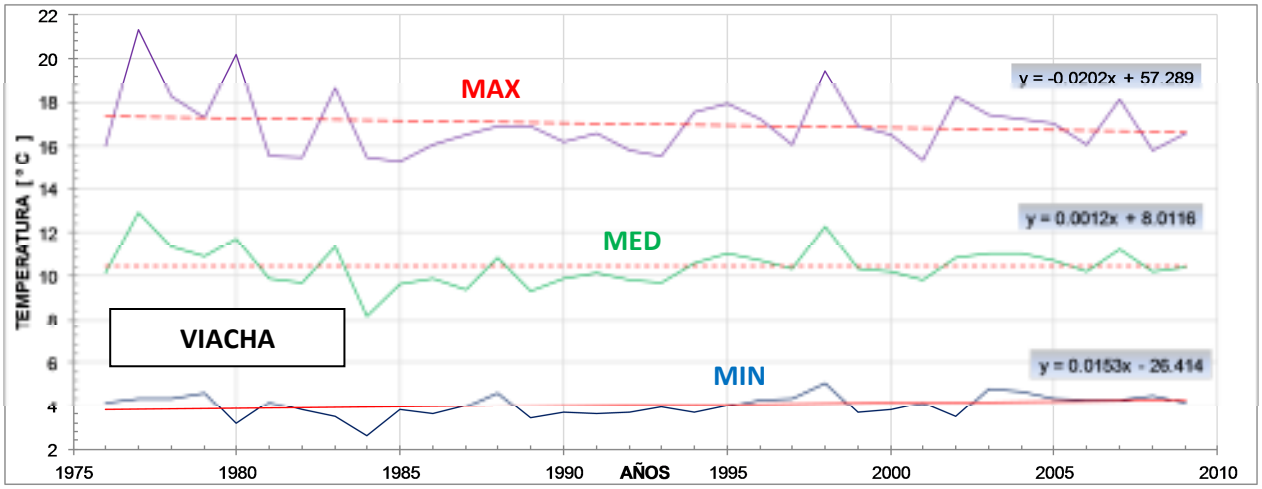
Temperatura máxima media mínima ANUAL [ºC] (1976-2009) en estaciones



(Fuente: Elaboración propia)

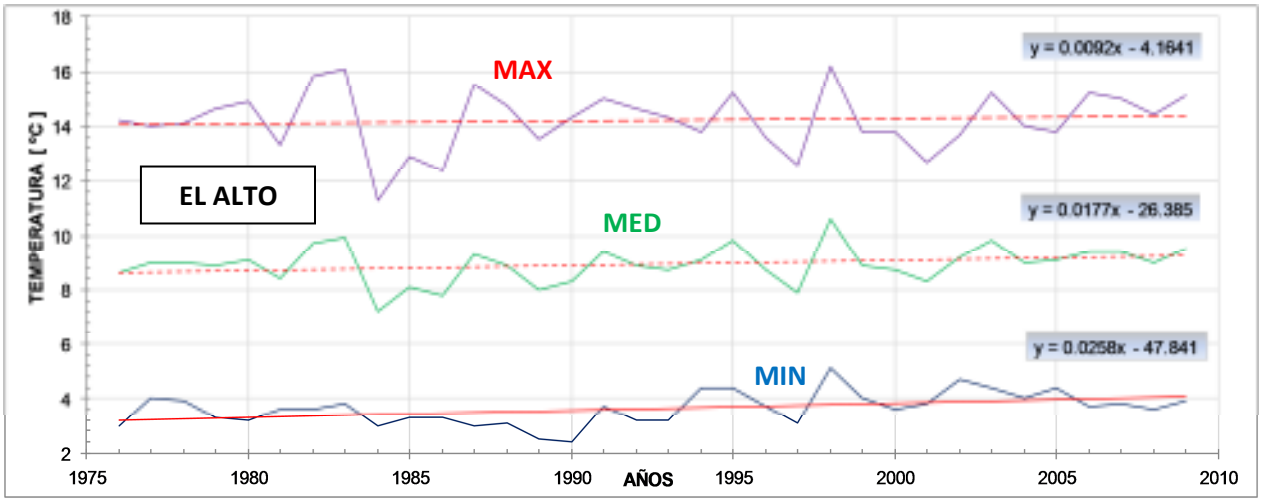


(Fuente: Elaboración propia)

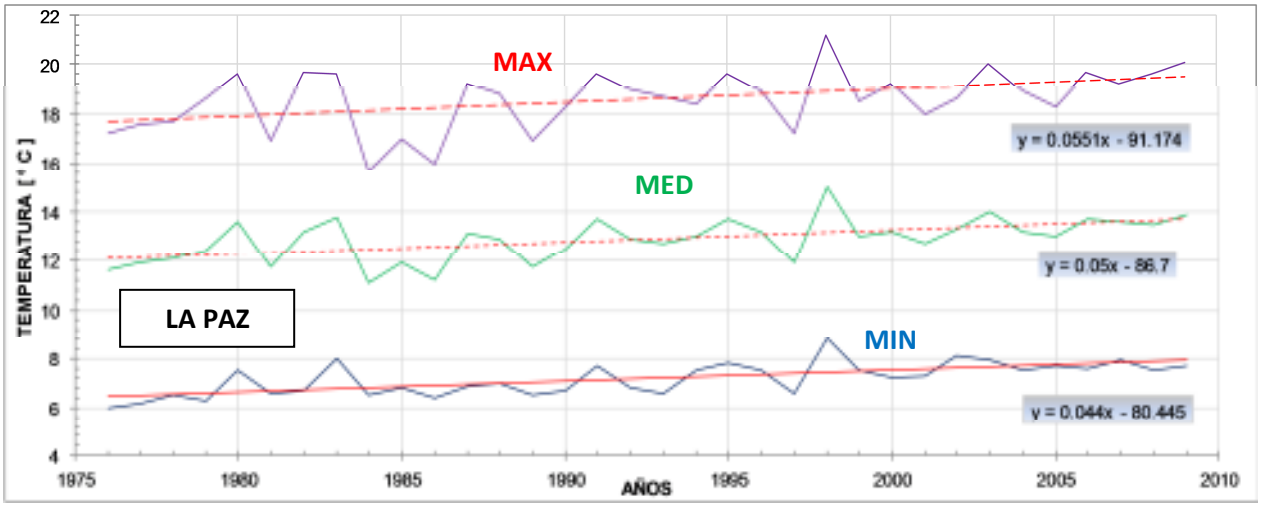


(Fuente: Elaboración propia)

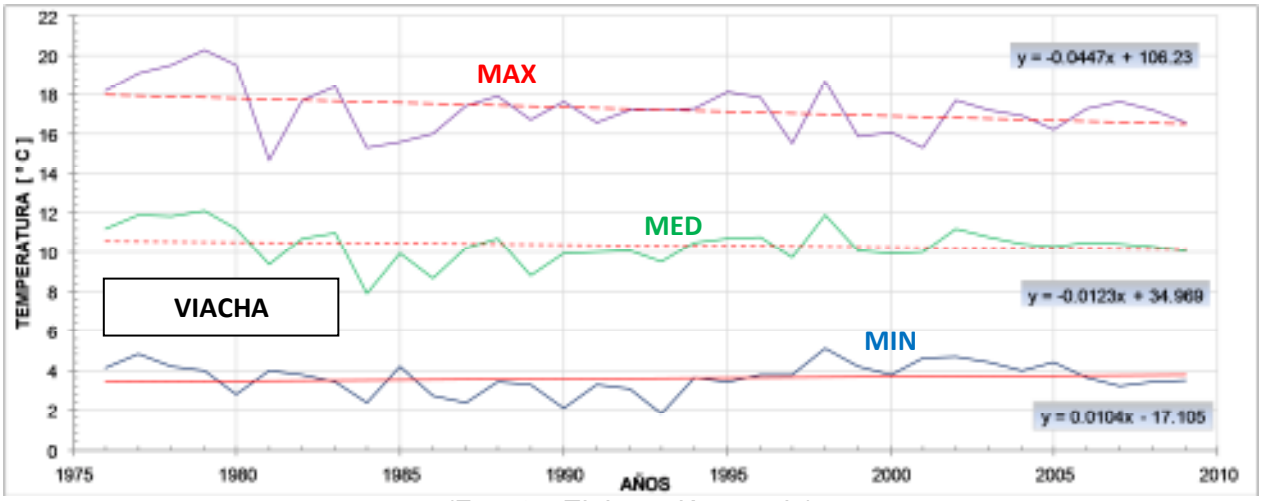
Temperatura máxima media mínima ENERO [ºC] (1976-2009) en estaciones



(Fuente: Elaboración propia)

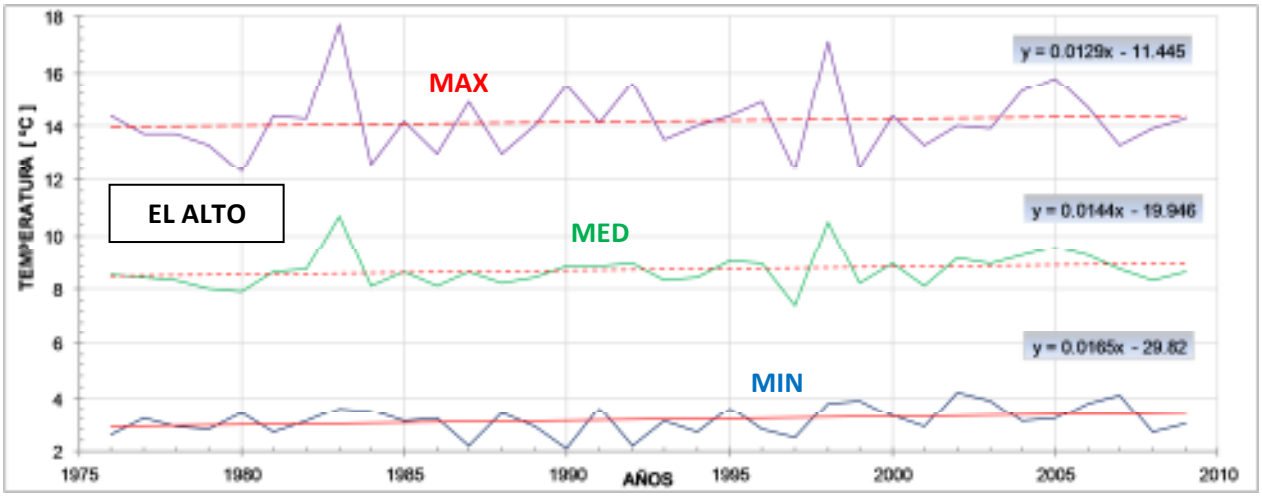


(Fuente: Elaboración propia)

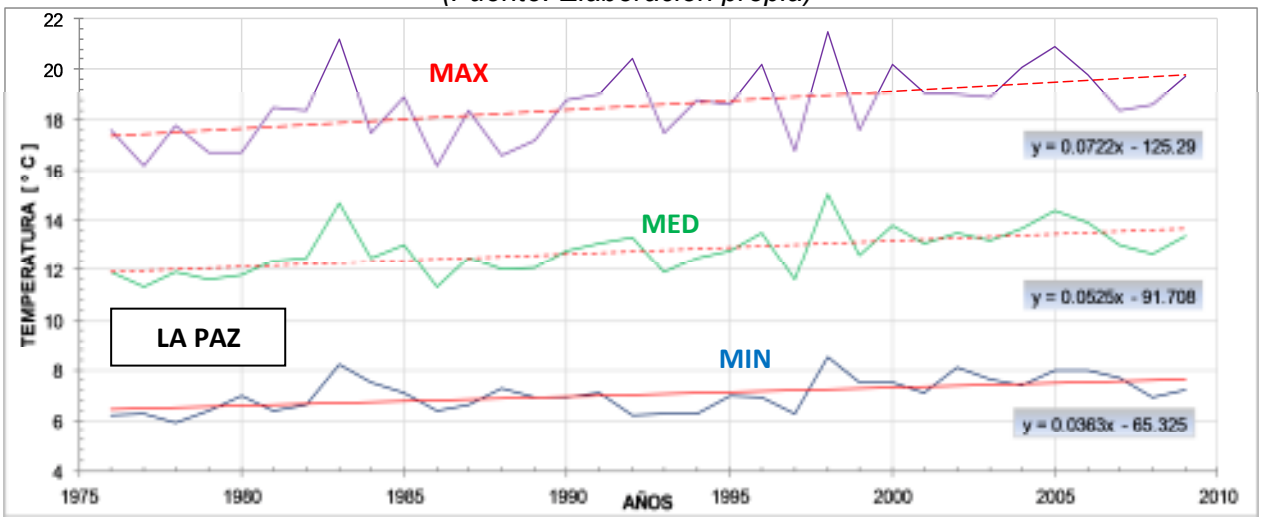


(Fuente: Elaboración propia)

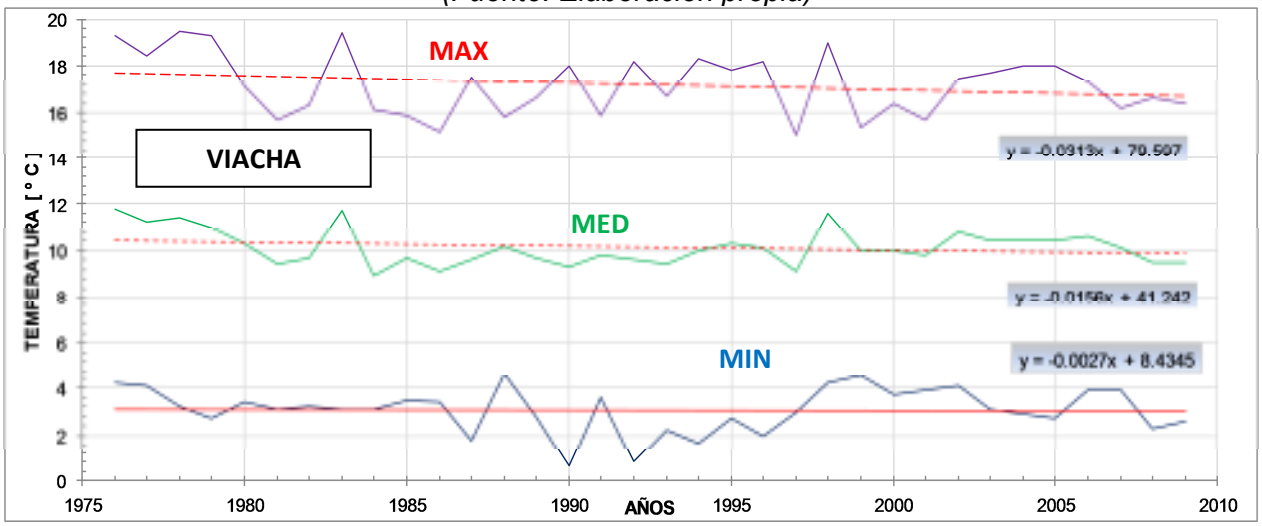
Temperatura máxima media mínima FEBRERO [ºC] (1976-2009) en estaciones



(Fuente: Elaboración propia)

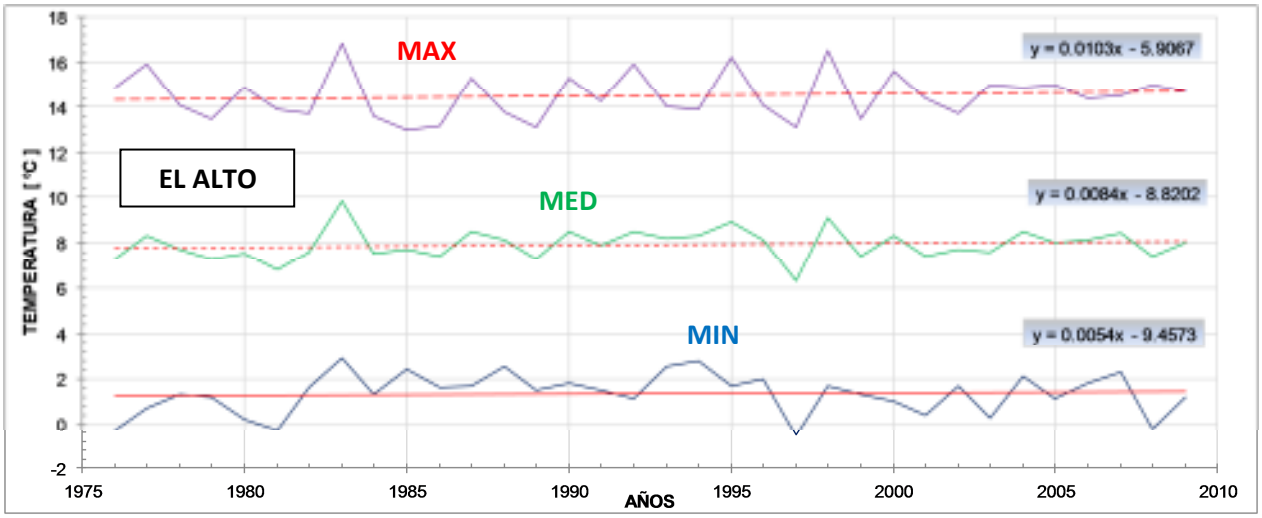


(Fuente: Elaboración propia)

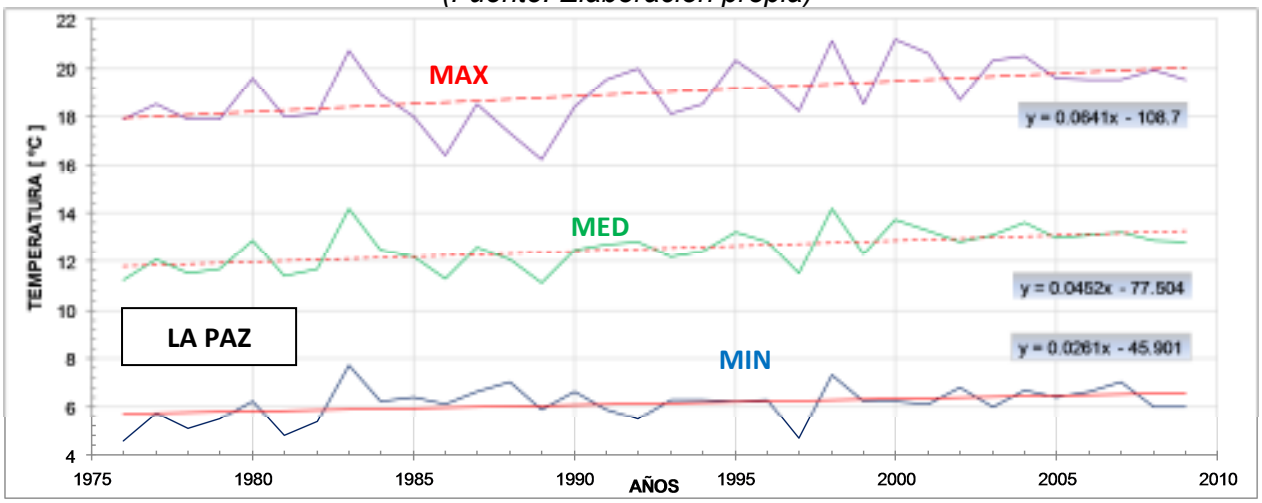


(Fuente: Elaboración propia)

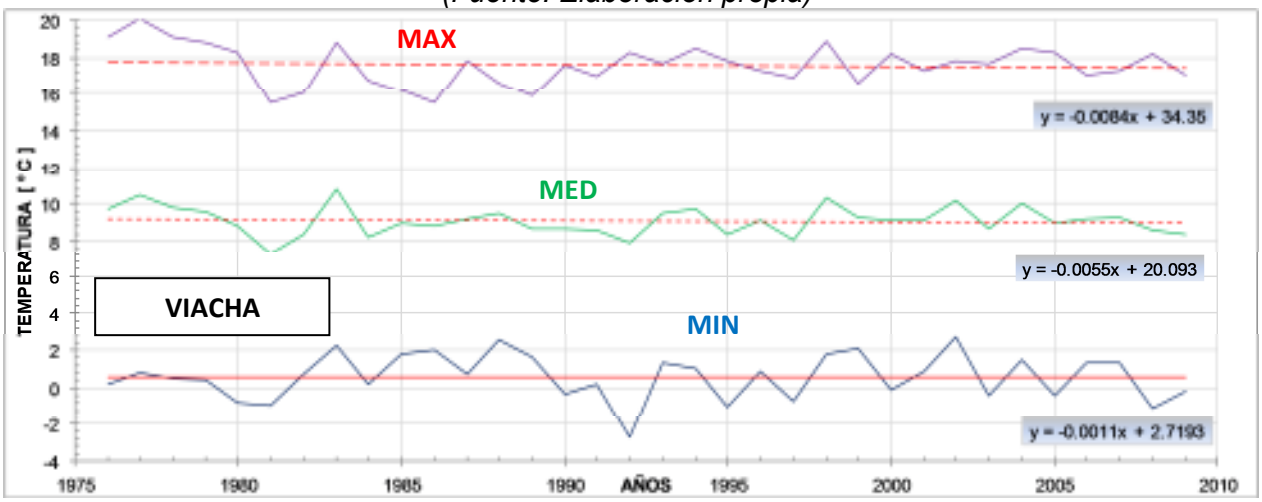
Temperatura máxima media mínima MARZO [ºC] (1976-2009) en estaciones



(Fuente: Elaboración propia)

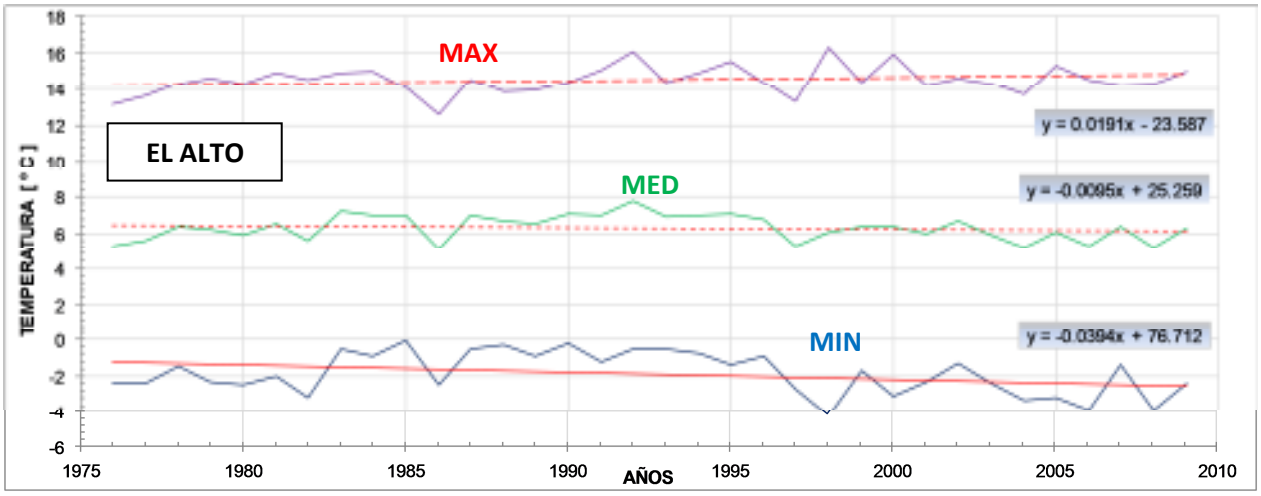


(Fuente: Elaboración propia)

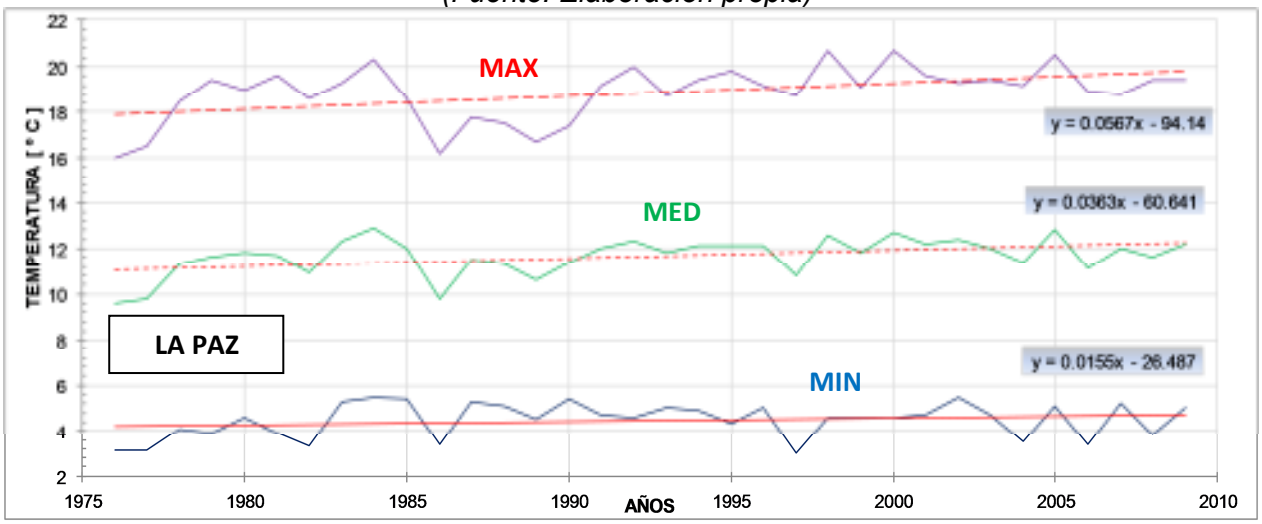


(Fuente: Elaboración propia)

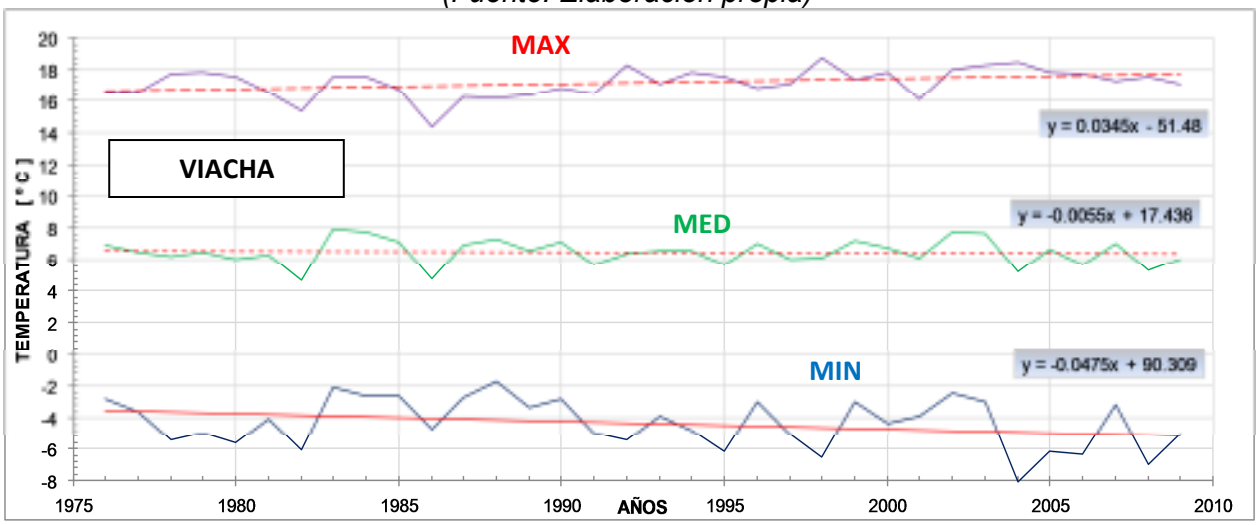
Temperatura máxima media mínima ABRIL [ºC] (1976-2009) en estaciones



(Fuente: Elaboración propia)

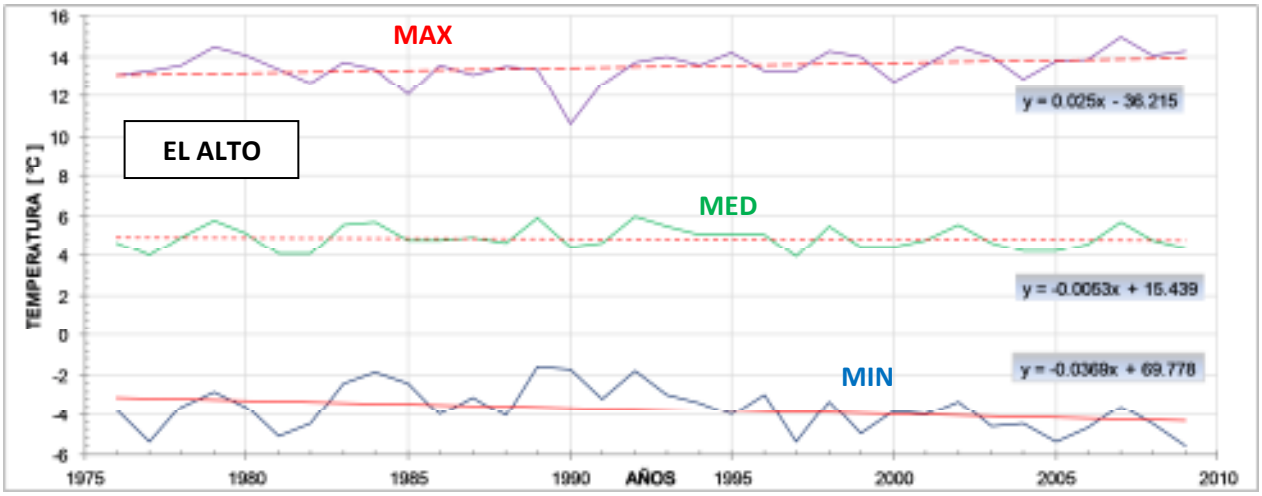


(Fuente: Elaboración propia)

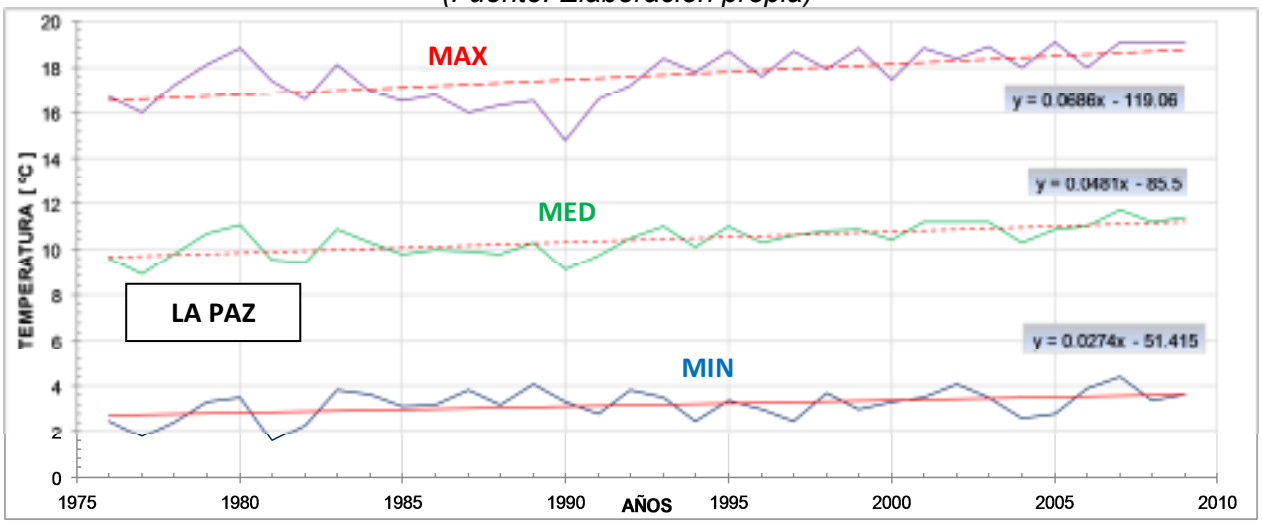


(Fuente: Elaboración propia)

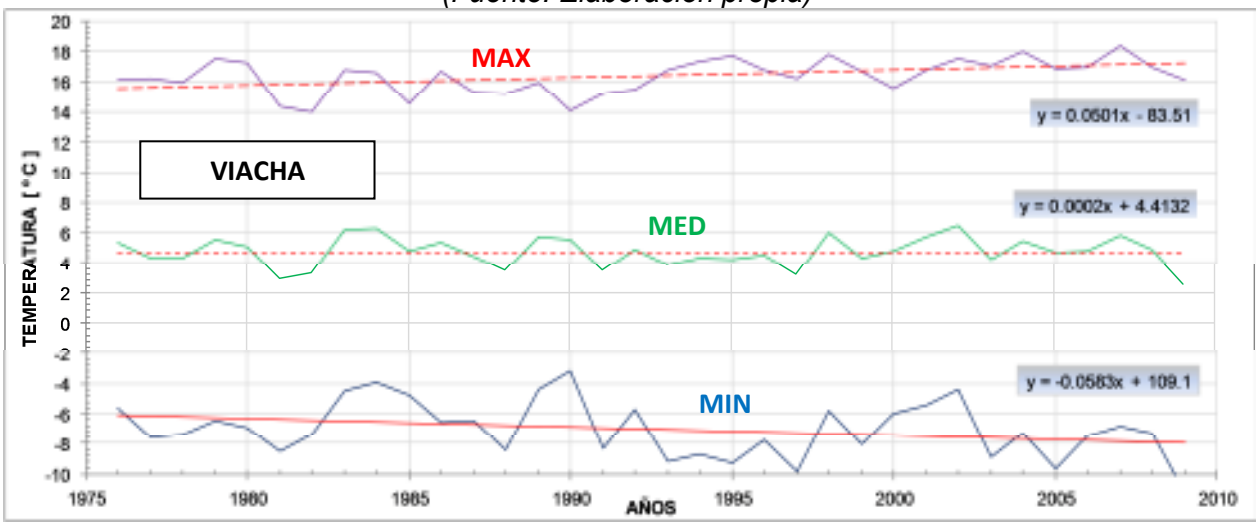
Temperatura máxima media mínima MAYO [ºC] (1976-2009) en estaciones



(Fuente: Elaboración propia)

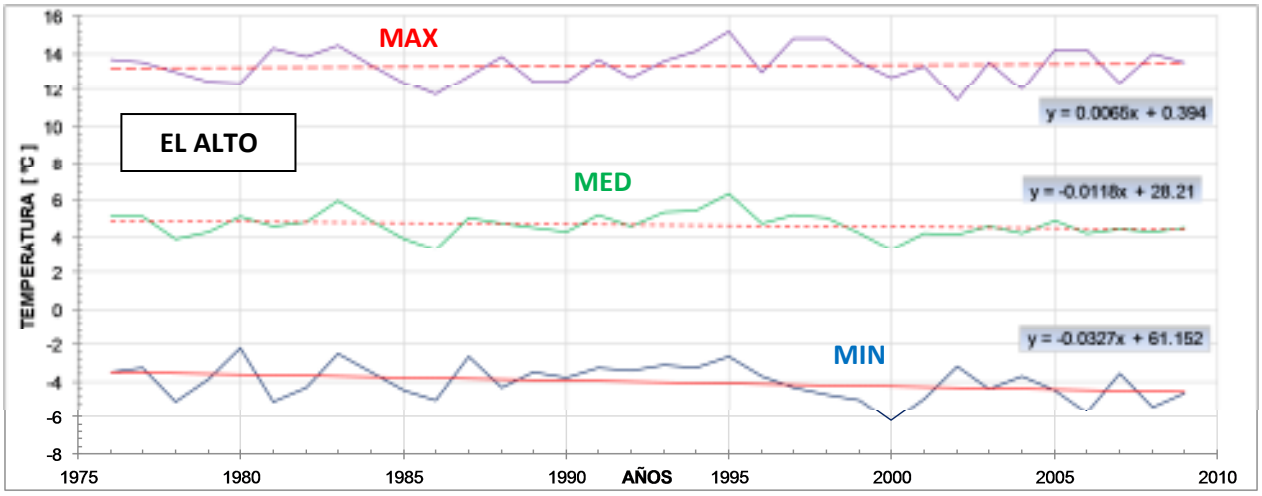


(Fuente: Elaboración propia)

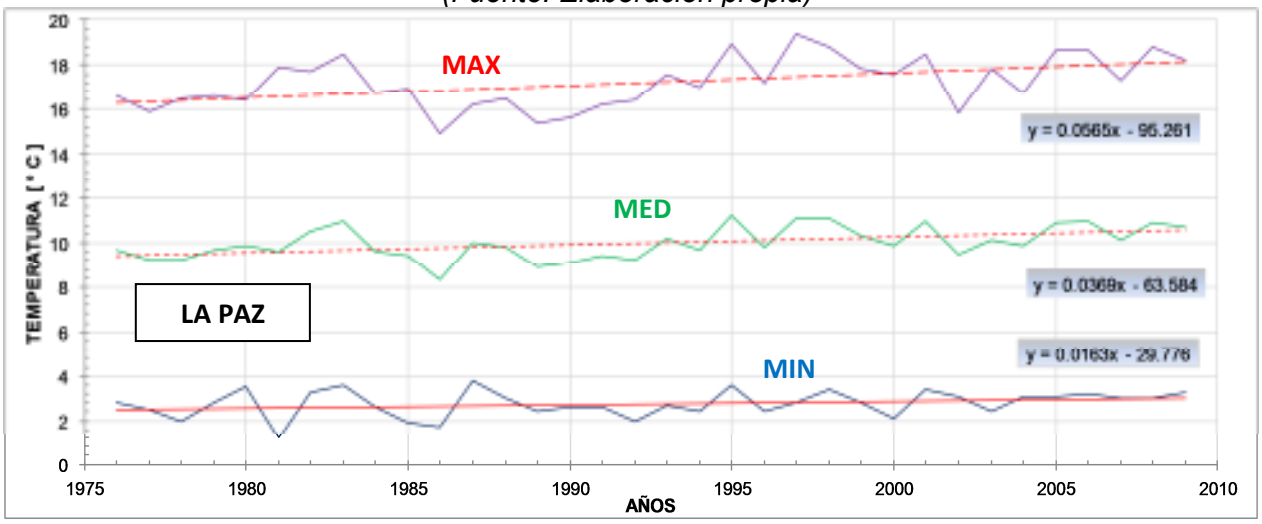


(Fuente: Elaboración propia)

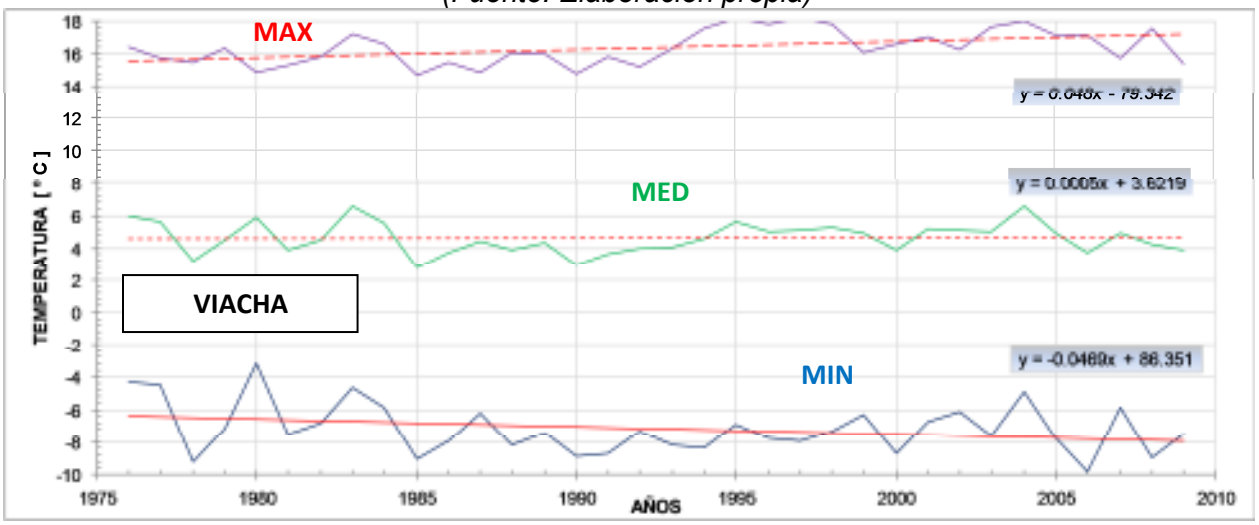
Temperatura máxima media mínima JUNIO [ºC] (1976-2009) en estaciones



(Fuente: Elaboración propia)

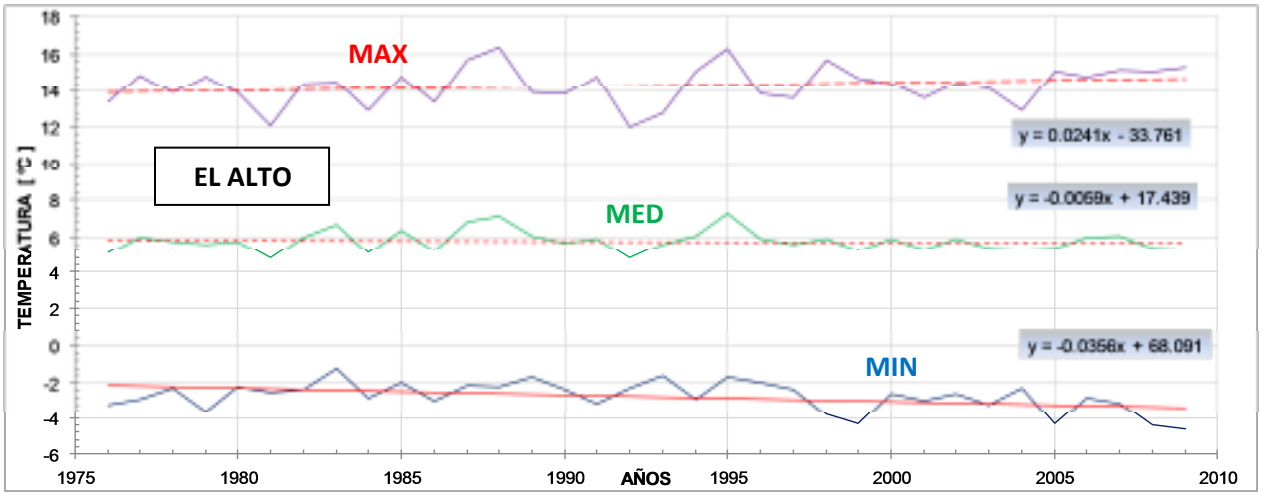


(Fuente: Elaboración propia)

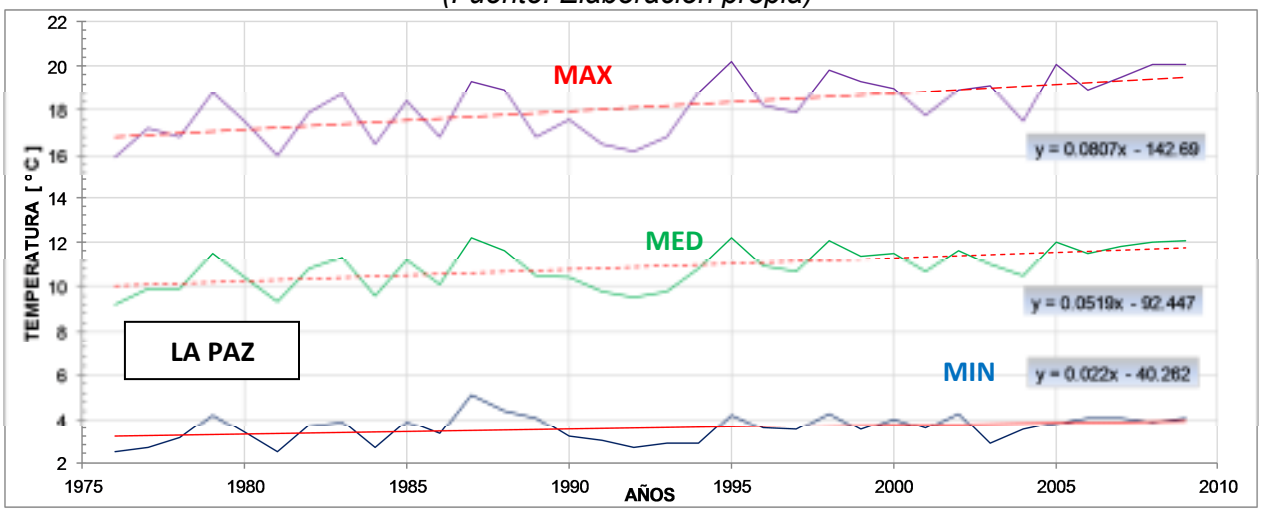


(Fuente: Elaboración propia)

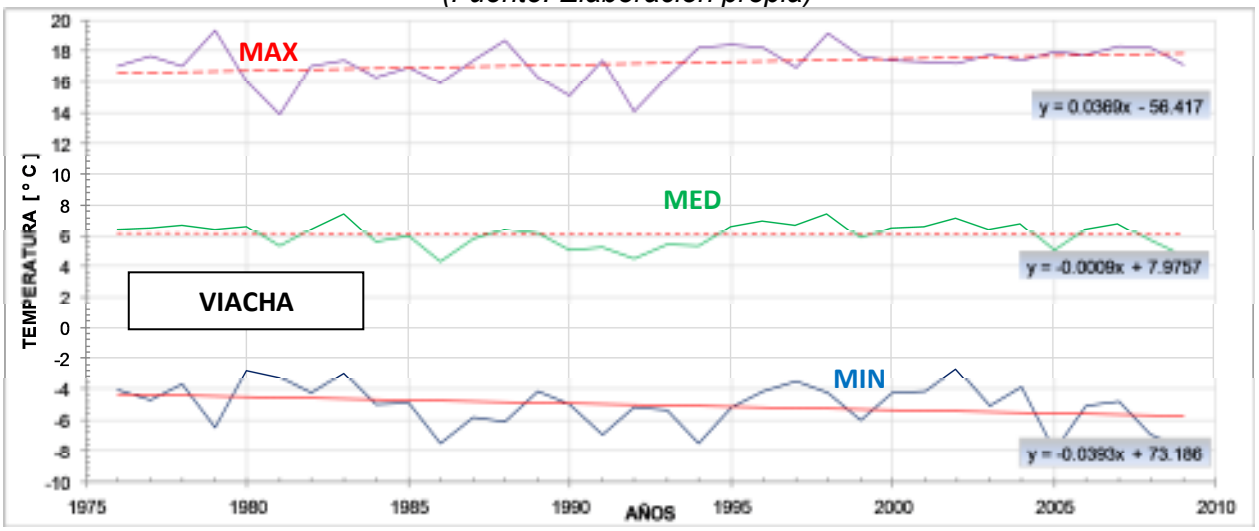
Temperatura máxima media mínima JULIO [ºC] (1976-2009) en estaciones



(Fuente: Elaboración propia)

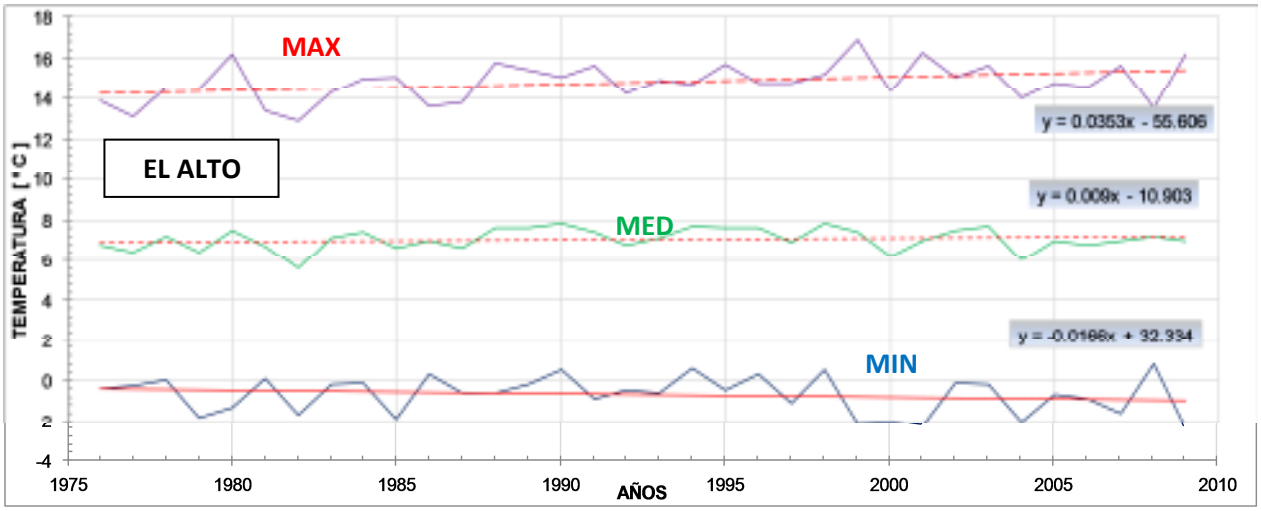


(Fuente: Elaboración propia)

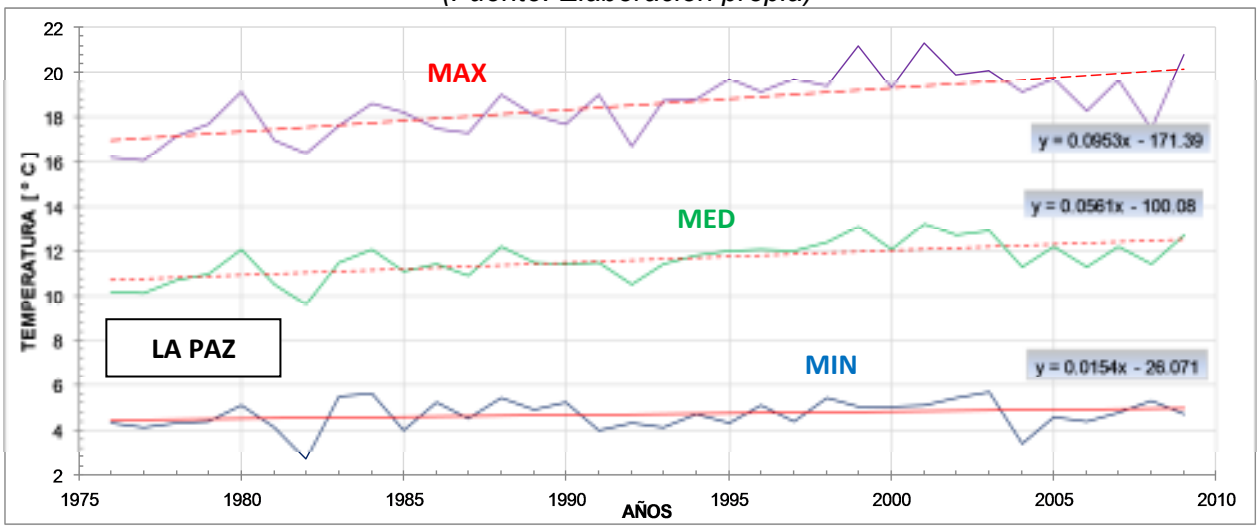


(Fuente: Elaboración propia)

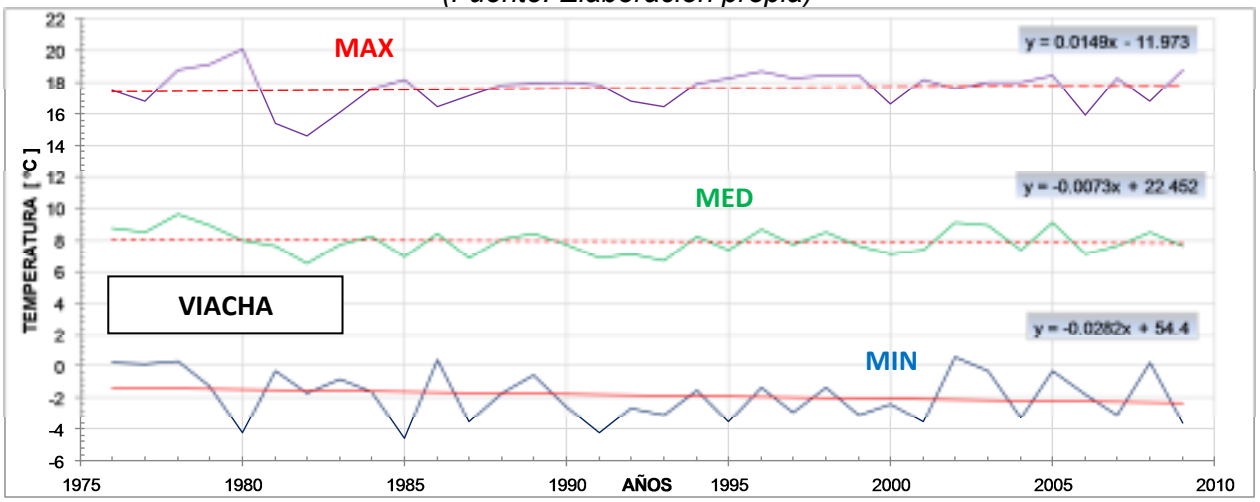
Temperatura máxima media mínima AGOSTO [ºC] (1976-2009) en estaciones



(Fuente: Elaboración propia)

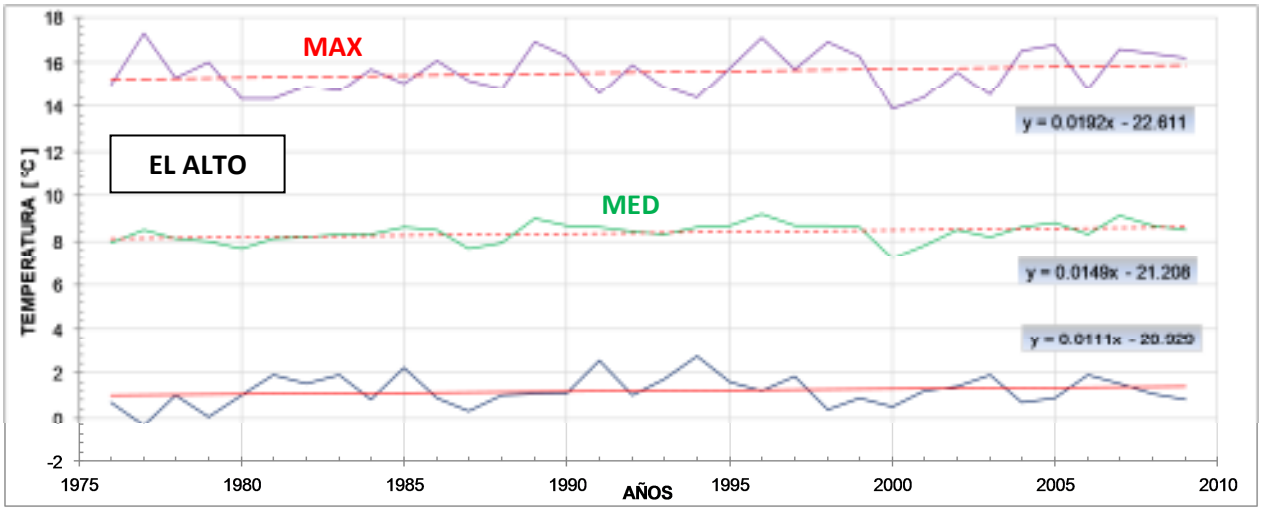


(Fuente: Elaboración propia)

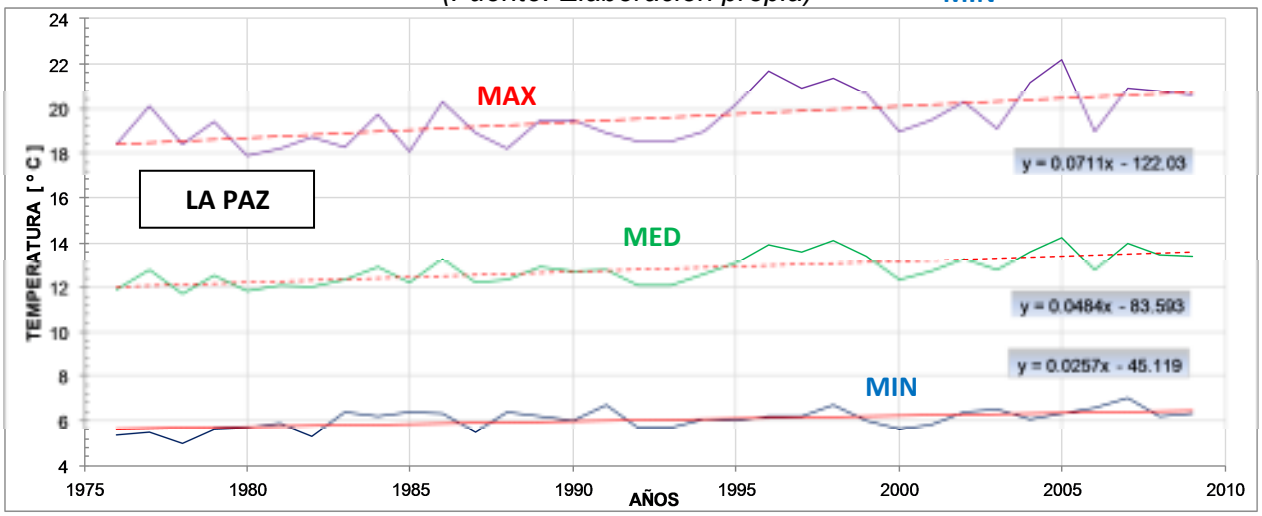


(Fuente: Elaboración propia)

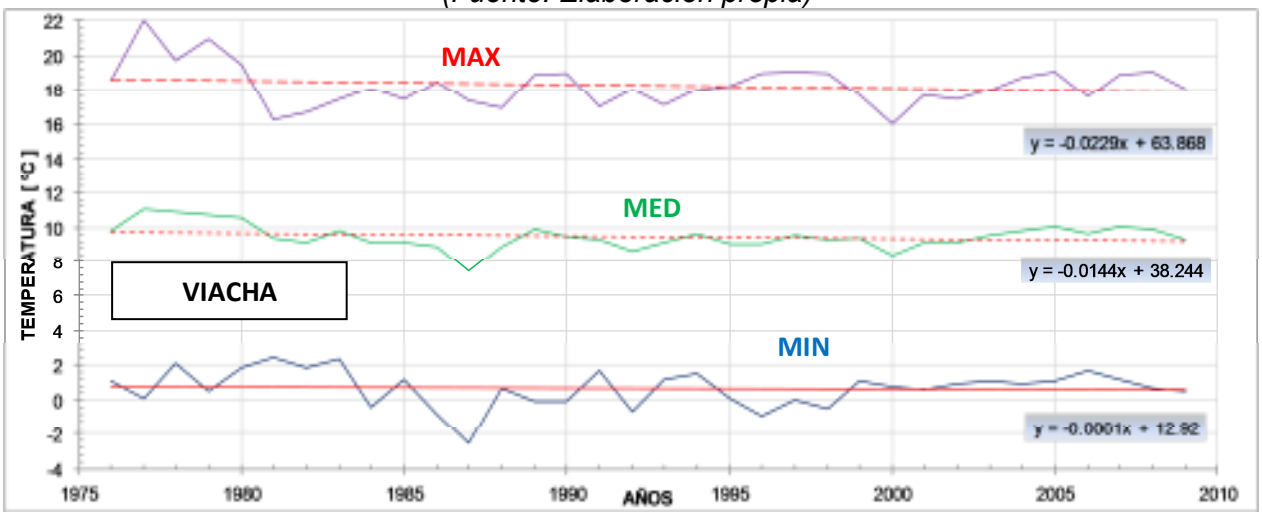
Temperatura máxima media mínima SEPTIEMBRE [ºC] (1976-2009) en estaciones



(Fuente: Elaboración propia)

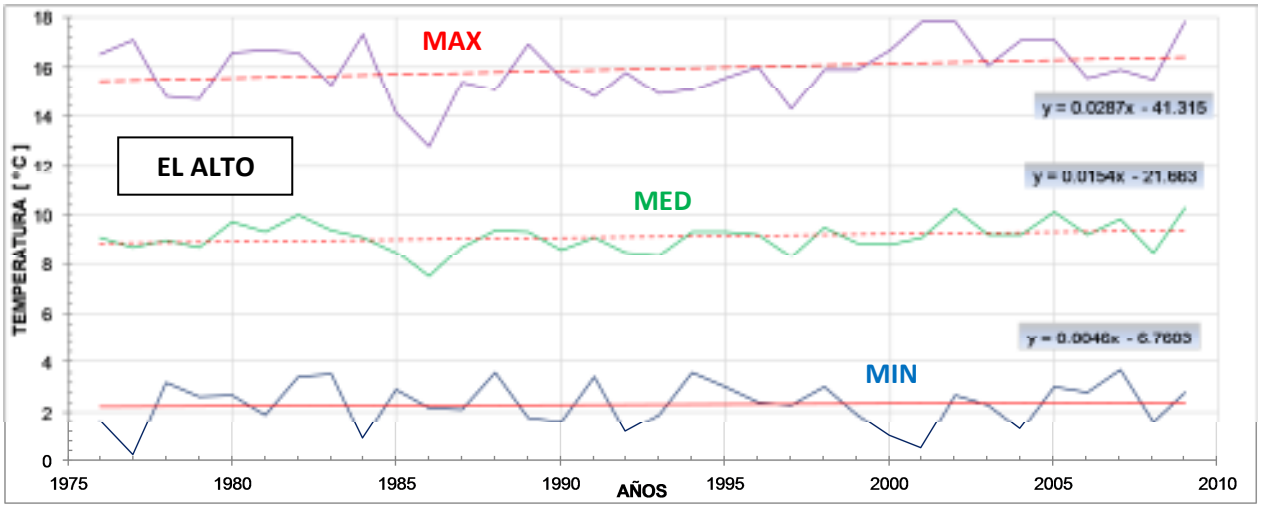


(Fuente: Elaboración propia)

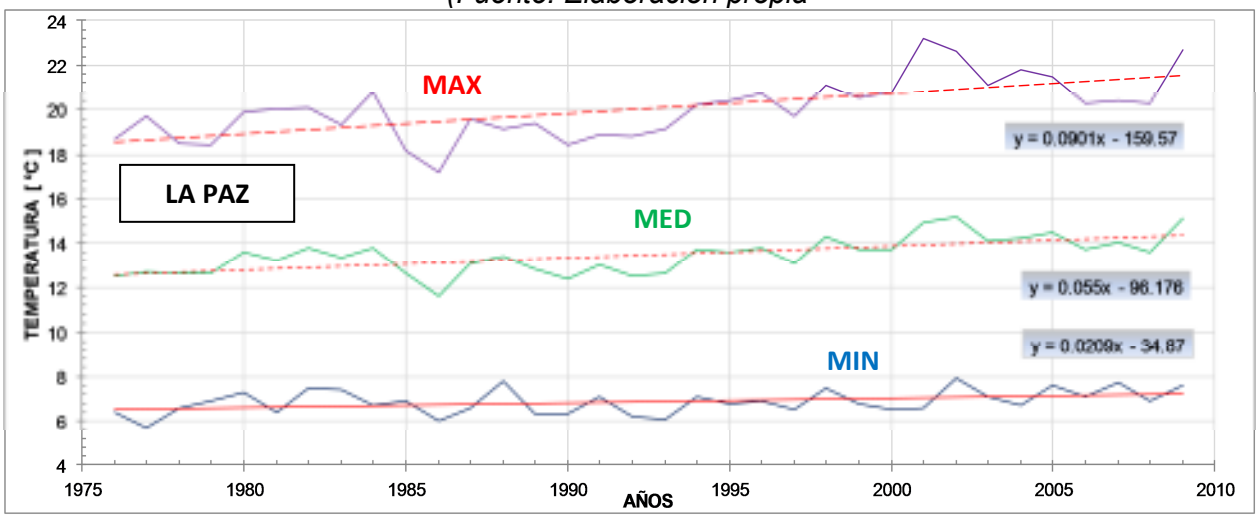


(Fuente: Elaboración propia)

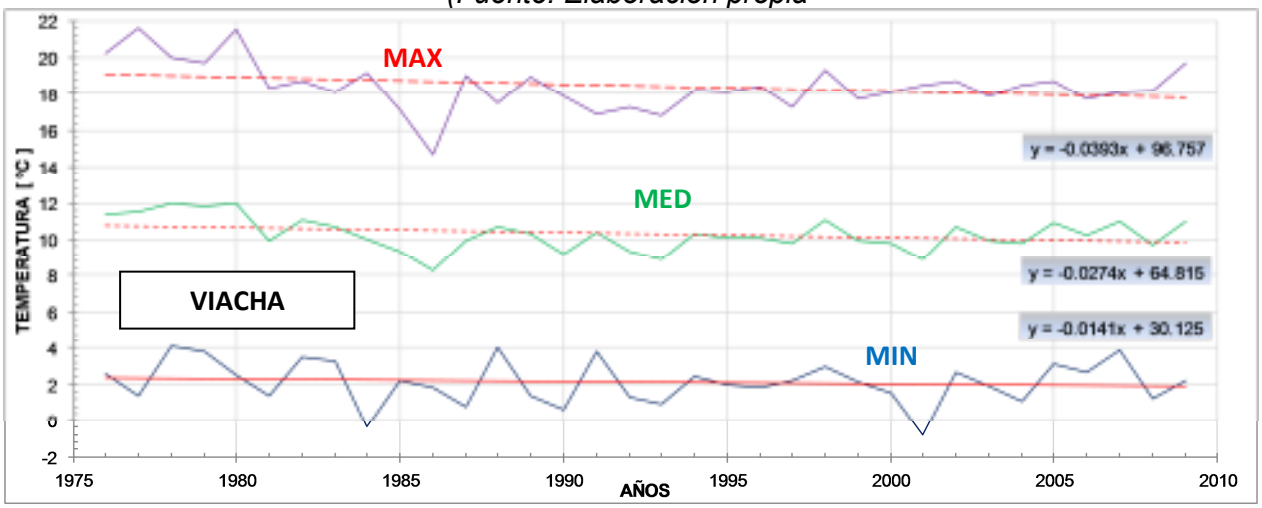
Temperatura máxima media mínima OCTUBRE [ºC] (1976-2009) en estaciones



(Fuente: Elaboración propia

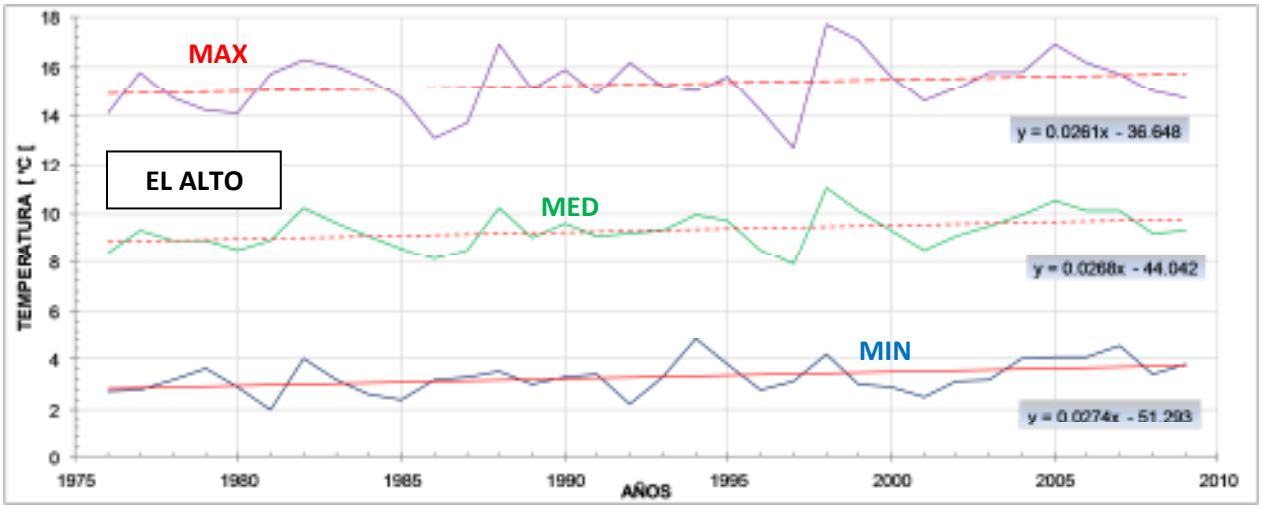


(Fuente: Elaboración propia

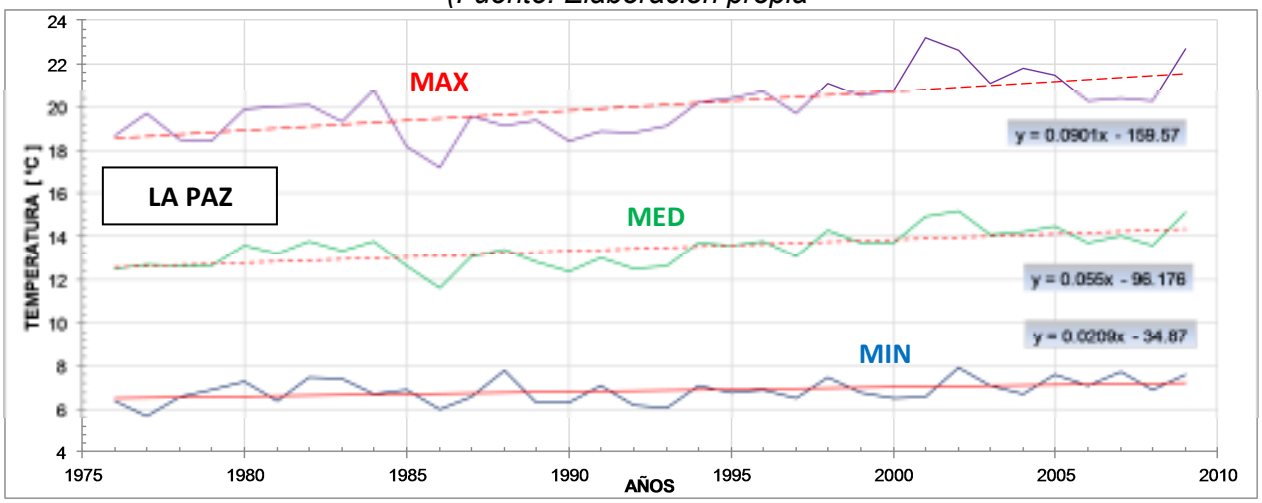


(Fuente: Elaboración propia

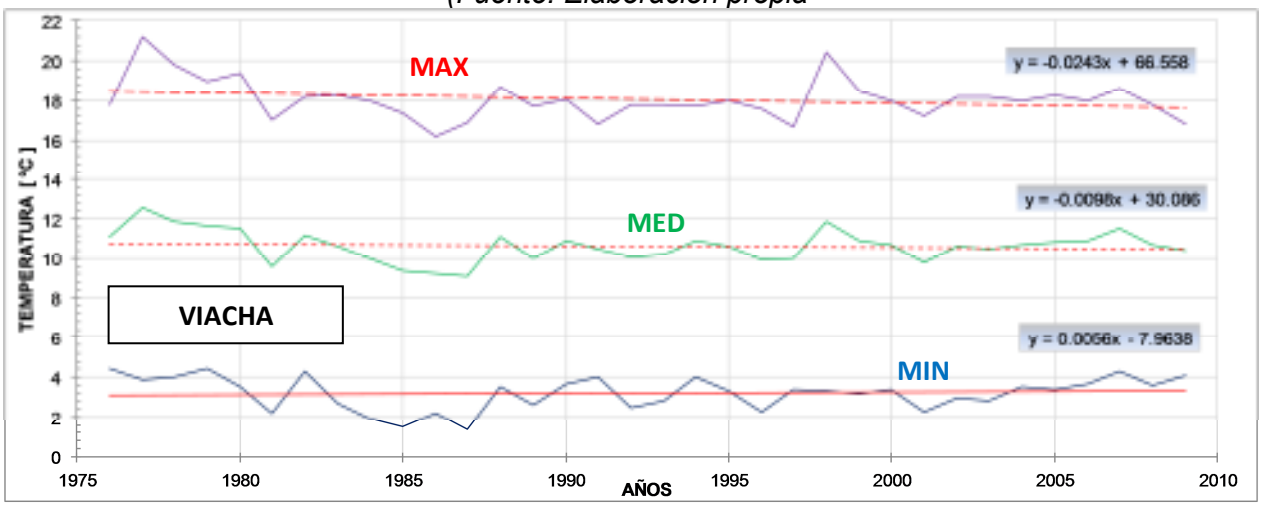
Temperatura máxima media mínima NOVIEMBRE [ºC] (1976-2009) en estaciones



(Fuente: Elaboración propia



(Fuente: Elaboración propia



(Fuente: Elaboración propia

Temperatura máxima media mínima DICIEMBRE [ºC] (1976-2009) en estaciones

A-03 Ajuste de series temporales de precipitación por estaciones

ESTACION	PERIODO	TEST	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo					
			Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
El Alto AASANA	1946 - 2009	I	0.736	-	-	1645	196	2.576	-2.26	-	-	1645	196	2.576	2.688	-	-	1645	196	2.576	1.367	-	-	1645	196	2.576	-125	-	-	1645	196	2.576
		II	0.754	-	-	1645	196	2.576	-2.14	-	-	1645	196	2.576	2.776	-	-	1645	196	2.576	1.348	-	-	1645	196	2.576	-1.15	-	-	1645	196	2.576
		III	-	0.894	-	1671	1999	2.659	-	-1.98	-	1671	1999	2.659	-	2.395	-	1671	1999	2.659	-	1451	-	1671	1999	2.659	-	-1.17	-	1671	1999	2.659
		IV	-0.79	-	-	1645	196	2.576	2.356	-	-	1645	196	2.576	-2.44	-	-	1645	196	2.576	-2.12	-	-	1645	196	2.576	1.88	-	-	1645	196	2.576
		V	-	-	-0.88	167	1999	2.658	-	-	2.077	167	1999	2.658	-	-	-2.1	167	1999	2.658	-	-	-2.39	167	1999	2.658	-	-	1.295	167	1999	2.658
		Trend	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S (0.05)	S (0.05)	S (0.05)	S (0.1)	S (0.05)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.05)	S (0.05)	S (0.05)	S (0.05)	S (0.1)	S (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

ESTACION	PERIODO	TEST	Junio						Julio						Agosto						Septiembre						Octubre					
			Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
El Alto AASANA	1946 - 2009	I	1.199	-	-	1645	196	2.576	0.232	-	-	1645	196	2.576	-0.44	-	-	1645	196	2.576	-1.81	-	-	1645	196	2.576	0.898	-	-	1645	196	2.576
		II	2.323	-	-	1645	196	2.576	0.565	-	-	1645	196	2.576	-0.26	-	-	1645	196	2.576	-1.77	-	-	1645	196	2.576	1.006	-	-	1645	196	2.576
		III	-	1.066	-	1671	1999	2.659	-	-0.19	-	1671	1999	2.659	-	-0.76	-	1671	1999	2.659	-	-2.1	-	1671	1999	2.659	-	1.397	-	1671	1999	2.659
		IV	-2.1	-	-	1645	196	2.576	-0.48	-	-	1645	196	2.576	-0.05	-	-	1645	196	2.576	1.779	-	-	1645	196	2.576	-1.65	-	-	1645	196	2.576
		V	-	-	-1.46	167	1999	2.658	-	-	0.376	167	1999	2.658	-	-	0.384	167	1999	2.658	-	-	1.964	167	1999	2.658	-	-	-1.93	167	1999	2.658
		Trend	NS	S (0.05)	NS	S (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S (0.1)	S (0.1)	S (0.05)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.1)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

ESTACION	PERIODO	TEST	Noviembre						Diciembre						ANO HIDROLOGICO					
			Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z- Sta tistic	T- Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
El Alto AASANA	1946 - 2009	I	0.834	-	-	1645	196	2.576	0.603	-	-	1645	196	2.576	0.828	-	-	1645	196	2.576
		II	0.755	-	-	1645	196	2.576	0.57	-	-	1645	196	2.576	0.792	-	-	1645	196	2.576
		III	-	0.914	-	1671	1999	2.659	-	0.784	-	1671	1999	2.659	-	0.901	-	1671	1999	2.659
		IV	-1.58	-	-	1645	196	2.576	-0.7	-	-	1645	196	2.576	-1.6	-	-	1645	196	2.576
		V	-	-	-1.88	167	1999	2.658	-	-	-0.4	167	1999	2.658	-	-	-1.26	167	1999	2.658
		Trend	NS	NS	S (0.1)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

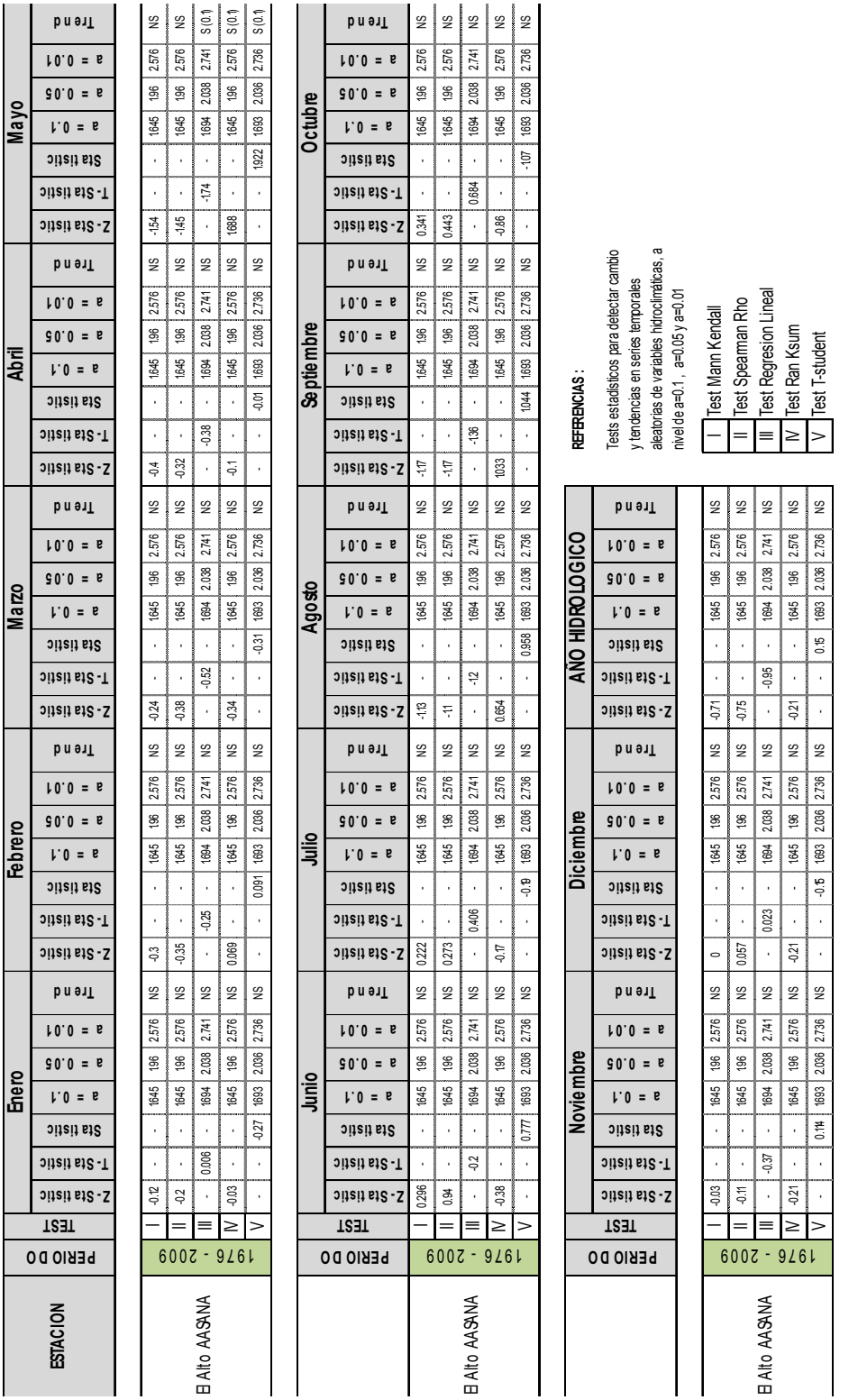
REFRENCIAS :

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0.1 , a=0.05 y a=0.01

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1946-2009) El Alto

(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	PERIODO	TEST	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo					
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
El Alto AASANA	1976 - 2009	I	-0.12	-	-	1645	196	2.576	-0.3	-	-	1645	196	2.576	-0.24	-	-	1645	196	2.576	-0.4	-	-	1645	196	2.576	-154	-	-	1645	196	2.576
		II	-0.2	-	-	1645	196	2.576	-0.35	-	-	1645	196	2.576	-0.38	-	-	1645	196	2.576	-0.32	-	-	1645	196	2.576	-145	-	-	1645	196	2.576
		III	-	0.006	-	1694	2.038	2.741	-	-0.25	-	1894	2.038	2.741	-	-0.52	-	1694	2.038	2.741	-	-0.38	-	1694	2.038	2.741	-	-174	-	1694	2.038	2.741
		IV	-0.03	-	-	1645	196	2.576	0.069	-	-	1645	196	2.576	-0.34	-	-	1645	196	2.576	-0.1	-	-	1645	196	2.576	1688	-	-	1645	196	2.576
		V	-	-	-0.27	1693	2.036	2.736	-	-	0.091	1693	2.036	2.736	-	-	-0.31	1693	2.036	2.736	-	-	-0.01	1693	2.036	2.736	-	-	1922	1693	2.036	2.736
			Trend						Trend						Trend						Trend						Trend					
		I	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-
		II	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-
		III	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-
		IV	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-
		V	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-

ESTACION	PERIODO	TEST	Junio						Julio						Agosto						Septiembre						Octubre					
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
El Alto AASANA	1976 - 2009	I	0.296	-	-	1645	196	2.576	0.222	-	-	1645	196	2.576	-113	-	-	1645	196	2.576	-1.17	-	-	1645	196	2.576	0.341	-	-	1645	196	2.576
		II	0.94	-	-	1645	196	2.576	0.273	-	-	1645	196	2.576	-11	-	-	1645	196	2.576	-1.17	-	-	1645	196	2.576	0.443	-	-	1645	196	2.576
		III	-	-0.2	-	1694	2.038	2.741	-	0.406	-	1694	2.038	2.741	-	-12	-	1694	2.038	2.741	-	-1.06	-	1694	2.038	2.741	-	0.684	-	1694	2.038	2.741
		IV	-0.38	-	-	1645	196	2.576	-0.17	-	-	1645	196	2.576	0.654	-	-	1645	196	2.576	1033	-	-	1645	196	2.576	-0.86	-	-	1645	196	2.576
		V	-	-	0.777	1693	2.036	2.736	-	-	-0.19	1693	2.036	2.736	-	-	0.958	1693	2.036	2.736	-	-	1.044	1693	2.036	2.736	-	-	-107	1693	2.036	2.736
			Trend						Trend						Trend						Trend						Trend					
		I	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-
		II	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-
		III	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-
		IV	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-
		V	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-

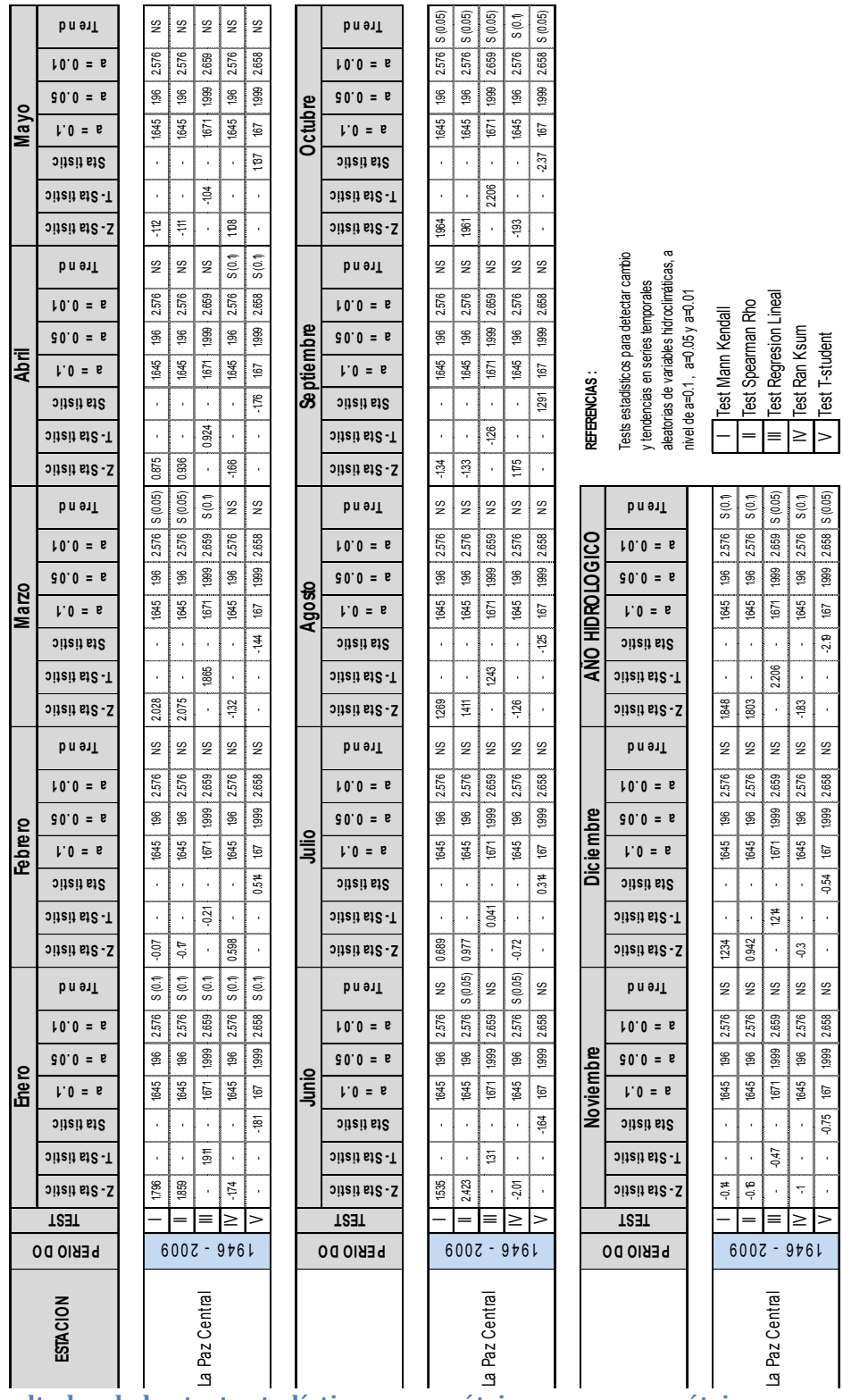
ESTACION	PERIODO	TEST	Noviembre						Diciembre						AÑO HIDROLOGICO					
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
El Alto AASANA	1976 - 2009	I	-0.03	-	-	1645	196	2.576	0	-	-	1645	196	2.576	-0.71	-	-	1645	196	2.576
		II	-0.11	-	-	1645	196	2.576	0.057	-	-	1645	196	2.576	-0.75	-	-	1645	196	2.576
		III	-	-0.37	-	1694	2.038	2.741	-	0.023	-	1694	2.038	2.741	-	-0.95	-	1694	2.038	2.741
		IV	-0.21	-	-	1645	196	2.576	-0.21	-	-	1645	196	2.576	-0.21	-	-	1645	196	2.576
		V	-	-	0.14	1693	2.036	2.736	-	-	-0.15	1693	2.036	2.736	-	-	0.15	1693	2.036	2.736
			Trend						Trend						Trend					
		I	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-
		II	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-
		III	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-
		IV	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-
		V	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-

REFERENCIAS :

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0.1 , a=0.05 y a=0.01

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1976-2009) El Alto
(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	PERIO DO	TEST	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo					
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
La Paz Central	1946 - 2009	I	1.796	-	-	1645	196	2.576	-0.07	-	-	1645	196	2.576	2.028	-	-	1645	196	2.576	0.875	-	-	1645	196	2.576	-1.12	-	-	1645	196	2.576
		II	1.859	-	-	1645	196	2.576	-0.17	-	-	1645	196	2.576	2.075	-	-	1645	196	2.576	0.936	-	-	1645	196	2.576	-1.11	-	-	1645	196	2.576
		III	-	1.911	-	1671	1999	2.659	-	-0.21	-	1671	1999	2.659	-	1.865	-	1671	1999	2.659	-	0.924	-	1671	1999	2.659	-	-1.04	-	1671	1999	2.659
		IV	-1.74	-	-	1645	196	2.576	0.598	-	-	1645	196	2.576	-1.32	-	-	1645	196	2.576	-1.66	-	-	1645	196	2.576	1.108	-	-	1645	196	2.576
		V	-	-	-1.81	167	1999	2.658	-	-	0.514	167	1999	2.658	-	-	-1.44	167	1999	2.658	-	-	-1.76	167	1999	2.658	-	-	1.67	167	1999	2.658
	PERIO DO	TEST	Junio						Julio						Agosto						Septiembre						Octubre					
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
La Paz Central	1946 - 2009	I	1.535	-	-	1645	196	2.576	0.689	-	-	1645	196	2.576	1269	-	-	1645	196	2.576	-1.34	-	-	1645	196	2.576	1964	-	-	1645	196	2.576
		II	2.423	-	-	1645	196	2.576	0.977	-	-	1645	196	2.576	1411	-	-	1645	196	2.576	-1.33	-	-	1645	196	2.576	1961	-	-	1645	196	2.576
		III	-	1.31	-	1671	1999	2.659	-	0.041	-	1671	1999	2.659	-	1.243	-	1671	1999	2.659	-	-1.26	-	1671	1999	2.659	-	2.206	-	1671	1999	2.659
		IV	-2.01	-	-	1645	196	2.576	-0.72	-	-	1645	196	2.576	-1.26	-	-	1645	196	2.576	1.175	-	-	1645	196	2.576	-1.93	-	-	1645	196	2.576
		V	-	-	-1.64	167	1999	2.658	-	-	0.314	167	1999	2.658	-	-	-1.25	167	1999	2.658	-	-	1.291	167	1999	2.658	-	-	-2.37	167	1999	2.658
	PERIO DO	TEST	Noviembre						Diciembre						ANO HIDROLOGICO																	
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01												
La Paz Central	1946 - 2009	I	-0.14	-	-	1645	196	2.576	1234	-	-	1645	196	2.576	1848	-	-	1645	196	2.576												
		II	-0.6	-	-	1645	196	2.576	0.942	-	-	1645	196	2.576	1803	-	-	1645	196	2.576												
		III	-	-0.47	-	1671	1999	2.659	-	1.214	-	1671	1999	2.659	-	2.206	-	1671	1999	2.659												
		IV	-1	-	-	1645	196	2.576	-0.3	-	-	1645	196	2.576	-1.83	-	-	1645	196	2.576												
		V	-	-	-0.75	167	1999	2.658	-	-	-0.54	167	1999	2.658	-	-	-2.19	167	1999	2.658												

	Trend
I	NS
II	NS
III	S (0.1)
IV	S (0.1)
V	NS
	Trend
I	NS
II	NS
III	S (0.1)
IV	S (0.1)
V	NS
	Trend
I	NS
II	NS
III	S (0.1)
IV	S (0.1)
V	NS
	Trend
I	S (0.05)
II	S (0.05)
III	S (0.05)
IV	S (0.1)
V	S (0.05)
	Trend
I	S (0.1)
II	S (0.1)
III	S (0.05)
IV	S (0.1)
V	S (0.05)

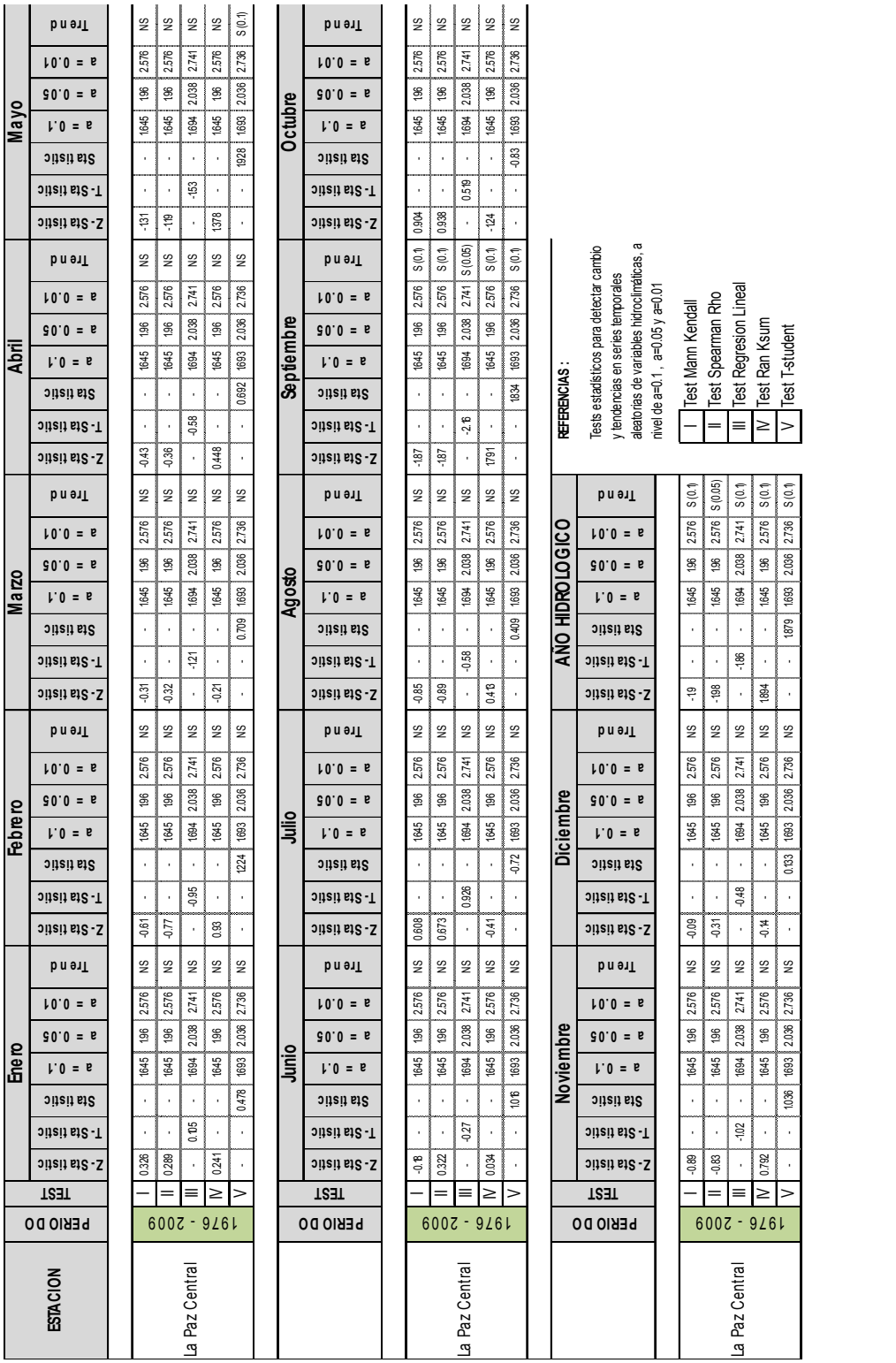
REFERENCIAS :

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0.1 , a=0.05 y a=0.01

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1946-2009) La Paz

(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	PERIODO	TEST	Enero					Febrero					Marzo					Abril					Mayo				
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend
La Paz Central	1976 - 2009	I	0.326	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.61	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.31	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.43	-	-	1645	196	2.576	NS
		II	0.289	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.77	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.32	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.36	-	-	1645	196	2.576	NS
		III	-	0.05	-	1694	2.038	2.741	NS	-	0.95	-	1694	2.038	2.741	NS	-	-121	-	1694	2.038	2.741	NS	-	-0.58	-	1694	2.038	2.741	NS
		IV	0.241	-	-	1645	196	2.576	NS	0.93	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.21	-	-	1645	196	2.576	NS	0.448	-	-	1645	196	2.576	NS
		V	-	-	0.478	1693	2.036	2.736	NS	-	-	1224	1693	2.036	2.736	NS	-	-	0.709	1693	2.036	2.736	NS	-	-	0.692	1693	2.036	2.736	NS
	PERIODO	TEST	Junio					Julio					Agosto					Septiembre					Octubre						
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend
La Paz Central	1976 - 2009	I	-0.18	-	-	1645	196	2.576	NS	0.608	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.85	-	-	1645	196	2.576	NS	-187	-	-	1645	196	2.576	NS
		II	0.322	-	-	1645	196	2.576	NS	0.673	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.89	-	-	1645	196	2.576	NS	-187	-	-	1645	196	2.576	NS
		III	-	-0.27	-	1694	2.038	2.741	NS	-	0.926	-	1694	2.038	2.741	NS	-	-0.58	-	1694	2.038	2.741	NS	-	-2.16	-	1694	2.038	2.741	S (0.05)
		IV	0.034	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.41	-	-	1645	196	2.576	NS	0.476	-	-	1645	196	2.576	NS	1791	-	-	1645	196	2.576	S (0.1)
		V	-	-	10.16	1693	2.036	2.736	NS	-	-	-0.72	1693	2.036	2.736	NS	-	-	0.409	1693	2.036	2.736	NS	-	-	1834	1693	2.036	2.736	S (0.1)
	PERIODO	TEST	Noviembre					Diciembre					AÑO HIDROLOGICO																	
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend							
La Paz Central	1976 - 2009	I	-0.89	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.09	-	-	1645	196	2.576	NS	-19	-	-	1645	196	2.576	S (0.1)							
		II	-0.83	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.31	-	-	1645	196	2.576	NS	-198	-	-	1645	196	2.576	S (0.05)							
		III	-	-102	-	1694	2.038	2.741	NS	-	-0.48	-	1694	2.038	2.741	NS	-	-186	-	1694	2.038	2.741	S (0.1)							
		IV	0.792	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.14	-	-	1645	196	2.576	NS	1884	-	-	1645	196	2.576	S (0.1)							
		V	-	-	10.38	1693	2.036	2.736	NS	-	-	0.133	1693	2.036	2.736	NS	-	-	1879	1693	2.036	2.736	S (0.1)							

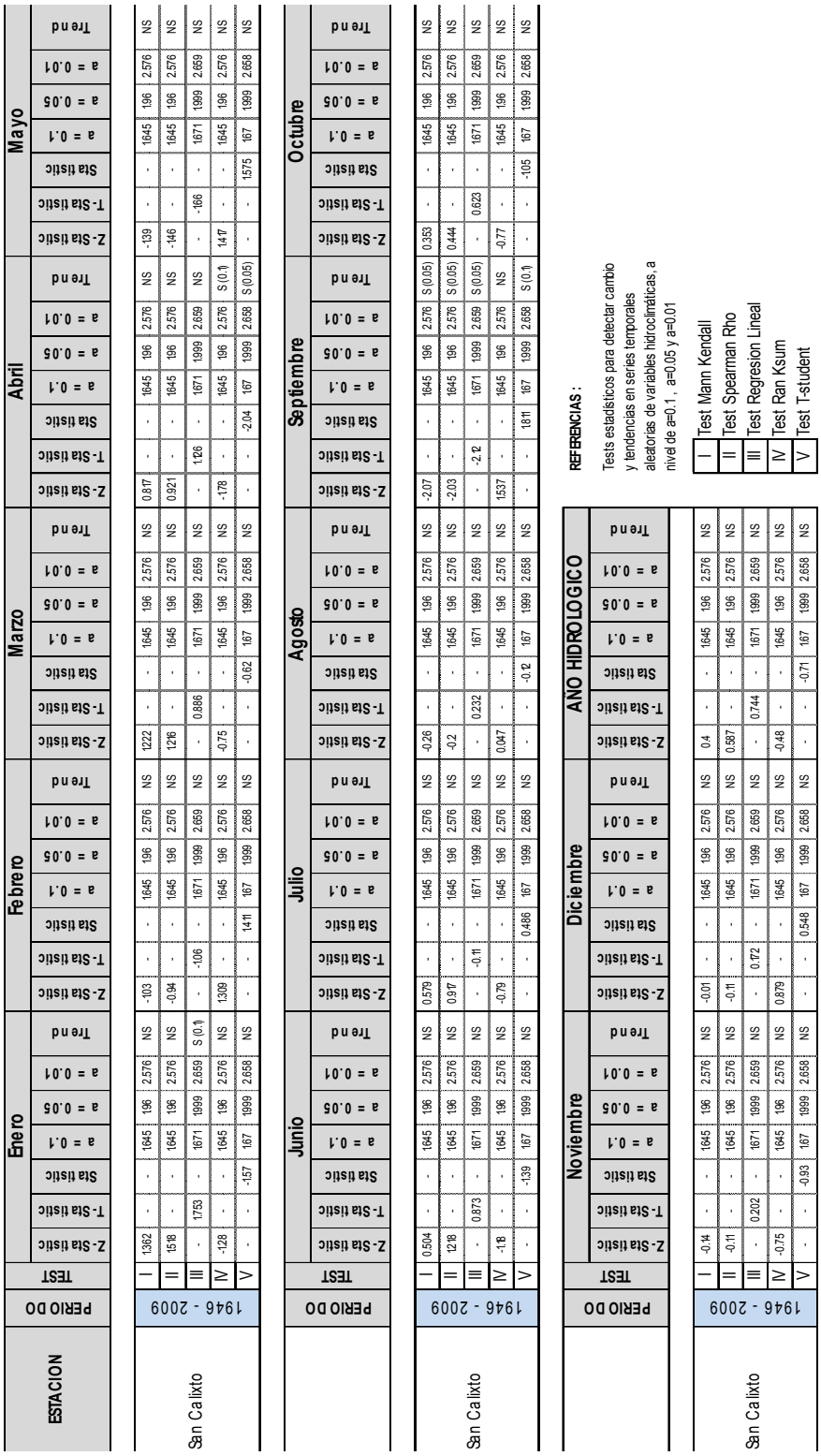
REFERENCIAS :

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0.1 , a=0.05 y a=0.01

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1976-2009) La Paz

(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	PERIODO	TEST	Enero					Febrero					Marzo					Abril					Mayo				
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05
San Calixto	1946 - 2009	I	1.362	-	-	1645	196	-1.03	-	-	1645	196	1.222	-	-	1645	196	0.817	-	-	1645	196	-1.39	-	-	1645	196
		II	1.518	-	-	1645	196	-0.94	-	-	1645	196	1.126	-	-	1645	196	0.921	-	-	1645	196	-1.46	-	-	1645	196
		III	-	1.753	-	1671	1999	-	-1.06	-	1671	1999	-	0.886	-	1671	1999	-	1.06	-	1671	1999	-	-1.66	-	1671	1999
		IV	-1.28	-	-	1645	196	1.309	-	-	1645	196	-0.75	-	-	1645	196	-1.78	-	-	1645	196	1.47	-	-	1645	196
		V	-	-	-1.57	167	1999	-	-	1.411	167	1999	-	-	-0.62	167	1999	-	-	-2.04	167	1999	-	-	1.575	167	1999
			a = 0.01	Trend				a = 0.01	Trend				a = 0.01	Trend				a = 0.01	Trend				a = 0.01	Trend			
			2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS			
			2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS			
			2.659	S (0.1)				2.659	NS				2.659	NS				2.659	NS				2.659	NS			
			2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS				2.576	S (0.1)				2.576	NS			
			2.658	NS				2.658	NS				2.658	NS				2.658	S (0.05)				2.658	NS			

ESTACION	PERIODO	TEST	Junio					Julio					Agosto					Septiembre					Octubre				
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05
San Calixto	1946 - 2009	I	0.504	-	-	1645	196	0.579	-	-	1645	196	-0.26	-	-	1645	196	-2.07	-	-	1645	196	0.353	-	-	1645	196
		II	1.218	-	-	1645	196	0.917	-	-	1645	196	-0.2	-	-	1645	196	-2.03	-	-	1645	196	0.444	-	-	1645	196
		III	-	0.873	-	1671	1999	-	-0.11	-	1671	1999	-	0.232	-	1671	1999	-	-2.12	-	1671	1999	-	0.623	-	1671	1999
		IV	-1.18	-	-	1645	196	-0.79	-	-	1645	196	0.047	-	-	1645	196	1.537	-	-	1645	196	-0.77	-	-	1645	196
		V	-	-	-1.39	167	1999	-	-	0.486	167	1999	-	-	-0.12	167	1999	-	-	1.811	167	1999	-	-	-1.05	167	1999
			a = 0.01	Trend				a = 0.01	Trend				a = 0.01	Trend				a = 0.01	Trend				a = 0.01	Trend			
			2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS				2.576	S (0.05)				2.576	NS			
			2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS				2.576	S (0.05)				2.576	NS			
			2.659	NS				2.659	NS				2.659	NS				2.659	S (0.05)				2.659	NS			
			2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS			
			2.658	NS				2.658	NS				2.658	NS				2.658	S (0.1)				2.658	NS			

ESTACION	PERIODO	TEST	Noviembre					Diciembre					ANO HIDROLOGICO				
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05
San Calixto	1946 - 2009	I	-0.14	-	-	1645	196	-0.01	-	-	1645	196	0.4	-	-	1645	196
		II	-0.11	-	-	1645	196	-0.11	-	-	1645	196	0.587	-	-	1645	196
		III	-	0.202	-	1671	1999	-	0.722	-	1671	1999	-	0.744	-	1671	1999
		IV	-0.75	-	-	1645	196	0.879	-	-	1645	196	-0.48	-	-	1645	196
		V	-	-	-0.93	167	1999	-	-	0.548	167	1999	-	-	-0.71	167	1999
			a = 0.01	Trend				a = 0.01	Trend				a = 0.01	Trend			
			2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS			
			2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS			
			2.659	NS				2.659	NS				2.659	NS			
			2.576	NS				2.576	NS				2.576	NS			
			2.658	NS				2.658	NS				2.658	NS			

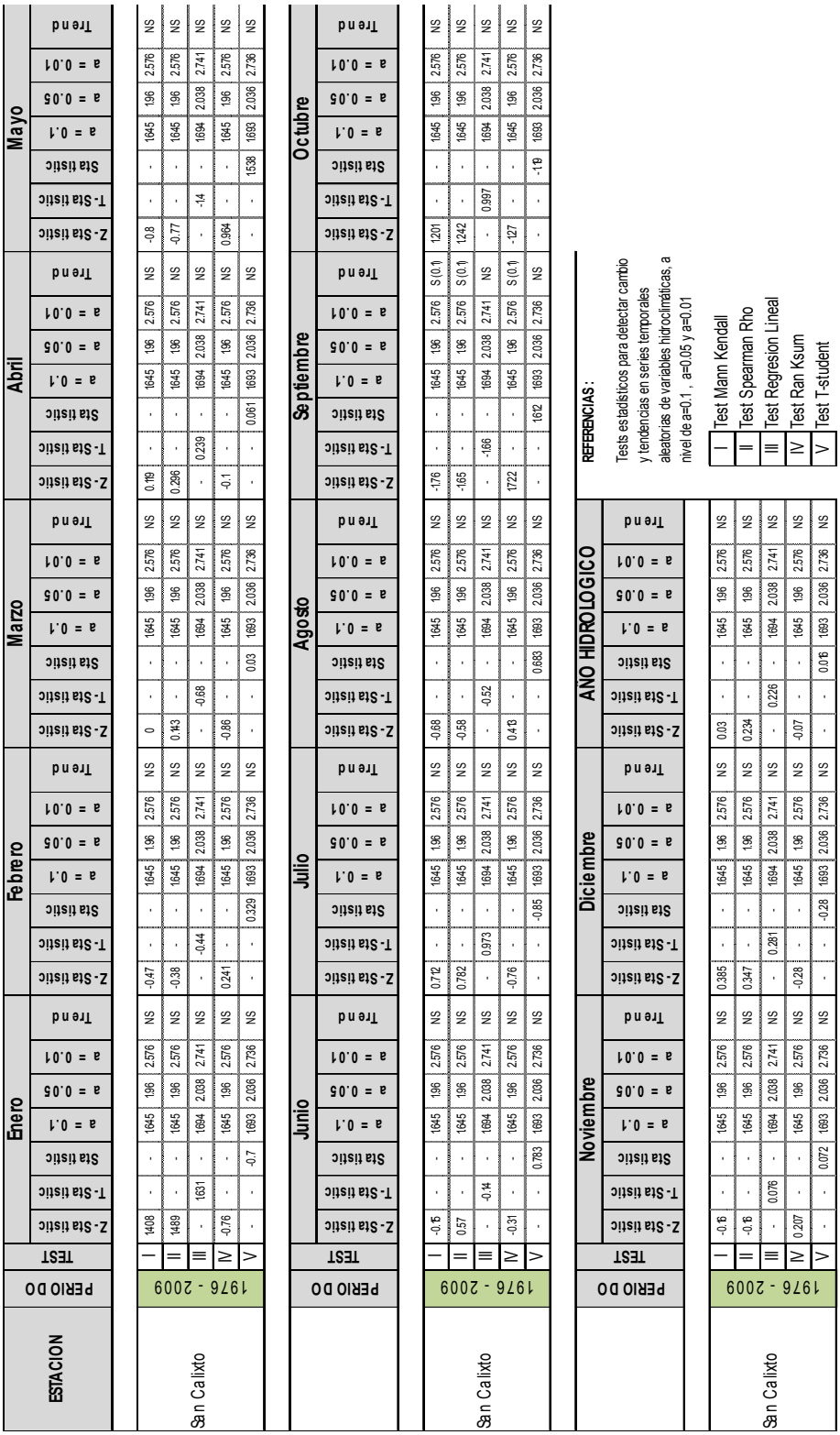
REFERENCIAS :

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0.1 , a=0.05 y a=0.01

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1946-2009) San Calixto

(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	PERIODO	TEST	Enero					Febrero					Marzo					Abril					Mayo				
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend
San Calixto	1976 - 2009	I	1408	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.47	-	-	1645	196	2.576	NS	0	-	-	1645	196	2.576	NS	0.119	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.8	-	-	1645	196	2.576	NS
		II	1489	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.38	-	-	1645	196	2.576	NS	0.143	-	-	1645	196	2.576	NS	0.296	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.77	-	-	1645	196	2.576	NS
		III	-	1631	-	1694	2.038	2.741	NS	-	-0.44	-	1694	2.038	2.741	NS	-	-0.68	-	1694	2.038	2.741	NS	-	0.239	-	1694	2.038	2.741	NS	-	-14	-	1694	2.038	2.741	NS
		IV	-0.76	-	-	1645	196	2.576	NS	0.241	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.86	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.1	-	-	1645	196	2.576	NS	0.964	-	-	1645	196	2.576	NS
		V	-	-	-0.7	1693	2.036	2.736	NS	-	-	0.329	1693	2.036	2.736	NS	-	-	0.03	1693	2.036	2.736	NS	-	-	0.061	1693	2.036	2.736	NS	-	-	1.538	1693	2.036	2.736	NS

ESTACION	PERIODO	TEST	Junio					Julio					Agosto					Septiembre					Octubre				
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend
San Calixto	1976 - 2009	I	-0.16	-	-	1645	196	2.576	NS	0.712	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.68	-	-	1645	196	2.576	NS	-176	-	-	1645	196	2.576	NS	1201	-	-	1645	196	2.576	NS
		II	0.57	-	-	1645	196	2.576	NS	0.782	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.58	-	-	1645	196	2.576	NS	-165	-	-	1645	196	2.576	S (0.1)	1242	-	-	1645	196	2.576	NS
		III	-	-0.14	-	1694	2.038	2.741	NS	-	0.973	-	1694	2.038	2.741	NS	-	-0.52	-	1694	2.038	2.741	NS	-	-166	-	1694	2.038	2.741	NS	-	0.997	-	1694	2.038	2.741	NS
		IV	-0.31	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.76	-	-	1645	196	2.576	NS	0.419	-	-	1645	196	2.576	NS	1722	-	-	1645	196	2.576	S (0.1)	-127	-	-	1645	196	2.576	NS
		V	-	-	-0.85	1693	2.036	2.736	NS	-	-	0.683	1693	2.036	2.736	NS	-	-	1612	1693	2.036	2.736	NS	-	-	-1.0	1693	2.036	2.736	NS	-	-	-1.0	1693	2.036	2.736	NS

ESTACION	PERIODO	TEST	Noviembre					Diciembre					ANO HIDROLOGICO				
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Trend
San Calixto	1976 - 2009	I	-0.16	-	-	1645	196	2.576	NS	0.385	-	-	1645	196	2.576	NS	0.03	-	-	1645	196	2.576	NS
		II	-0.16	-	-	1645	196	2.576	NS	0.347	-	-	1645	196	2.576	NS	0.234	-	-	1645	196	2.576	NS
		III	-	0.076	-	1694	2.038	2.741	NS	-	0.281	-	1694	2.038	2.741	NS	-	0.226	-	1694	2.038	2.741	NS
		IV	0.207	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.28	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.07	-	-	1645	196	2.576	NS
		V	-	-	0.072	1693	2.036	2.736	NS	-	-	-0.28	1693	2.036	2.736	NS	-	-	0.06	1693	2.036	2.736	NS

REFERENCIAS:

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0.1, a=0.05 y a=0.01

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1976-2009) San Calixto

(Fuente: Elaboración propia)

ESTACION	PERIODO	TEST	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo					
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
Lambate	1976 - 2009	I	-0.76	-	-	1.645	1.96	2.576	-1.42	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.64	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.4	-	-	1.645	1.96	2.576	-1.91	-	-	1.645	1.96	2.576
		II	-0.83	-	-	1.645	1.96	2.576	-1.36	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.78	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.39	-	-	1.645	1.96	2.576	-1.71	-	-	1.645	1.96	2.576
		III	-	-1.02	-	1.694	2.038	2.741	-	-1.35	-	1.694	2.038	2.741	-	-0.87	-	1.694	2.038	2.741	-	-0.71	-	1.694	2.038	2.741	-	-2.14	-	1.694	2.038	2.741
		IV	0.792	-	-	1.645	1.96	2.576	0.689	-	-	1.645	1.96	2.576	0.31	-	-	1.645	1.96	2.576	0.034	-	-	1.645	1.96	2.576	1791	-	-	1.645	1.96	2.576
		V	-	-	0.903	1.693	2.036	2.736	-	-	0.802	1.693	2.036	2.736	-	-	0.508	1.693	2.036	2.736	-	-	0.716	1.693	2.036	2.736	-	-	2.083	1.693	2.036	2.736
			Trend						Trend						Trend						Trend						Trend					
		I	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-
		II	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-
		III	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-
		IV	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.1)	-	-	-	-	-
		V	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-

ESTACION	PERIODO	TEST	Junio						Julio						Agosto						Septiembre						Octubre					
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
Lambate	1976 - 2009	I	-1.57	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.85	-	-	1.645	1.96	2.576	-2.34	-	-	1.645	1.96	2.576	-3.14	-	-	1.645	1.96	2.576	0.593	-	-	1.645	1.96	2.576
		II	-1.31	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.87	-	-	1.645	1.96	2.576	-2.36	-	-	1.645	1.96	2.576	-3.06	-	-	1.645	1.96	2.576	0.673	-	-	1.645	1.96	2.576
		III	-	-0.84	-	1.694	2.038	2.741	-	-1.01	-	1.694	2.038	2.741	-	-2.4	-	1.694	2.038	2.741	-	-3.76	-	1.694	2.038	2.741	-	0.278	-	1.694	2.038	2.741
		IV	1274	-	-	1.645	1.96	2.576	0.482	-	-	1.645	1.96	2.576	1206	-	-	1.645	1.96	2.576	2.887	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.9	-	-	1.645	1.96	2.576
		V	-	-	1406	1.693	2.036	2.736	-	-	0.894	1.693	2.036	2.736	-	-	13.19	1.693	2.036	2.736	-	-	2.758	1.693	2.036	2.736	-	-	0.025	1.693	2.036	2.736
			Trend						Trend						Trend						Trend						Trend					
		I	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-
		II	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-
		III	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-
		IV	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-
		V	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-

ESTACION	PERIODO	TEST	Noviembre						Diciembre						ANO HIDROLOGICO					
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
Lambate	1976 - 2009	I	-0.39	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.42	-	-	1.645	1.96	2.576	-2.79	-	-	1.645	1.96	2.576
		II	-0.31	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.46	-	-	1.645	1.96	2.576	-2.9	-	-	1.645	1.96	2.576
		III	-	-0.57	-	1.694	2.038	2.741	-	-0.69	-	1.694	2.038	2.741	-	-3.19	-	1.694	2.038	2.741
		IV	0	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.38	-	-	1.645	1.96	2.576	2.65	-	-	1.645	1.96	2.576
		V	-	-	0.444	1.693	2.036	2.736	-	-	0.014	1.693	2.036	2.736	-	-	2.64	1.693	2.036	2.736
			Trend						Trend						Trend					
		I	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-
		II	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-
		III	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.01)	-	-	-	-	-
		IV	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-
		V	NS	-	-	-	-	-	NS	-	-	-	-	-	S (0.05)	-	-	-	-	-

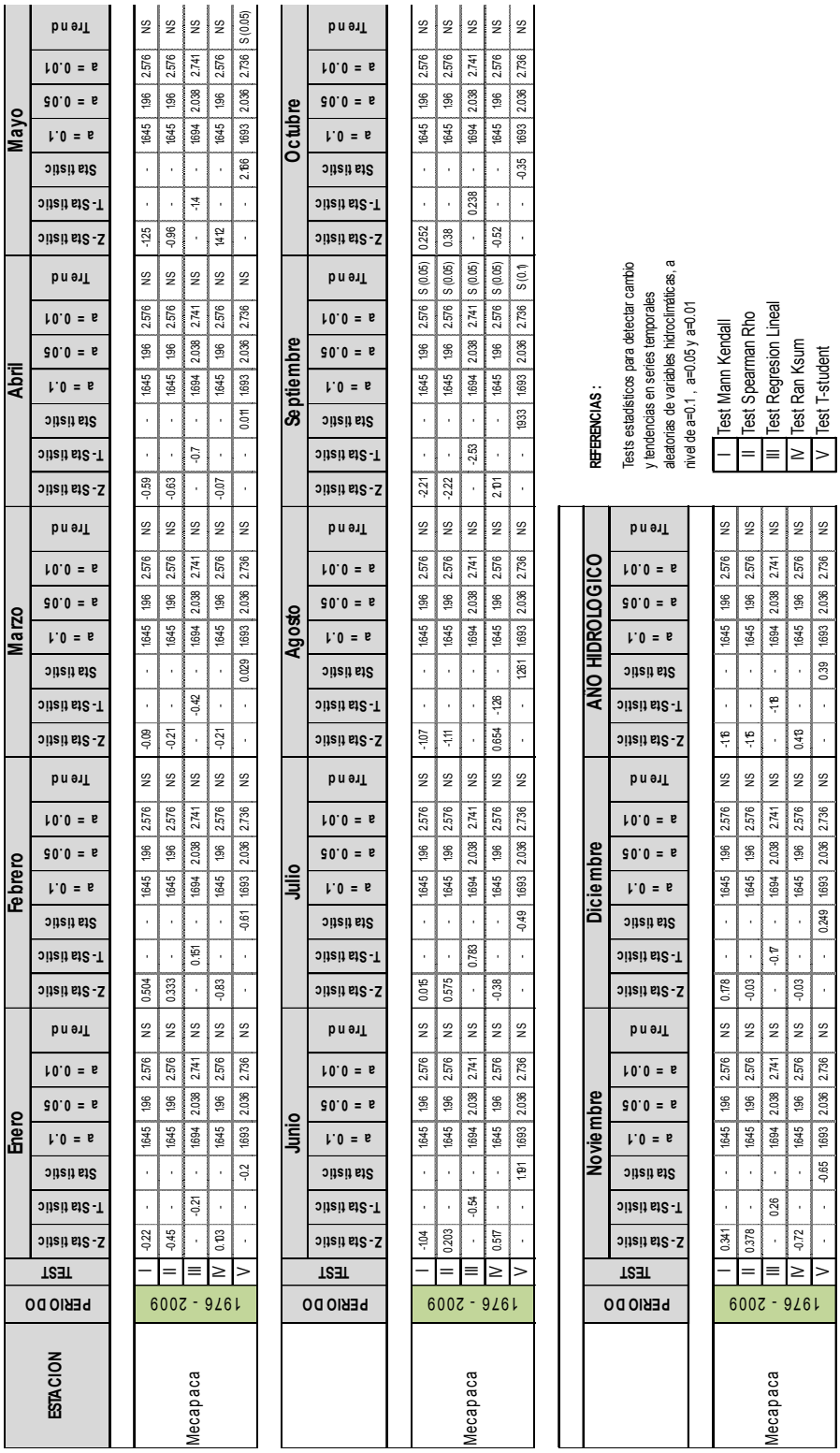
REFERENCIAS :

Tests estadisticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0.1 , a=0.05 y a=0.01

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1976-2009) Lambate

(Fuente: Elaboración propia)



ESTACION	PERIODO	TEST	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo					
			Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
Mecapaca	1976 - 2009	I	-0.22	-	-	1.645	1.96	2.576	0.504	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.09	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.59	-	-	1.645	1.96	2.576	-1.25	-	-	1.645	1.96	2.576
		II	-0.45	-	-	1.645	1.96	2.576	0.333	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.21	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.63	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.96	-	-	1.645	1.96	2.576
		III	-	-0.21	-	1.694	2.038	2.741	-	0.151	-	1.694	2.038	2.741	-	-0.42	-	1.694	2.038	2.741	-	-0.7	-	1.694	2.038	2.741	-	-1.4	-	1.694	2.038	2.741
		IV	0.103	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.83	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.21	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.07	-	-	1.645	1.96	2.576	1.412	-	-	1.645	1.96	2.576
		V	-	-	-0.2	1.693	2.036	2.736	-	-	-0.61	1.693	2.036	2.736	-	-	0.029	1.693	2.036	2.736	-	-	0.011	1.693	2.036	2.736	-	-	2.166	1.693	2.036	2.736
		Trend	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S (0.05)	S (0.05)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.05)	S (0.05)	NS	NS	S (0.05)	S (0.1)	S (0.05)	S (0.05)
		TEST	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
	PERIODO		Junio						Julio						Agosto						Septiembre						Octubre					
Mecapaca	1976 - 2009	I	-1.04	-	-	1.645	1.96	2.576	0.015	-	-	1.645	1.96	2.576	-1.07	-	-	1.645	1.96	2.576	-2.21	-	-	1.645	1.96	2.576	0.252	-	-	1.645	1.96	2.576
		II	0.203	-	-	1.645	1.96	2.576	0.575	-	-	1.645	1.96	2.576	-1.11	-	-	1.645	1.96	2.576	-2.22	-	-	1.645	1.96	2.576	0.38	-	-	1.645	1.96	2.576
		III	-	-0.54	-	1.694	2.038	2.741	-	0.783	-	1.694	2.038	2.741	-	-	-	1.694	2.038	2.741	-	-2.53	-	1.694	2.038	2.741	-	0.238	-	1.694	2.038	2.741
		IV	0.517	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.38	-	-	1.645	1.96	2.576	0.654	-1.26	-	1.645	1.96	2.576	2.101	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.52	-	-	1.645	1.96	2.576
		V	-	-	1.911	1.693	2.036	2.736	-	-	-0.49	1.693	2.036	2.736	-	-	1.261	1.693	2.036	2.736	-	-	1.933	1.693	2.036	2.736	-	-	-0.35	1.693	2.036	2.736
		Trend	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S (0.1)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.1)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
		TEST	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01	Z-Sta tistic	T-Sta tistic	Sta tistic	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
	PERIODO		Noviembre						Diciembre						AÑO HIDROLOGICO																	
Mecapaca	1976 - 2009	I	0.341	-	-	1.645	1.96	2.576	0.178	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.16	-	-	1.645	1.96	2.576											
		II	0.378	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.03	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.15	-	-	1.645	1.96	2.576											
		III	-	0.26	-	1.694	2.038	2.741	-	-0.7	-	1.694	2.038	2.741	NS	-	-1.18	-	1.694	2.038	2.741											
		IV	-0.72	-	-	1.645	1.96	2.576	-0.03	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.418	-	-	1.645	1.96	2.576											
		V	-	-	-0.65	1.693	2.036	2.736	-	-	0.249	1.693	2.036	2.736	NS	-	-	0.39	1.693	2.036	2.736											
		Trend	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS											

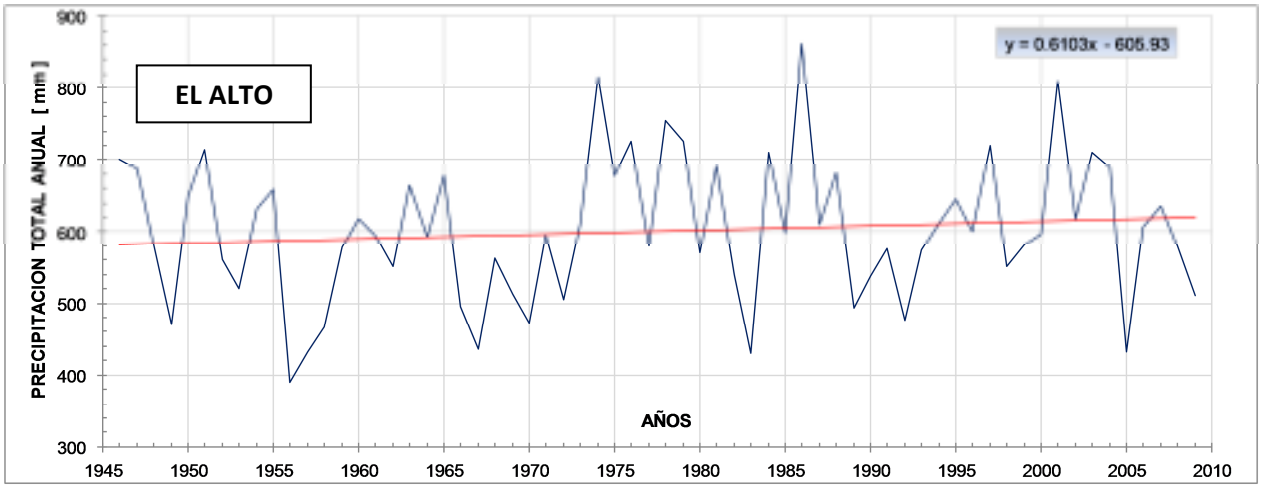
REFERENCIAS :

Tests estadísticos para detectar cambio y tendencias en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas, a nivel de a=0.1, a=0.05 y a=0.01

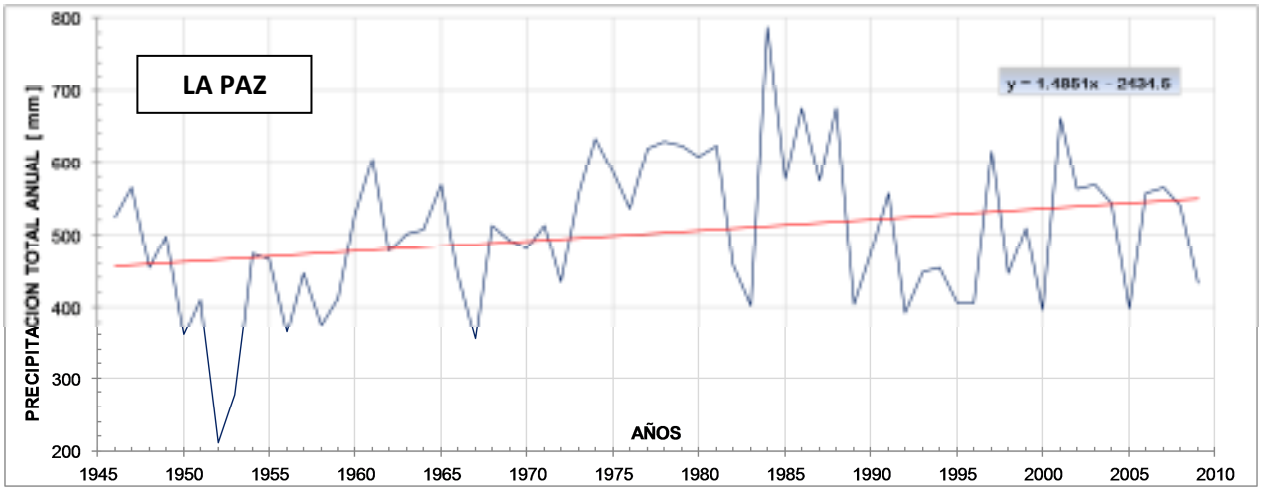
I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos por estación meteorológica para precipitación mensual y anual (Periodo 1976-2009) Mecapaca

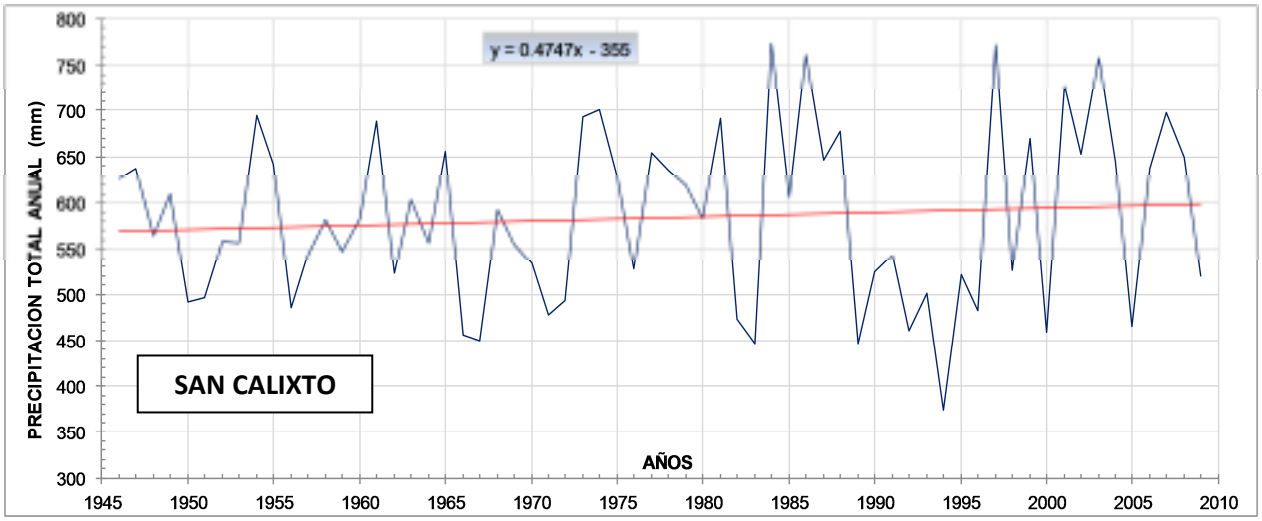
(Fuente: Elaboración propia)



(Fuente: Elaboración propia)

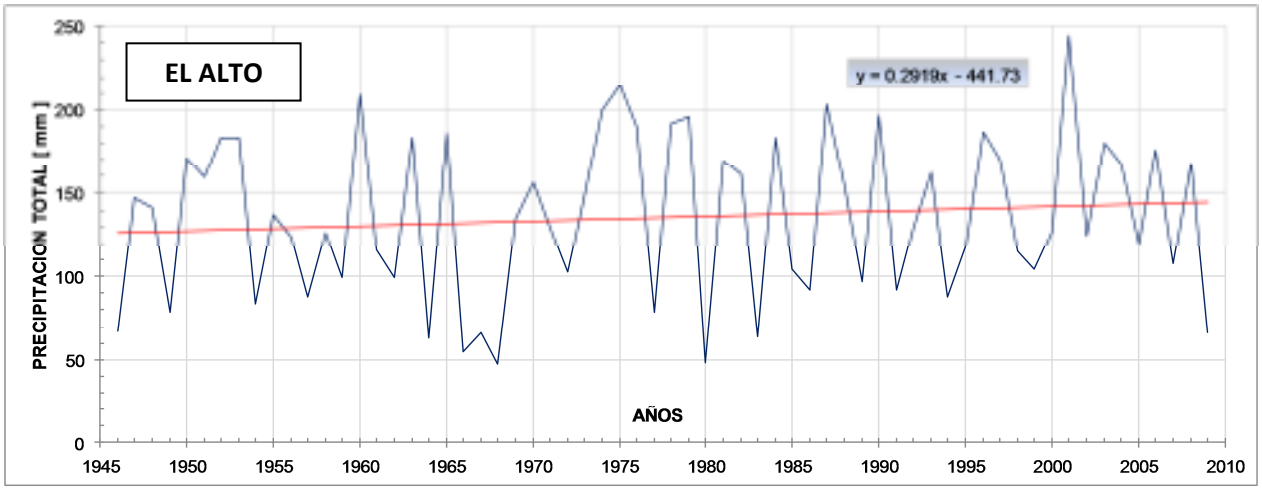


(Fuente: Elaboración propia)

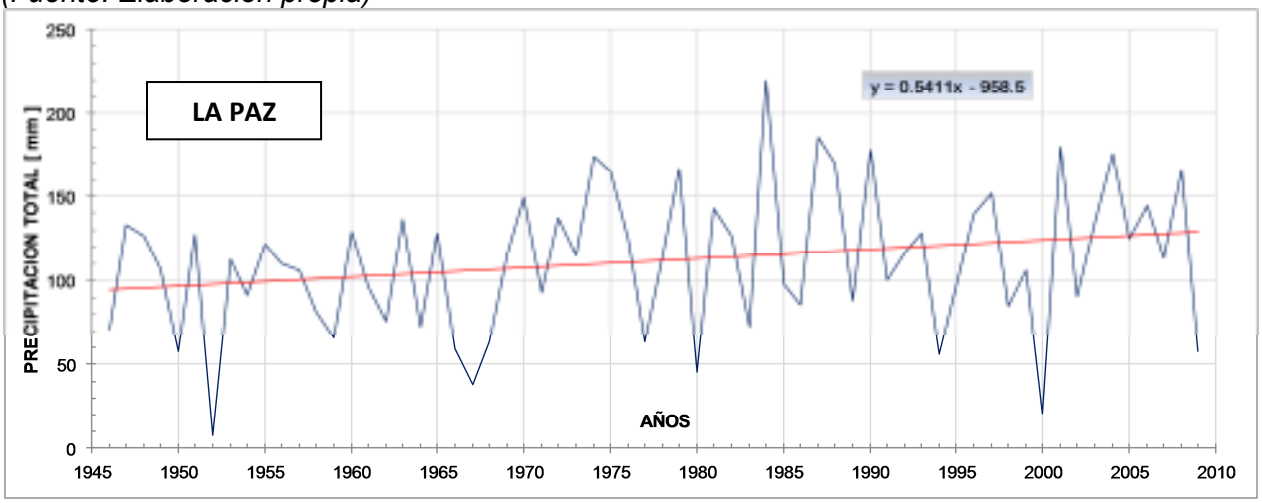


(Fuente: Elaboración propia)

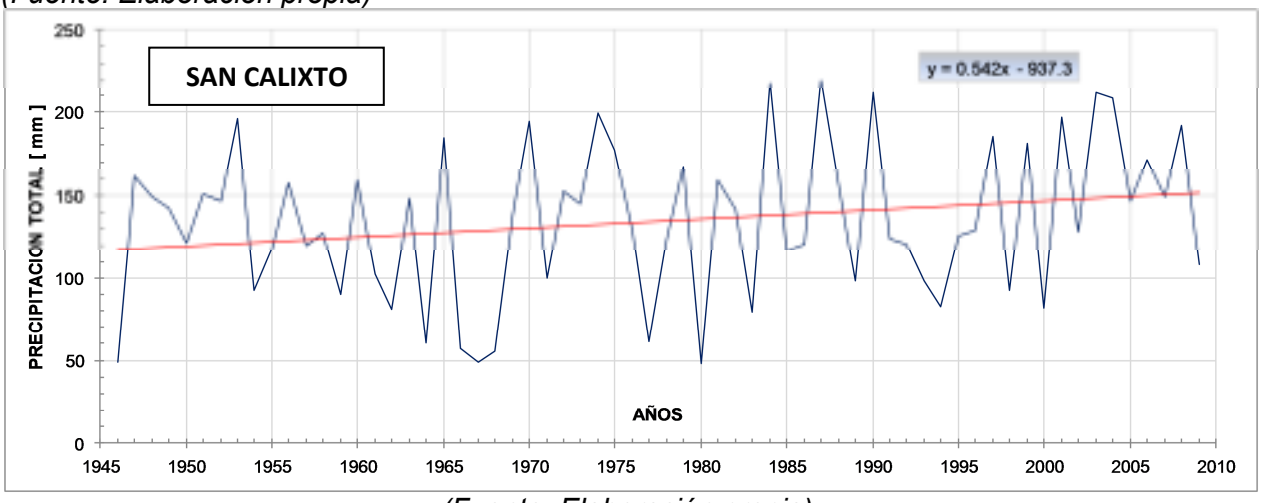
Precipitación ANUAL en [mm] Estaciones (1946-2009)



(Fuente: Elaboración propia)

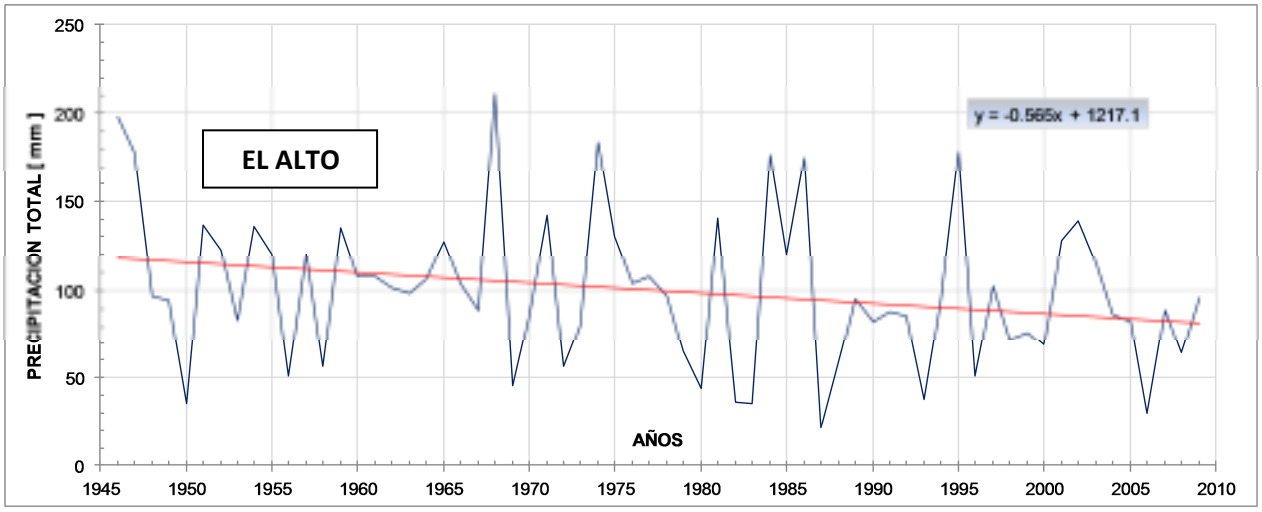


(Fuente: Elaboración propia)

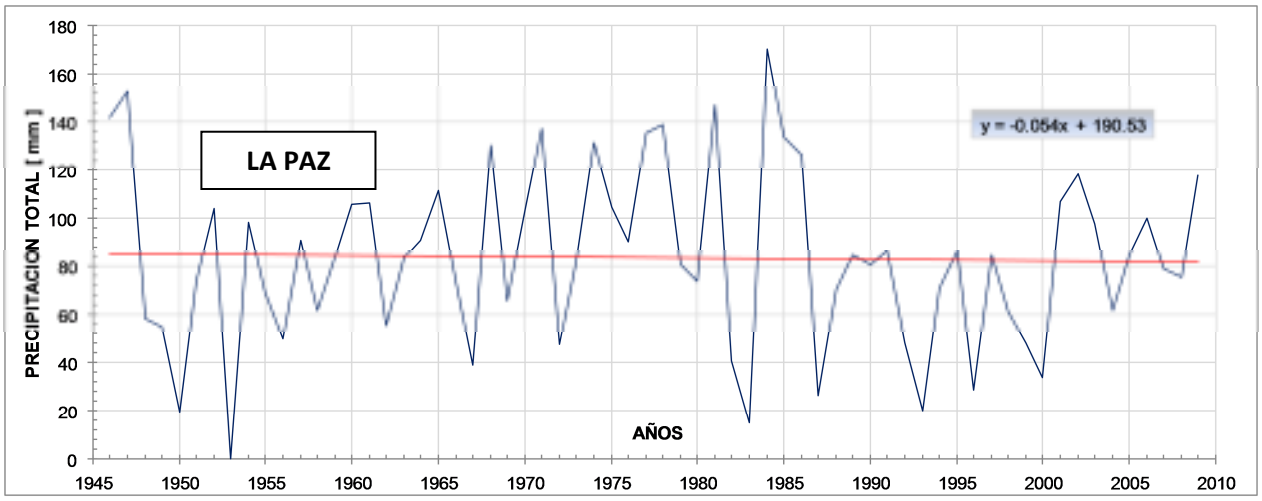


(Fuente: Elaboración propia)

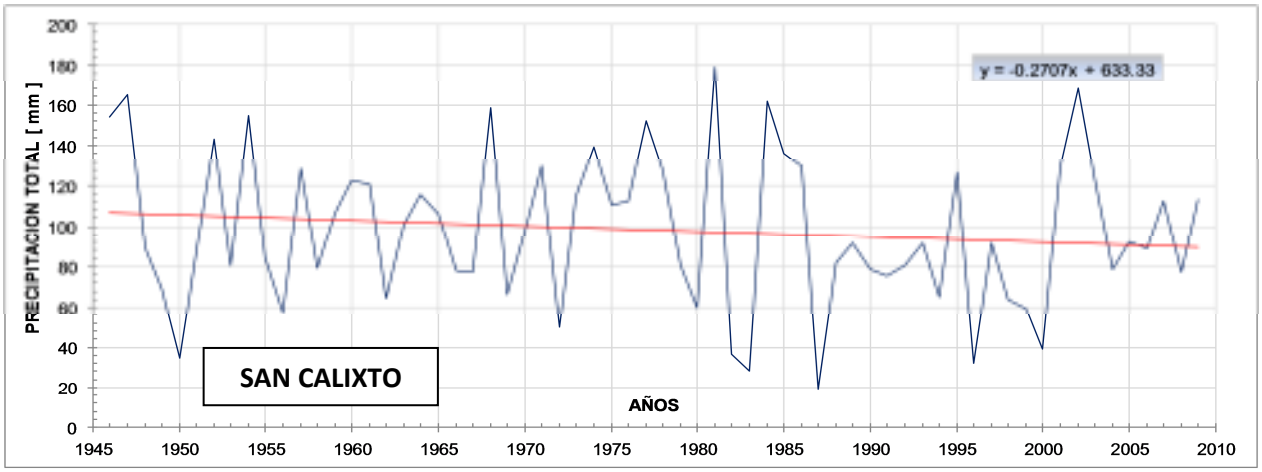
Precipitación ENERO en [mm] Estaciones (1946-2009)



(Fuente: Elaboración propia)



(Fuente: Elaboración propia)



(Fuente: Elaboración propia)

Precipitación FEBRERO en [mm] Estaciones (1946-2009)