

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS



VARIABILIDAD DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS DEBIDO
AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PROVINCIA CERCADO DEL
DEPARTAMENTO DE TARIJA

Por:

MARICEL ZENTENO VALDEZ

SEMESTRE I - 2019

TARIJA –BOLIVIA

DEDICATORIA:

A Dios por haberme dado la vida, salud, sabiduría, y haberme regalado los padres que tengo, por su infinito amor y porque cada día me bendice con la hermosa oportunidad de estar al lado de las personas que me aman.

VARIABILIDAD DE PRECIPITACIONES Y TEMPERATURAS DEBIDO AL CAMBIO CLIMATICO EN LA PROVINCIA CERCADO DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA

INDICE

CAPITULO I INTRODUCCION	12
1.1 Introducción	12
1.2 Problemática.....	13
1.3 Justificación.....	13
1.4 Objetivo general	14
1.5 Objetivos Específicos.....	14
1.5 Hipótesis.....	14
1.6 Limitantes.....	15
CAPITULO II MARCO REFERENCIAL	16
2.1 Marco teórico	16
2.1.1 El ciclo hidrológico	16
2.1.2 Hidrología.....	18
2.1.3 Precipitacion	21
2.1.4 Temperatura.....	22
2.1.5 Efecto invernadero.....	22
2.1.6 Cambio climático.....	23
2.1.7 Clima urbano	23

2.1.8 Formación de islas de calor urbano	24
2.1.8 Formación de islas de lluvia urbana	25
2.1.9 Contaminación atmosférica urbana	26
2.2 Marco institucional.....	26
2.2.1 Organización mundial de meteorología (OMM).....	26
2.2.2 Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)	27
2.3 Estudios de cambio climático.....	28
2.3.1 El cambio climático en el mundo	28
2.3.2 El cambio climático en Bolivia	33
2.3.3 El cambio climático en Tarija.....	36
CAPITULO III ESTUDIO DE LAS PRECIPITACIONES	39
3.1 Características del área de estudio	39
3.2 Análisis de la información disponible.....	41
3.3 Revisión de datos	43
3.3.1 Pruebas de normalización.....	43
3.3.2 Pruebas de homogeneidad	43
3.3.3 Completacion de datos	43
3.4 Probabilidad de lluvia	43
3.5 Índices de sequías.....	44
CAPITULO IV ESTUDIO DE LAS TEMPERATURAS	47

4.1 Clima.....	47
4.2 Análisis de la información disponible.....	47
4.3 Revisión de datos.....	48
4.3.1 Pruebas de normalización.....	48
4.3.2 Pruebas de homogeneidad.....	48
4.4 Anomalías climáticas.....	48
CAPITULO V APLICACIÓN PRACTICA.....	50
5.1 Características del area de estudio.....	50
5.2 Análisis de la variación de precipitaciones.....	51
5.2.1 Análisis de probabilidades para la estación del Aeropuerto.....	52
5.2.2 Análisis de probabilidades para la estación de Coimata.....	54
5.2.3 Análisis de probabilidades para la estación del Cenavit.....	57
5.2.4 Análisis de probabilidades para la estación de Sella Quebrada.....	59
5.2.5 Análisis de probabilidades para la estación de Yesera Norte.....	61
5.2.6 Análisis de probabilidades para la estación de San Jacinto Sud.....	65
5.3 Análisis de las anomalias de temperaturas.....	67
5.3.1 Variación de temperaturas de la estación del aeropuerto.....	67
5.3.2 Variación de temperaturas de la estación de Coimata.....	69
5.3.3 Variación de temperaturas de la estación Cenavit.....	69
5.3.4 Variación de temperaturas de la estación San Jacinto Sud.....	70

5.3.5 Variación de temperaturas de la estación Sella Quebrada.....	70
5.3.6 Variación de temperaturas de la estación de Yesera Norte	70
5.4 Análisis de la variación de las temperaturas debido al crecimiento urbano.....	71
5.5 Análisis de las sequías mediante el índice estandarizado de precipitación (SPI).	74
5.5.1 Estación del Aeropuerto SPI cada 3 y 12 meses	75
5.5.2 Estación de Coimata SPI cada 3 y 12 meses	75
5.5.3 Estación de Cenavit SPI cada 3 y 12 meses	76
5.5.4 Estación de San Jacinto Sud SPI cada 3 y 12 meses	76
5.5.5 Estación de Sella Quebrada SPI cada 3 y 12 meses	77
5.5.6 Estación de Yesera Norte SPI cada 3 y 12 meses	77
CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
6.1 Conclusiones	78
6.2 Recomendaciones.....	81
BIBLIOGRAFIA	83
WEBGRAFIA.....	84
ANEXOS	85

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones de Estudio y años de registro de precipitaciones	42
Tabla 2. Estaciones de Estudio y años de registro de temperaturas.	47
Tabla 3. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación Aeropuerto, mes de enero.	52
Tabla 4. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación del Aeropuerto mes de febrero	52
Tabla 5. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación del Aeropuerto mes de Marzo	52
Tabla 6. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación del Aeropuerto mes abril ...	53
Tabla 7. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación Aeropuerto mes Octubre....	53
Tabla 8. Análisis de probabilidades estación del Aeropuerto mes de noviembre	54
Tabla 9. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación del Aeropuerto mes de diciembre	54
Tabla 10. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Coimata mes de Enero	54
Tabla 11. Análisis de probabilidades de la estación de Coimata mes de febrero	55
Tabla 12. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Coimata mes de marzo	55
Tabla 13. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Coimata mes de abril ..	55
Tabla 14. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Coimata mes de octubre	56
Tabla 15. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Coimata mes de noviembre	56
Tabla 16. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Coimata mes de diciembre	56

Tabla 17. Análisis de probabilidades de la estación de Cenavit mes de enero.....	57
Tabla 18. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Cenavit mes de febrero.....	57
Tabla 19. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Cenavit mes de marzo.....	57
Tabla 20. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Cenavit mes de abril.....	58
Tabla 21. Análisis de probabilidades de la estación de Cenavit mes de octubre.....	58
Tabla 22. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Cenavit mes de noviembre.....	58
Tabla 23. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Cenavit mes de diciembre	59
Tabla 24. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Sella Quebrada mes de enero.....	59
Tabla 25. Análisis de probabilidades de la estación de Sella Quebrada mes de febrero.....	59
Tabla 26. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Sella Quebrada mes de marzo.....	60
Tabla 27. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Sella Quebrada mes de abril.....	60
Tabla 28. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Sella Quebrada mes de octubre.....	60
Tabla 29. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Sella Quebrada mes de noviembre.....	61
Tabla 30. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Sella Quebrada mes de diciembre.....	61

Tabla 31. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Yesera Norte mes de enero.....	61
Tabla 32. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Yesera Norte mes de febrero.....	62
Tabla 33. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Yesera Norte mes de marzo.....	62
Tabla 34. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Yesera Norte mes de abril.....	62
Tabla 35. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Yesera Norte mes de octubre.....	63
Tabla 36. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Yesera Norte mes de noviembre.....	63
Tabla 37. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de Yesera Norte mes de diciembre.....	63
Tabla 38. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de San Jacinto Sud, mes de enero.....	64
Tabla 39. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de San Jacinto Sud, mes de febrero.....	64
Tabla 40. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de San Jacinto Sud mes de marzo.....	64
Tabla 41. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de San Jacinto Sud, mes de abril.....	65

Tabla 42 Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de San Jacinto Sud mes de octubre.....	65
Tabla 43. Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de San Jacinto Sud, mes de noviembre.....	66
Tabla 44.Análisis de probabilidades de lluvia para la estación de San Jacinto Sud, mes de diciembre.....	66
Tabla 45.Variación de temperaturas para la estación del Aeropuerto desde 1963-2018.....	69
Tabla 46.Variación de temperaturas para la estación de Coimata desde 1980-2018	69
Tabla 47.Variación de temperaturas para la estación de Cenavit desde 1980-2018.....	69
Tabla 48.Variación de temperaturas para la estación de San Jacinto Sud desde 1980-2018	70
Tabla 49.Variación de temperaturas para la estación de Sella Quebrada desde 1980-2018	70
Tabla 50.Variación de temperaturas para la estación de Yesera Norte desde 1980-2018..	70
Tabla 51.Variación de temperaturas en el area urbana debido a su crecimiento.....	73
Tabla 52.SPI cada 3 y 12 meses para la estación del Aeropuerto.....	75
Tabla 53.SPI cada 3 y 12 meses para la estación de Coimata	75
Tabla 54.SPI cada 3 y 12 meses para la estación de Cenavit	76
Tabla 55.SPI cada 3 y 12 meses para la estación de San Jacinto Sud	76
Tabla 56.SPI cada 3 y 12 meses para la estación de Sella Quebrada	77
Tabla 57.SPI cada 3 y 12 meses para la estación de Yesera Norte.....	77

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo hidrológico.....	16
Figura 2 Efecto invernadero	22
Figura 3. lluvia urbana.....	25
Figura 4. Imagen de la NASA sobre el CO ₂	31
Figura 5. Temperaturas Medias de la Superficie Mundial 2015.....	32
Figura 6. Temperaturas Medias de la Superficie Mundial 2020.....	33
Figura 7. Tendencia de temperaturas para Tarija.....	36
Figura 8. Mapa de la Provincia Cercado.....	39
Figura 9. Mapa con los principales afluentes a la cuenca del Río Guadalquivir de la provincia Cercado.....	41
Figura 10 probabilidad de lluvia estación Aeropuerto, periodo de referencia : 1963-1980. periodo de cambio : 2010-2018 para el mes de febrero	44
Figura 11 Indices de sequía en periodos de 3 meses para la estación del Aeropuerto periodo 1963-2018.	46
Figura 12. Indices de sequia en periodos de 12 meses para la estación del Aeropuerto, periodo 1963-2018.	46
Figura 13 Mapa de la provincia Cercado.....	50
Figura 14 anomalía de temperatura media anual para la estación del Aeropuerto, periodo 1963-1980, periodo de comparación 2010-2018	67
Figura 15. Anomalía de temperatura máxima anual para la estación del Aeropuerto, periodo 1963-1980, periodo de comparación 2010-2018	68

Figura 16. Anomalia de temperatura minima anual para la estación del Aeropuerto, periodo 1963-1980, periodo de comparacion 2010-2018	68
Figura 17. Área urbana en el año 1967 ciudad de Tarija.....	71
Figura 18. Área urbana en el año 1984 ciudad de Tarija.....	71
Figura 19. Área urbana en el año 1997 ciudad de Tarija.....	72
Figura 20. Área urbana en el año 2002 ciudad de Tarija.....	72
Figura 21. Área urbana en el año 2018 ciudad de Tarija.....	73
Figura 22. SPI para la estación del Aeropuerto periodo 1963-2018 cada 3 meses.....	74
Figura 23. SPI para la estación del Aeropuerto periodo 1963-2018 cada 12 meses.....	74
Figura 24. Resultados del aumento, disminución de probabilidades de lluvia en las estaciones de estudio en los últimos años.	79
Figura 25. Resultados del incremento de temperatura en los últimos años en las estaciones de estudio.....	80

INDICE DE ANEXOS

Anexo I. Graficas de probabilidades de lluvia para la estación del Aeropuerto

Anexo II. Graficas de probabilidades de lluvia para la estación de Coimata

Anexo III. Graficas de probabilidades de lluvia para la estación de Cenavit

Anexo IV. Graficas de probabilidades de lluvia para la estación de sella quebrada

Anexo V. Graficas de probabilidades de lluvia para la estación de San Jacinto sud

Anexo VI. Graficas de probabilidades de lluvia para la estación de Yesera norte

Anexo VII. Gráficos SPI para la estación del aeropuerto

Anexo VIII. Gráficos SPI estación de Coimata.

Anexo IX. Gráficos SPI estación de Cenavit.

Anexo X. Gráficos SPI estación de sella quebrada.

Anexo XI. Gráficos SPI estación de San Jacinto sud.

Anexo XII. Gráficos SPI estación de yesera norte.

Anexo XIII. Gráficos de variación de temperaturas de las estaciones.

Anexo XIV. Gráficos de variación de temperaturas de la estación del Aeropuerto.

Anexo XV. Datos del SENAMHI.