



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

Variabilidad climática en la disponibilidad hídrica al 2025 y 2050 de la  
subcuenca Chamacna – cuenca media alta del río Lurín – 2018

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
Ingeniera Ambiental

**AUTORA:**

Br. Huaroma Villegas, Yngrid Sofia

**ASESOR:**

Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

**LIMA - PERÚ**

**2018**

## **PÁGINA DEL JURADO**

## **DEDICATORIA**

La presente se la dedico a los pobladores de San Andrés de Tupicocha que con su apoyo incondicional me han permitido desarrollar esta investigación y espero que les sirva como instrumento para otros trabajos de mejora que se desarrollen en su comunidad.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco infinitamente a Jehová por darme las fuerzas, los días de vida, la salud y la sabiduría para realizar esta investigación la cual me ha permitido conocer un poco más de su maravillosa creación. Asimismo, extiendo mi gratitud a mis padres quienes me han apoyado en el pequeño camino de la carrera universitaria el cual concluyo satisfactoriamente con esta investigación. También, no puedo dejar de lado a valiosos docentes que con su experiencia me ayudaron a adquirir más conocimiento durante mis actividades seculares.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Yngrid Sofia Huaroma Villegas con DNI N° 72206044, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 15 de noviembre de 2018



---

Yngrid Sofia Huaroma Villegas  
72206044

## **PRESENTACIÓN**

Distinguidos,

Miembros del Jurado:

Acorde con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, presento ante ustedes el Proyecto de Tesis titulado “VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA AL 2025 Y 2050 DE LA SUBCUENCA CHAMACNA –CUENCA DEL RIO LURIN – 2018”, el cual someto a vuestra amplia experiencia la evaluación del presente y cumpla con los requisitos de aprobación.

Atte.,

Yngrid Sofia Huaroma Villegas

## ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	01
<b>1.1 Realidad problemática</b>	02
<b>1.2 Trabajos previos</b>	05
1.2.1 Trabajos previos internacionales	05
1.2.2 Trabajos previos nacionales	08
<b>1.3 Teorías relacionadas al tema</b>	15
1.3.1 Variabilidad climática	15
1.3.2 Disponibilidad hídrica	19
1.3.3 Caracterización de una cuenca	31
1.3.4 Subcuenca Chamacna	41
<b>1.4 Formulación del problema</b>	44
1.4.1 Problema general	44
1.4.2 Problemas específicos	44
<b>1.5 Justificación del estudio</b>	44
<b>1.6 Formulación de hipótesis</b>	47
1.6.1 Hipótesis general	47
1.6.2 Hipótesis específicas	47
<b>1.7 Formulación de objetivos</b>	47
1.7.1 Objetivo general	47
1.7.2 Objetivos específicos	47
II. MÉTODO	48
<b>2.1 Diseño de investigación</b>	49
2.1.1 Reconocimiento preliminar	50
2.1.2 Recopilación de información secundaria e hidroclimática	50
2.1.3 Identificación de características hidrogeomorfológicas	51
2.1.4 Tratamiento de información hidroclimática	51

<b>2.2 Operacionalización de variables</b>	52
<b>2.3 Población y muestra</b>	53
2.3.1 Población	53
2.3.2 Muestra	53
<b>2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</b>	53
2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	53
2.4.2 Validación de instrumentos	54
2.4.3 Confiabilidad	54
<b>2.5 Método de análisis de datos</b>	55
<b>2.6 Aspectos éticos</b>	56
III. RESULTADOS	57
<b>3.1 Variabilidad de la precipitación histórica</b>	58
3.1.1 Variabilidad de la precipitación por década	58
3.1.2 Variabilidad estacional	64
3.1.3 Variabilidad interanual de la precipitación	68
3.1.4 Anomalías interanuales para la precipitación	74
<b>3.2 Variabilidad de la temperatura histórica</b>	76
3.2.1 Variabilidad por década de la temperatura	76
3.2.2 Variabilidad estacional	81
3.2.3 Variabilidad interanual	82
3.2.4 Anomalías interanuales para la temperatura	84
<b>3.3 Características hidrogeomorfológicas de la subcuenca</b>	86
3.3.1 Pendiente	86
3.3.2 Curva hipsométrica	87
3.3.3 Cobertura vegetal	88
<b>3.4 Disponibilidad hídrica superficial proyectada</b>	89
3.4.1 Proyección de la precipitación interanual	89
3.4.2 Proyección de anomalías al 2025 y 2050	96
3.4.3 Estimación de la precipitación promedio en la subcuenca Chamacna	100
IV. DISCUSIÓN	104
V. CONCLUSIONES	106
VI. RECOMEDACIONES	108
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
ANEXOS	122



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de precipitación (orográfica, convectiva, ciclónica)	20
Figura 2. Ciclo hidrológico	22
Figura 3. Diferencia entre transpiración y evaporación	23
Figura 4. Forma de aplicar el método Thiessen	26
Figura 5. Método de las isoyetas	27
Figura 6. Partes de una cuenca	29
Figura 7. Cuenca, subcuenca y microcuenca	31
Figura 8. Delimitación del área de una cuenca	32
Figura 9. Perímetro o contorno de la cuenca	32
Figura 10. Valores de Kc según las formas de las cuencas	33
Figura 11. Orden de la red hidrográfica por el método de Strahler	36
Figura 12. División hidrográfica de la zona de estudio	42
Figura 13. Proceso de etapas para la investigación	50
Figura 14. Variabilidad por década de la precipitación – Estación Matucana	58
Figura 15. Variabilidad por década de la precipitación – Estación Huarochirí	59
Figura 16. Variabilidad por década de la precipitación –San Lázaro de Escamarca	60
Figura 17. Variabilidad por década de la precipitación –San Mateo de Huanchor	60
Figura 18. Variabilidad por década de la precipitación – Estación Santiago de Tuna	61
Figura 19. Variabilidad por década de la precipitación – Estación Tanta	61
Figura 20. Variabilidad por década de la precipitación – Estación Chalilla	62
Figura 21. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna 1970-1979	63
Figura 22. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna 1980-1989	63
Figura 23. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna 1990-1999	63
Figura 24. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna 2000-2009	63
Figura 25. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna 2010-2017	63
Figura 26. Comportamiento mensual de precipitación por estación	65
Figura 27. Nivel de precipitación en Chamacna (enero)	65
Figura 28. Nivel de precipitación en Chamacna (febrero)	65
Figura 29. Nivel de precipitación en Chamacna (marzo)	65
Figura 30. Nivel de precipitación en Chamacna (abril)	65
Figura 31. Nivel de precipitación en Chamacna (mayo)	66
Figura 32. Nivel de precipitación en Chamacna (junio)	66
Figura 33. Nivel de precipitación en Chamacna (julio)	66
Figura 34. Nivel de precipitación en Chamacna (agosto)	66
Figura 35. Nivel de precipitación en Chamacna (setiembre)	66
Figura 36. Nivel de precipitación en Chamacna (octubre)	66

Figura 37. Nivel de precipitación en Chamacna (noviembre)	67
Figura 38. Nivel de precipitación en Chamacna (diciembre)	67
Figura 39. Comportamiento de la precipitación total anual - Estación Matucana	68
Figura 40. Comportamiento de la precipitación total anual - Estación Huarochirí	68
Figura 41. Comportamiento de la precipitación total anual - Estación Antioquía	69
Figura 42. Comportamiento de la precipitación total anual - San Lázaro de Escomarca	69
Figura 43. Comportamiento de la precipitación total anual - Estación Tanta	70
Figura 44. Comportamiento de la precipitación total anual - Estación Santiago de Tuna	70
Figura 45. Comportamiento de la precipitación total anual - San Mateo de Huanchor	71
Figura 46. Comportamiento de la precipitación total anual - Estación Chalilla	71
Figura 47. Comportamiento de la precipitación total anual – Interpolación en Chamacna	72
Figura 48. Comparación del comportamiento anual de precipitación de estaciones	73
Figura 49. Cálculo de anomalías respecto a cada estación	75
Figura 50. Variabilidad por década de la temperatura max y min – Estación Matucana	76
Figura 51. Variabilidad por década de la temperatura max y min – Estación Huarochirí	77
Figura 52. Variabilidad por década de la temperatura max y min – Estación Antioquia	77
Figura 53. Variabilidad por década de la temperatura máx. y min – San Lázaro de Esc.	78
Figura 54. Variabilidad por década de la temperatura mínima en Chamacna (1970-1979)	79
Figura 55. Variabilidad por década de la temperatura mínima en Chamacna (1980-1989)	79
Figura 56. Variabilidad por década de la temperatura mínima en Chamacna (1990-1999)	79
Figura 57. Variabilidad por década de la temperatura mínima en Chamacna (2000-2009)	79
Figura 58. Variabilidad por década de la temperatura mínima en Chamacna (2010-2017)	79
Figura 59. Variabilidad por década de la temperatura máxima en Chamacna (1970-1979)	80
Figura 60. Variabilidad por década de la temperatura máxima en Chamacna (1980-1989)	80
Figura 61. Variabilidad por década de la temperatura máxima en Chamacna (1990-1999)	80
Figura 62. Variabilidad por década de la temperatura máxima en Chamacna (2000-2009)	80
Figura 63. Variabilidad por década de la temperatura máxima en Chamacna (2010-2017)	81
Figura 64. Comportamiento de la temperatura máxima y mínima multianual por estación	82
Figura 65. Variabilidad interanual de la temperatura máxima y minina para cada estación	83
Figura 66. Variabilidad interanual de la temperatura máxima en Chamacna	83
Figura 67. Anomalías de la temperatura máxima en Chamacna	84
Figura 68. Anomalías de la temperatura mínima por estación	85
Figura 69. Anomalías de la temperatura máxima por estación	85
Figura 70. Mapa de pendientes de la cuenca Lurín	87
Figura 71. Curva hipsométrica de la subcuenca Chamacna	88
Figura 72. Mapa de cobertura vegetal de la cuenca Lurín	89
Figura 73. Proyección de la precipitación media - Estación Matucana	89

Figura 74. Proyección de la precipitación media - Estación Huarochirí	90
Figura 75. Proyección de la precipitación media - Estación Antioquía	91
Figura 76. Proyección de la precipitación media - Estación San Lázaro de Escomarca	92
Figura 77. Proyección de la precipitación media - Estación Santiago de Tuna	93
Figura 78. Proyección de la precipitación media - Estación Tanta	93
Figura 79. Proyección de la precipitación media - Estación San Mateo de Huanchor	94
Figura 80. Proyección de la precipitación media - Estación Chalilla	95
Figura 81. Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - Estación Matucana	96
Figura 82. Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - Estación Huarochirí	97
Figura 83. Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - Estación Antioquia	97
Figura 84. Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - San Lázaro de Escomarca	98
Figura 85. Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - Estación Santiago de Tuna	98
Figura 86: Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - Estación Tanta	99
Figura 87: Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - San Mateo de Huanchor	99
Figura 88: Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - Estación Chalilla	100
Figura 89. Gradiente de precipitación (1970-2025)	101
Figura 90. Gradiente de precipitación (1970-2050)	103

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores aproximados del factor forma	34
Tabla 2. Tipo de terreno de acuerdo a la pendiente	35
Tabla 3. Coeficiente de escorrentía según tabla de Prevert	37
Tabla 4. Variabilidad temporal de la temperatura	39
Tabla 5. Tipos de clima de acuerdo a la altitud	41
Tabla 6. Ubicación de la subcuenca Chamacna	42
Tabla 7. Matriz de Operacionalización de variables	52
Tabla 8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
Tabla 9. Puntaje de expertos validadores	54
Tabla 10. Nivel de precipitación acumulada (década) en Chamacna	64
Tabla 11. Nivel de precipitación acumulada (mes) en Chamacna	67
Tabla 12. Resumen de variación de precipitación de las estaciones	73
Tabla 13. Años más secos y lluviosos históricos	74
Tabla 14. Temperaturas extremas máximas y mínimas	86
Tabla 15. Resumen de precipitación a los años 2025 y 2050	96
Tabla 16. Precipitación media anual por estaciones (1970-2025)	100
Tabla 17. Precipitación media anual por estaciones (1970-2050)	102

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolla en la subcuenca Chamacna con la finalidad de determinar la tendencia de la disponibilidad hídrica superficial a los años 2025 y 2050 en la subcuenca. Se desarrolló en dos etapas de investigación, la etapa de campo con el fin de realizar el reconocimiento de la zona y entablar comunicación con sus habitantes; por otro lado, durante la etapa gabinete se procesaron los datos hidroclimáticos obtenidos de SENAMHI donde se utilizó el método de regresión múltiple para completar los datos faltantes. Para su análisis, se utilizó el software Excel para realizar los gráficos correspondientes al comportamiento histórico de la precipitación y temperatura, además del software ArcGis para la delimitación de la cuenca, la construcción de la curva hipsométrica y la creación de mapas. Con respecto a la variabilidad histórica en estacionalidad, se pudieron identificar dos periodos: enero a marzo, temporada de lluvias y de mayo a noviembre, sequía; por su parte a cuenca registra un aporte de precipitación anual de 200 mm/año. Respecto a la proyección realizada, se tiene que la precipitación tiene promedio una tendencia a aumentar en 0.29% anual. Realizada, la proyección, se obtiene que para el año Finalmente, se tiene que, la subcuenca Chamacna presenta un aporte de precipitación a los años 2025 y 2050 con respecto al promedio de precipitación es de 1.19 m<sup>3</sup>/s y 1.32 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

***Palabras clave:*** *variabilidad climática, Chamacna, disponibilidad hídrica*

## ABSTRACT

The present investigation is carried out in the Chamacna sub-basin in order to determine the trend of surface water availability in 2025 and 2050 in the sub-basin. It was developed in two stages of research, the field stage in order to realize the recognition of the area and establish communication with its inhabitants; On the other hand, during the cabinet phase, the hydroclimatic data obtained from SENAMHI were processed, where the multiple regression method was used to complete the missing data. For its analysis, the Excel software was used to make the graphs corresponding to the historical behavior of precipitation and temperature, in addition to the ArcGis software for the delimitation of the basin, the construction of the hypsometric curve and the creation of maps. With respect to the historical variability in seasonality, two periods could be identified: January to March, rainy season and from May to November, drought; On the other hand, the basin records an annual rainfall contribution of 200 mm / year. Regarding the projection carried out, it has that the precipitation has average a tendency to increase in 0.29% annual. Realized, the projection, it is obtained that for the year Finally, it has that, the Chamacna sub-basin presents a contribution of precipitation to the years 2025 and 2050 with respect to the average of precipitation is of 1.19 m<sup>3</sup> / s and 1.32 m<sup>3</sup> / s respectively.

**Keywords:** *climatic variability, Chamacna, water availability*

# **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Realidad problemática

El agua es un recurso substancial para la conservación de los seres vivos el cual contribuye en gran medida a la sostenibilidad de los ecosistemas (WWAP, 2016). A lo largo del tiempo, los seres humanos han desarrollado sus hogares en sitios cercanos a masas de agua (BARON *et. al.*, 2003) en donde han podido satisfacer sus necesidades básicas haciendo uso de las fuentes disponibles de agua en lagos, lagunas, ríos y en distintas formas y/o estados. Sin embargo, cambios en la tendencia del desarrollo económico mundial han ocasionado graves consecuencias con respecto al recurso hídrico.

Los cambios en el crecimiento poblacional, la revolución industrial y el incremento del consumismo han generado que la demanda de agua dulce sea mayor. Hoy en día, la población global aumenta casi 80 millones de personas anualmente (USCB, 2012), por lo que, para poder abastecer de recurso hídrico a la población creciente, es necesario tener disponible la oferta de agua; sin embargo, la situación global climática es nada alentadora. Se prevé que para el 2030, la disponibilidad hídrica mundial se reducirá en un 40% frente a un escenario climático con características similares a las de hoy (2030 WRG, 2009 citado por WWDR, 2015).

La disponibilidad hídrica mundial se sostiene por acción del ciclo natural del agua. Sin embargo, para que el ciclo hidrológico sea continuo, es necesario que el clima tenga los parámetros adecuados como temperatura, humedad, presión y otros. No obstante, desde la revolución industrial, la atmósfera ha sufrido cambios afectando a muchos aspectos de su funcionamiento natural, lo cual genera daños al sistema climático global ocasionando dos fenómenos significativos: el cambio climático y, por ende, la perturbación de la variabilidad climática. Ambos términos a menudo se utilizan de manera errónea por lo que es importante clarificar el concepto de ellos.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CNMUCC) define al cambio climático como la modificación en los parámetros que forman el clima, ya sea por causa de las actividades humanas o naturales, lo cual perturba la composición de la atmosfera global y se suma a la variabilidad climática natural durante periodos de tiempo suficiente (1992), por lo que la Convención atribuye al cambio climático como el resultado de la alteración de la composición natural de la atmosfera por parte de las actividades humanas independientemente de la actividad climática natural.



Se puede determinar que la cadena de sucesos que dan origen a fenómenos meteorológicos extremos comienza con la contaminación por parte de las actividades antropogénicas generando el incremento de Gases de Efecto Invernadero (GEI) los cuales contribuyen al calentamiento global. Son cinco gases que causan al aumento del calentamiento global: dióxido de carbono, en un 53%; metano, en 15%; compuestos halogenados, en un 11%; ozono troposférico, también en 11% y finalmente el óxido nitroso en 11% (IPCC, 2007). Para contabilizar la cantidad de emisiones de GEI que produce el ser humano al fabricar un producto o al realizar sus actividades se cuenta con un instrumento conocido como Huella de Carbono. Ello se considera adecuado ya que el IPCC menciona que la probabilidad que el cambio climático sea debido al hombre tiene una incidencia hasta 95%.

Ahora bien, uno de los agentes naturales más afectados por ambos fenómenos climáticos, es el recurso hídrico. La UNESCO (2016) indica que como el ciclo del agua es inducido especialmente por el clima, entonces puede que la mayor variabilidad de la precipitación y evaporación agraven las variaciones en espacio y tiempo de la oferta y la demanda de agua (p. 18). Actualmente, la disponibilidad hídrica a nivel mundial se encuentra en alerta roja por el incremento de la temperatura global, la cual derrite glaciares y aumenta el caudal de los ríos y el Perú no es ajeno a ello.

El Perú es abastecido de agua principalmente por tres vertientes conocidas como del Pacífico, Atlántico y del Lago Titicaca. Cada una de ellas tiene una disponibilidad hídrica de 2.00, 97.00 y 0.50 % de volumen total de agua aprovechable en nuestro país. Ahora bien; Lima, la capital, abastece a su población gracias a la vertiente del Pacífico que como se mencionó ofrece solo el 2% del volumen total de agua. La vertiente del Pacífico posee 53 cuencas hidrográficas (MINAGRI), de las cuales, tres son las principales. Ellas son la cuenca del Rímac, Chillón y Lurín. La cuenca Lurín tiene una extensión de 1645 km<sup>2</sup> y tiene dos sectores de disponibilidad hídrica. Una de ellos es la cuenca seca donde las precipitaciones son menores a los 100 milímetros, por lo que la escorrentía superficial es escasa y el aporte a las cuencas es mínimo; el otro sector, es la cuenca húmeda donde sí hay aporte de precipitación (CEPES, 1994).

Una de las provincias de Lima, Huarochirí ha sufrido la peor parte por la falta de agua (LAVADO-CASIMIRO, et. al. citado por GÓMEZ, 2015). San Andrés de Tupicocha, un distrito de Huarochirí, ubicado a 3500 msnm, ha sufrido los estragos de la variación climática donde sus pobladores son testigos vivenciales de los cambios en el

clima al pasar de los años donde la época de lluvias inicia normalmente en los meses de abril y mayo, culminando alrededor de octubre dando inicio, en este mes, a las sequías hasta el mes de marzo.

En el ámbito agrícola, el distrito de San Andrés de Tupicocha es uno de los distritos que produce gran cantidad de alimentos para la ciudad de Lima, siendo esta la principal actividad y causa del crecimiento económico de la comunidad. Ellos manifiestan que, en los últimos 20 años, se ha venido observando como las precipitaciones se adelantan o retrasan, en relación a su período de ocurrencia; lo que conlleva a generar cambios no solo en el ecosistema sino en las diferentes actividades antrópicas que en la zona se desarrolla, ya que estaríamos frente a ocasiones de periodos secos y húmedos.

Por otro lado, existe otro término que se asocia directamente con el cambio climático, y este se conoce como variabilidad climática. Esta se define como los cambios ocurrentes en la estabilidad climática en lapsos de tiempo cortos (MONTEALEGRE, 2004). La variabilidad climática, que viene siendo exacerbada por el cambio climático, nos muestra ya los inicios de un cambio en el clima, como lo que estamos viviendo actualmente, generando con ello una alteración en el comportamiento espacial y temporal de las precipitaciones y la temperatura, principales factores climáticos que están directamente ligados a la sostenibilidad del ciclo hidrológico. A su vez, el ciclo hidrológico y por ende la disponibilidad hídrica se ven perjudicados por la alteración de la variabilidad climática. Al generarse la precipitación; ésta puede infiltrarse y escurrirse hacia la cuenca de estudio de acuerdo a las condiciones de suelo, temperatura, cobertura vegetal y otros. El agua que finalmente desemboca en la cuenca, se conoce como disponibilidad hídrica de la cuenca, donde mediante algún procedimiento de extracción el recurso es utilizado.

En vista de la situación expuesta, esta investigación propone identificar la variabilidad climática a futuro, específicamente a los años 2025 y 2050, de tal manera que los resultados del mismo permitan obtener la disponibilidad hídrica, es decir la oferta hídrica, para la población de San Andrés de Tupicocha para esos años. Asimismo, este proyecto tiene la finalidad de proporcionar a la comunidad dos escenarios, lo más certeros posibles, de cambios ocurridos en el recurso hídrico teniendo en cuenta que la población depende del agua propia de las actividades económicas que realizan: agricultura y ganadería.

Ahora bien, si resulta que la disponibilidad hídrica disminuirá por efectos del cambio de la variabilidad climática, entonces la población tendrá dos opciones. La primera, es que la población migre hacia zonas más altas, donde en algún momento por sus prácticas similares referente al uso del agua las que tienen actualmente se continuará con el mismo patrón uso de agua. La otra opción es que los pobladores migren hacia la cuenca baja, donde se ubica la mayor concentración demográfica. Si bien, ello puede satisfacer las necesidades de la población emigrante, también generará un problema secundario, la población en la cuenca baja sería cada vez mayor siendo más difícil el abastecimiento de agua a la población creciente en Lima.

Por otro lado, la investigación consta de tres partes notablemente importantes. El primer apartado, contempla la parte introductoria al tema considerando la formulación de la problemática, los antecedentes y las teorías relacionadas al tema. Como segundo apartado, se identifica la parte metodológica de la investigación tomando en cuenta, la formulación del problema, los objetivos y el planteamiento de las hipótesis; asimismo se considera la forma de análisis de los datos a obtener. Finalmente, se presenta los resultados del proyecto para luego aplicar una discusión de los mismos junto con los antecedentes ya dispuestos. Se espera que esta investigación pueda cumplir su cometido y ser de gran ayuda para el lector, ya sea estudiante o autoridad. Siempre y cuando se busque contribuir al desarrollo de la población rural, el autor de la presente estará dispuesta a brindar mayor información.

## 1.2 Trabajos previos

### 1.2.1 Trabajos previos internacionales

Actualmente estudios ligados a las consecuencias de la alteración de la variabilidad climática en la disponibilidad hídrica son escasos. Por el contrario, existe una gran diversidad de investigaciones donde se ha estudiado el impacto que genera el cambio climático en la disponibilidad hídrica haciendo uso de escenarios establecidos conocidos como RCP's. Entre los diversos estudios internacionales, se puede citar a la investigación desarrollada por ALZATE, ROJAS, MOSQUERA Y RAMÓN (2014) titulada *Cambio climático y variabilidad climática para el periodo 1981-2010 en las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita, norte de Santander – Colombia* donde estudió los cambios en el clima de las cuencas Zulia y Pamplonita donde se han implementado acciones para adaptarse a los cambios en el clima. Durante el avance de la investigación se pudo reconocer la tendencia del cambio climático y el cambio en la variabilidad climática

asociada a El Niño durante los años 1981-2010. Luego de la investigación se concluyó que la temperatura media ha variado en 0.1 y 0.4 °C por cada 10 años, la lluvia se ha incrementado de 0 a 250 mm/década y la ocurrencia de ENSO se presentan durante periodos estacional e interanual, específicamente de diciembre a febrero, junio a agosto y de Setiembre a noviembre. Finalmente, en materia de adaptación al cambio sostiene que se debe promover la publicidad de la información hidrometeorológica a nivel regional haciendo uso de máquinas automáticas para que registren los valores en tiempo real y permita analizarlos en un corto periodo de tiempo.

Uno de los factores de la naturaleza afectados por el clima, es el agua. Muchas investigaciones relacionan a la disponibilidad hídrica con el cambio climático ya que generalmente el impacto es negativo. Así pues, QUEREDA et al. (2014) enfocó su investigación a la *Evaluación de los recursos hídricos en el sistema hidrográfico Mijares-La Plana. Efectos bajo un escenario de cambio climático* desarrolla la proyección de la oferta hídrica a escenarios a futuro al 2025 - 2030. En la metodología empleada se hizo uso del concepto de ciclo hidrológico para igualar el producto de la esorrentía y los aportes totales anuales con la precipitación menos la evapotranspiración real donde se ubicaron estaciones meteorológicas en torno a 300 km<sup>2</sup> de la zona de interés con el fin de obtener los datos de precipitación y temperatura, luego se modelizaron los principales parámetros que influyen en el ciclo hidrológico: la precipitación fue registrada por los 66 observatorios pluviométricos para después ser llevados a interpolación Kriging donde se registraron valores de hasta 800 mm en la zona norte del Sistema del Río Mijares-La Plana durante el periodo 1950 - 2000, por otro lado, se planteó el análisis exhaustivo de la evapotranspiración bajo el método de Thornthwaite y el de Turc. Como resultados se obtiene que la evapotranspiración aumenta hacia el noroeste con la elevación del terreno la evapotranspiración se va reduciendo. Luego, el cálculo de la esorrentía fue trabajada con el método de Turc, finalmente la zona de estudio tiene una esorrentía media de 76 mm, la mayoría del territorio en estudio se encuentra por debajo de los 80 mm de esorrentía media anual. De acuerdo con las proyecciones se establece que para el año 2030 podría aumentar la temperatura 1°C y un 5% de precipitaciones.

Asimismo, WURL, MARTINEZ e IMAZ (2017) desarrollaron el trabajo titulado *Respuesta hidrológica al cambio climático en regiones áridas: caso de estudio en los Comondú, Baja California Sur, México* donde se estudió dos poblaciones: San Miguel de Comondú y San José con el propósito de realizar un análisis histórico de la variabilidad

climática y simular cómo Comondú se enfrenta a los cambios en la precipitación. Luego de la evaluación, se determinó que hay un incremento en la precipitación extrema de 24 horas, lo cual incurre en el riesgo de inundaciones y en la zona poblada y de cultivos. Asimismo, al modelar el comportamiento, se determinó que el área, profundidad y velocidad de la corriente son mayores aumentando el riesgo de inundación en las zonas bajas.

Por su parte, GARCIA, et al. (2012) en su estudio titulado *Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia* menciona los progresos que Colombia ha desarrollado por incrementar el número de estudios relacionados al cambio climático y su influencia en el recurso hídrico. En esta investigación se ha implementado la metodología de rastreo de la variabilidad climática reuniendo literatura acerca de la influencia del cambio y variabilidad climática en el recurso hídrico de Colombia. En suma, de toda la investigación realizada, el autor pudo comprender que los cambios en el clima se han hecho presentes con mayor frecuencia y que tiene incidencia directa en el agua de Colombia, afectando primordialmente a la sustentabilidad del país.

Ahora bien, si se toma en cuenta que los impactos producidos por el cambio climático en el recurso hídrico algunos investigadores han visto la necesidad de conocer la capacidad adaptativa de la población frente a los cambios ocurrientes en su localidad. Tal es el caso de PRADO (2011) quien para optar el grado de magister desarrolló el estudio titulado *Diseño e implementación de una metodología participativa de diagnóstico de la capacidad adaptativa a la variabilidad climática en la cuenca del Cahoacán, México* tuvo como objetivo de desarrollar y validar la metodología de determinación de la capacidad de adaptación por parte de la población dando mayor importancia al manejo y conservación de suelos. La cual finalizó con una metodología basada en la caracterización de la variabilidad climática de la zona y la descripción de técnicas de medio de vida para luego identificar la relación entre estas y finalmente determinar la capacidad de adaptación de los pobladores. Los resultados demostraron que las familias presentan limitante de adaptación a los eventos climáticos, pero presentan dificultades en el ámbito físico y natural.

Por otro lado, FERRELLI, LUJAN Y PICCOLO (2017) en su artículo titulado *Variabilidad climática temporal y sus efectos: aportes al ordenamiento territorial de la costa norte del estuario de Bahía Blanca (Argentina)* donde se analizó la variabilidad del clima a escala de tiempo en base a datos históricos provenientes de la estación ubicada en

Bahía Blanca del periodo 1960-2014. En la metodología se pudo trabajar en base a distintas escalas de la variabilidad climática. Los parámetros climáticos analizados fueron la temperatura, precipitación, viento máximo y la humedad relativa. Para caracterizar al periodo en escalas de humedad se utilizó el Índice Estandarizado de Precipitación (IEP). Finalmente, la variabilidad climática de la zona de estudio muestra una estacionalidad identificable. Las fluctuaciones de precipitación se presentaron durante años muy secos y húmedos que tuvieron una correlación con eventos La Niña y El Niño respectivamente. A raíz de conocer la variabilidad climática a nivel temporal se deduce que cuando ocurren episodios de temperaturas extremas, la población de árboles en la urbe metropolitana puede reducir los efectos no deseados sobre los habitantes urbanos.

También, LOPEZ et. al (2017) en su investigación titulada *Disponibilidad hídrica bajo escenarios de cambio climático en el valle de Galeana, Nuevo León, México* determinó el impacto causado por los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y 8.5 sobre la disponibilidad hídrica en el Valle de Galeana, Nuevo León en el periodo 2015-2030, haciendo uso del software WEAP. Se trabajó sobre dos escenarios de adaptación: uno de ellos se consideró la reducción de la demanda hídrica por el cambio de sistema de riego, el segundo fue el desarrollo de un plan hídrico integral mediante técnicas de reforestación y recuperación de suelos. Finalmente, la situación del acuífero con los escenarios de cambio climático y con el uso actual del agua es crítica, frente a ello al considerar el primer escenario de adaptación (cambio de sistema de riego) se logró una ligera recuperación a partir del año 2023 alcanzando un máximo de recarga de 3.11 Mm<sup>3</sup> durante la época de lluvia; mientras que el segundo escenario de adaptación –plan hídrico integral- también muestran un volumen de recuperación de 27 Mm<sup>3</sup>, sin embargo éste disminuye para el mes de diciembre lo cual la agricultura no debe ser la principal actividad de la zona.

### 1.2.2 Trabajos previos nacionales

También, DIAZ (2014) en su tesis titulada *Evaluación del Efecto del Cambio Climático sobre la Disponibilidad Hídrica en la Cuenca Alta y Media del Río Jequetepeque* buscó evaluar la disponibilidad hídrica a 90 años teniendo en cuenta el aumento de las temperaturas haciendo uso del modelo hidroT. Los objetivos del trabajo fueron calibrar y validar el software hidrológico SWAT para el río Jequetepeque, validar la información climática generada por el modelo regional PRECIS para el tiempo actual y determinar las consecuencias del cambio climático sobre la disponibilidad de agua.

Como resultados se obtuvo que, en los próximos 90 años, el caudal se incrementará hasta en un 122.6 y 96.2%, de la misma manera el flujo base se incrementará hasta en un 213.8 y 118.2% por lo que la disponibilidad hídrica para el periodo del 2085-2095 se incrementa.

Del mismo modo, LEON y HUARHUA (2015) en su tesis titulada *Impacto del cambio climático en la oferta hídrica superficial de la cuenca del río Piura* hicieron uso del modelo hidrológico STREAM el cual evalúa la precipitación y la escorrentía permitiendo así la simulación de disponibilidad de agua. Los autores plantearon el objetivo de analizar las consecuencias en la cantidad de agua superficial del río Piura ocasionado por el cambio climático donde se realizará una proyección a futuro de disponibilidad hídrica bajo las condiciones, también proyectada, bajo escenarios de cambio climático. La metodología realizada comenzó por la preparación de la base de datos y la aplicación del modelo STREAM y finalmente la proyección climática. Primero, se realizó una descripción de la cuenca del río Piura para luego obtener la información pluviométrica, temperatura y caudal correspondiente a 28 estaciones de precipitación, 13 de temperatura y 1 hidrométrica (caudal) administrada por el ANA. Para la interpolación de datos usaron el programa MOSAICC. Los periodos de tiempo trabajados fueron considerados de la siguiente manera: Futuro Cercano (2016-2050) y Futuro Lejano (2051-2099). Finalmente, los caudales simulados demuestran un incremento de la oferta hídrica, por otro lado, la evaluación mensual demostró que los máximos caudales (Mar-Abr) podrían postergarse hacia los meses de Abr-May durante el periodo considerado como futuro lejano.

De igual modo, para VERGARA (2011) ha sido importante conocer la percepción a la variabilidad y por ende desarrolló su investigación titulada *Variabilidad climática, percepción ambiental y estrategias de adaptación de la comunidad campesina de Conchucos, Ancash* ha tenido como objetivo evaluar la percepción de los comuneros de Conchucos acerca de la variabilidad climática para luego compararlo con la caracterización climática de su área de estudio en base a la proyección de las variables de temperatura y precipitación. La metodología utilizada comienza con la recopilación de datos de temperatura y precipitación proveniente de diez estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio, luego los valores numéricos faltantes fueron corregidos con el programa elaborado en el lenguaje Fortran, después se hizo uso del software MATLAB para determinar los promedios mensuales de los parámetros de temperatura, así como la

precipitación mensual por cada año, también se realizó la revisión de los datos para asegurar que sean fiables utilizando el diagrama de cajas para analizar los valores que están muy por encima de los valores normales para luego compararlos con los fenómenos ocurridos como El Niño e información de estados de emergencias del INEI. Una de las conclusiones que llegó el autor fue que el estudio de la variabilidad debería realizarse a una escala local y pequeña ya que el comportamiento climático varía según las estaciones. Además, también especifica que es necesario complementar este estudio con otros que puedan enfatizar en el tema de la variabilidad intraestacional de tal manera que se pueda prever el punto de comienzo de la época de lluvias y los eventos extremos de precipitación, pero para ello es importante contar con una base de datos diario y precisa por lo que el autor recomienda la implementación de una estación meteorológica en la comunidad de Conchucos.

Asimismo, ANCO, CASTAÑEDA y GOMEZ (2015) en su artículo *Percepción a la variabilidad y cambio climático en comunidades campesinas del Valle del Mantaro* tuvieron como objetivo evaluar la apreciación al cambio en el clima en Achipampa y Quichuay y contrastarla con las variaciones en la temperatura y precipitación en estaciones colindantes donde también se ha percibido la variabilidad climática. Una de las conclusiones a las que los autores llegan es que no hay un aparente cambio en los datos de las variables en mención.

LLAMOCCA (2014) en su tesis *Variabilidad de las condiciones climático y meteorológicas en la zona arqueológica Caral-Supe* realizó el análisis de la variabilidad climática y meteorológica en de Caral de tal manera que pueda identificar como varían los patrones climáticos de la región. Dentro de los parámetros analizados se trabajó con la precipitación, humedad, viento, temperatura máxima y mínima del aire analizado en frecuencias mensuales, estacionales, anuales y multianuales con datos obtenidos por estaciones alrededor de la zona de estudio. La metodología empleada en la investigación constó de cuatro fases: la primera, incluyó trabajos de gabinete donde se recolectó información bibliográfica; la segunda fase, se trató sobre el control de calidad de los datos meteorológicos, en estos casos muchas veces hacen falta de datos o hay datos que tienen valores irreales por ello se trabajó con Matlab para la obtención de series mensuales; durante la tercera fase y cuarta fase se describe netamente la variabilidad climática en el valle de Supe – Caral. Al final se obtuvieron que los factores que dan origen al clima de Caral son el Monzón Amazónico, la alta Bolivia, eventos El Niño, Anticiclón del Pacífico



Sur y el movimiento de los vientos. Por otro lado, las temperaturas máximas están relacionadas con los índices océano-atmosféricos en el Pacífico ecuatorial.

En esta investigación se estudiará la subcuenca Chamacna la cual pertenece a la Cuenca del Río Lurín por lo que es importante contar con un estudio preliminar desarrollado por las entidades competentes para describir el actuar del recurso hídrico en dicha cuenca. El último estudio realizado por el INRENA (2004) titulado *Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Lurín* configuró un estudio general y completo sobre la cuenca en estudio donde se concluyó que la oferta de agua en la estación Manchay, hasta el 2004, fue de 4.49 m<sup>3</sup>/s siendo este un promedio anual, además posee un caudal específico de 3.11 lt/s/km<sup>2</sup>. Además, en el campo de la evaluación de la demanda agrícola del Valle Lurín, se desarrollaron escenarios para el año 2004, 2007, 2010, 2020 donde se calculó 92.77, 86.98, 79.52 y 73.24 MMC/año donde también menciona que la demanda poblacional es cubierta por la explotación de las aguas subterráneas. Con esta información se podría realizar una gestión integral del recurso hídrico por parte de la autoridad competente de tal manera que quienes tienen a su cargo la distribución del agua pueda distribuirla a todos los que necesitan, asimismo podría influenciar en el sistema de riego, así como en la ejecución de obras hidráulicas para el beneficio de la comunidad.

Asimismo, el CENTRO GLOBAL PARA EL DESARROLLO Y LA DEMOCRACIA (2013) ha desarrollado el *Plan de Desarrollo Económico Territorial de la cuenca media y alta de Lurín* el cual ha sido concertado por los actores de la cuenca, como las autoridades municipales y líderes comuneros en donde se describe la situación en el medio socioeconómico de la cuenca, luego también propone un modelo para el crecimiento financiero y geográfico de la cuenca alta y media de Lurín. Algunas de las potencialidades del estudio es que propone la correcta gestión del agua mediante la implementación de técnicas ancestrales como la siembra y cosecha de agua, también enfatiza en la mejora de la producción agrícola, haciendo hincapié en la distribución de productos de calidad y diversos, así como la crianza y productos agroindustriales que tenga un valor agregado; finalmente, la promoción del turismo es un proyecto que debería de reforzarse.

Ahora bien, gracias a la Ley 29338 que busca alcanzar una Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Por lo que, bajo esta premisa, se han creado Consejos de Recursos Hídricos, órganos adscritos a la ANA, ello lo evidencia VILLANUEVA (2016) en su tesis titulada *La gobernanza de los recursos hídricos en la cuenca del río Lurín en el marco*

*de la creación del Consejo de Recursos Hídricos de cuenca Chillón, Rímac, Lurín.* Esta investigación tiene como zona de estudio a la cuenca Lurín donde se ha logrado alcanzar la participación amplia e informada de la población durante la implementación del Consejo de Recursos Hídricos (CRH). Específicamente, la autora seleccionó tres distritos de la cuenca, siendo estos, Pachacamac (cuenca baja), Antioquia (cuenca media) y San Andrés de Tupicocha (cuenca alta). Este estudio revela los actores de los distritos estudiados tienen poco o nada de conocimiento acerca de los Consejos, mientras que los que sí conocen sobre el proyecto no le dan la debida importancia que debería de tener para la mejora de la gestión hídrica. Sin embargo, algo que sí revela el presente es que en la cuenca alta del río Lurín, específicamente el distrito de San Andrés de Tupicocha se ha constituido una buena relación y actuación conjunta de la población con su Municipalidad Distrital lo cual es un buen precedente para establecer cualquier proyecto integrado de mejora en la gestión hídrica.

Como, por ejemplo, unas de estas investigaciones las han realizado ÁLVAREZ Y VILLAVARDE (2015) en su tesis *Balance hídrico futuro en la cuenca del río Lurín a través de la modelación hidrológica ante el cambio climático* el cual hace referencia a pronosticar la disponibilidad hídrica a futuro (2010-2065) bajo escenarios de cambio climático, los cuales modifican el comportamiento hidrológico, haciendo uso del modelo hidrológico STREAM. Se trabajó con los modelos climáticos CanESM2 y MPIESM-MR, bajo escenarios climáticos RCP 4.5 (radiación solar media) y RCP 8.5 (radio solar alta). Luego de la simulación, se determinó que la disponibilidad del agua en la cuenca del río Lurín y las variaciones de temperatura se incrementará al año 2065.

GÓMEZ (2016) en su tesis titulada *Impacto del cambio climático en la demanda hídrica de las cuencas Chancay-Lambayeque y Lurín* se ha estudiado las cuencas Chancay-Lambayeque y Lurín donde se recopilaron datos de estaciones meteorológicas en Antioquia, Huarochirí, Manchay Bajo, Matucana, Pacaran, San Lázaro Escamarca, Santa Eulalia y Santiago de Tuna. La metodología empleada en este trabajo comenzó por la sistematización de información, después por calcular la demanda de agua registrada en un periodo anterior, luego se proyectó la demanda de agua y finalmente se evaluó la influencia del cambio climático en la demanda de agua a futuro. En primer lugar, la demanda agrícola, poblacional, pecuaria e industrial en términos históricos se calculó en base a un periodo desde enero de 1980 hasta diciembre de 2012. Luego, para el cálculo de la demanda hídrica a los años 2020 y 2050, se consiguió data por mes y

específicamente de las variables meteorológicas futuras provenientes de 50 estaciones de precipitación, 28 estaciones de T° máxima y mínima para los años 2020-2050 bajo seis escenarios climáticos obtenidos de los modelos CanESM2, MPIESM-MR y CNRM-CM5 y de RCP 4.5 y RCP 8.5, luego se interpoló la información haciendo uso del método de ponderación por distancias IDW. Por otro lado, para calcular la demanda agrícola se obtuvo primero la evapotranspiración futura de las estaciones meteorología a partir de los mapas raster, después se seleccionó cultivos futuros aptos. Para calcular la demanda de agua usado por la comunidad se obtuvo a partir del número de habitantes haciendo uso de la tasa de crecimiento poblacional del INEI luego de obtener el resultado se multiplicó por la dotación de agua para cada habitante de población urbana siendo el valor de 245 lt/hab urbano/día. Para la demanda pecuaria se multiplicó el número de animales por años por las dotaciones respectivas para cada especie. Para la demanda industrial, la dotación fue de 16m<sup>3</sup>/hab urbano/día. Como resultados se obtuvieron que la demanda hídrica para el periodo histórico tuvo la tendencia de aumento siendo el sector agrícola quien requiere más del 95% de la demanda hídrica total en la parte alta. Para la proyección al periodo de 2020 a 2050, en la cuenca Chancay-Lambayeque el sector agrícola requiere 95.3% del agua disponible y en la parte baja requiere el 89.3%; mientras que, en la cuenca alta de Lurín también el requerimiento de agua para la agricultura es mayor que en la cuenca baja siendo 99.2%.

SENAMHI (2016) realizó un estudio titulado *Vulnerabilidad Climática De Los Recursos Hídricos En Las Cuencas de Los Ríos Chillón, Rímac, Lurín y Parte Alta del Mantaro* donde se describe cada una de las zonas de estudio mencionadas haciendo énfasis en las características físicas, además también se estudió como es la variabilidad climática en las misma, para luego calcular la oferta hídrica y proyectar algunos escenarios de cambio climático. Lo resaltante de esta investigación es que en la cuenca Lurín se espera una disminución de la precipitación anual donde las cuencas más afectadas por el cambio serian la cuenca Chamacna, Medio Alto Lurín, Alto Lurín y Canchahuara, mientras que en las cuencas de la parte baja del rio Lurín se proyecta el incremento de la precipitación. Asimismo, la proyección al 2030 demuestra que habrá una disminución en la disponibilidad hídrica en un 5% siendo para la cuenca Chamacna una reducción del caudal en un 44%.

Asimismo, la MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA ha desarrollado el Plan Integral de Cuencas dando origen al “*Plan de Ordenamiento Territorial* donde se

plantea alcanzar el crecimiento urbano sostenible de Lima Metropolitana al Sur, la participación conjunta de las provincias de Lima, Huarochirí y Cañete y mejorar el proceso de las actividades a desarrollarse en la zona al sur de Lima. La zona de estudio de este plan comprende las tres provincias mencionadas. La metodología empleada tiene como base a las cuencas hidrográficas, la división política de los departamentos, provincias o distritos; también a la gestión del manejo del territorio. Respecto a la contribución que tiene este plan en la presente tesis es que se mencionan las características del centro poblado San Andrés de Tupicocha siendo esta información base e importante para cualquier estimación de cantidad de recurso hídrico hábil para la población.

CHACON (2015) en su tesis titulada *Efecto de la variabilidad climática en la disponibilidad de los recursos hídricos en la cuenca del río Huancané* donde se analizó la precipitación pluvial histórica de la cuenca gracias a la información obtenida de estaciones meteorológicas instaladas en el sector de estudio. Asimismo, se calculó el caudal medio anual, producto de escurrimiento superficial y subterráneo, el cual fue calculado de forma directa con la información existente y de forma indirecta utilizando el modelo Lutz Scholtz. Por otro lado, también se analizó otras variables climáticas tales como: temperatura máxima, mínima y promedio anual, la cual aumenta en  $0.017^{\circ}\text{C}$  anual. Del mismo modo, la humedad relativa también se analizó y se obtuvo que disminuye en  $0.67\%$  anual. El caudal medio anual también disminuye a razón de  $0.025 \text{ m}^3/\text{s}$  anual, este parámetro climático fue corroborado al aplicar el modelo Lutz Scholtz donde se aprecia la similitud existente entre el caudal histórico generado y el existente.

JULCAMORO (2017) presentó su investigación titulada *Evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río El Tuyo en el distrito de Catilluc, provincia de San Miguel – Cajamarca, 2017*. El autor se trazó el objetivo de utilizar un modelo hidrológico para calcular la microcuenca del río El Tuyo el cual consiste en transformar la precipitación media mensual en caudales medios mensuales mediante el modelo determinístico-estocástico Lutz Scholz. La aplicación de este modelo muestra una relación directa con la precipitación que durante los meses lluviosos presenta un incremento y en los meses de estiaje presenta una disminución. Como resultados se obtuvo que el río El Tuyo tiene un caudal de  $8.37 \text{ m}^3/\text{s}$  y se estima que en un periodo de 5 años el caudal medio mensual supere los  $10.53 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 1.3 Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1 Variabilidad Climática

Se ha descrito que normalmente el clima presenta una característica estabilidad de acuerdo con sus características atmosféricas (CSIRO, 2015). Sin embargo, con el pasar de los años, el clima varía temporal y/o espacialmente presentando fluctuaciones durante periodos cortos (VERGARA, 2011). Dichas fluctuaciones se han originado principalmente, por modificaciones en los componentes del sistema climático y por cambio en los factores radiativos forzantes (PABÓN, 1998 citado en MONTEALEGRE y PABON, 2000). A éste intervalo de fluctuaciones se le conoce como variabilidad climática; término que a menudo se confunde con el cambio climático. Por tanto, se presentarán diversos conceptos de la variabilidad climática y luego las definiciones para cambio climático.

De acuerdo al IPCC, la variabilidad climática se relaciona con las “variaciones del estado promedio del clima en escalas temporales y espaciales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos”. Según esta definición, la variabilidad climática está de acuerdo con el estado promedio del clima; es decir, al evaluar algún factor atmosférico modificante del clima, se debe tomar en cuenta el valor medio de los máximos y mínimos. Además, MONTEALEGRE y PABÓN (2000) indican que la variabilidad climática se puede determinar por las fluctuaciones ocurrentes en el clima durante periodos muy cortos, en un año puede registrarse datos que exceden o disminuyen la línea normal. Así pues, este autor atribuye algo adicional a la variabilidad climática definida por el IPCC, que las fluctuaciones ocurren en periodos relativamente cortos.

Por otro lado, la variabilidad climática también se distingue del cambio climático ya que la variabilidad es un proceso que ocurre de principalmente de manera natural por interacción de los componentes del sistema climático, así lo resalta CSIRO (2015, p.23):

“la variabilidad climática ocurre naturalmente dentro del sistema climático, debido a la interacción "interna" de los procesos físicos, por ejemplo, a través de procesos caóticos o mediante el intercambio de calor dentro y entre la atmósfera y el océano”.

En lo citado se menciona que es influenciado por factores internos dentro de la superficie terrestre; sin embargo, el mismo autor refiere que también pueden ser influenciados por factores externos al sistema climático, como, por ejemplo, “los cambios en la composición atmosférica de la actividad volcánica, actividades antropogénicas, cambios en la producción del Sol (radiación solar) o cambios en la órbita de la Tierra

alrededor del Sol” (CSIRO, p.23, 2015). Lo que estos ejemplos tienen en común es que modifican el intercambio normal de radiación entre la tierra y la atmósfera. Por tanto, la tierra debe responder cambiando estos flujos de energía para restaurar el equilibrio radiativo. Del mismo modo como el clima se establece de acuerdo al tiempo y espacio, la variabilidad climática también se define temporal y/o espacialmente con respecto a los promedios considerados.

Por un lado, en términos temporales se puede citar la variabilidad “diaria, intraestacional, estacional o interanual” (AMADOR Y ALFARO, 2009). Asimismo, la SNP (2015) señala que la variabilidad climática incluye transiciones como “estacionalidad, verano o invierno; interanualidad, episodios de El Niño y La Niña; periodicidad, periodos cálidos o fríos; nivel de secularidad, alta y baja variabilidad”. El curso sucesivo de los patrones mencionados origina la conceptualización de variabilidad climática influenciando en el clima característico de una región y a nivel mundial. Es decir, la variabilidad climática describe la forma en que “los elementos climáticos, como la temperatura y las precipitaciones, parten del valor promedio en meses, estaciones, años, décadas o siglos dados” (CSIRO, 2015). Un ejemplo de ello es que no todos los inviernos consecutivos serán iguales, algunos pueden ser más fríos y más cálidos que el promedio a largo plazo.

Por otro lado, en términos espaciales se puede ejemplificar cuando se “desarrolla una clasificación climática por zonas [donde] cada una de ellas [sea] relativamente homogéneas en espacio y tiempo con respecto a las variables” (AMADOR Y ALFARO, 2009).

Como se señaló anteriormente, las fluctuaciones del clima se atribuyen al concepto de variabilidad climática según los valores promedio de una variable meteorológica. Ahora bien, a este concepto se le atribuye el término conocido como normal climatológico el cual se obtiene a partir de mediciones realizada por un periodo no menor a treinta años. A continuación, se muestra la conceptualización del término normal climatológico o valor normal.

### **Tiempo Atmosférico**

Frecuentemente, el término clima se utiliza erróneamente por el común de la población e incluso de programas televisivos quienes informan sobre cómo será el “clima de mañana”. El clima no puede ser determinado de un día para otro; sin embargo, lo que sí se puede

determinar en tan corto plazo es el “tiempo atmosférico”. Ahora bien, la diferencia entre ambos términos no es muy complicada. Por un lado, el término tiempo atmosférico se refiere al estado de la atmosfera a corto plazo tomando en cuenta los parámetros de precipitación, temperaturas, viento, humedad y otros (AMADOR Y ALFARO, 2009).

En términos más simples, el tiempo atmosférico es el estado de la atmósfera en un lugar y momento determinado. Asimismo, éste se puede determinar tomando en cuenta a los factores del tiempo como la presión, temperatura, humedad, viento, el nivel de nubosidad y fenómenos especiales que puedan ocurrir (SAN GIL, DE RIVERA y GONZALES, 1986, p. 01). Por ejemplo, si las condiciones atmosféricas normales en época de verano en Lima son que la temperatura se encuentre a 27°C, sin precipitación ni nubosidad y un día cualquiera del mes de verano presente precipitación ligera y una reducción de la temperatura, lo que ha cambiado no es el clima de Lima, sino el tiempo en Lima. Por consiguiente, es importante que se conceptualice correctamente el término clima y las diferencias existentes entre términos que se asocian.

### **Clima**

A continuación, se presentan los distintos conceptos que se usan para definir el clima. Para el DRAE (2017), el clima es las condiciones de la atmosfera que caracterizan una región, por lo que lo correcto es decir que una región posee un clima determinado en base a la frecuencia de ocurrencia de las mismas condiciones atmosféricas a lo largo de un periodo de tiempo y no por la variación de las variables meteorológicas en un momento. Asimismo, MONTEALEGRE Y PABÓN indican que el clima es:

“el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, el cual se caracteriza por los estados y evoluciones del tiempo en un lugar o región determinado, o en el planeta entero, durante un período de tiempo relativamente largo” (2000).

Del mismo modo, VARGAS (2009) define estadísticamente al clima como la variación en el valor medio y/o en las características del clima (temperatura, nivel del mar, precipitaciones, pauta eólica, etc.) que permanece por un largo tiempo mayor a 10 años”. En pocas palabras, el clima es el conjunto de situaciones atmosféricas que identifican a una región dependiendo de su predominancia a lo largo de un periodo de tiempo considerable.

El clima existe gracias al conjunto de actores que proveen las condiciones necesarias para su determinación, al conjunto de estos se define como sistema climático. Por lo tanto, el sistema climático o sistema global se “compone de un conjunto de

entidades o subsistemas que condicionan el clima de la tierra” (VILAR, 2009) y está conformado por cinco componentes: “la atmósfera, los hidrosfera u océanos, criósfera o capas de hielo, la biosfera o conjunto de organismos vivos, la geósfera o suelos, sedimentos y rocas” (PÉREZ-CRUZ, 2012). En suma, el sistema climático es todo lo que rodea y que da origen al clima característico de una localidad o región.

Ahora bien, el sistema climático debe tener una entrada de energía para que realice su funcionamiento. HOUGHTON, et al. (1997) menciona que el ingreso de energía solar, balanceada gracias a la salida de energía infrarroja, es lo que permite el correcto funcionamiento del sistema climático global.

Asimismo, el clima de una región se ve influenciado por factores que darán origen a condiciones atmosféricas que concluirán con la determinación del clima característico del lugar. MONTEALEGRE (s.f.) menciona que los factores que conforman el clima es el entorno físico y geográfico los cuales se mantienen en el tiempo y permanecen en el espacio donde existe un intercambio de energía y calor. Estos factores son la latitud, altitud y relieve, la proximidad o lejanía del mar, las corrientes y la vegetación.

El Perú es el país que posee 28 de los 34 climas existentes en el mundo, para dar lugar a ello las condiciones atmosféricas se han visto influenciadas principalmente por la Cordillera de los Andes, la Corriente de Humboldt y por la ubicación del país en la zona intertropical (SENAMHI).

### **Normal Climatológica**

VARGAS (2011, p.17) enfatiza que la normal climatológica se usa para establecer el clima característico de una localidad siendo esta la representación de una serie continua de mediciones para un parámetro climatológico el cual debe ser analizado por un periodo mayor a treinta años. Esta variabilidad se va a manifestar durante lapsos relativamente cortos, así pues, durante un año, se pueden reconocer valores sobre o debajo de un valor estándar (OMM, 2011).

La OMM (s.f.) afirma que el uso de la normal climatológica tiene dos finalidades principales. El primer objetivo es actuar como referencia para la comparación de las observaciones recientes y para sustentar datos anómalos, es decir, son un método de referencia que sirve para que luego se evalúe las condiciones. La segunda finalidad es que se utilizan para prever las condiciones atmosféricas que puedan darse en una zona



específica (OMM, s.f.), en otras palabras, se puede predecir las condiciones posibles que se experimentaría en un determinado lugar.

Usualmente, la Normal Climatológica se ha determinado calculando la media aritmética de los valores de un elemento climático. Al respecto, la OMM (p.68, 2011) establece que la media aritmética ofrece una descripción incompleta del clima y menciona que usualmente se calculaba la normal climatológica a través de obtener el promedio como normalmente se hace, siendo éste método inestable ya que los datos tienden a aglutinarse alrededor del valor central. Así pues, la media ofrece una descripción incompleta del clima y en ocasiones es necesario obtener información adicional sobre “otros aspectos de la distribución de frecuencias y el comportamiento estadístico del elemento analizado”.

De acuerdo con el Reglamento Técnico de la OMM N°49 (2017), en reconocimiento de la necesidad de establecer una base estable para la evaluación a largo plazo del cambio en el clima y de la variabilidad climática, el lapso de tiempo de datos para calcular la normal climatológica reglamentaria se debe evaluar de corrido por 30 años; de tal manera que, en este periodo, el elemento -como la precipitación- muestre alguna tendencia. Por ejemplo, desde el 01-01-1981 al 31-12-1991 y luego de 31-12-2020, y así sucesivamente el cual permanecerá para siempre hasta nuevo aviso.

### 1.3.2 Disponibilidad Hídrica

Para el ANA (2012) en su Glosario de Términos define a la disponibilidad hídrica como la “capacidad de uso de los recursos hídricos para satisfacer las necesidades de la población, la preservación de los ecosistemas naturales y los factores políticos y económicos”.

En el caso peruano, son tres agrupaciones de cuencas hidrográficas que abastecen al Perú de agua: la del Pacífico, la del Atlántico, la del lago Titicaca (MINAGRI, s.f.). PNUD (2009) presenta la siguiente información que nuestro país tiene una extensión de 1'285,215 km<sup>2</sup> con una oferta de agua de 2'045,609 Hm<sup>3</sup> con 159 cuencas hidrográficas; las cuales se dividen en 279,689; 956,751 y 48,775 km<sup>2</sup> para las vertientes del Pacífico, Atlántico y Titicaca teniendo disponibilidad hídrica de 37,030; 1'998,405 y 10,174 Hm<sup>3</sup> respectivamente. Toda aquella información evidencia que la zona que ocupa la Vertiente del Pacífico, la costa, es la que tiene la mayor población del Perú; sin embargo, la disponibilidad hídrica es la mínima con respecto a la vertiente del Pacífico, lo cual genera

un problema de desbalance hídrico. Mientras que la vertiente que cuenta con mayor disponibilidad hídrica (97.7%) abastece a una población de 9'188,482 de habitantes.

### **Formación de la precipitación**

Básicamente, la precipitación se forma por acción de la evaporación del agua caída a la superficie terrestre. En ello influye la temperatura de la atmosfera, ZAVALA (2012) menciona que, gracias al calor existente en el aire, el vapor de agua asciende, para luego enfriarse finalmente se condensa a un estado líquido, así se forma la niebla, nubes o cristales de hielo. Los núcleos de condensación son una parte importante en la formación de lo mencionado, así pues, partículas de 0.1um hasta 10 um son los actores principales para la formación de la precipitación. Los núcleos de condensación son los óxidos de nitrógeno y sulfuro, partículas de sal que se evaporan de la superficie marina y partículas de polvo. Para el caso de las nubes, las partículas que las conforman son tan ligera que solo un pequeño movimiento del aire hacia arriba puede soportar su peso. La forma de precipitación puede ser mediante llovizna (gotas que caen uniformemente), chubasco (gotas de mayor tamaño y que caen violentamente).

### **Tipos de precipitación**

La precipitación convectiva se forma cuando “una masa de aire cálido tiende a elevarse por ser menos pesado que el aire de la atmosfera circundante” (UDEP). Por otro lado, la precipitación orográfica resulta por acción del transporte del aire húmedo desde el mar hacia una montaña por una pendiente en forma ascendente. Finalmente, la precipitación ciclónica está asociada “al paso de una perturbación ciclónica” y se produce cuando dos masas de aire de distintas características se ponen en contacto y el contacto de una produce la ascensión frontal de la otra (Figura 1).

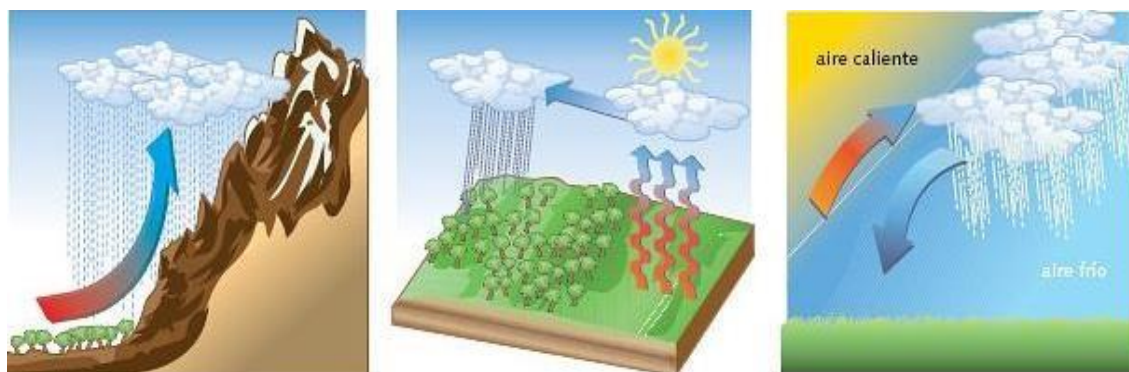


Figura 1. Tipos de precipitación (orográfica, convectiva, ciclónica)

Fuente: ANTONIO (2014)

## **El ciclo del agua**

El agua es un elemento imprescindible para la continuidad de la vida en la Tierra. Sin este recurso, sería imposible cualquier forma de vida en el planeta, hasta el más pequeño ser necesita del agua. Sin embargo, para que el agua se encuentre accesible a todos debe cumplir un proceso de formación, conocido como ciclo hidrológico, el cual refiere en sus cambios de estados, así como en su forma ya sea superficial o subterránea (CHEREQUE, 1989, p. 01).

El ciclo hidrológico es el movimiento cíclico del agua que comienza en la atmósfera y se precipita hacia la superficie terrestre; un porcentaje se infiltra al subsuelo y otro tanto es la escorrentía superficial que termina en cuerpos de agua que fluyen por los ríos, y luego regresa a la atmósfera mediante la evaporación y la transpiración (ANA, 2015, p. 414).

Para que el ciclo hidrológico sea recurrente, debe la actuación a dos principales actores: Una de ella es la acción del sol, el cual provee de energía para evaporar al agua; y la otra causa es la gravedad de la tierra, la cual permite que el agua en la atmósfera descienda a través de la precipitación y el escurrimiento (ORDOÑEZ, 2011).

Para entender las etapas que forman el ciclo hidrológico, la WMO (2015) describe que el proceso comienza en algún cuerpo de agua (océanos, lagos u otros) donde se da lugar a la primera fase, la evaporación, gracias a la acción del calor del sol (Figura 2). Además, establece que el agua evaporada tiene una segunda fase, la condensación, para luego dar lugar al tercer paso, la precipitación, que, por acción de la gravedad, el agua que al inicio se evaporó, regresa a las fuentes originales y en su recorrido atiende las necesidades de los organismos vivos que encuentra a su paso. Una vez en el océano se vuelve a evaporar, y el proceso forma un ciclo que se repite constantemente.

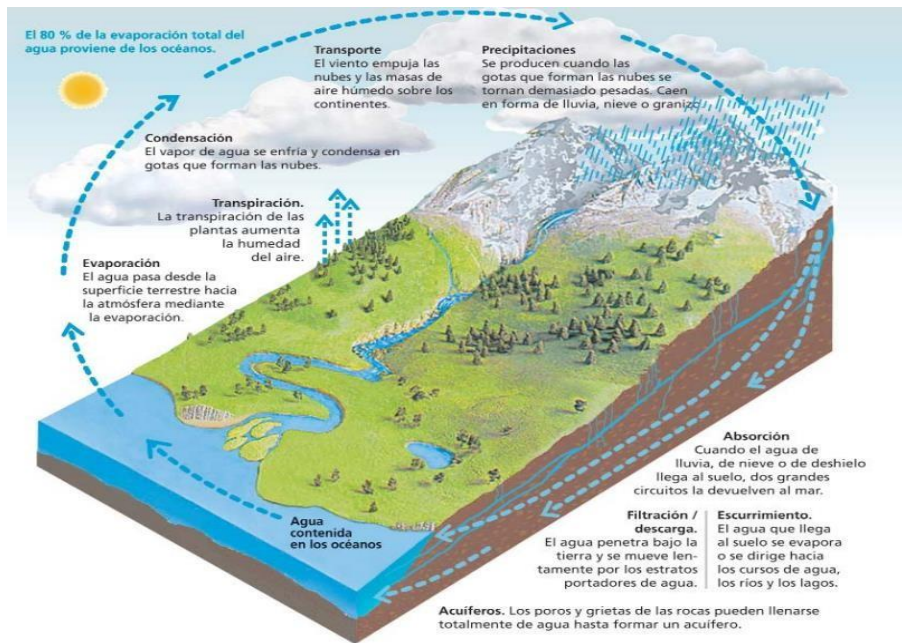


Figura 2. Ciclo hidrológico

Fuente: VERA y CAMILLONI

A continuación, se detallará cada fase del ciclo hidrológico propuesta por VERA y CAMILLONI quienes brindan una definición más detallada de los procesos intervinientes en el ciclo del agua, siendo éstos los cuales se considerarán en la investigación.

### ***Evaporación***

Como primer proceso del ciclo del agua se encuentra la evaporación. Éste se conceptualiza como el proceso encargado de transformar el agua líquida en un estado gaseoso, donde es necesario que la humedad atmosférica sea menor que la superficie de evaporación, además requiere el aporte de energía suficiente para lograr el proceso de evaporación; por ejemplo, para que un gramo de agua pueda evaporarse necesita 540 calorías de energía de calor (ORDOÑEZ, 2011). Asimismo, PINTO et al. (1976) indica que la evaporación se basa en la transformación del agua líquida, en vapor de agua. Esta fase puede llevarse a cabo debido a la acción de los rayos solares. TUCCI (2004, p. 253) afirma que no solo la radiación solar actúa sobre la evaporación, sino también intervienen otros parámetros como la temperatura del aire, viento y presión de vapor.

### ***Transpiración***

La transpiración se conoce como al proceso de pérdida de vapor de agua por parte de las plantas hacia la atmosfera (AZCON-BIETO y TALÓN, 2013). Básicamente, el proceso necesita de condiciones en el medio como la cantidad de energía existente para vaporizar el agua, la gradiente de concentración y la magnitud de las resistencias. Del mismo modo,

BATEMAN (2007) indica que la transpiración es consecuencia del proceso de respiración de las plantas o “paso de agua a través de las raíces hacia las hojas y la atmósfera”. PINTO hace mención que la transpiración se denomina a la evaporación de agua de las plantas por acción de su fisiología considerando a la “humedad del suelo, tipo y estadio de desarrollo de las plantas, área foliar y de la capacidad de evaporación de la atmósfera que, a su vez, depende del grado de humedad relativa del aire atmosférico, de la temperatura del aire y de la velocidad del viento” (1976).

Si bien es cierto la transpiración y evaporación se refieren a la conversión del agua líquida a gaseosa, la primera se refiere a la conversión del agua que se encuentra en las plantas, mientras que la evaporación se refiere al cambio de estado del agua que se encuentra en el suelo. A continuación, se muestra en la Figura 3, la diferencia entre transpiración y evaporación.

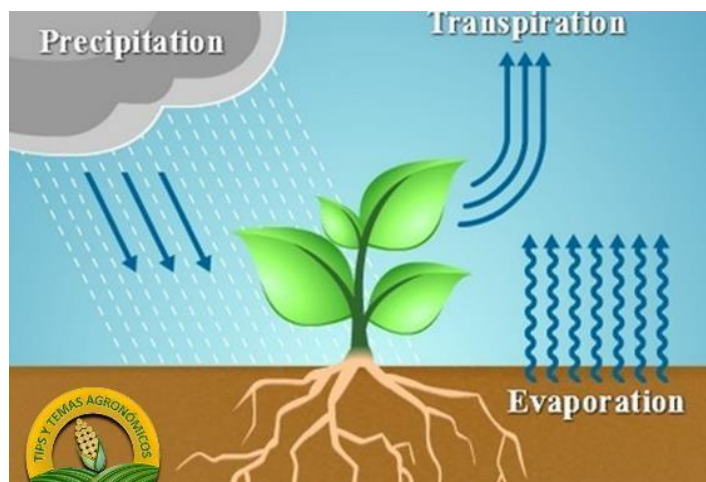


Figura 3. Diferencia entre transpiración y evaporación

Fuente: TIPS y temas agronómicos

### ***Evapotranspiración***

La evapotranspiración es una combinación de procesos de evaporación y transpiración. TUCCI (2004) menciona que la evapotranspiración se considera como la pérdida de agua por evaporación del suelo y de la transpiración de la planta.

Por otra parte, para poder medir la evapotranspiración, TUCCI (2004) plantea que existen los siguientes métodos:

*Medidas Directas:* Lisímetro, medidas de humedad de suelo

*Métodos basados en la temperatura:* Thornthwaite, Blaney-Criddle

*Métodos basados en la radiación:* Ecuación de Jensen y Haise

*Método combinado:* Ecuación de Penman

### ***Condensación***

La condensación se define como la conversión del agua en estado de gas a líquido. PEREZ (s.f.) indica que este proceso ocurre cuando un vapor se enfría o cuando la presión es tanta que comprime al gas. Cuando el vapor de agua se condensa naturalmente en superficies frías, se le conoce como rocío (s.f.). Del mismo modo, VERA y CAMILLONI (s.f.) brindan una descripción similar, siendo que la condensación se refiere al momento que el vapor de agua se enfría y condensa en gotas que forman las nubes. Por tanto, según esta definición se puede concluir que las nubes son una formación proveniente de la condensación gracias al ascenso de corrientes en la atmosfera (LORENTE, 2017)

### ***Transporte***

Para que ocurran estos procesos mencionados, es necesario que exista algún agente que movilice las partículas contenidas en la atmosfera. VERA y CAMILLONI (s.f.) mencionan que el viento es el principal actor para el transporte de las nubes y las masas de aire húmedo sobre los continentes. Del mismo modo, La RED AMBIENTAL DE ASTURIAS indica que el transporte es una fase del ciclo hidrológico el cual se refiere al “movimiento de las masas de agua en estado líquido por toda la superficie terrestre formando ríos, lagos, mares y océanos”.

### ***Precipitación***

La precipitación es “cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre. Esto incluye básicamente: lluvia, nieve y granizo” (SANCHEZ, s.f.). VERA y CAMILLONI (s.f.) indican que cuando las nubes se vuelven muy cargadas por acción del peso de las gotas de agua, entonces caen en forma de lluvia, nieve o granizo.

Para poder analizar los datos de las precipitaciones en una cuenca, es necesario contar con metodología que permitan el desarrollo de una investigación. Al respecto APARICIO (1992) ha reunido tres métodos para calcular la precipitación media en una zona donde no hay estaciones pluviométricas en cada punto; por ejemplo, en una cuenca puede que no existan aparatos pluviométricos en toda la zona.

### ***Absorción***

VERA y CAMILLONI (s.f.) mencionan que cuando lo precipitado de las nubes alcanzan el suelo, el agua debe es devuelta al mar de donde fue su fuente inicial mediante dos procesos: la filtración y el escurrimiento

*La filtración:* Es cuando el agua ingresa a las capas internas del suelo, el cual discurre a través del subsuelo. Del mismo modo BATEMAN, (2007) menciona que en este proceso existe una transferencia de agua desde la superficie del terreno hacia las profundidades dependiendo de la morfología y composición del terreno.

*Escorrimento Superficial o Escorrentía:* CHOW, (1996) menciona que éste se refiere al deslizamiento de agua que discurre *sobre* el suelo. Del mismo modo, MURILLO (2010) lo define como el movimiento de agua por la superficie del terreno hacia los cauces de drenaje durante y después de la precipitación; además menciona que éste escurrimiento demuestra la que la capacidad de infiltración del suelo ha llegado a su punto máximo.

*Escorrimento Sub-superficial:* Es el deslizamiento de agua que discurre *a través* de las primeras capas del suelo hacia las corrientes. MURILLO (2010) indica que este escurrimiento se refiere al agua de lluvia que se infiltra y se mueve lateralmente por los primeros estratos del suelo; asimismo, el flujo de agua se torna más lento que el escurrimiento superficial.

*Escorrimento Subterráneo:* Se refiere al discurrimento de agua infiltrada en los mantos subterráneos que luego descarga a las corrientes fluviales. MURILLO (2010) refiere que el agua se infiltra hasta llegar a los niveles freáticos teniendo un movimiento más lento.

## **Métodos de cálculo de precipitación**

### ***Método aritmético***

Se basa en calcular el promedio aritmético de las alturas de precipitación registradas en cada estación usada en el análisis:

$$\bar{h}_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{pi} \quad (1)$$

Dónde:

$h_p$ : altura de la precipitación media

$h_{pi}$ : altura de la precipitación registrada en la estación  $i$

$n$ : número de estaciones bajo análisis

### ***Polígonos de Thiessen***

CHOW, et al (1994), menciona que este método se basa en la teoría que la precipitación en cualquier punto de la cuenca es igual a la que se “registra en el pluviógrafo más

cercano; luego la profundidad registrada en un pluviógrafo dado se aplica hasta la mitad de la distancia a la siguiente estación pluviométrica en cualquier dirección” (Chow, et al., 1994) Este método consiste en lo siguiente. Primero, seleccionar las estaciones más próximas entre si y unir las (línea punteada), de tal manera que se formen triángulos donde sus vértices representen las estaciones pluviométricas. Luego se trazan líneas que bisectan los lados de los triángulos (línea continua recta). Después, cada estación quedará rodeada por las líneas recta y, en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca. El área que quede dentro de los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente. Finalmente, la precipitación media se calculó como un promedio pesado de las lluvias registradas en cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente (Figura 4).

$$\bar{h} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i h_{pi} \quad (2)$$

Dónde:

$A_i$ : área de influencia de la estación  $i$

$A_T$ : área total de la cuenca

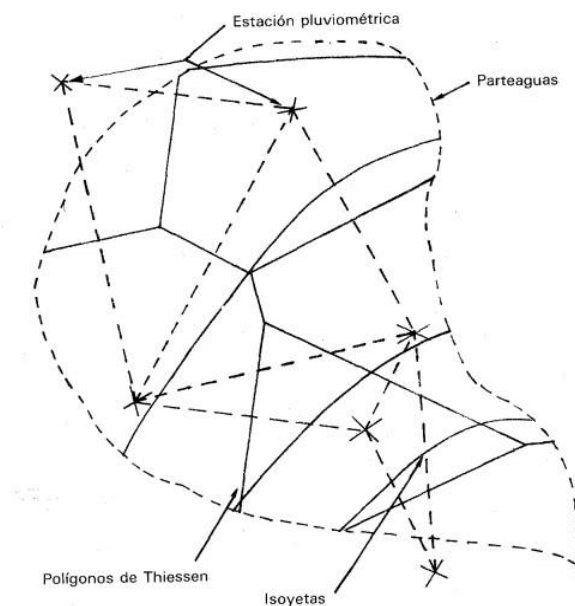


Figura 4. Forma de aplicar el método Thiessen

Fuente: APARICIO, Francisco (1997).

### ***Método de las isoyetas***

Con la información previa de las estaciones, se dibuja líneas que unan puntos que tengan igual precipitación (isoyetas) (Figura 5). La precipitación ahora se calcula tomando en cuenta que el peso es el área  $A'$  entre cada dos isoyetas y el parteaguas de la cuenca, y la



cantidad que se pesa corresponde a la altura de precipitación promedio entre las dos isoyetas  $\bar{h}_i$ . SANCHEZ (s.f.) propone otra fórmula para calcular la precipitación media.

$$P_m = \frac{S_1 P_1 + S_2 \frac{P_1 + P_2}{2} + S_2 \frac{P_2 + P_3}{2} + \dots + S_N P'_n}{S_{total}} \quad (3)$$

Dónde:

$A_i$ : área de influencia de la estación  $i$

$A_T$ : área total de la cuenca

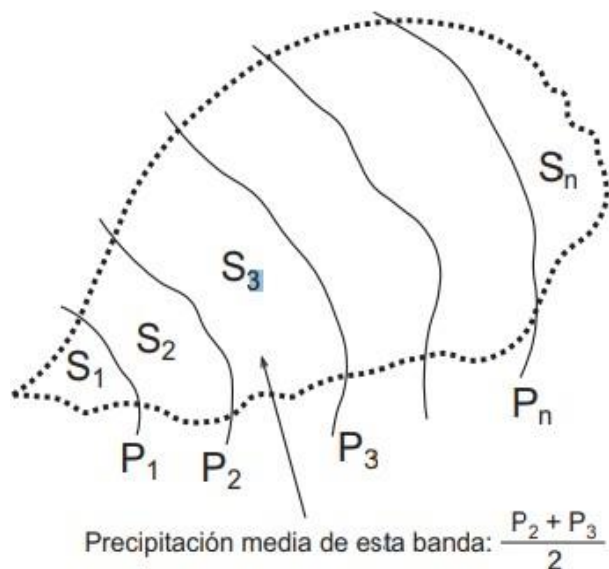


Figura 5. Método de las isoyetas

Fuente: BATEMAN (2007)

### ***Sistema Hidrológico***

Un sistema es un conjunto de elementos que al interactuar produce un efecto entre sus integrantes. ORDOÑEZ (2011) menciona que un sistema es un conjunto de elementos que interactúan como un todo donde el ciclo del agua puede representarse como un sistema donde la evaporación, condensación y la precipitación son sus principales componentes. Por ejemplo, muchos consideran a la tierra como un sistema cerrado, lo cual se refiere a que en el sistema global no gana ni pierde materia ni agua; así pues, se entiende que el agua que se formó en un principio, aún se mantiene en el planeta y ello se debe a que existe el recorrido cíclico del agua (VERA y CAMILLON, s.f.).

Por otra parte, se considera a la cuenca como un sistema debido a la integración de sus componentes biofísicos como el agua, el suelo, la flora, la fauna y el ser humano, quienes deben mantener un equilibrio ya que, si uno de estos componentes es afectado, entonces todo el sistema es puesto en peligro (UMAÑA, 2002)

## **Gestión Integrada de Recursos Hídricos**

Para el MINAM (2012) en su Glosario de términos para la Gestión Ambiental Peruana define a la gestión integrada de los recursos hídricos como:

un proceso que promueve, en el ámbito de la cuenca hidrográfica, el manejo y desarrollo coordinado del uso y aprovechamiento multisectorial del agua con los recursos naturales vinculados a ésta, orientado a lograr el desarrollo sostenible del país sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas.

De esa forma, se establece que la gestión integrada de recursos hídricos es la correcta administración coordinada entre distintos sectores para que pueda ser aprovechado en lo necesario y sea un camino para la sostenibilidad del país.

Las cuencas forman sistemas y subsistemas interrelacionados, interdependientes e inseparables, por ello la gestión por cuenca requiere de herramientas integrales de planeación, instrumentos de política y sistemas de participación social para el aprovechamiento correcto de los recursos naturales.

OLLERO, et al. (2008) indica que para proteger un río como ecosistema, es vital proteger de antemano su dinámica hidromorfológica porque éstas características van a garantizar la protección de todos los elementos del sistema.

### **Cuenca**

SANCHEZ, GARCÍA Y PALMA (2003) sostienen que la cuenca hidrográfica encierra la zona territorial donde la particularidad es que el agua precipitada discurre hacia un cauce en común que es un afluente más grande, como, por ejemplo: un lago, laguna o el mar. Asimismo, ATL (2010) menciona que por cuenca se entiende al “espacio formado por el escurrimiento de un conjunto de ríos, que se encuentra determinado por elevaciones que funcionan como parteaguas de estos”. Es decir, una cuenca posee límites que dependen de la topografía del lugar y de la línea divisoria de aguas. Por otro lado, el MINAM (2012) en su Glosario de términos para la Gestión Ambiental Peruana define a la cuenca hidrográfica como el espacio geográfico delimitados por la cima de los cerros y la divisoria de aguas por donde discurre el agua de las precipitaciones para luego desembocar a un río, lago o mar donde existe interacción entre los factores naturales, socioeconómicos y culturales.

Por otra parte, la cuenca hidrológica que no solo toma en cuenta el agua superficial de la cuenca, sino que también incluye el agua del subsuelo por lo que cuando se considera

los aspectos geológicos de la cuenca, entonces se puede identificar la existencia de acuíferos y zonas de recarga (MAASS, 2015).

En cuanto al área que debe tener una cuenca, SANCHEZ, GARCIA y PALMA (2003) afirman que para que un espacio territorial sea considerado cuenca, debe tener una superficie mayor a 50,000 ha., mientras las que tienen de 5,000 a 50,000 ha son consideradas subcuenca, y las que tienen de 3,000 y 5,000 ha se conocen como microcuencas pudiendo tener menos de 3,000 hectáreas.

Una cuenca tiene partes importantes que se deben conocer. Al respecto, SANCHEZ, GARCIA y PALMA (2003) explican que el parteaguas, laderas y un cauce principal forman parte de una cuenca. Por un lado, el parteaguas se refiere a líneas divisorias que surgen naturalmente en el territorio de donde se origina los descensos de agua proveniente de las lluvias, esta parte son las zonas más elevadas de las montañas siendo una separación de una cuenca con otra. Por otro lado, las laderas o vertientes son “tierras ubicadas en las vertientes más altas, éstas a su vez derivan en un conjunto de arroyos”. Luego, los sistemas de drenaje de la cuenca son formadas gracias a la rugosidad del terreno reuniendo el caudal de las precipitaciones y escurrimientos para llevarlos hasta un cauce común de tal manera que el destino final sea un cuerpo de agua más grande, pudiendo ser una laguna o el mar. Adicionalmente, APONTE (2013) considera una parte más a la cuenca, siendo el valle las zonas más bajas donde puede predominar la actividad agrícola y la estadía poblacional (Figura 6).

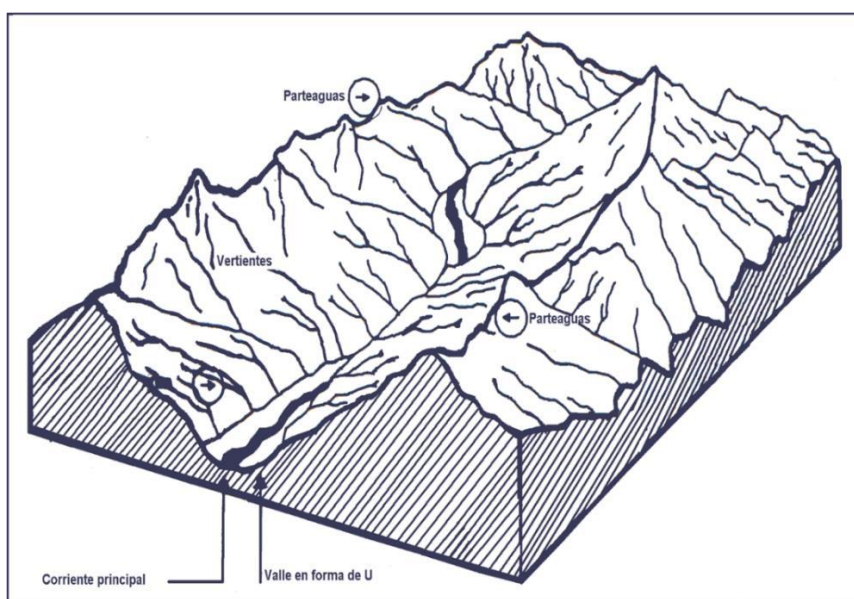


Figura 6. Partes de una cuenca

Fuente: SANCHEZ, 1987

Una cuenca no solo comprende el espacio natural y territorial, sino que también abarca temas como sociedad. Por tanto, SANCHEZ, GARCIA y PALMA (2003) resaltan que la cuenca debe tener un enfoque humano-bio-físico integrado, siendo que el comportamiento del agua sea gestionado no solo por la naturaleza sino por procesos sociales y legislativos donde sus componentes hacen que el comportamiento del agua no comprenda solamente a los procesos naturales, sino también a la parte social que involucra la gestión la cuenca. Actualmente, la cuenca “es reconocida internacionalmente como el territorio idóneo para gestionar el agua y los recursos naturales vinculados con ella” (MAASS, 2015). Del mismo modo, MALDONADO DE LEÓN et al. (2001) indica que las cuencas “son unidades territoriales” donde se establece una relación entre los sistemas hídrico, económico y social. Así pues, ambos autores tienen una perspectiva más amplia de lo que significa cuenca, no solo observa la parte territorial, sino que también menciona que la cuenca debe ser vista desde un panorama de actuación del hombre en sus diferentes aspectos.

Por lo cual, conociendo la definición integrada de cuenca, es necesario tomar en cuenta acciones de manejo de cuencas los cuales deben formar parte de la gestión ambiental de las mismas ya que se debe priorizar la disminución de efectos negativos y fortalecer los aspectos positivos.

### **Subcuenca**

El MAPAMA define a la subcuenca como el área territorial donde existe afluencia de la escorrentía superficial que descienden por las corrientes de ríos y lagos hacia un curso de agua. Por otro lado, AVENDAÑO menciona que una subcuenca es el espacio geográfico que agrupa a todos los ríos secundarios que desembocan en un cauce principal. Asimismo, AGUIRRE (2007) define a una subcuenca como una superficie donde el agua superficial discurre por un afluente o arroyo secundario (Figura 7).

### **Microcuenca**

Se considera microcuenca cuando la afluencia de ríos menores que desembocan en una subcuenca (Figura 7). Al respecto ORDOÑEZ (2011) menciona que “una micro cuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca; es decir, que una Subcuenca está dividida en varias microcuencas”.

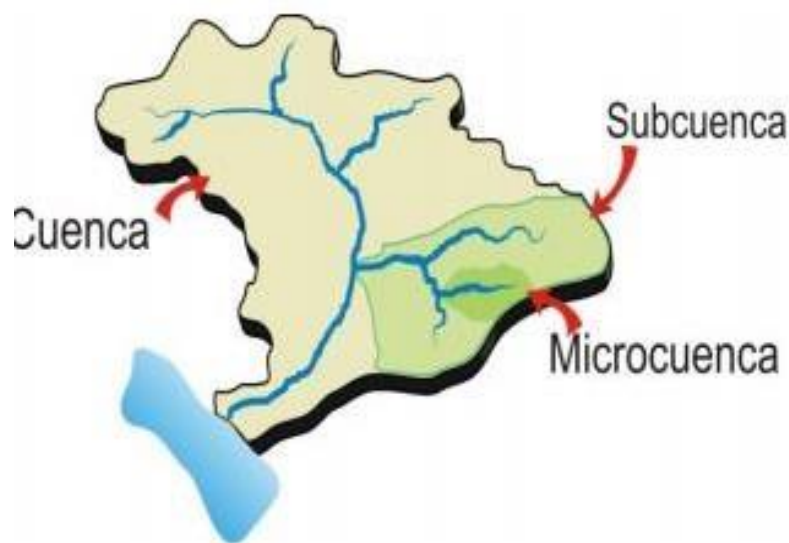


Figura 7. Cuenca, subcuenca y microcuenca

Fuente: ORDOÑEZ (2011)

### 1.3.3 Caracterización de una cuenca

La caracterización de una cuenca consiste en cuantificar todos los parámetros que formen parte de la estructura física y territorial para establecer fortalezas y limitaciones de sus recursos naturales (UMAHÑA, 2002). Es decir, caracterizar una cuenca se refiere a describir todo lo existente en la cuenca relacionado a lo que el analista quiera investigar, así como para identificar los problemas presentes y potenciales (FUNDESYRAM, s.f.)

Ahora bien, una caracterización hidrogeomorfológica se refiere a la caracterización netamente de la geomorfología e hidrología de la cuenca en estudio. Para conocer un poco más del término hidrogeomorfología, DIAZ Y ANTON (2002) hacen una breve descripción del mismo, mencionando que la hidrogeomorfología se dedica a estudiar los procesos y formas relacionadas a la dinámica hídrica. Además, menciona, que esta rama de la geomorfología analiza los regímenes meteorológicos y climatológicos (precipitaciones), modalidades espaciales de infiltración, las zonas de recarga de acuíferos, la existencia y características de los escurrimientos superficial, torrencial y subterráneo, la erosión acuática, las áreas de afloramiento de las napas, y demás. Una caracterización hidrogeomorfológica de una cuenca en estudio permite encontrar la relación existente con el ciclo hidrológico (CARE, 2011), de tal manera que se realice los ajustes necesarios en los resultados preliminares.

## Parámetros geométricos o de superficie

### *Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)*

Este parámetro geomorfológico contempla el área territorial limitada por su contorno - conocida como divisoria de aguas o parteaguas- y con la desembocadura de la afluencia de ríos (SANTISTEBAN, s.f.). Además, se menciona que, para trazar correctamente la delimitación de una cuenca, se debe tomar en cuenta que el trazo debe realizarse siguiendo las altas cumbres, debe cortar ortogonalmente a las curvas de nivel y no debe cortar ninguno de los cauces de la red de drenaje (Figura 8).

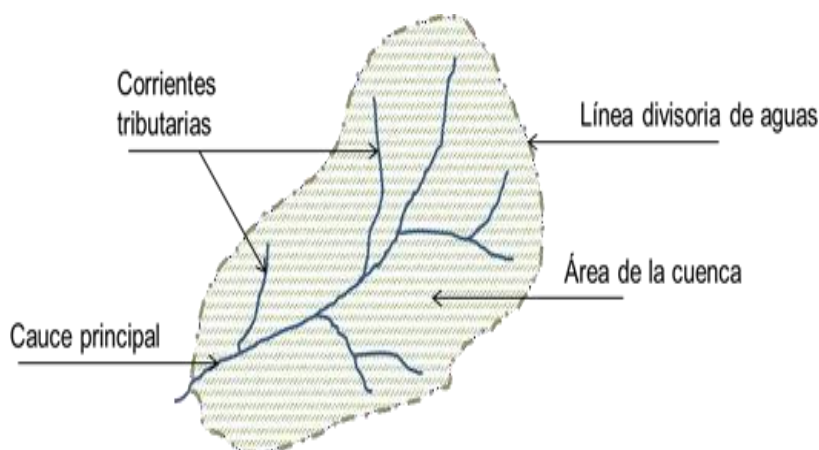


Figura 8. Delimitación del área de una cuenca

Fuente: CORDOVA, Manuel (2016)

### *Perímetro de la cuenca (km)*

La Figura 9 describe el perímetro, definido como la longitud del contorno (límite externo) del área de la cuenca una vez proyectada en un plano horizontal. Este parámetro es necesario para determinar la forma de cuenca y “conocer si es alargada o redondeada” (CORDOVA, 2016)

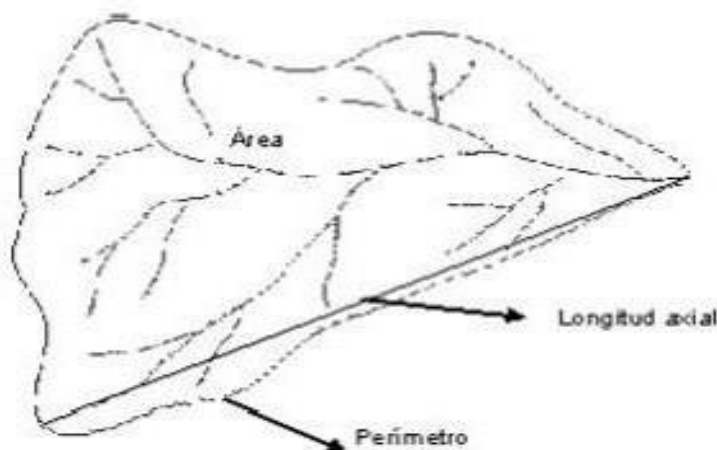


Figura 9. Perímetro o contorno de la cuenca

Fuente: RIVEROS, Milagros (2016)

## Parámetros Morfológicos

### Forma de la cuenca

La forma de la cuenca es un parámetro que puede definir la susceptibilidad de la zona a la degradación. LOPEZ-Pérez, et al. (2015) menciona que una cuenca que tiene la forma circular está expuesta a una rápida degradación por el drenaje que discurre, ello debido a que el “tiempo de concentración es menor y el gasto pico se presenta en corto tiempo”.

### Coefficiente de compacidad o de Graveliús

Formula la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área equivalente (VILLELA y MATOS, 1975, p. 13). Para ello se utiliza la siguiente formula:

$$k_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \approx 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (4)$$

Dónde:

P = Perímetro de la cuenca (km<sup>2</sup>)

A = Área de la cuenca (km)

La Figura 10 presenta los valores comunes para el coeficiente de compacidad los cuales se podrían determinar gracias a la forma de la cuenca.

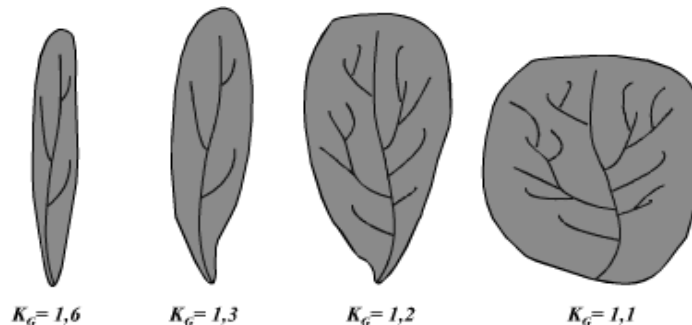


Figura 10. Valores de Kc según las formas de las cuencas

Fuente: MUSY, 2001

### Factor de forma

Este parámetro explica la elongación de una cuenca (Tabla 1). Para determinarlo, se emplea la siguiente ecuación:

$$Ff = \frac{A}{L^2} \quad (5)$$

Dónde:

A=Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

L=Longitud de la cuenca (km<sup>2</sup>)

La longitud de la cuenca puede considerarse bajo tres criterios: “la longitud del cauce principal considerando su sinuosidad, el eje del mismo o la distancia entre el punto de control de la cuenca y el punto más alejado”.

Tabla 1. Valores aproximados del factor de forma

<b>Factor de forma (aprox.)</b>	<b>Forma de la cuenca</b>
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: PEREZ (1979)

### ***Inclinación media de la pendiente***

Se calcula de la siguiente manera:

$$S_m = \frac{1}{DA} * \sum(S_i * DA_i) \quad (6)$$

Dónde:

$S_m$ = Inclinación media de la pendiente

$DA$ =Área total de drenaje

Luego se divide a la cuenca en subáreas en base a las cotas topográficas, por ejemplo, cada 200 m de altura, entonces se considerará que:

$S_i$ = Pendiente media de cada subárea

$DA_i$ =Subáreas que se han considerado

### **Parámetros de relieve**

#### ***Pendiente media de la cuenca ( $S_c$ )***

Conocer este parámetro es de suma importancia debido al efecto que genera en el recorrido del agua que cae a superficie terrestre donde determina la velocidad con la que el agua se mueve y la erosión que produce. Para calcular la pendiente media se utilizan diversos métodos como por ejemplo el criterio de Alvord, Horton y Nash; sin embargo, para efectos de esta investigación se calculará mediante ArcGis. Según PEREZ (1979), citado por Delgadillo, al terreno se le puede asignar una característica clave de acuerdo el valor de la pendiente (Tabla 2).



Tabla 2. Tipo de terreno de acuerdo a la pendiente

Pendiente media (%)	Terreno
0-2	Llano
2-5	Suave
5-10	Accidentado medio
10-15	Accidentado
15-25	Fuertemente accidentado
25-50	Escarpado
>50	Muy escarpado

Fuente: PEREZ (1979)

### ***Curva hipsométrica***

Es la representación gráfica del relieve medio de la cuenca donde se recopila las longitudes proporcionales a las superficies proyectadas en la cuenca que se encuentran entre curvas de nivel consecutivas; mientras que en el eje de las ordenadas se considera la cota de las curvas de nivel.

### ***Cobertura vegetal***

La cobertura vegetal tiene gran importancia en la regulación del ciclo hidrológico. Y no solo ello, sino que también protege al suelo de la erosión (OCHOA CUEVA, et.al., 2015).

Se conoce como a la capa de la vegetación que cubre toda la superficie terrestre, teniendo una gama de posibilidades de biomasa, pudiendo ser pastizales hasta los bosques naturales. También se considera como cobertura vegetal a la biomasa introducida por el hombre como el área cultivada (BENNETH, 1999).

### **Parámetros de la red hidrográfica**

#### ***Pendiente media del canal***

Éste parámetro es de gran importancia pues condiciona la velocidad del escurrimiento superficial y en cierta parte puede predecir la erosión del suelo (UMAÑA, 2002). Se calcula de la siguiente manera:

$$pmc = \Delta h/L \quad (7)$$

Dónde:

$\Delta h$  = Diferencia en elevación entre la salida de la cuenca y el punto más alejado del canal

$L$  = Longitud del canal

### *Densidad de drenaje*

La densidad de drenaje expresa la “capacidad de desalojar un volumen de agua dado” (LOPEZ Cadenas Llanos, 1998). Si luego de aplicar la ecuación 8, el valor resultado es mínimo, el suelo se puede entender que es poco erosionable ya que está cubierto de vegetación y pendientes planas; mientras que los valores altos indican que las precipitaciones intervienen rápidamente en la descarga de los ríos.

$$Dd = \frac{L_i}{A} \quad (8)$$

Dónde:

Dd = Densidad de drenaje

$L_i$  = Largo total de los cursos de agua (km)

A = Superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>)

### *Orden de los cauces*

El orden de cauces se define por la cantidad de ríos aportantes que se unen al cauce principal. Para evaluar y ordenar la cuenca se hace uso de uno de los métodos, este es el método Strahler proporciona una guía para ordenar los cauces (Figura 11).

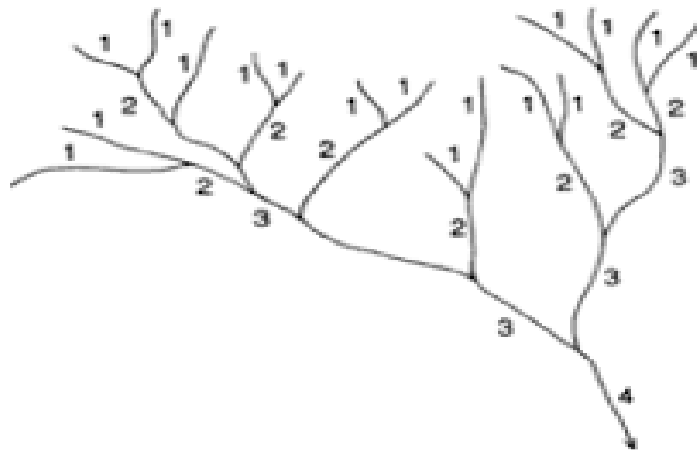


Figura 11. Orden de la red hidrográfica por el método de Strahler

Fuente: CHESTER, et al. (2017)

El método describe que a los cursos que son considerados nacientes, se les otorga el valor de 1; además cuando dos de estos cauces nacientes se unen, ahora se asigna el valor de 2; finalmente cuando existe la unión de dos cauces con valor dos, la magnitud del cauce crece por lo que se asigna 3 y así sucesivamente. Cuando dos valores se unen y son iguales, el valor aumenta; mientras que, si se encuentran dos cauces con valores distintos, el cauce mantiene su valor superior.

### *Caudal de escorrentía*

Se refiere al caudal máximo de escorrentía quien es directamente proporcional a la intensidad máxima de la lluvia. Este método fue propuesto por Lloyd George en 1906, este parámetro permite hallar el caudal que escurrirá por una sección, tomando como suposición que la lluvia tendrá una misma intensidad por una duración D, además será uniforme en toda la cuenca.

$$Q_{max} = CiA \quad (9)$$

Dónde:

$Q_{max}$ = Caudal máximo en la sección de cálculo

C=Coeficiente de escorrentía medio ponderado

I=Intensidad media máxima para una duración igual al tiempo de concentración de la sección de calculo

A=Área total de la cuenca vertiente en la sección de calculo

### *Coeficiente de escorrentía*

CELLERI (s.f.) describe este parámetro como la relación existente entre el volumen de agua escurrido por la superficie y el volumen de agua de la precipitación. Éste parámetro permitirá conocer el nivel de evapotranspiración promedio. Si este coeficiente presenta una variación, entonces los otros dos parámetros que dependen de éste pueden aumentar o disminuir (precipitación y caudal) y por lo cual hubiera un cambio en la evapotranspiración (Tabla 3).

$$C = \frac{\text{Volumen de caudal}}{\text{Volumen de precipitación}} \quad (10)$$

Tabla 3. Coeficiente de escorrentía según tabla de Prevert

Uso del suelo	Pendiente (%)	Textura del suelo		
		Arenoso – limoso Limoso - arenoso	Limoso Limoso - arenoso	Arcilloso
Bosque	0 – 5	0.10	0.30	0.40
	5 – 10	0.25	0.35	0.50
	10 – 30	0.30	0.40	0.60
	>30	0.32	0.42	0.63
Pastizal	0 – 5	0.15	0.35	0.45
	5 – 10	0.30	0.40	0.55
	10 – 30	0.35	0.45	0.65
	>30	0.37	0.47	0.68
Cultivo agrícola	0 – 5	0.30	0.50	0.60
	5 – 10	0.40	0.66	0.70
	10 – 30	0.50	0.70	0.80
	>30	0.53	0.74	0.84

Fuente: PREVERT (1986) citado por la Universidad de Coruña

### ***Intensidad Máxima***

La intensidad máxima de precipitación se puede calcular en base a la siguiente fórmula propuesta por la Universidad PAERIA, quien menciona que:

$$I = \left(\frac{P'd}{24}\right) * (Po)^{\frac{28^{0.1-D^{0.1}}}{28^{0.1}-1}} \quad (11)$$

Dónde:

I = Intensidad de precipitación por un periodo de D horas (mm/h)

P'd = Precipitación máxima corregida en un día

D=Duración efectiva de la lluvia para la que se quiere calcular la intensidad I.

Po=Dato de escorrentía en condiciones de humedad

### ***Precipitación media areal***

La precipitación media areal es el cálculo que se realiza cuando existen puntos determinados en la cuenca con datos de precipitación y estos son usados para determinar el promedio de precipitación en toda un área determinada.

### ***Escurrimiento***

El escurrimiento es la parte de la precipitación que aparece en las corrientes fluviales superficiales, perennes, intermitentes o efímeras, y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores. Dicho de otra manera, es el deslizamiento virgen del agua, que no ha sido afectado por obras artificiales hechas por el hombre.

### ***Coficiente de torrencialidad***

ROMERO (1987) relaciona el número de cauces de agua que tienen orden uno y el área de la cuenca. Mientras haya mayor número de cauces con valor 1, la torrencialidad será mayor. Ello se debe a que el agua tiene una velocidad de descarga mayor, mientras que el agua recorre muy poco para dirigirse al cauce.

$$Ct = \frac{N_1}{A} \quad (12)$$

Dónde:

Ct = Coeficiente de torrencialidad

N<sub>1</sub> = Número de cauces de orden 1

A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

## Tratamiento de la información climatológica

### *Precipitación*

Sin duda, la precipitación es el parámetro más importante para aplicar un modelo hidrológico ya que constituye la masa inicial de agua a la entrada al sistema hidrológico.

### *Temperatura atmosférica*

Del mismo modo, la temperatura es un factor indispensable para el cálculo de la evaporación. En términos de la temperatura, según HUAMAN (2013), se puede distinguir diferentes temperaturas tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Variabilidad temporal de la temperatura

	Diaria	Mensual	Anual
<b>Tmin</b>	Temperatura más baja del día Media aritmética de las Tmax del mes.	Media aritmética de las Tmin del mes.	Media aritmética de las Tmin mensuales.
		Absoluta: Valor más bajo de la Tmin observada en el mes	
<b>Tmax</b>	Temperatura más alta del día	Media aritmética de las Tmax del mes.	Media aritméticas de las Tmax mensuales
		Absoluta: Valor más alto de la Tmax observada en el mes	
<b>Tmedia</b>	Media aritmética de la máxima y mínima temperatura del día.	Media aritmética de las temperaturas medias diarias	Media aritmética de las temperaturas medias mensuales.
<b>Oscilación</b>	Diferencia entre las Tmax y Tmin.	Es la media aritmética de las oscilaciones diarias	Diferencia entre las temperaturas medias del mes más cálido y del mes más frío
		Absoluta: Diferencia entre la Tmax y Tmin absolutas.	

Fuente: Elaboración propia basado en HUAMAN (2013)

## Tratamiento de la información hidrometeorológica

La completación y extensión de datos tiene su fundamento en el “relleno” de información faltante a través del cálculo aproximado de una estación cercana con mayor cantidad de datos con otra que no tiene mucho registro (ORTIZ, 1995). Para llevar a cabo este tratamiento, es necesario conocer las metodologías que implica ello.

### *Método de promedio aritmético*

El método promedio aritmético aplica para el estimar los valores mensuales y anuales que no existen en el registro. Se debe aplicar la siguiente formula:

$$P_x = \frac{\sum P_i}{n} \quad (13)$$

Dónde:

P<sub>x</sub>: Precipitación mensual faltante (mm)

P<sub>i</sub>: Precipitación mensual en la estación “i” (mm)

N: Número de estaciones con registros incompletos

### ***Ecuación de regresión lineal simple***

Otro método es la aplicación de la *ecuación de regresión lineal simple* donde se expresa en forma de modelo matemático según la siguiente fórmula:

$$Y_i = a + bX_i \quad (14)$$

Dónde:

Y<sub>i</sub>: Variable dependiente

X<sub>i</sub>: Variable independiente

a, b: Parámetros de la ecuación de regresión

#### 1.2.4 Cuenca Lurín

##### **Ubicación**

La cuenca del río Lurín se ubica en la zona sur de Lima, la parte alta y media pertenecen a la provincia de Huarochirí mientras que la parte baja se ubica en Lima Metropolitana. La cuenca tiene una superficie de 1.719,96 km<sup>2</sup> y una longitud de 106 km y ello comprende 10 distritos: Santiago de Tuna, Tupicocha, San Damián, Langa, Lahuaytambo y San José por la parte alta, mientras que Antioquia y 15 comunidades campesinas comprenden la zona media; finalmente la parte baja está determinada por los distritos de Cieneguilla, Pachacamac y Lurín (CGDD, 2012) (Anexo 1).

##### **Clima e hidrología**

En la cuenca se puede distinguir aproximadamente 6 variedades de clima (Tabla 5) lo cual se relaciona con la altitud y se muestran a continuación:

Tabla 5. Tipos de clima de acuerdo a la altitud

Tipo de clima	Altitud (m.s.n.m.)
Extremadamente árido y semicálido	0 a 800
Árido y semicalido	800 a 2200
Semiárido y templado	2200 a 3200
Sub-húmedo y templado frio	3200 a 3800
Húmedo y frígido	3800 a 4800
Muy húmedo y gélido	4800 a 5000

Fuente: Elaboración propia

Según CGDD (2012) indica que las principales fuentes de agua de la cuenca son provenientes de las lluvias en la zona alta y media, así como de algunos glaciares y lagunas (fuentes superficiales). Ahora bien, la comunidad no solo se abastece de ellas, sino también del bombeo de extracción de agua subterránea.

El aporte de agua superficial proviene principalmente de la unión entre el río Chalilla con el río Taquia (Anexo 3). Sus afluentes son Taquia, Llacomayqui, Tinajas, Numicanha y Canchahuara por el margen izquierdo, mientras que por la margen derecha se encuentra Chamacna (VILLACORTA, et. al, 2014).

### **Actividades Económicas**

Las actividades económicas que se desarrollan a lo largo de la cuenca son la agricultura y ganadería y el desarrollo de los sistemas de andenes y amunas con el fin de almacenar el agua proveniente de las lluvias de tal forma que sea de uso durante la época de sequía.

### **Ingresos económicos**

El CGDD (2012) menciona que los ingresos económicos van de 210, 152 y 410 soles en la parte alta, media y baja de la cuenca respectivamente. Con respecto al nivel de pobreza, indica que en la cuenca alta se percibe un 48% de pobreza, mientras que en la cuenca media la pobreza contempla el 26% y un 34% de la población de la cuenca es considerada pobre en la zona baja.

#### 1.3.4 Subcuenca Chamacna

### **Ubicación**

La subcuenca Chamacna (Anexo 2) pertenece a la cuenca Lurín la cual está situada al sur de Lima y su ubicación geográfica, demarcación hidrográfica, política y ubicación referencial se detalla en la Tabla 6, Figura 12.

Tabla 6. Ubicación de la subcuenca Chamacna

Ubicación Geográfica			
UTM Norte (x)	8672801	UTM Este (y)	339460
Latitud Sur	11°59'59.4''S	Longitud Oeste	76°28'29.4''W
Demarcación Política			
Departamento	Lima	Provincia	Huarocharí
Distrito	Antioquia (parte baja) y San Andrés de Tupicocha (parte alta)		
Demarcación Hidrográfica			
Norte	Cuenca Rímac	Este	Subcuenca alta río Lurín y Qda. Pachachaca
Sur	Subcuenca Media 1 río Lurín	Oeste	Subcuenca Media 2 río Lurín

Fuente: Elaboración propia

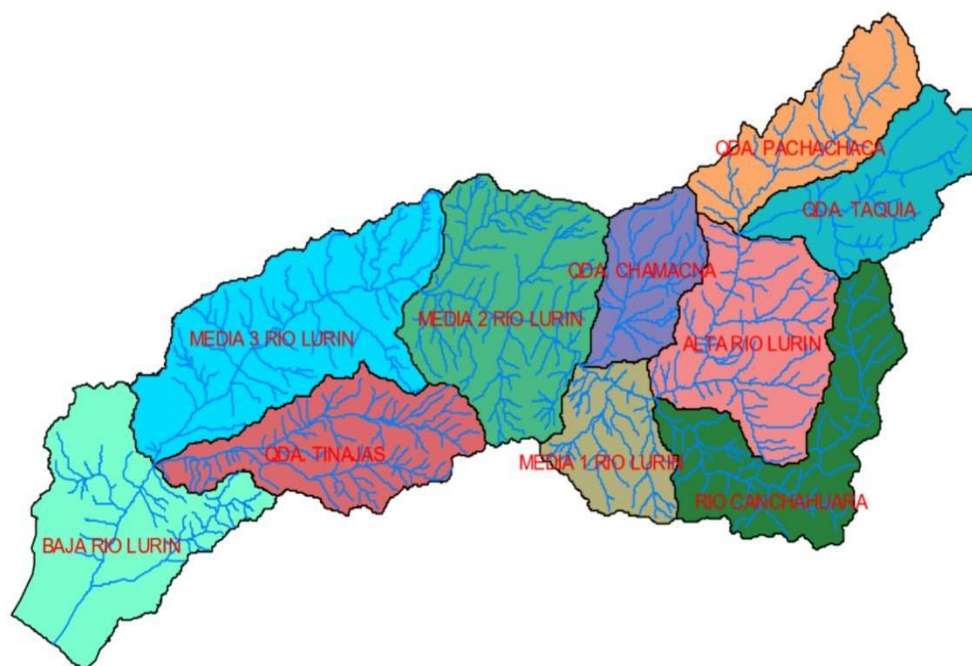


Figura 12. División hidrográfica de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

### **Población en interés: San Andrés de Tupicocha**

#### ***Ubicación***

La provincia de Huarocharí tiene 32 distritos, de los cuales, uno de ellos es San Andrés de Tupicocha (Anexo 5). Este distrito se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Lurín, se encuentra entre los 2500 y 4800 m.s.n.m. (MARTINEZ, 2010).



### ***Relieve***

El relieve del distrito de San Andrés de Tupicocha posee características geográficas como montañas, quebradas, peñas pampas y bosque de rocas. La Municipalidad Distrital de San Andrés de Tupicocha reconoce las siguientes formaciones geográficas: *montañas*, como Pilta, San Miguel; *quebradas*, como, Cantajoayque, Ricrica; *peñas*, como Piedra Boca, Peña Blanca; *pampas*, como Ururí, Huanpuca; y *bosque de rocas*, como Cerro Pancosa, Piedra Tren, Cerro Pescado.

### ***Hidrografía***

San Andrés de Tupicocha es un distrito que sufre de escasez de agua en por temporadas. A pesar de ello, los tupicochanos tienen como principal actividad económica a la agricultura. Esta actividad se realiza generalmente en época de lluvias (Municipalidad de San Andrés, 2017). Por otro lado, teniendo en cuenta los recursos hidrográficos naturales, esta comunidad no cuenta con ríos de donde captar el agua para su uso, como sí lo hacen otras comunidades como San Damián. Sin embargo, sí cuentan con manantiales de “Ururí, Ausurí, Challa, Casama, Ancashcoto, Puaquiayele, Cosanche, Bertacoña, Puquio Sangre, etc.” (MARTINEZ, 2010). Asimismo, la comunidad ha desarrollado tecnología ancestral, conocida como Amunas, para almacenar en pequeñas represas de tal manera que el agua sea almacenada y que posteriormente sea utilizada para fines agropecuarios.

### ***Flora***

El distrito de San Andrés de Tupicocha cuenta con variadas formaciones vegetales que le dan un característico entorno a su panorama. En general, la Municipalidad de Tupicocha refiere que algunos ejemplos de flora predominante de la zona son: “taya, yauli, mito, pega, cactus, wariruma, chictatana, chupasangre, shutanco, huanarpo, amor seco, ortiga, trébol, altamez, chilca, zapatito de zorro, cola de caballo, cantuta, muña, hinojo, lluca, cactus variados, etc.”

### ***Fauna***

MARTINEZ, T. (2010) menciona algunos de los animales predominantes de la zona, siendo estos Tortolitas, perdices, zorzal, gavilanes, búhos, gorriones, picaflores, pitos, cernícalos, golondrinas, cóndor, patos, wachwas, zorro, zorrillo, vizcachas, culebras, víboras, corralillos, lagartijas, escarabajos, etc.

## *Clima*

La cuenca del río Lurín tiene un clima desde el tipo semicálido (18.6°C) en la costa, al tipo polar (0°C) en los nevados (CEPES, s.f.). Según el Mapa Climático del Perú elaborado por el SENAMHI en base al método de Thornthwaite, la subcuenca Chamacna se encuentra ubicada en dos zonas climáticas: Semiseco, templado y húmedo y Semiseco, semifrío, húmedo.

### 1.4 Formulación del problema

#### 1.4.1 Problema General:

¿Cuál será la tendencia de la disponibilidad hídrica a los años 2025 y 2050 con respecto a la variabilidad climática de 1970 a 2017 en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín?

#### 1.4.2 Problemas Específicos:

**Problema específico 1:** ¿Cómo es el comportamiento histórico (1970 a 2017) de la precipitación en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín?

**Problema específico 2:** ¿Cómo es el comportamiento histórico (1970 a 2017) de la temperatura en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín?

**Problema específico 3:** ¿Qué relación existe entre el comportamiento de la precipitación y las características hidrogeomorfológicas de la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín?

**Problema específico 4:** ¿Cómo será el comportamiento de la precipitación a los años 2025 y 2050 en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín?

### 1.5 Justificación del estudio

La variabilidad climática, que viene siendo exacerbada por el cambio climático, nos muestra ya los inicios de un cambio en el clima, como lo que estamos viviendo actualmente, generando con ello una alteración en el comportamiento espacial y temporal de las precipitaciones y la temperatura, principales factores climáticos que están directamente ligados a la sostenibilidad del ciclo hidrológico. A su vez, el ciclo hidrológico y por ende la disponibilidad hídrica se ven afectados por el cambio de la variabilidad climática. Al generarse la precipitación; ésta puede infiltrarse, escurrirse hacia la cuenca de estudio de acuerdo a las condiciones de suelo, temperatura, cobertura

vegetal y otros. El agua que finalmente desemboca en la cuenca, se conoce como disponibilidad hídrica de la cuenca, donde mediante algún procedimiento de extracción el recurso es utilizado.

Es por ello, que el tema de estudio fue seleccionado debido a la observación de la problemática expresada en la sección 1.5. En resumen, de la problemática, la comunidad de San Andrés de Tupicocha ha experimentado la constante variación e inestabilidad del clima a lo largo de los últimos 40 años. Al realizar una primera visita a la localidad se logró dialogar con los dirigentes comunales y el alcalde, ellos manifestaron que hoy en día no se puede saber si el clima será uniforme la mayoría del tiempo. Además, la frase de “ya no se sabe si es verano o invierno” o la expresión “se supone que debía llover y no llueve” se hacen cada vez más cotidiano mencionarlás.

Es importante destacar que la comunidad de San Andrés de Tupicocha depende casi en su totalidad de la actividad agropecuaria. Ello lo puede reafirmar GSSAC (2006) quien indica que “la principal actividad de la población es la agricultura, ésta se combina con la crianza de vacunos, ovinos, caprinos y animales menores, además del comercio”. Es por ello que la precipitación es tan valiosa en esta zona GSSAC también establece que “las actividades agrícolas son de secano”, a saber, los cultivos depende en su gran mayoría de la precipitación por lo que es vital calcular la disponibilidad hídrica de la Subcuenca Chamacna la cual será la que recepcione toda la escorrentía o descarga de cualquier forma de agua, de tal manera que la población satisfaga sus necesidades básicas y elementales clasificadas como seguridad poblacional y seguridad alimentaria.

Esta investigación busca proporcionar a la comunidad de San Andrés de Tupicocha un panorama de la realidad hidroclimática actual y futura respecto a la variabilidad climática al 2025 y 2050. La relevancia de la presente investigación subyace en que los escenarios de disponibilidad hídrica proyectados al 2025 y 2050 en base a la variabilidad climática como consecuencia del cambio climático, permitirán generar los escenarios de disponibilidad hídrica de tal manera que la gobernanza de la localidad de San Andrés de Tupicocha tome decisiones acertadas en materia de adaptación al cambio climático.

Ahora bien, la población tiene el derecho y la obligación de conocer su realidad en cuanto a su nivel de vulnerabilidad. La importancia de la presente investigación radica en el nivel de información que proporcionará a las autoridades competentes, de tal manera que el Estado pueda implementar políticas locales y regionales que les permita disminuir las afecciones que pueda generar los cambios en el clima, principalmente el

sector agropecuario. Al respecto, GUERRERO (2009) indica que es de vital importancia tener conocimiento acerca de cómo afectará el Cambio Climático en la estabilidad social de la localidad y de acuerdo al conocimiento obtenido, ESPINO y YAMASHIRO (2012) sostienen que una vez que la población comprenda la variabilidad climática y las modificaciones en su modo de vida, éstas adoptarán “medidas de gestión adecuadas para cada estado ambiental”. Para BAIGÚN (2015) la implementación de un sistema integrado de adaptación al cambio climático comienza por la participación informada de las comunidades. La información que las comunidades deben tener son el conocimiento asociado al cambio climático (resiliencia, adaptación, variabilidad climática, etc.) y de cómo el cambio climático puede afectar el medio natural.

Por otro lado, en caso que el distrito de San Andrés de Tupicocha resulte con un escenario perjudicial para el correcto desarrollo de sus actividades cotidianas, la comunidad constituiría una población altamente vulnerable al cambio climático si es que no toma medidas de adaptación. La vulnerabilidad está enfocada también cuando una sociedad logra alcanzar el desarrollo, además la vulnerabilidad puede medirse en base al nivel de exposición física, los registros eventos catastróficos históricos, el estado de la institucionalidad de la localidad y por la administración de sus recursos (GARCIA, et al., 2012). Es decir, una población se convierte en vulnerable si las distintas condiciones que engloban a la comunidad agravan la situación de impacto de un peligro. Asimismo, si el peligro es el cambio climático que origina un cambio en la variabilidad climática influyendo principalmente en la disponibilidad hídrica, la vulnerabilidad se sujetará según como se administre el agua.

Por todo lo expuesto, este estudio centra su objetivo en obtener información hidroclimática para la generación de escenarios a futuro acerca de los cambios ocurrentes en el clima. Por lo cual, al finalizar con la investigación se espera que la comunidad y sus entidades gubernamentales tengan el conocimiento exacto de la situación climática a futuro, de tal manera se establezcan medidas de adaptación que incluyan a la correcta gestión hídrica en sus actividades, ANEAS (2014) sostiene que la seguridad hídrica puede lograrse a través de la gestión de recursos, mejorando el rendimiento de la infraestructura y de tener fuentes alternativas de agua para la gestión urbana de la cuenca.

## 1.6 Formulación de hipótesis

### 1.6.1 Hipótesis General

La disponibilidad hídrica presenta un *aumento* debido a los cambios en la variabilidad climática en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín.

### 1.6.2 Hipótesis Específicas

**Hipótesis específica 1:** El comportamiento histórico (1970-2017) de la precipitación aumenta en la subcuenca Chamacna – Cuenca Media Alta del Río Lurín.

**Hipótesis específica 2:** El comportamiento histórico (1970-2017) de la temperatura aumenta en la subcuenca Chamacna – Cuenca Media Alta del Río Lurín.

**Hipótesis específica 3:** El comportamiento de la precipitación tiene estrecha relación con las características hidrogeomorfológicas de la subcuenca Chamacna – Cuenca Media Alta del Río Lurín.

**Hipótesis específica 4:** El comportamiento de la precipitación a los años 2025 y 2050 aumenta en la subcuenca Chamacna – Cuenca Media Alta del Río Lurín.

## 1.7 Formulación de objetivos

### 1.7.1 Objetivo General

Determinar la disponibilidad hídrica a los años 2025 y 2050 con respecto a la variabilidad climática de los años 1970-2017 de la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín.

### 1.7.2 Objetivos Específicos

**Objetivo específico 1:** Analizar el comportamiento histórico (1970-2017) de la precipitación en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín.

**Objetivo específico 2:** Analizar el comportamiento histórico (1970-2017) de la temperatura en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín.

**Objetivo específico 3:** Caracterizar los parámetros hidrogeomorfológicos de la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín.

**Objetivo específico 4:** Proyectar el comportamiento de la precipitación a los años 2025 y 2050 en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín.

## **II. MÉTODO**

## 2.1 Diseño de investigación

A saber por Hernández, et al. (2010), esta investigación posee un enfoque *Cuantitativo*, el cual se caracteriza por ser “secuencial y probatorio” de tal manera que toda investigación cuantitativa comienza por la generación de idea, el planteamiento de problema, seguido por la revisión de literatura y construcción de marco teórico, la redacción de las hipótesis, la definición del diseño de investigación, la selección de la muestra, finalmente se recolecta los datos los cuales se fundamenta en la medición (cantidades) los cuales deben ser analizados a través de métodos estadísticos.

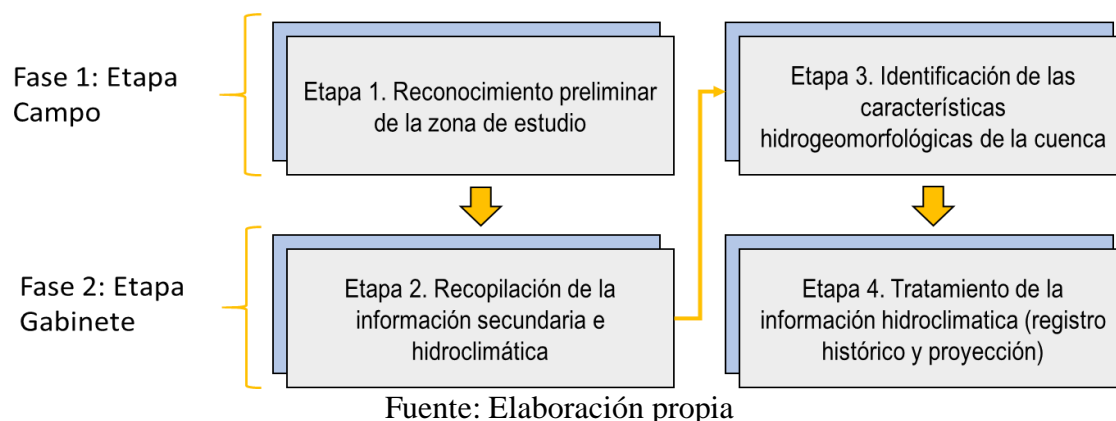
El tipo de investigación que aquí se presenta es de tipo *Aplicada*, el cual es definido por MURILLO (2008) como investigación practica que busca la aplicación de los conocimientos adquiridos luego de implementar la practica basada en investigación. Además, menciona que toda investigación aplicada requiere de un marco teórico diferenciándose así de una investigación pura.

Siendo el nivel de investigación *Descriptivo-Correlacional*, según DANKHE, (1989) por INTERCERAMIC atribuye que la investigación descriptiva explica las características importantes de cualquier ser que pueda ser sometido a análisis. Por otro lado, la investigación correlacional tiene como objetivo saber la concordancia existente entre las variables; en este caso, como es cuantitativo, se medirá el grado de relación entre *dos* variables.

Este proyecto presenta el diseño *No Experimental*, el cual se define como “la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables” (Hernández, et al., 2010, p. 149). Es decir, en este tipo de investigación no se modifica la variable independiente, sino que se describe u observa tal como se encuentra en su estado natural para luego ser analizados. Por un caso, para una investigación experimental la investigación le da un “tratamiento, condición o estímulo” bajo condiciones manejadas por el investigador. En cambio, solo se observan situaciones ya existentes sin que se modifique la variable, es decir, no se tiene control sobre ellas.

En la presente investigación, se detallará una metodología que permitirá el correcto análisis de los datos y lo que conlleve. La estructura que comprende el estudio una fase de campo y una de gabinete, estas se encuentran relacionadas entre sí con el fin de entender el funcionamiento espacial y temporal (Figura 13).

Figura 13. Proceso de etapas para la investigación



### 2.1.1 Reconocimiento preliminar

El primer viaje a la localidad se realizó con el fin de reconocer la zona en estudio, y también de entablar comunicación con las autoridades y dirigentes comunales para el intercambio de información. Para ello, se consideró el siguiente programa:

**Visualización del paisaje:** Ello permitirá reconocer preliminarmente la zona.

**Coordinaciones con el dirigente de la comunidad:** Se organiza una reunión con el dirigente de la comunidad, el Sr. David Rojas, quien conoce de cerca las necesidades de la comunidad con respecto a las actividades agrícolas y ganaderas.

**Reunión con el gerente de la Municipalidad:** El gerente de la Municipalidad de San Andrés de Tupicocha, también brinda mayor información sobre las necesidades socioeconómicas de la comunidad, ello comprende los problemas sociales y también la parte económica.

### 2.1.2 Recopilación de información secundaria e hidroclimática

Esta etapa comprende a la fase gabinete la cual es muy importante para comprender los términos climáticos que sean necesarios para la investigación. Se consideran los siguientes puntos:

**Información secundaria:** La información proviene de libros, investigaciones, estudios y demás correctamente referenciados.



**Información hidroclimática:** La información hidroclimática proviene de una solicitud realizada a SENAMHI quien provee de 8 estaciones meteorológicas durante el periodo de 1970-2017.

### 2.1.3 Identificación de características hidrogeomorfológicas:

Se aplica el siguiente programa:

**Visita al mirador de la cuenca:** Ello se realiza con el fin de cuantificar las características hidrogeomorfológicas como la cobertura vegetal, la pendiente, la identificación de los puntos de colección de agua.

**Visita a las fuentes de agua superficial:** Es necesario identificar las fuentes de agua superficial, llámese quebradas, ríos, manantiales, etc.

### 2.1.4 Tratamiento de información hidroclimática

En esta última etapa, se analiza la información obtenida por SENAMHI y se realiza las proyecciones a los años 2025 y 2050 para analizar los escenarios probables de afecciones a la población y así obtener conclusiones y recomendaciones al respecto.

**Recopilación de información hidroclimática:** Se solicita información histórica de precipitación, temperatura máxima y mínima del periodo de 1970 al 2017.

**Procesamiento de la información:** La información solicitada no siempre es completa, por ello se tiene que aplicar el método de regresión lineal para completar los datos y adecuarlos acorde con el instrumento validado (Anexo 9)

**Análisis de la información:** Se hará uso del programa Excel y ArcGis, lo cual se describe a detalle en el apartado 2.5.

**Identificación de características hidrogeomorfológicas:** Se hará uso del software ArcGis. Así como de las visitas de campo para reconocer la cobertura vegetal existente y comparar con la información brindada por el IGN.

## 2.2 Operacionalización de variables

Tabla 7. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente: <b>VARIABLE CLIMÁTICA</b>	<p>La variabilidad climática se define como “las fluctuaciones observadas en el clima durante períodos de tiempo relativamente <b>cortos</b>. Durante un año en particular, se registran valores por encima o por debajo de lo normal” (MONTEALEGRE y PABÓN, 2000).</p> <p>La variabilidad climática se encuentra relacionada principalmente con los parámetros de precipitación y temperatura, los cuales definen la estabilidad de la variación climática.</p>	<p>Esta variable se evaluará en base al <b>comportamiento del clima</b> con respecto a las precipitaciones y las temperaturas recolectadas de estaciones del SENAMHI ubicadas alrededor de la Subcuenca Chamacna en la Cuenca alta del Río Lurín.</p> <p>Las variables precipitación y temperatura serán los indicadores para el comportamiento del clima. Por su parte, el área, la pendiente, la cobertura vegetal, ubicación, población y el caudal de escurrimiento serán obtenidas de estudios previos.</p>	Comportamiento de la precipitación y la temperatura	Precipitación	Cuantitativa
				Temperatura Máxima y Mínima	Cuantitativa
			Características hidrogeomorfológicas	Área	Cuantitativa
				Pendiente	Cuantitativa
				Cobertura Vegetal	Cuantitativa
				Ubicación	Cualitativa
				Población	Cuantitativa
				Caudal de escurrimiento	Cuantitativa
Variabilidad Dependiente: <b>DISPONIBILIDAD HÍDRICA</b>	<p>Para el Glosario de la Autoridad Nacional del Agua-ANA (2012) define a la disponibilidad hídrica como la “capacidad de uso de los recursos hídricos para satisfacer las necesidades de la población, la preservación de los ecosistemas naturales y los factores políticos y económicos”. La disponibilidad hídrica superficial es el volumen total de agua ya precipitada sobre un área determinada, y que en un futuro más o menos próximo estará disponible en volumen o caudal en un punto determinado de la cuenca hidrográfica para ser utilizado (Ordoñez, 2011).</p>	<p>Para calcular la disponibilidad hídrica se generarán <b>escenarios climáticos al 2025 y 2050</b> que permitirán calcular el caudal de agua en base a datos de precipitación y temperatura. En base a los datos de precipitación histórica se realizará el cálculo para el periodo de 1970-2017 (histórico), luego se proyectará dichos valores para los años 2025 y 2050 logrando así obtener los escenarios.</p>	Disponibilidad Hídrica Superficial Histórica	Precipitación	Cuantitativa
			Disponibilidad Hídrica Superficial Proyectada	Precipitación	Cuantitativa

Fuente: Elaboración propia

## 2.3 Población y muestra

### 2.3.1 Población

Por población se entiende como el conjunto de elementos que poseen características determinadas para cumplir con el objeto de investigación. Por ejemplo, Arriaza (2006) menciona que la población objeto contempla a los elementos que cuentan con la información vital para el correcto desarrollo de la investigación. También Canales, Alvarado y Pineda (1994) sostienen que la población es “el conjunto de individuos de los que se desea conocer algo en una investigación”. Por lo que, de las definiciones brindadas para la población, se puede concluir que éste término denota un conjunto de elementos útiles para la investigación, pero un rango mayor que la muestra.

Por lo tanto, en este estudio se ha considerado que la población se considerará a la cuenca Lurín, la cual tiene una superficie de 1,645 km<sup>2</sup> (Anexo 1).

### 2.3.2 Muestra

Por muestra se entiende como a la representación estadística de la población que el investigador analiza para poder reducir en cierta medida el número de elementos a trabajar. Fisher (1991) hace mención que el tamaño de la muestra debe tomar en cuenta los recursos disponibles y los requerimientos del plan de análisis el cual establece el número mínimo de la muestra. Por otro lado, Canales, Alvarado y Pineda sostienen que la muestra es una porción de la población donde se desarrollara la investigación de tal manera que los resultados de la muestra representen un resultado de la población.

Por lo tanto, en este estudio se ha considerado que la muestra sería una de las subcuencas del río Lurín, la subcuenca Chamacna, la cual tiene una superficie de 88.94 km<sup>2</sup> cubriendo el 5.36% de toda la cuenca (Anexo 2).

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la Tabla 8, se detallan las técnicas e instrumentos a utilizar en la recolección de datos del proceso de investigación.

Tabla 8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Téc. n	Instrum.	Nombre del Instrumento	Objetivo
Recolección de datos	Ficha de Datos	"Dimensión 01: Comportamiento Climatológico"	Con este instrumento se puede determinar la base de datos histórica de precipitación y temperatura; asimismo, el formato de recolección de datos permitirá proyectar los datos a los años 2025 y 2050.
Observación	Ficha de datos	"Dimensión 02: Características hidrogeomorfológicas de la subcuenca"	Polit y Hungler mencionan que la observación es una técnica que ha surgido debido a que no hay otra forma de recolectar ciertos datos necesarios para una investigación. Por tanto, mediante esta técnica se calculará algunos parámetros, como la cobertura vegetal, especificados en la ficha propuesta.

Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.2 Validación de instrumentos

Para poder validar los instrumentos a utilizar se realizó mediante el método de validación por juicio de expertos cuyo modelo se encuentra en el Anexo 10 y 11, por lo que para desarrollar los instrumentos se tuvo que diseñar un instrumento de recolección de datos para cada variable los cuales fueron revisados y validados por los renombrados investigadores expertos en relacionados al tema de variabilidad climática (Tabla 9).

Tabla 9. Puntaje de expertos validadores

EXPERTOS VALIDADORES			CRITERIOS				
NOMBRE	CIP	TÍTULO	DEFICIENTE (0-20%)	REGULAR (21-40%)	BUENO (41-60%)	MUY BUENO (61-80%)	EXCELENTE (81-100%)
JAVE NAKAYO, Jorge Leonardo	43444	Ing. Agrónomo					95%
VALENCIA REYES, Zanhy	125804	Ing. Ambiental					95%
GUERE SALAZAR, Fiorella	131344	Ing. Recursos Naturales					95%

Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.3 Confiabilidad

La confiabilidad se refiere que un instrumento confiable mide lo que se quiere medir, de tal manera que cada vez que se aplique el instrumento en la determinación de una variable, se obtenga el mismo resultado. Así pues, los datos de precipitación y temperatura son hallados confiables debido a que tienen una distribución normal al ser analizados por SENAMHI, es por ello que se puede decir que son datos confiables.

## 2.5 Método de análisis de datos

El análisis de los datos obtenidos luego de las salidas al campo y recolección de información de la base de SENAMHI se llevará a cabo mediante

Durante la recolección de información, el Servicio Nacional de Meteorología y Climatología (SENAMHI) proporcionó la información meteorológica diaria de 08 estaciones solicitadas: San Mateo de Huanchor, Matucana, Chalilla, Huarochirí, Santiago de Tuna, Antioquia, San Lázaro de Escomarca y Tanta.

Con la información de precipitación, temperatura máxima, mínima y nivel de caudal se procedió a elaborar tablas mensuales para cada parámetro (Anx 01) en el programa Excel®. En el caso de la precipitación, se tomó en cuenta la precipitación acumulada, mientras que para las temperaturas máximas y mínimas se trabajó con la temperatura máxima absoluta mensual y temperatura mínima absoluta mensual.

Para las estaciones de precipitación donde la información es faltante, es decir para San Mateo de Huanchor, Chalilla y San Damián se realizará la “Estimación de datos faltantes por el método de regresión lineal” en San Mateo de Huanchor, Matucana con el programa Excel®. Este método calculará el valor del coeficiente de correlación lineal ( $r$ ) para ver la factibilidad de ejecutar dicho método.

Para el caso de las temperaturas máximas y mínimas, las estaciones con datos son: Matucana, Huarochirí, Antioquia y San Lázaro de Escomarca. De estas, solo Matucana y Huarochirí tienen data completa, por ello para Antioquia y San Lázaro de Escomarca se aplicará el mismo método de “Estimación de datos faltantes por el método de regresión lineal”.

Una vez que se cuenta con todos los datos en orden, se procederá a generar los gráficos de comportamiento total anual de los parámetros indicados, así como los gráficos para un conocer el comportamiento mensual respecto a los años que tuvieron un máximo y mínimo valor del parámetro respectivamente, así también se mostrará una línea donde se genere la media de todos los datos. Con ello, se tendría toda la información histórica sobre el comportamiento de la precipitación y la temperatura de los años 1970-2017.

Durante la segunda visita a campo a la comunidad, se reconocerá los parámetros hidrogeomorfológicos de la cuenca, adicional a ello será de mucha importancia los estudios realizados en la cuenca quienes sirvan de referencia para la caracterización de la cuenca.

Luego de ello, se proyectó todos los datos hasta el año 2050 donde el autor se enfoca en los años 2025 y 2050, para evaluar los escenarios completos de dichos años. La evaluación del escenario lleva consigo tener en cuenta los parámetros hidrogeomorfológicos que ya fueron analizados en campo juntamente con el software ArcGis, el cual dará una percepción de los escenarios en mención.

## 2.6 Aspectos éticos

El presente trabajo titulado “Variabilidad Climática en la disponibilidad hídrica al 2025 y 2050 de la Subcuenca Chamacna – Cuenca del río Lurín” para optar el grado de Ingeniero Ambiental es de auténtica autoría por el autor. Por tanto, el investigador da fe de que la información obtenida de otros investigadores está debidamente citada. Asimismo, el título del trabajo no ha sido realizado por ninguna otra persona, además el autor es consciente que de violar la propiedad intelectual de otros investigadores se considera plagio, el cual está sujeto a sanciones universitarias, legales y lo más importante éticos. Por tanto, asumo cualquier responsabilidad que desencadene por las irregularidades en la tesis.

### **III. RESULTADOS**

**Hipótesis específica 1:** El comportamiento histórico (1970-2017) de la precipitación aumenta en la subcuenca Chamacna – Cuenca Media Alta del Río Lurín.

### 3.1 Variabilidad de la precipitación histórica

Lista de Estaciones: Son ocho estaciones meteorológicas y dos estaciones hidrológicas, estas fueron identificadas alrededor de la zona de estudio. Las estaciones son propiedad del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

Ubicación de estaciones: En el Anexo 7 se enumeran las estaciones de trabajo junto con sus respectivas ubicaciones políticas y geográficas.

Periodo de data de precipitación: En el Anexo 8 se toma en cuenta a las estaciones que tienen la información parcial y completa. Las estaciones de San Mateo de Huachor, Chalilla y San Damián son estaciones con información parcial siendo el periodo de 2009-2017, 1985-2017 y 1973-2017 los años que no tienen información la cual fue completada mediante el método de regresión lineal.

#### 3.1.1 Variabilidad de la precipitación por década

##### Resultados por estación

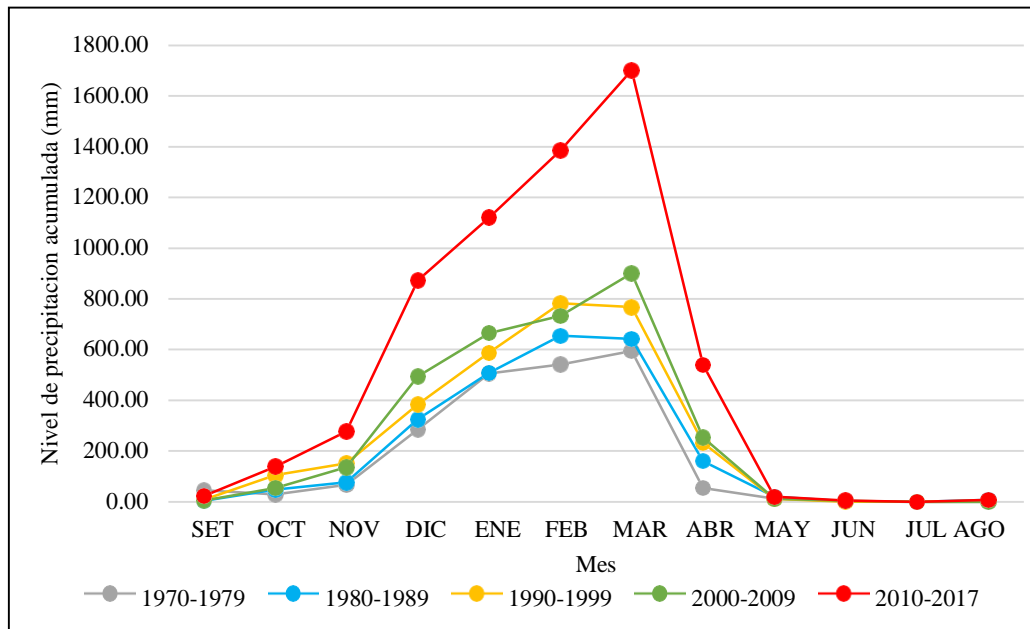


Figura 14. Variabilidad por década de la precipitación – Estación Matucana

Fuente: Elaboración propia



En la Figura 14, se observa como ha variado la precipitación en la estación Matucana, la cual se encuentra en la cuenca Rímac. Es importante precisar que la variación de las primeras cuatro décadas contiene información que, si bien aumenta con el pasar del tiempo, también están muy relacionadas entre sí, sin mucha variación. Sin embargo, durante la última década, 2010-2017, se puede ver como la precipitación ha aumentado para todos los meses, a pesar de no tener completa la información de 10 años, sino tan solo de 7 años. Por otro lado, se determina claramente un periodo de lluvias y de estiaje, siendo los meses de setiembre a noviembre, meses que comienzan las lluvias; mientras que, de enero a marzo, las lluvias se incrementan; para luego decaer en los meses de mayo a agosto que se considera época de sequía.

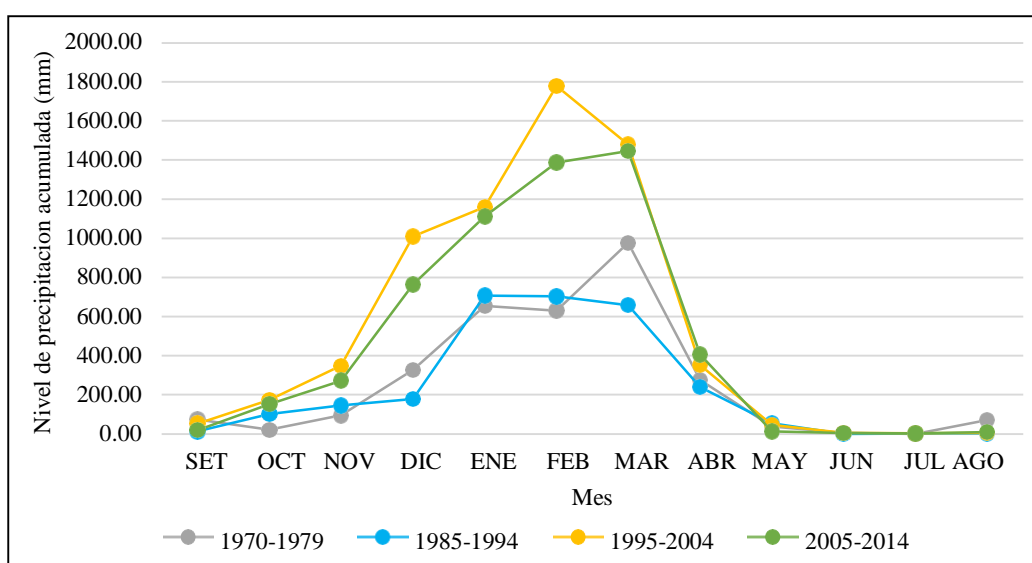


Figura 15. Variabilidad por década de la precipitación – Estación Huarochiri

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 15, los años 1980-1984 no se tomaron en cuenta, debido a la falta de datos de precipitación. El periodo de tiempo en análisis termina en 2014 ya que solo existen datos hasta el año 2017. Por lo tanto, se observan 4 periodos de tiempo donde los años de 1995-2004 es el grupo de años que manifiesta mayor descarga de agua. Con respecto a la estacionalidad de las lluvias, la estación no tiene una distribución uniforme para determinar las épocas de lluvias y estiaje. Sin embargo, a grosso modo, los meses de enero a abril son los meses de mayor precipitación; mientras que, los meses de mayo a agosto (con un ligero crecimiento) son meses de estiaje. Cabe mencionar que las dos primeras décadas (1970-1994) se aprecia que la precipitación fue menor que las dos últimas décadas.

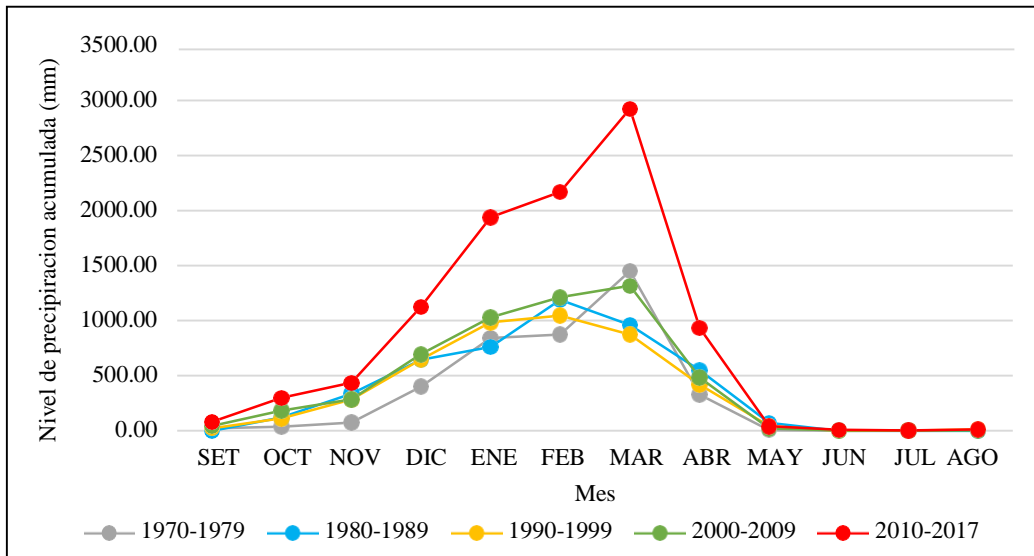


Figura 16. Variabilidad por década de la precipitación – San Lázaro de Escomarca

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 16, se observa como la precipitación tiene periodos bien definidos con respecto a la cantidad de lluvia que cae durante el año. Al igual que en la estación Matucana, la precipitación toma sus puntos más altos durante enero a marzo, siendo los meses de noviembre y diciembre los meses de crecimiento de la precipitación. Mientras que los meses de junio a agosto se presenta una sequía total para todos los años

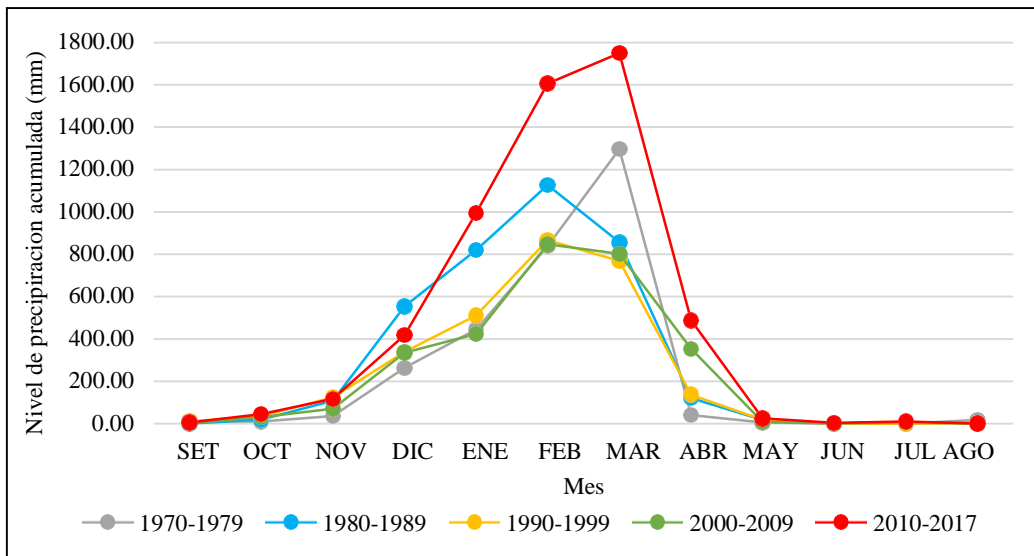


Figura 17. Variabilidad por década de la precipitación – Estación San Mateo de Huanchor

Fuente: Elaboración propia

Una vez más, en la Figura 17, la distribución del hidrograma es muy parecida a las demás estaciones. Los puntos más altos son los de enero a marzo; mientras que de octubre a diciembre se reconoce el crecimiento de la precipitación. La última década, 2010-2017, es el periodo que más precipitación acumulada contiene. Una vez más los meses de junio a setiembre, la precipitación es nula.

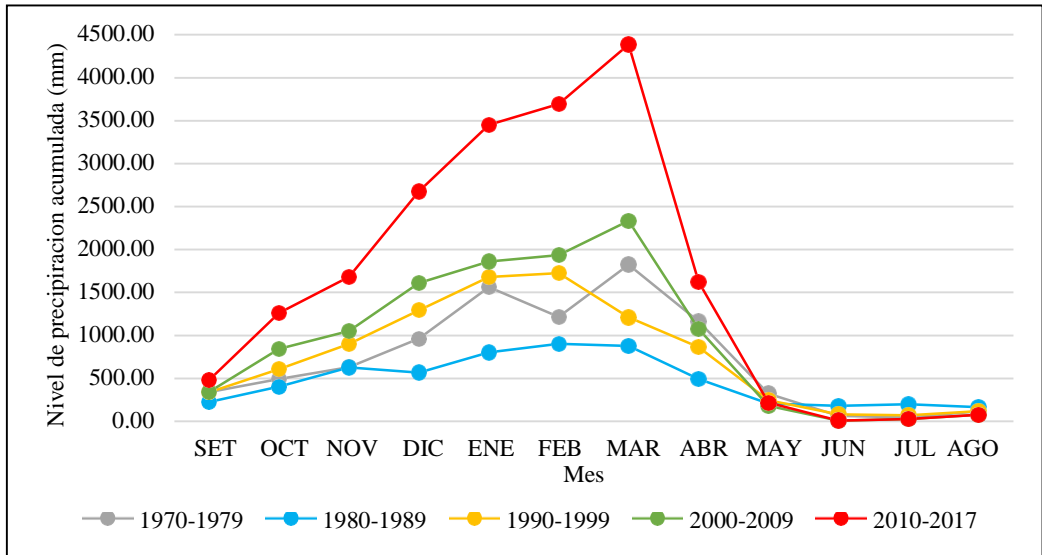


Figura 18. Variabilidad por década de la precipitación – Estación Santiago de Tuna

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 18, la estación Santiago de Tuna, se observa una mayor amplitud en la variación de la precipitación siendo la última década quien tiene mayor cantidad de descarga de agua siendo el mes de marzo de dicho periodo que presenta una acumulación de 4378.50 mm. Las cuatro décadas anteriores presentan la misma tendencia donde las lluvias comienzan desde octubre intensificándose en enero a marzo. La variabilidad de las precipitaciones durante las tres últimas décadas, se ha incrementado pudiéndose observar que las líneas roja, verde y naranja quienes sobrepasan el nivel de precipitación con respecto a los años anteriores.

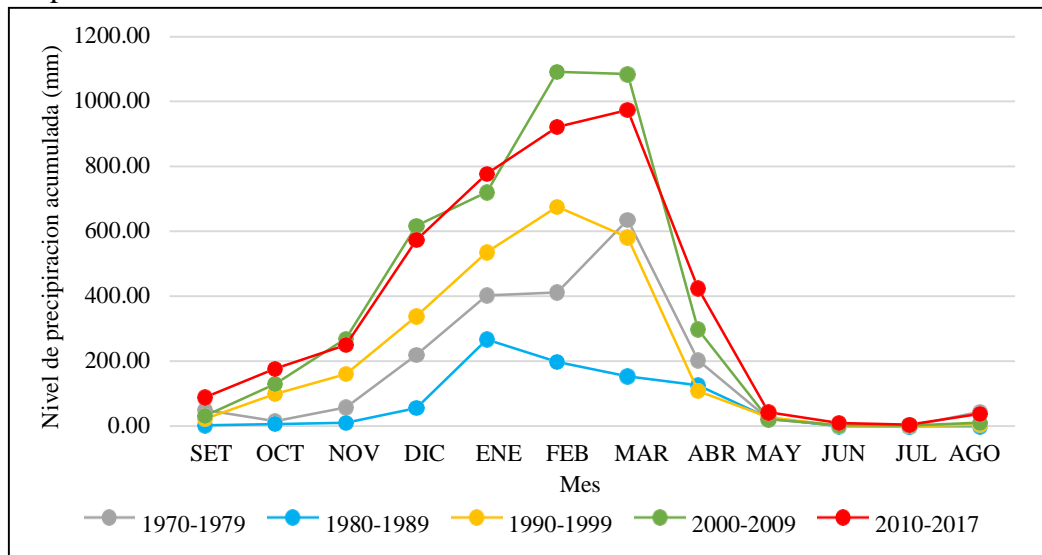


Figura 19. Variabilidad por década de la precipitación – Estación Tanta

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 19, ocurre lo mismo que en Santiago de Tuna, las precipitaciones se distribuyen en un rango más amplio comenzando la época de lluvias de diciembre a abril.

De modo similar, la década de 2010-2017 presenta una mayor cantidad de precipitación que a comparación de las otras estaciones. Una vez más, las tres últimas décadas son las que presentan mayor nivel de precipitación acumulada mensual por lo que se encuentran por encima de los periodos anteriores. El punto máximo alcanzado en la estación, fue en el mes de febrero 1090.67 mm/mes.

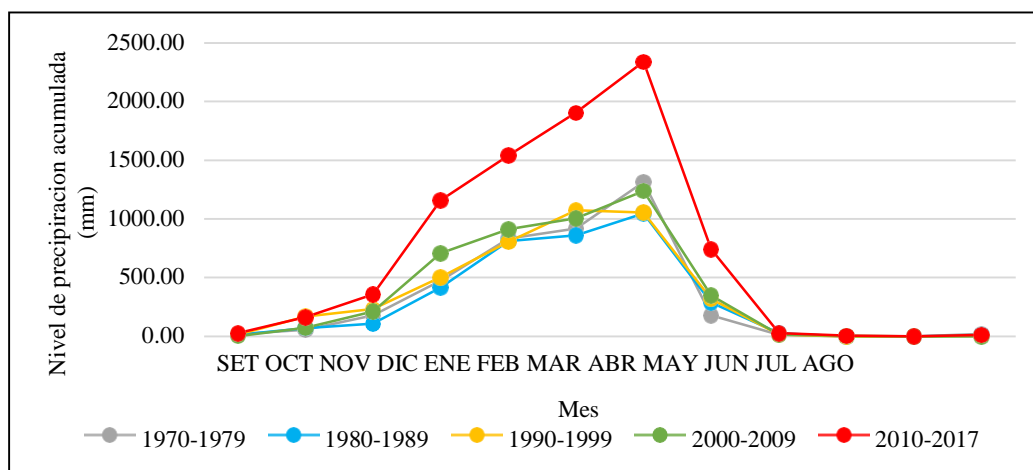


Figura 20. Variabilidad por década de la precipitación – Estación Chalilla

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 20, la variabilidad temporal de la precipitación tiene una tendencia a crecimiento espontaneo durante la última década. Ello, se comprueba con la figura que muestra como durante las cuatro primeras décadas, la precipitación mensual se ha mantenido estable, sin embargo, durante la última década, los valores se han elevado durante los meses de diciembre a marzo presentan los mayores valores de precipitación acumulada.

### Precipitación en la subcuenca Chamacna

De las siete estaciones que se están considerando, cuatro estaciones presentan un claro incremento de la precipitación acumulada multianual durante la última década pesar de ser siete los años que se consideran al último. Entre estas estaciones se encuentran la estación Matucana, San Mateo de Huanchor, Santiago de Tuna, San Lázaro de Escomarca y Chalilla. En dichas estaciones el mayor incremento se manifiesta durante la época de lluvias siendo estos de enero a marzo. La estación Huarochirí y Tanta, quienes están fuera del área de influencia de la zona de estudio el incremento no es tan notorio, pero si existe un incremento en la cantidad precipitada de agua durante las dos últimas décadas. En suma, se puede mencionar que durante la última década 2010-2017 el incremento de la precipitación se ha dado en un 58% de las estaciones, quienes se encuentran alrededor de la zona de confluencia para la subcuenca Chamacna.

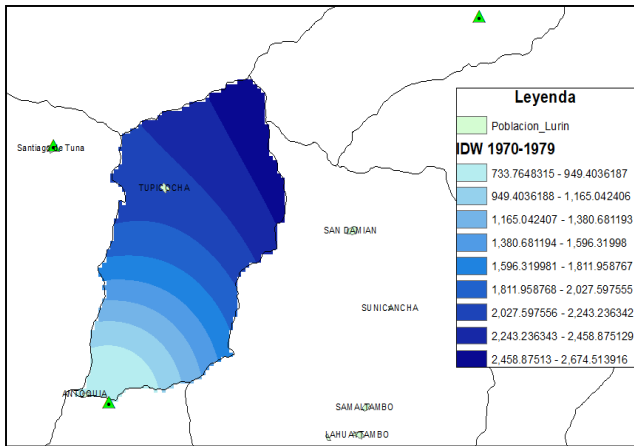


Figura 21. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna 1970-1979

Fuente: Elaboración propia

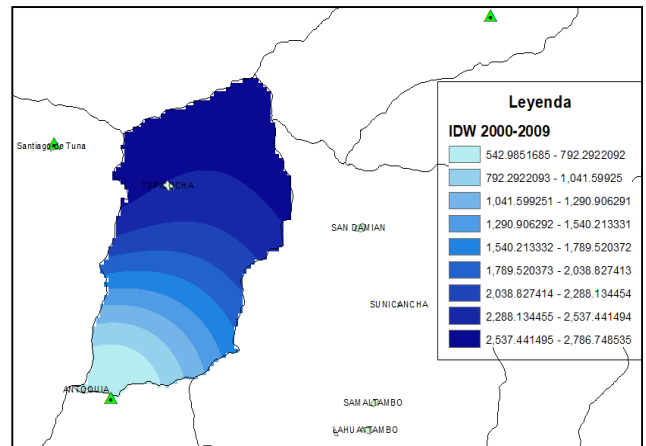


Figura 24. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna 2000-2009

Fuente: Elaboración propia

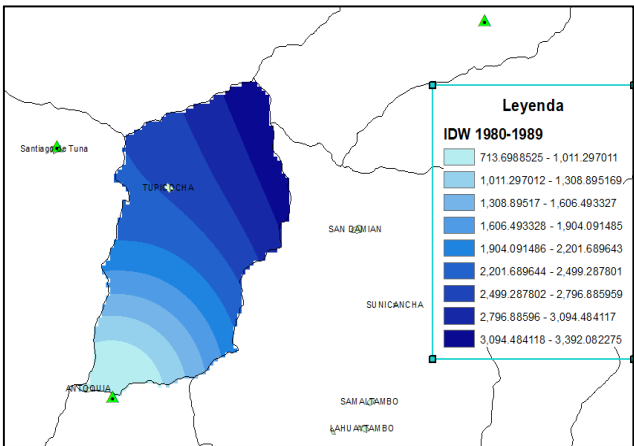


Figura 22. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna 1980-1989

Fuente: Elaboración propia

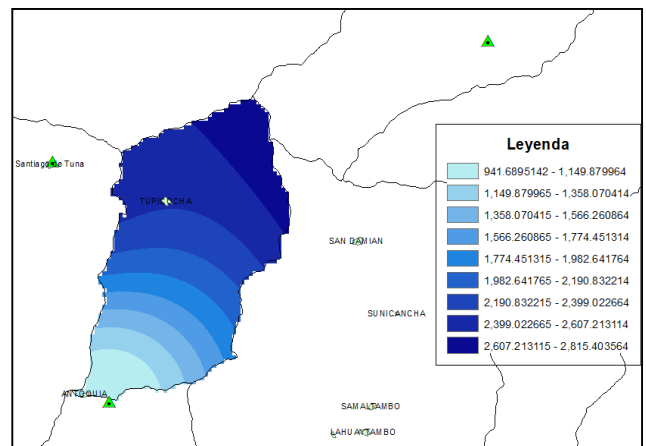


Figura 25. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna 2010-2017

Fuente: Elaboración propia

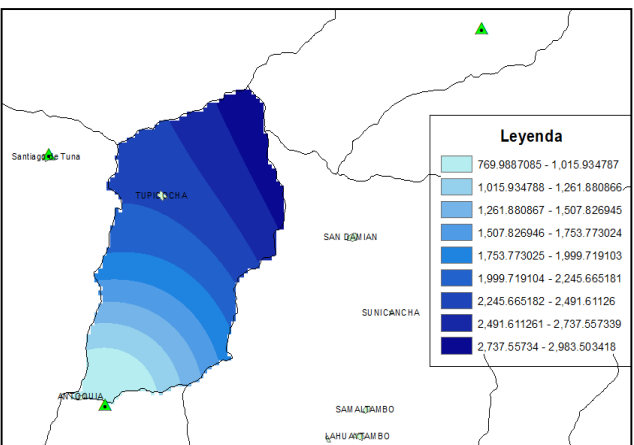


Figura 23. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna 1990-1999

Fuente: Elaboración propia

Las figuras antes presentadas muestran el nivel de precipitación que llega sobre la cuenca quien tiene una forma de distribución de menor a mayor precipitación de acuerdo al nivel de altura siendo en las partes bajas de la cuenca, los menores niveles de lluvia. Así pues, la figura 21 muestra la interpolación IDW aproximada de la precipitación histórica durante la década de 1970 a 1979, donde se aprecia que la precipitación que cae sobre la cuenca se encuentra en un rango de 733 a 2674 mm/década lo que se traduce estadísticamente de 73.3 a 267.4 mm/año. Por su parte, la figura 22 muestra el nivel de precipitación caída sobre la subcuenca en la década del 80 siendo el valor mínimo interpolado de 713 a 3392 mm/década. Mientras que para los años 1990-1999, donde la precipitación acumulada se encuentra entre 769 a 2983. Los cambios de distribución de lluvias se pueden observar con mayor claridad a partir de los años 2000 ya que la parte alta de la cuenca presenta solo 2 distribuciones con mayores rangos. Ello se aprecia en la figura 24 donde el nivel de precipitación mínima es 542 y la máxima de 2786, y en la figura 30, la precipitación se encuentra en el rango de 941 a 2815 mm. El resumen de los mínimos y máximos se encuentra en la tabla 10.

Tabla 10. Nivel de precipitación acumulada (década) en Chamacna

<b>Años</b>	<b>Precipitación mínima acumulada (mm/año aprox.)</b>	<b>Precipitación máxima acumulada (mm/año aprox.)</b>	<b>Precipitación promedio (mm/año)</b>
1970-1979	73.3	267.4	170.35
1980-1989	71.3↓	339.2↑	205.25
1990-1999	76.9↑	298.3↓	187.6
2000-2009	54.2↓	278.6↓	166.4
2010-2017	94.1↑	281.5↑	187.8

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2 Variabilidad estacional

En la Figura 26, se puede observar que durante el periodo de 1970 a 2018, la estación Tanta es la que tiene mayor cantidad de precipitación. Además, las estaciones San Lázaro de Escomarca y Huarochirí ocupan el segundo y tercer lugar con mayor cantidad de precipitación reportada. Además, se puede identificar claramente que los meses de enero a marzo son los meses con mayor descarga de precipitación en todas las estaciones permitiendo ver claramente que estos con los meses de lluvia intensa en las zonas, asimismo en el mes de abril y mayo la precipitación va disminuyendo hasta llegar

al periodo de sequía comprendido durante los meses de junio a setiembre para luego retomar la descarga de agua a partir de octubre a diciembre.

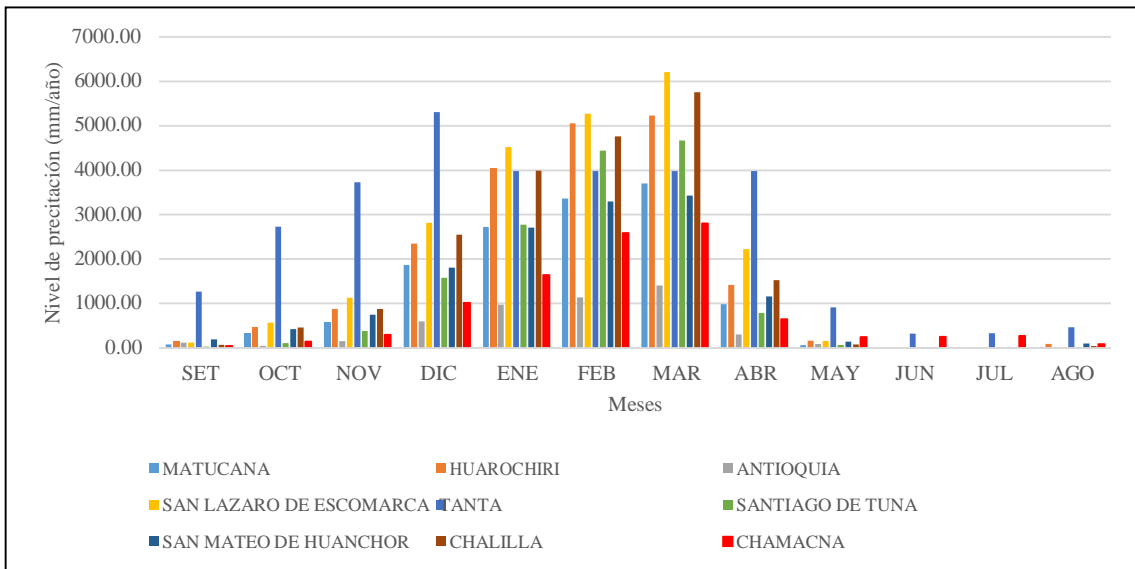


Figura 26. Comportamiento mensual de precipitación en estaciones meteorológicas (1970-2018)

Fuente: Elaboración propia

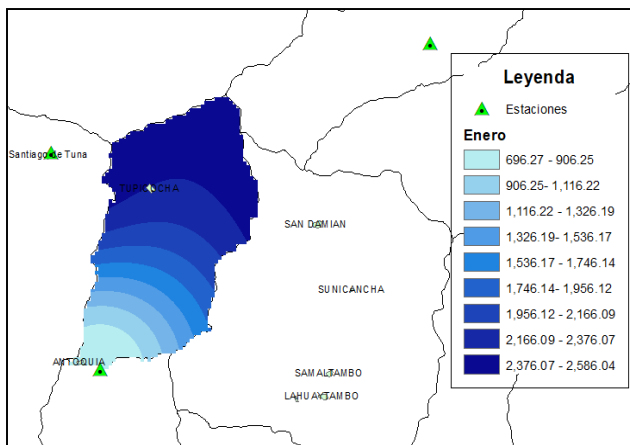


Figura 27. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna (enero)  
Fuente: Elaboración propia

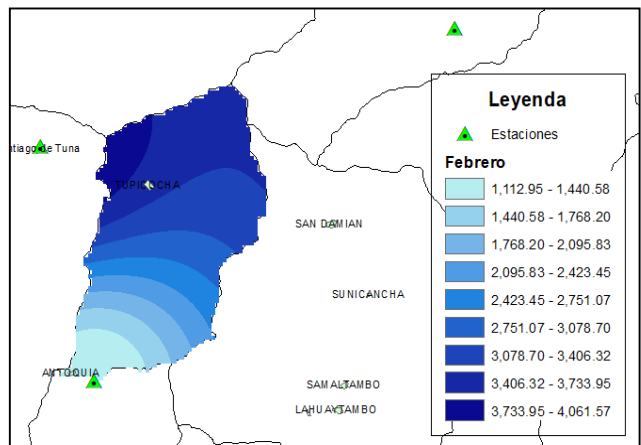


Figura 28. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna (febrero)  
Fuente: Elaboración propia

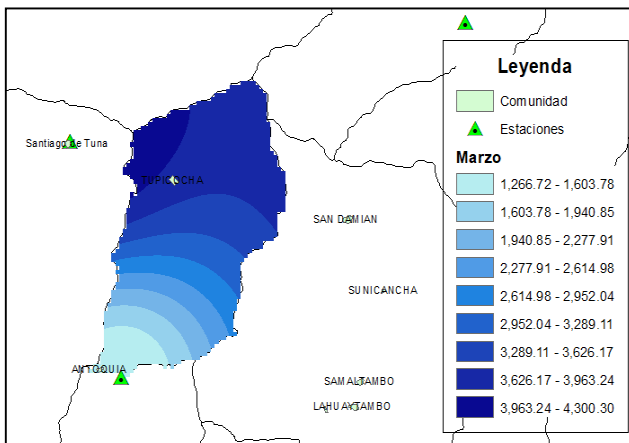


Figura 29. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna (marzo)  
Fuente: Elaboración propia

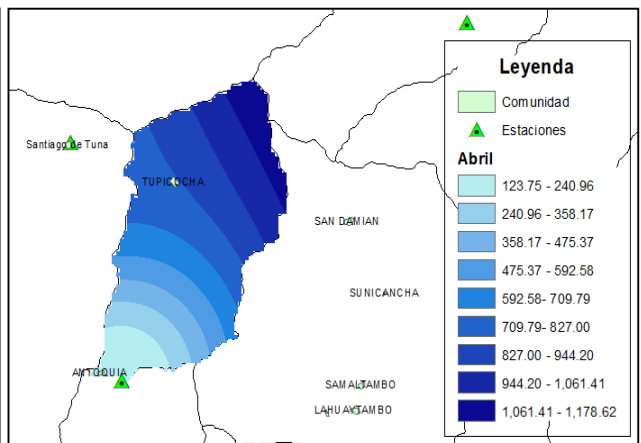


Figura 30. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna (abril)  
Fuente: Elaboración propia

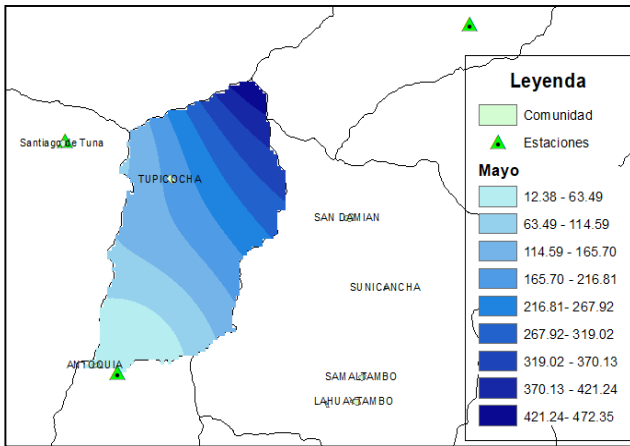


Figura 31. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna (mayo)  
Fuente: Elaboración propia

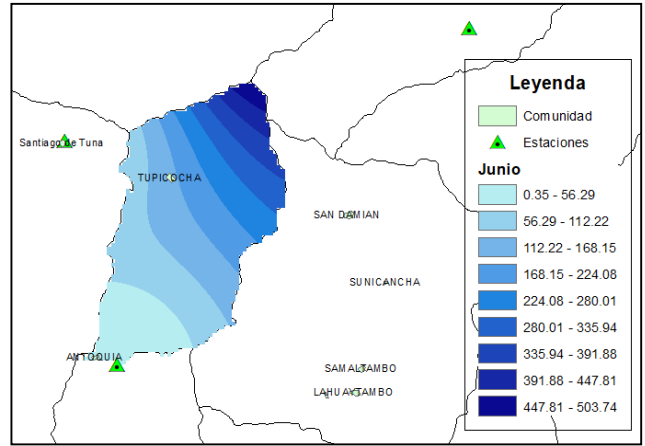


Figura 32. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna (junio)  
Fuente: Elaboración propia

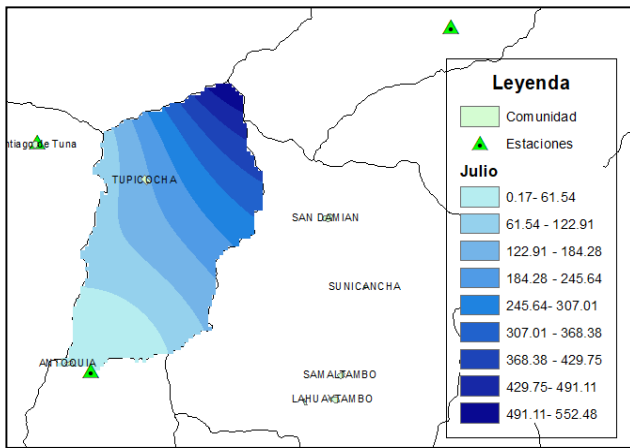


Figura 33. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna (julio)  
Fuente: Elaboración propia

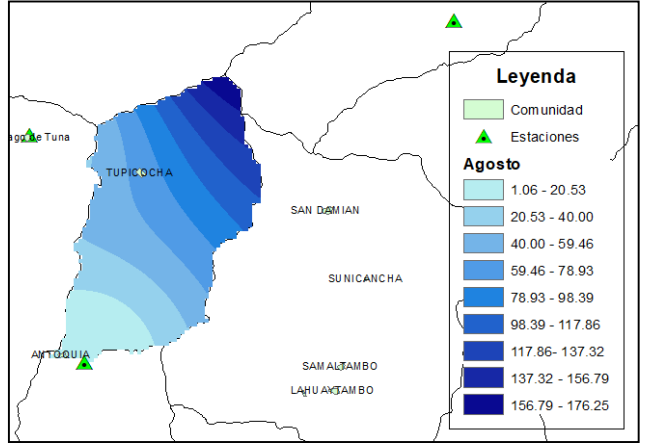


Figura 34. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna (agosto)  
Fuente: Elaboración propia

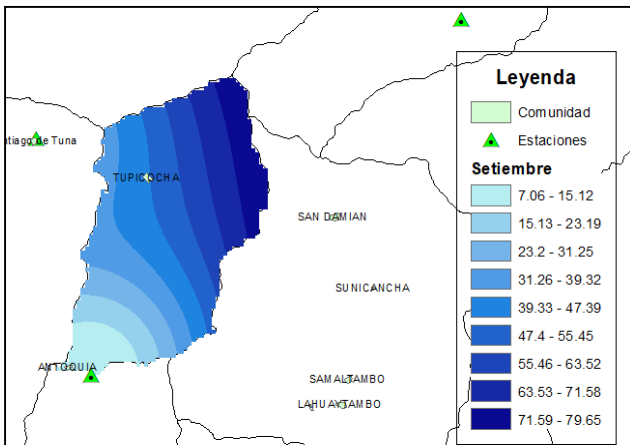


Figura 35. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna (setiembre)  
Fuente: Elaboración propia

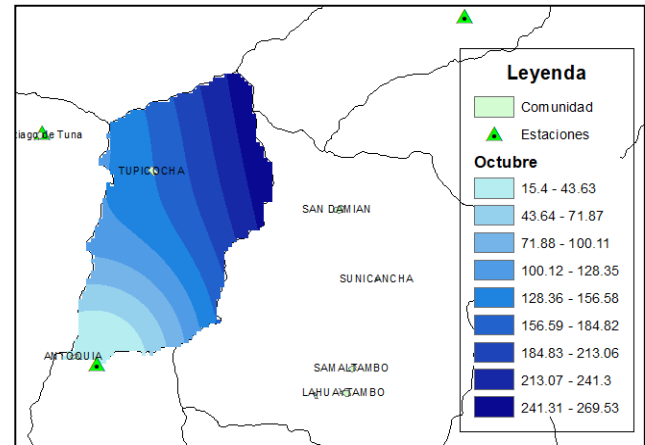


Figura 36. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna (octubre)  
Fuente: Elaboración propia



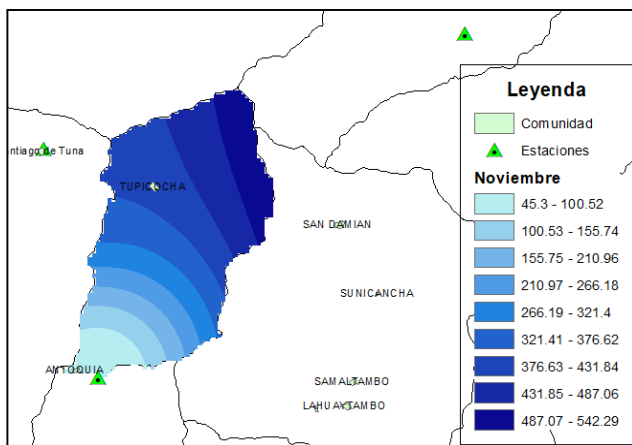


Figura 37. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna (noviembre)  
Fuente: Elaboración propia

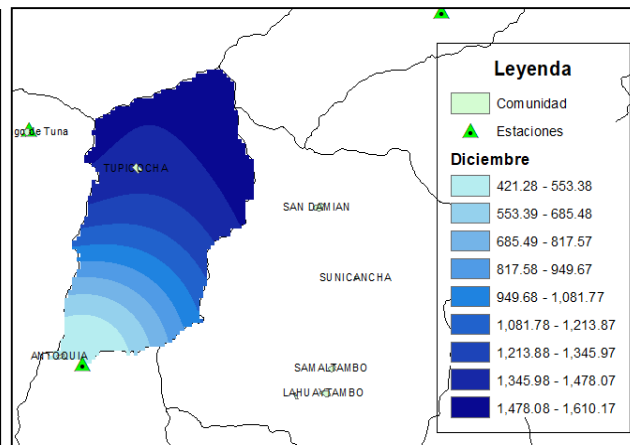


Figura 38. Nivel de precipitación en la subcuenca Chamacna (diciembre)  
Fuente: Elaboración propia

Las figuras muestran la distribución mensual de la subcuenca Chamacna, obtenida a partir de los datos de precipitación de las estaciones aledañas. Se puede determinar que durante los meses de enero a marzo predominan las lluvias en la cuenca (Figura 27,28 y 29), en el mes de abril (Figura 30) se puede apreciar que la precipitación disminuye, pero no en gran medida, la época de estiaje se ve durante los meses de mayo a agosto (Figura 31 al 34) teniendo un incremento ligero los meses de septiembre a noviembre (Figura 35 al 37) siendo diciembre el mes que da la bienvenida a la época de lluvias (Figura 38). Ello se puede apreciar en forma numérica en la tabla 11 donde los signos positivos, indican que la precipitación ha aumentado con respecto al mes anterior, y los signos negativos que han disminuido.

Tabla 11. Nivel de precipitación acumulada (mes) en Chamacna

MES	MIN (mm/mes)	MAX (mm/mes)	Promedio (mm/mes)
Enero	696 ↑	2586 ↑	1641.16
Febrero	1112 ↑	4061 ↑	2587.3
Marzo	1266 ↑	4300 ↑	2798.5
Abril	123 ↓	1178 ↓	651.19
Mayo	12 ↓	472 ↓	242
Junio	1 ↓	503 ↑	252
Julio	1 ↓	552 ↑	276.5
Agosto	1 ↓	176 ↓	88.5
Setiembre	7 ↑	79 ↓	43
Octubre	15 ↑	269 ↑	142
Noviembre	45 ↑	542 ↑	293.5
Diciembre	421 ↑	1610 ↑	1015.5

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3 Variabilidad interanual de la precipitación

#### Variación por cada estación

La precipitación es la variable más influyente para el desarrollo agropecuario de la zona por la humedad que le da al suelo. Esta variable fue analizada en torno a la información recopilada del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología proveniente de 08 estaciones meteorológicas ubicadas alrededor de la subcuenca Chamacna.

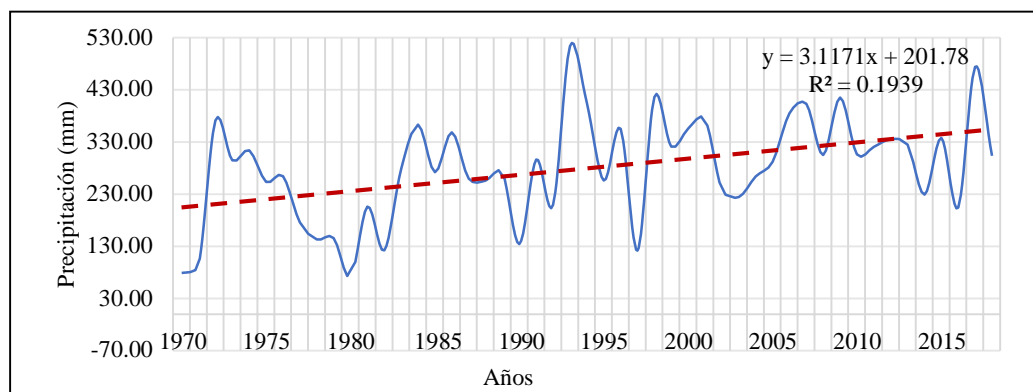


Figura 39. Comportamiento de la precipitación total anual - Estación Matucana

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 39, se aprecia el comportamiento anual de la precipitación en la estación meteorológica “Matucana” la cual presenta una tendencia a *aumentar* en una proporción del 3.12% anual. Además, en el gráfico se observa como la precipitación tiene una variabilidad muy inestable. La precipitación acumulada para la estación Matucana durante todo el periodo contemplado es de 13,715 mm. La media de todos los datos es de 284.15 mm. Para los años 1980, 1990 y 1997 se observa un descenso de la cantidad de precipitación. Para los años 1992 a 1993 se presentó un incremento de la precipitación hasta 513.80 mm/año.

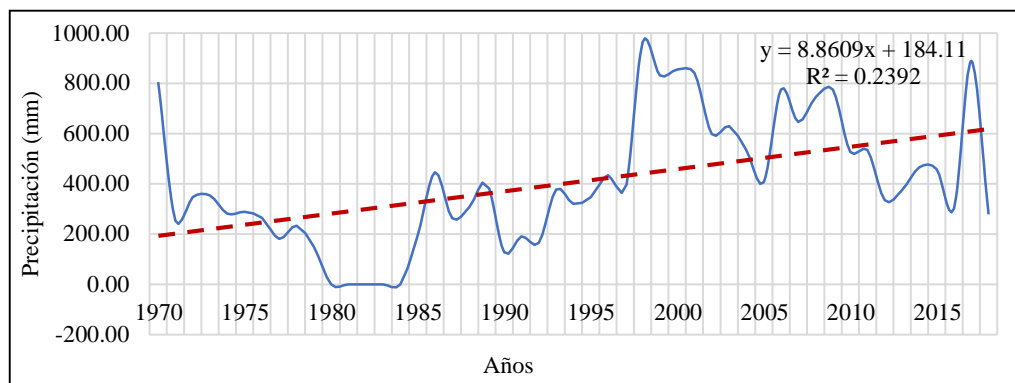


Figura 40. Comportamiento de la precipitación total anual - Estación Huaroquirí

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 40, se aprecia el comportamiento anual de la precipitación en la estación meteorológica “Huaroquirí” la cual presenta una tendencia a *aumentar* en una

proporción del 8.86% anual. Durante los años 1980-1985 son años donde la estación de Huarochirí estuvo inactiva por lo cual no presenta valores. Para los años 1999 al 2010, la frecuencia de años húmedos por encima del promedio se incrementa y ocurre con mayor periodicidad.

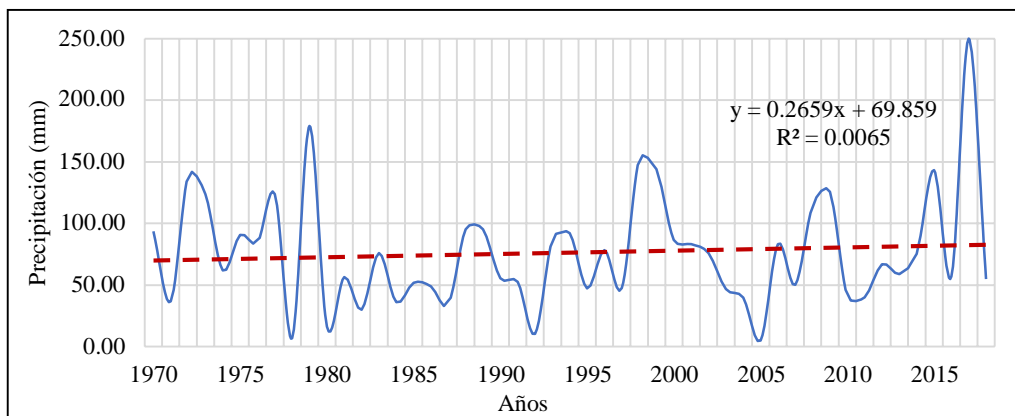


Figura 41. Comportamiento de la precipitación total anual - Estación Antioquía

Fuente: Elaboración propia

La Figura 41 muestra el comportamiento anual de la precipitación en la estación meteorológica “Antioquía” la cual presenta una tendencia a *aumentar* en una proporción del 0.26% anual. Además, se observa que los años 1979 y 2017 son años en los que se presentó un incremento de precipitación súbito. En el 2017 la suma de precipitación acumulada alcanzó los 250 mm siendo el valor medio de precipitaciones de 76.51 mm. Ello debido al Fenómeno del Niño quien impactó en la sierra de Lima y en muchos lugares del Perú.

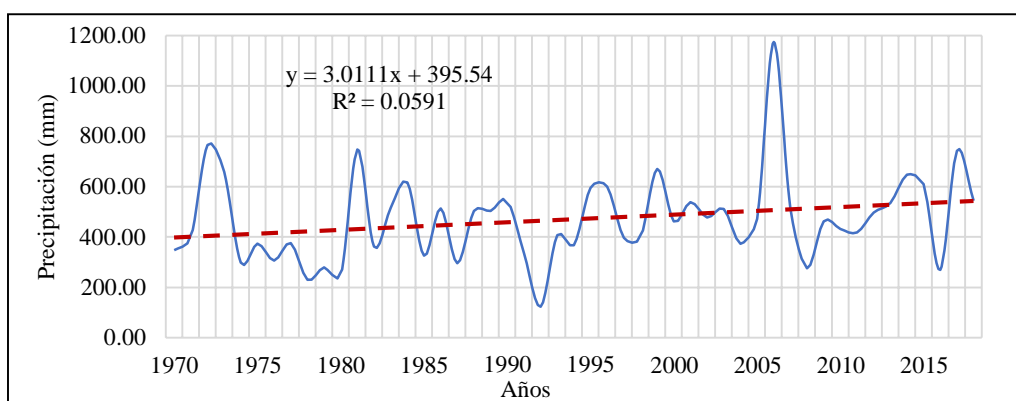


Figura 42. Comportamiento de la precipitación total anual - San Lázaro de Escomarca

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 42, se aprecia el comportamiento anual de la precipitación en la estación meteorológica “San Lázaro de Escomarca” la cual presenta una tendencia a *aumentar* en una proporción del 03% anual. En el año 2005 se observa un incremento de la precipitación fuera del común denominador de los demás años, con una descarga de 1174.70 mm de agua.

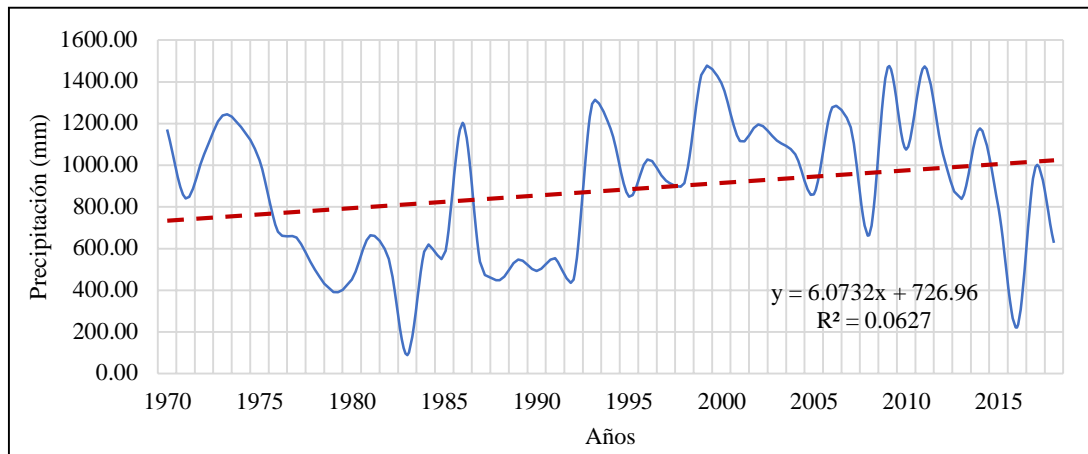


Figura 43. Comportamiento de la precipitación total anual - Estación Tanta

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 43, se aprecia el comportamiento anual de la precipitación en la estación meteorológica “Tanta” la cual presenta una tendencia a aumentar en una proporción del 8.94% anual. Para esta estación, las precipitaciones tenían un comportamiento menos variable hasta el año 1995 encontrándose bajo el promedio de lluvias. Durante los últimos años, la precipitación ha ido incrementándose, quienes en estos últimos años la variabilidad se ha vuelto mucho más recurrente junto con las precipitaciones. Se observa también que para el año 2016 la precipitación decreció enormemente, ello quizá pueda deberse a la falta de datos proveniente de SENAMHI ya que no se ha reportado ninguna sequía en la zona por ese año.

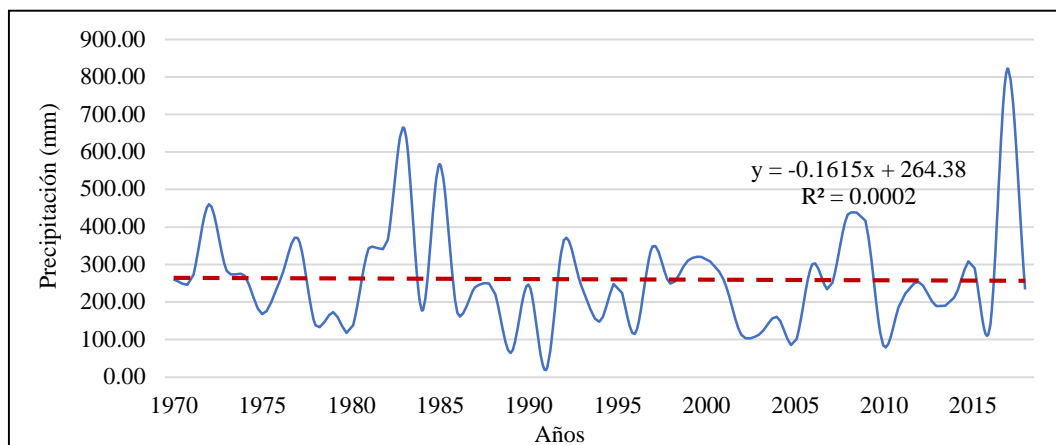


Figura 44. Comportamiento de la precipitación total anual - Estación Santiago de Tuna

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 44, se aprecia el comportamiento anual de la precipitación en la estación meteorológica “Santiago de Tuna” la cual presenta una tendencia a *disminuir* en una proporción del 0.16% anual. Sucede lo mismo con el año 2017 quien presenta el mayor

índice de precipitación el cual asciende a 822 mm/año, mientras que el promedio de precipitación es de 304 mm/año.

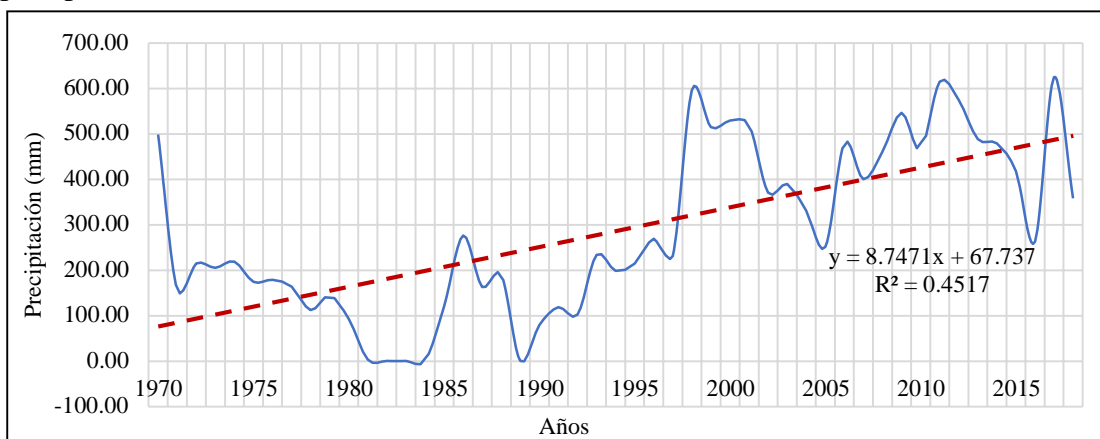


Figura 45. Comportamiento de la precipitación total anual - Estación San Mateo de Huanchor

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 45, se aprecia como el comportamiento histórico de la estación San Mateo de Huanchor ha tenido una gran variabilidad llegando a obtener un promedio de aumento de 8.74% anual. Debido a que la estación San Mateo de Huanchor no contenía datos para algunos años, esta se completó mediante el medio de Coeficiente de Correlación habiendo hallado un valor R de 0.45 (Anexo 12). El periodo que la estación tiene disponible la información hidroclimática es de 2009 a la actualidad.

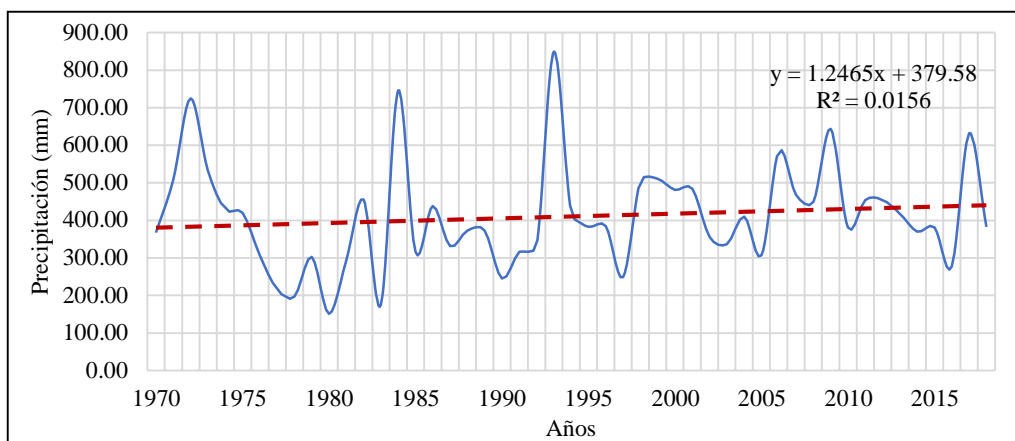


Figura 46. Comportamiento de la precipitación total anual - Estación Chalilla

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 13 se muestra la correlación entre las estaciones Chalilla y Matucana, esta prueba se realizó con el fin de completar los datos faltantes de Chalilla desde 1985 – 2018, la prueba de correlación tuvo un coeficiente R de 0.664 lo que significa que tienen *moderada* correlación entre ambas estaciones. De modo tal, la Figura 46 muestra comportamiento anual de la precipitación en la estación meteorológica “Chalilla” la cual presenta una tendencia a *augmentar* en una proporción del 1.2% anual. Se puede

determinar 3 picos de precipitación de 725.10, 746.35 y 849.74 mm/año para los años 1972, 1985 y 1995 respectivamente.

Es necesario mencionar que el año 2017 fue un año crítico para los alrededores de Antioquia, Santiago de Tuna y San Mateo de Huanchor donde la precipitación fue la máxima de todos los años y ello conllevó a desastres como: huaycos e inundaciones (Anexo 15). Es por esta razón que en muchas de las estaciones se muestra como el año con mayor precipitación.

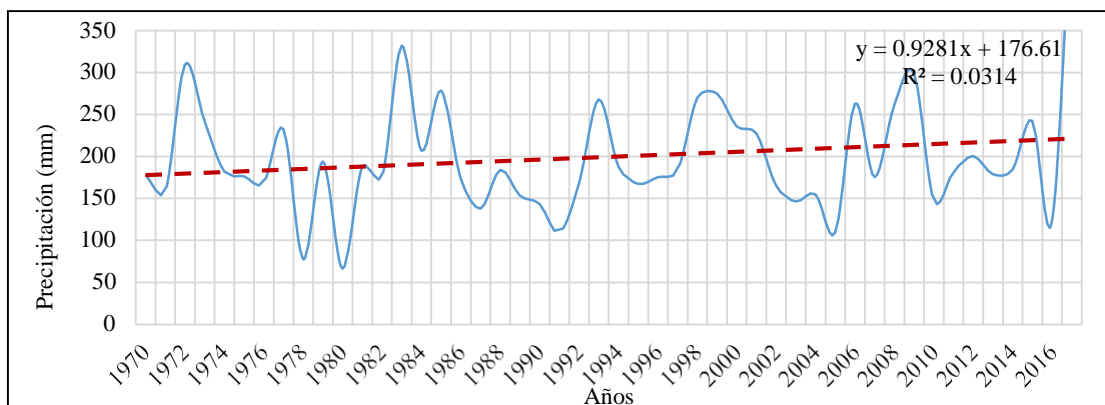


Figura 47. Comportamiento de la precipitación total anual – Interpolación en Chamacna

Fuente: Elaboración propia

La figura 47 muestra el comportamiento de la precipitación en la subcuenca Chamacna. Para hallar los datos y generar su gráfico se ha tenido que interpolar anualmente todas las estaciones mostradas anteriormente. La figura muestra la tendencia positiva que existe en la cuenca y que anualmente presenta un crecimiento de aproximadamente 0.92% en la media encontrada. Si bien es cierto el incremento no es mucho; sin embargo, tiene sentido lo hallado por interpolación ya que la estación Santiago de Tuna, la cual se encuentra cerca de la zona de estudio (pero no está en la cuenca), esta estación no presenta un cambio significativo, sino que disminuye ligeramente (Figura 44).

### Resumen general

Finalmente, en resumen, la siguiente tabla 12 muestra que las estaciones San Mateo de Huanchor, Huarochirí y Tanta son las que presentan un mayor aumento de la precipitación con un porcentaje de 8.86, 8.74 y 6.07% respectivamente. Asimismo, Matucana, San Lázaro de Escomarca y Chalilla aumente medianamente en 3.12 y 3.00% respectivamente. Por último las estaciones que se encuentran dentro de la subcuenca Chamacna, es decir Antioquia y Santiago de Tuna tienen una variación menor para la

primera tan solo aumenta en un 3.00%, mientras que en Santiago de Tuna la precipitación disminuye en un 0.16%.

Tabla 12. Resumen de variación de precipitación de las estaciones

ESTACIÓN	FUNCIÓN	VARIACIÓN	%	MIN PP	MAX PP
Matucana	$y=3,1171x+201,78$	Aumenta	3,12%	1980	1993
Huarochirí	$y=8,8609x+184,11$	Aumenta	8,86%	1990	1998
Antioquia	$y=0,2659x+69,859$	Aumenta	0,26%	2005	2017*
San Lázaro de Escomarca	$y=3,011x+395,54$	Aumenta	3,00%	1992	2006
Tanta	$y=6,0732x+726,96$	Aumenta	6,07%	1983	2011
Santiago de Tuna	$y=-0,1616x+264,38$	Disminuye	0,16%	1991	2017*
San Mateo de Huanchor	$y=8,7471x+67,737$	Aumenta	8,74%	1981	2017*
Chalilla	$y=1,2465x+379,58$	Aumenta	1,25%	1993	1980
Chamacna	$y = 0,9281x + 176,61$	Aumenta	0.92%	1980	2017

Fuente: Elaboración propia

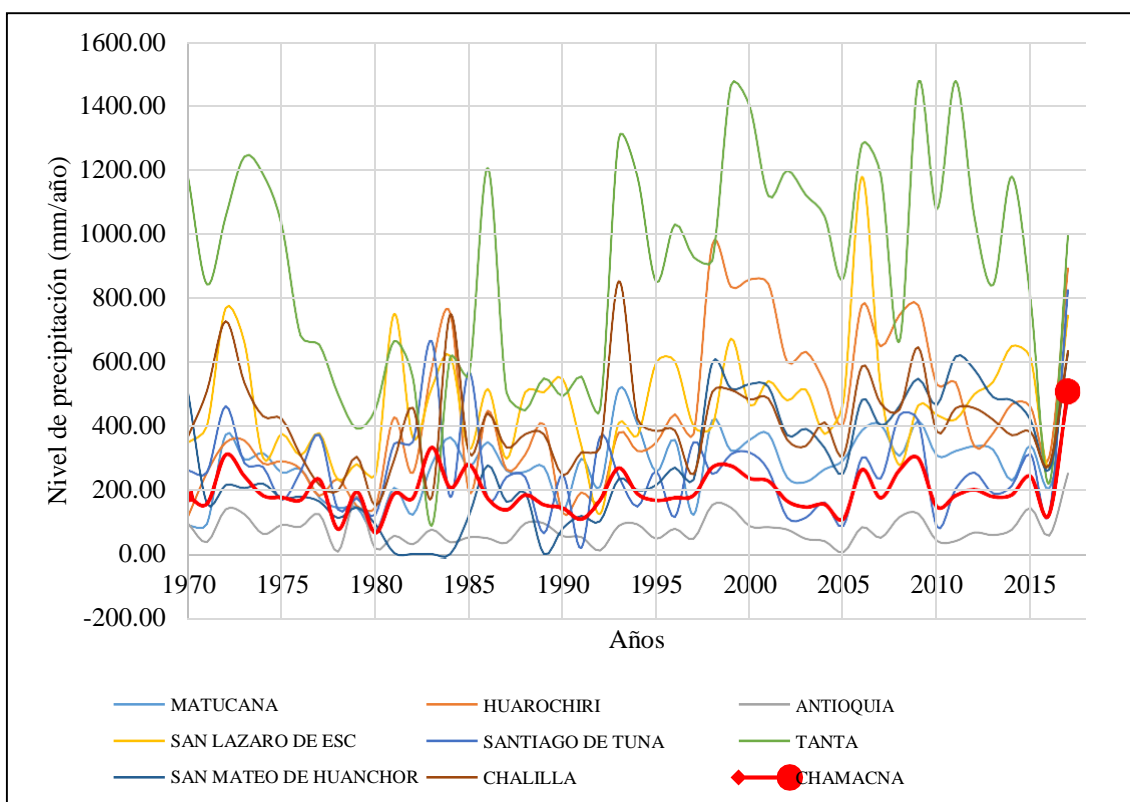


Figura 48. Comparación del comportamiento anual de precipitación de estaciones

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 48, se muestra cómo es el comportamiento de la precipitación para todas las estaciones que se toman en cuenta siendo Tanta la estación que más precipitación ha registrado desde la existencia de registro. Sucede algo particular con la estación Chalilla, quien antiguamente (1970 - 1996) registraba valores de precipitación

por debajo de la estación Huarochirí, sin embargo, para el último periodo de 1996 - 2017 los registros de precipitación están por encima de la estación Huarochirí. Otra estación que también tiene un aumento notorio es la estación San Mateo de Huanchor quien se ha posicionado por encima de las estaciones Antioquia, Santiago de Tuna y Chalilla, ello sucedió durante los últimos años de 1992-2017.

### 3.1.4 Anomalías interanuales para la precipitación

La figura 49 muestra los años secos y lluviosos, los cuales se determinaron en base a las anomalías que se presenten para cada año. Se tomaron en cuenta las ocho estaciones meteorológicas comprendidas en un periodo de 1970-2018. De acuerdo a lo descrito anteriormente se pudo determinar los años más secos y lluviosos en base a la elaboración de gráficos que permiten observar la desviación estándar la cual sirve de base para evaluar los años más secos y lluviosos. En la Figura 43, se presentan los años que ocurrieron las anomalías con respecto a los años más y menos lluviosos. Se puede determinar que las estaciones San Mateo de Huanchor y Huarochiri tuvieron un periodo de años lluviosos siendo estos de 1995 – 2005 los que ocurrieron con más frecuencia.

Por ello, los años más lluviosos fueron los años 1970, 1981, 1993, 2001, 2011, todos ellos con 2 estaciones. Del mismo modo, los años 1972, 1983, 2000, 2006 y 2009 con 3 estaciones a su favor. Asimismo, los años 1998, 1999, 2008 fueron los más lluviosos en 4 estaciones; mientras que el año 2017 presentó la mayor cantidad de precipitación en 6 estaciones, siendo el año con mayor precipitación de todos.

Por otro lado, para determinar las estaciones con menor precipitación o secas, se realizó el mismo procedimiento. Como resultados se obtuvieron que los años más secos fueron 1990 (2 estaciones), 1978, 1989, 1979, 1982 y 1992 (3 estaciones) y el año 1980 (4 estaciones).

Tabla 13. Años más secos y lluviosos históricos (Orden de intensidad: Mayor a menor)

Años más secos	Años más lluviosos	
1980	2017	1983
1992	2008	1972
1982	1999	2011
1979	1998	2001
1989	2009	1993
1978	2006	1981
1990	2000	1970

Fuente: Elaboración propia



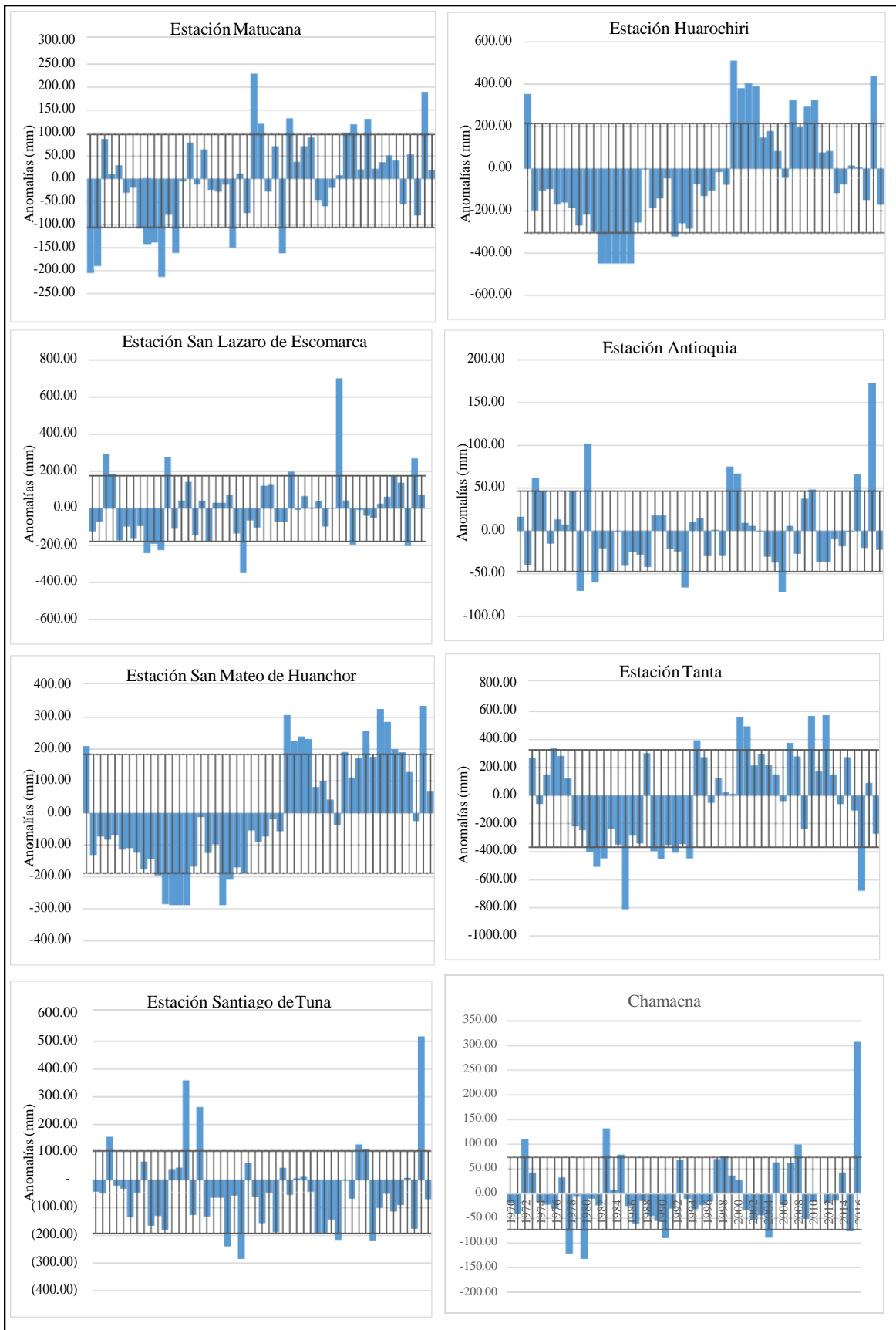


Figura 49. Cálculo de anomalías respecto a cada estación  
Fuente: Elaboración propia

**Hipótesis específica 2:** El comportamiento histórico (1970-2017) de la temperatura aumenta en la subcuenca Chamacna – Cuenca Media Alta del Río Lurín.

### 3.2 Variabilidad de la temperatura histórica

#### 3.2.1 Variabilidad por década de la temperatura

##### Variabilidad por estaciones

Así como se realizó con la precipitación, la temperatura máxima y mínima también son componentes climáticos que han presentado cambios en su distribución espacial y temporal. Por ello, a continuación, se presentan los 5 grupos de periodos de tiempo en los cuales se agruparon los años para conocer las variaciones existentes con el pasar del tiempo.

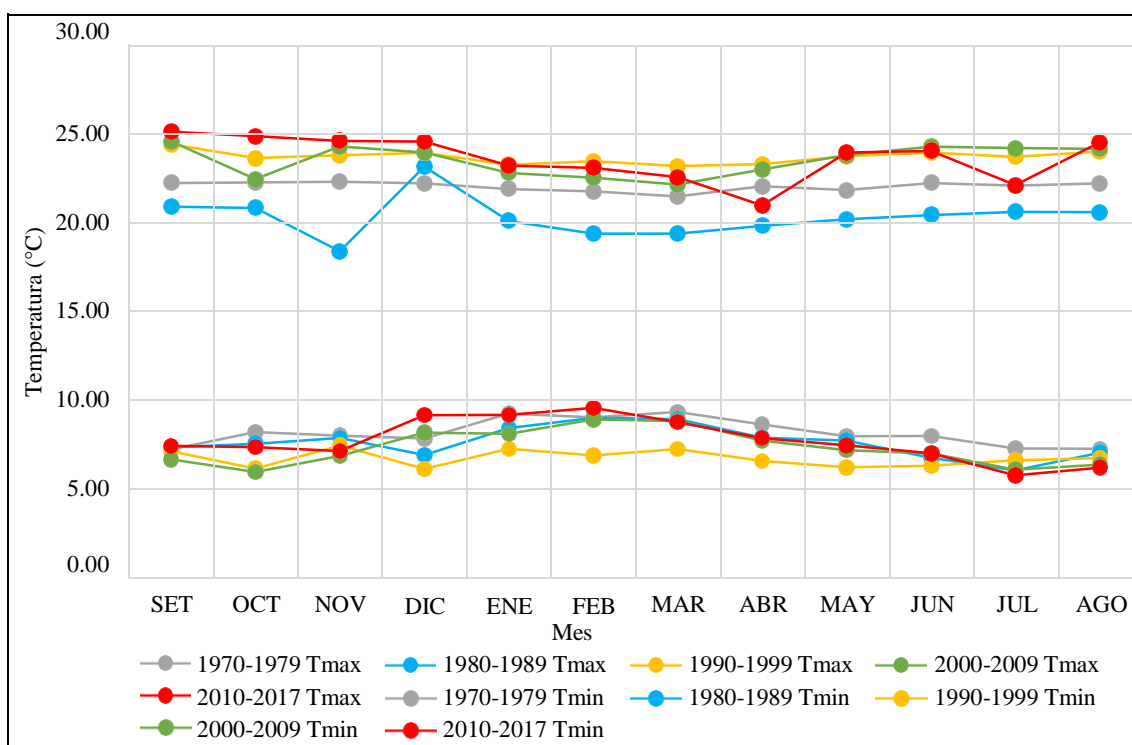


Figura 50. Variabilidad por década de la temperatura máx. y min – Estación Matucana

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 50 se observa como la temperatura durante las dos últimas décadas desde el año 2000, la temperatura máxima y mínima han aumentado respecto a las 2 primeras décadas. Para esta estación no se observa claramente los periodos de estacionalidad para la temperatura máxima; aunque los meses de enero a marzo existe una ligera decrecida de valores. Por su parte, la temperatura mínima si se puede determinar que de diciembre a marzo las temperaturas mínimas se incrementan.

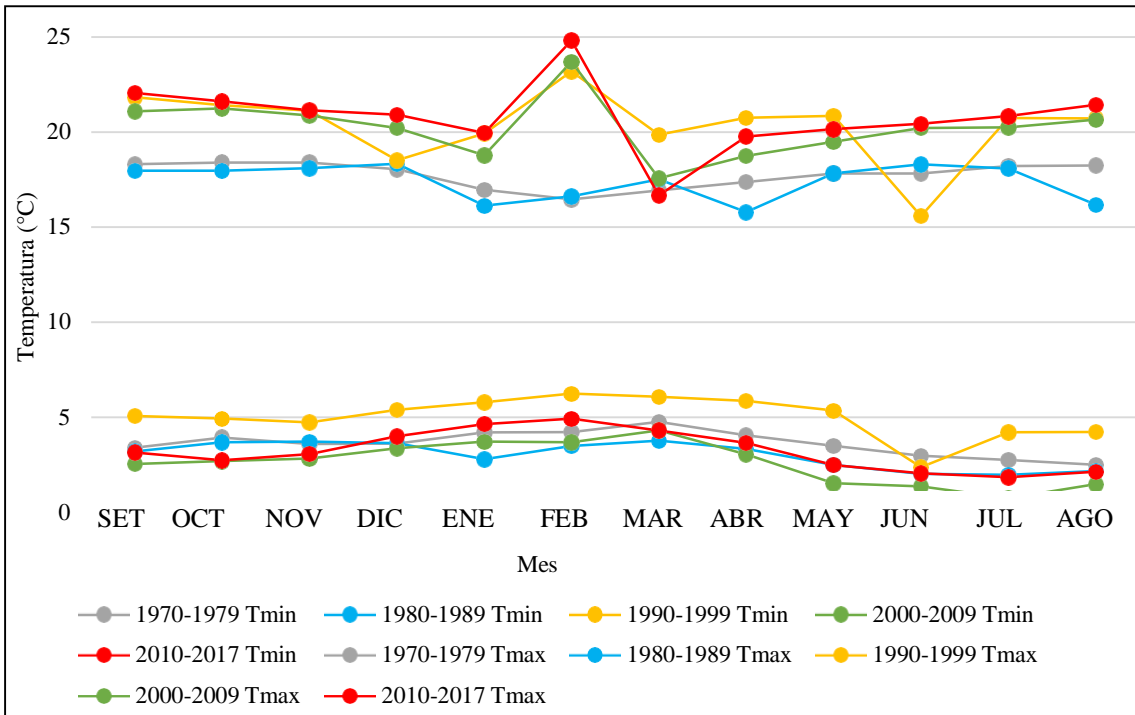


Figura 51. Variabilidad por década de la temperatura max y min – Estación Huarochirí

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 51, se muestra como las temperaturas máximas y mínimas para la estación Huarochirí sufre variación con el pasar de los años, en esta estación sí se define claramente los meses de aumento de temperatura. El patrón que se identificó en Matucana, es decir, la disminución de temperatura máxima durante los meses de enero a abril también se reconoce en esta estación; sin embargo, durante las tres últimas décadas (1990-2017) la temperatura máxima en el mes de febrero se ha visto influenciada por el aumento del valor bordeando los 25°C.

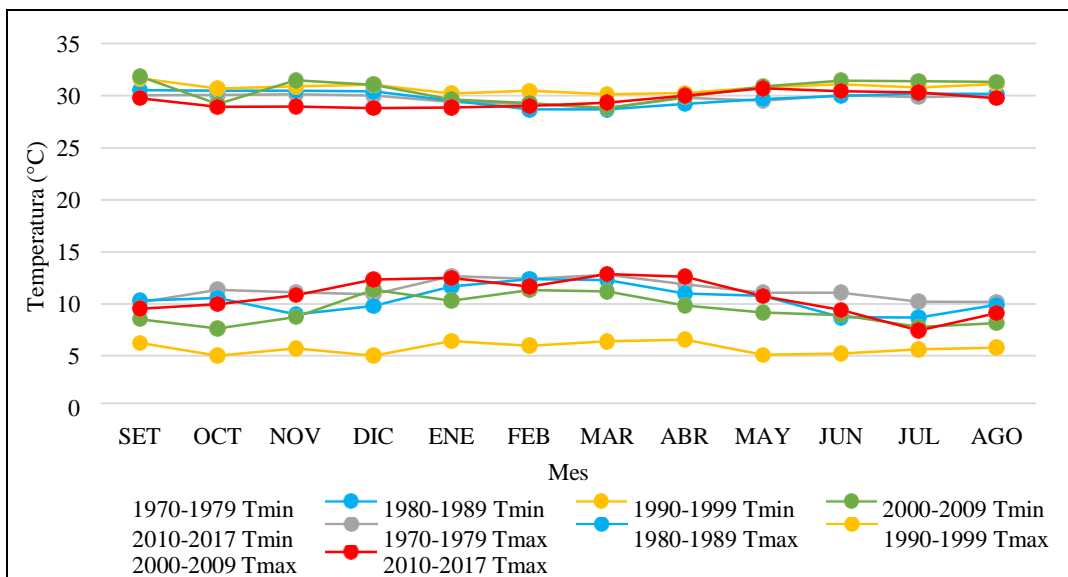


Figura 52. Variabilidad por década de la temperatura max y min – Estación Antioquía

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 52, se observa como la variabilidad de la temperatura máxima ha ido mostrando un comportamiento relativamente uniforme. Los meses de enero a abril se puede observar una ligera decrecida de la temperatura máxima, asimismo, no se puede diferenciar la variación en termino de décadas ya que todas las líneas del parámetro se encuentran relativamente cercas. Por parte de la temperatura mínima, la década de los 90's se encuentra claramente por debajo de las temperaturas cotidianas; la última década es la que presenta un aumento de temperatura con respecto a los años anteriores. Con respecto a la estacionalidad, se puede determinar que durante los meses de que para la temperatura máxima en estos meses se manifestó un ligero declive.

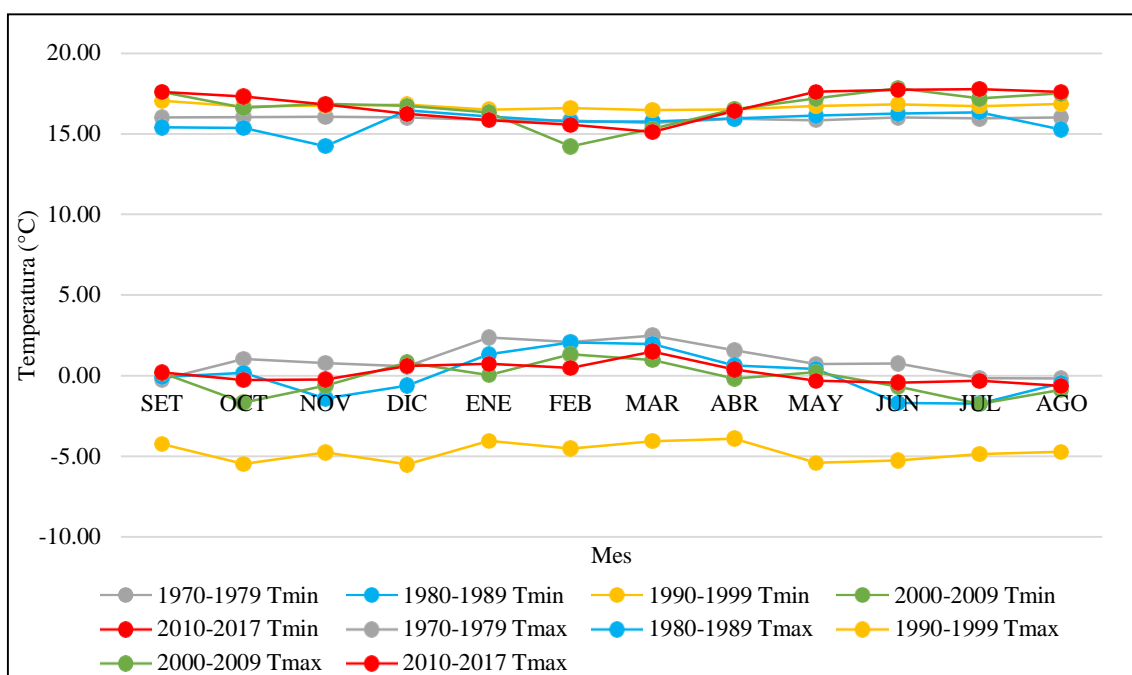


Figura 53. Variabilidad por década de la temperatura max y min –Estación San Lázaro de Escomarca

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 53, se muestra la variabilidad temporal por 5 grupos de 10 años y ello se ha desarrollado con el objetivo de visualizar los meses de mayor y menor índice de calor. Sin embargo, para esta estación no se observa una clara diferencia de periodos de calor y frio.

### Resumen general

En general de los cuatros estaciones con información disponible no se pudo determinar la estacionalidad de la temperatura ya que no existe mucha variabilidad y tampoco meses marcados con la máxima o mínima temperatura. Solo para la estación San Lázaro de Escomarca se puede observar una pequeña estacionalidad que indica el aumento de temperatura mínima durante los meses de enero a marzo, pero un decrecimiento de la temperatura máxima en esos mismos meses.

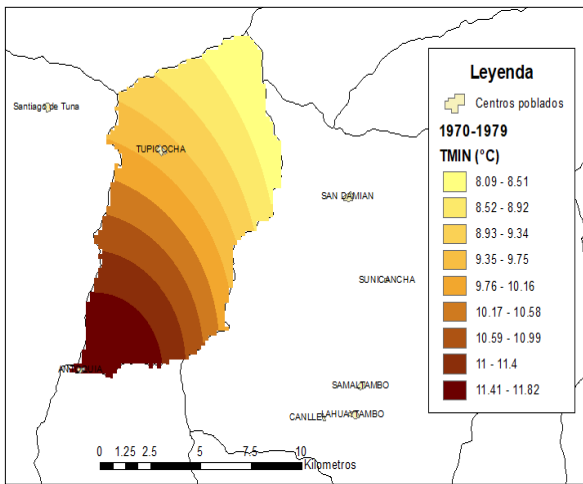


Figura 54. Variabilidad por década de la temperatura mínima en Chamacna (1970-1979)  
Fuente: Elaboración propia

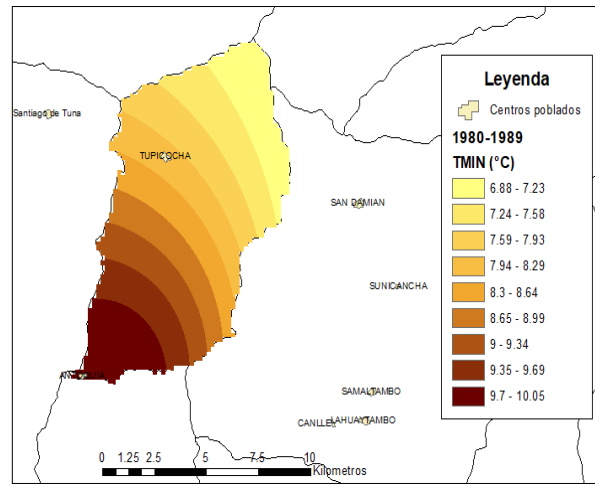


Figura 55. Variabilidad por década de la temperatura mínima en Chamacna (1980-1989)  
Fuente: Elaboración propia

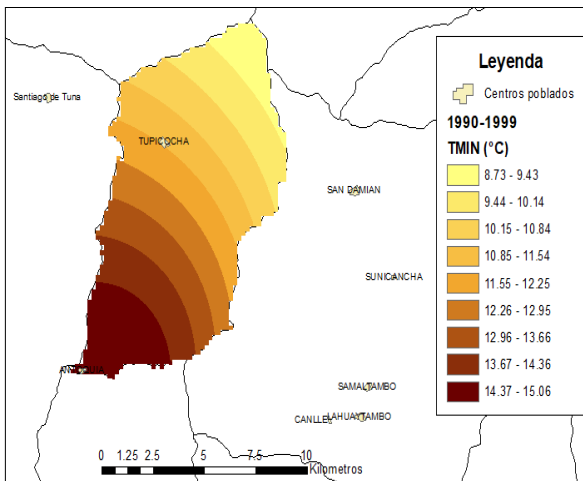


Figura 56. Variabilidad por década de la temperatura mínima en Chamacna (1990-1999)  
Fuente: Elaboración propia

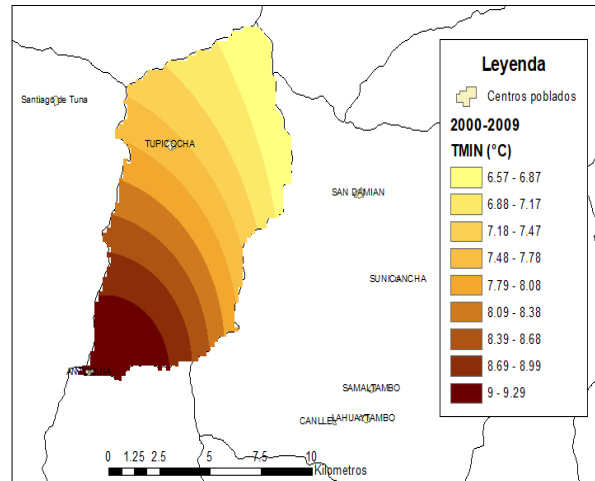


Figura 57. Variabilidad por década de la temperatura mínima en Chamacna (2000-2009)  
Fuente: Elaboración propia

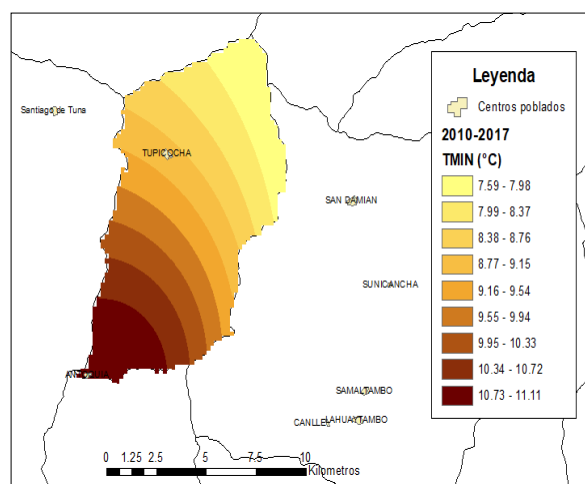


Figura 58. Variabilidad por década de la temperatura mínima en Chamacna (2010-2017)  
Fuente: Elaboración propia

En las figuras antes mostradas, se ha empleado el método de interpolación para la subcuenca Chamacna a partir de las temperaturas mínimas de las cuatro estaciones con datos existentes. Se puede apreciar que para las tres primeras décadas 1970-1999 (Figura 54 al 56) la temperatura es estable siendo la década de 1980-1989 la más baja entre los tres periodos. La temperatura mínima se va distribuyendo con mayor claridad para las dos últimas décadas (Figura 57 y 58) donde la temperatura alcanza los 6°C manteniendo su mayor temperatura para la zona alta que en la baja.

En los siguientes gráficos se muestra la temperatura máxima interpolada por el mismo método a partir de las cuatro estaciones existentes.

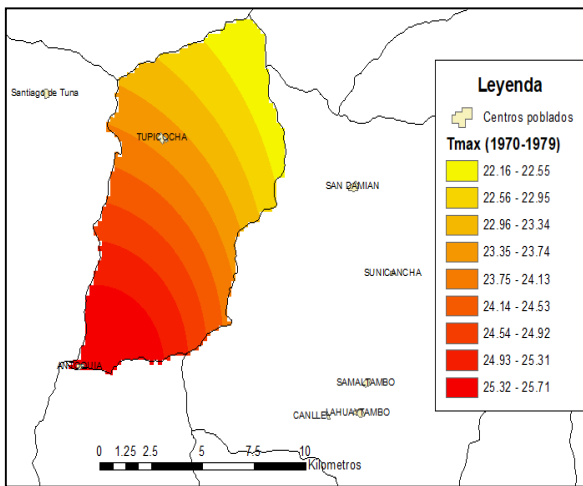


Figura 59. Variabilidad por década de la temperatura máxima en Chamacna (1970-1979)  
Fuente: Elaboración propia

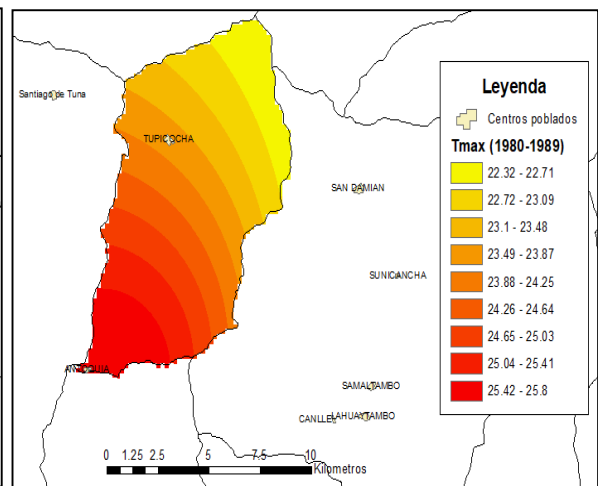


Figura 60. Variabilidad por década de la temperatura máxima en Chamacna (1980-1989)  
Fuente: Elaboración propia

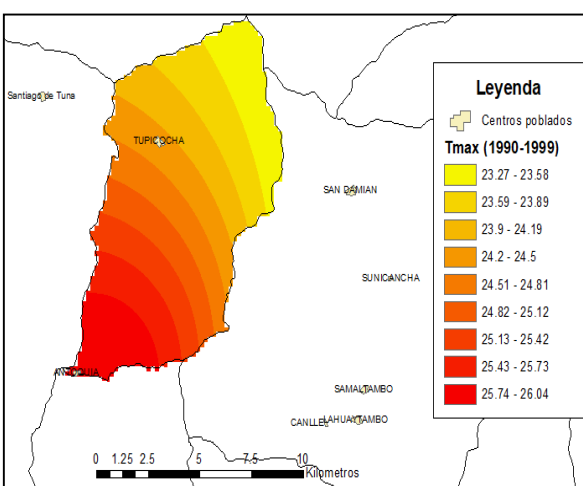


Figura 61. Variabilidad por década de la temperatura máxima en Chamacna (1990-1999)  
Fuente: Elaboración propia

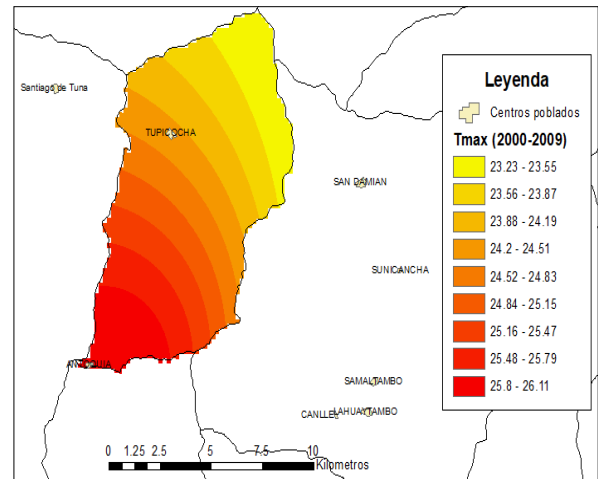


Figura 62. Variabilidad por década de la temperatura máxima en Chamacna (2000-2009)  
Fuente: Elaboración propia

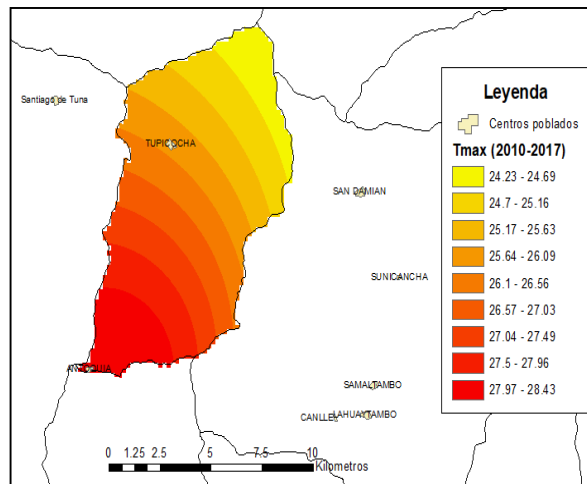


Figura 63. Variabilidad por década de la temperatura máxima en Chamacna (1990-1999)  
Fuente: Elaboración propia

Las figuras antes descritas indican la distribución de la temperatura máxima la cual no presenta una variación notable. Sin embargo, se puede decir que las dos primeras décadas se observa que la temperatura se halla entre los 22°C y 25°C, mientras que para la última década del 2010 al 2017, la temperatura máxima ‘mínima’ es de 24.23 y la temperatura máxima ‘máxima’ se encuentra bordeando los 28.43, lo cual prueba como el cambio en el clima, está condicionando también para la cuenca en estudio.

### 3.2.2 Variabilidad estacional

En la figura 64 se puede observar como para el caso de la temperatura máxima presenta una ligera tendencia decreciente para los meses de enero a abril. Por otra parte, la temperatura mínima presenta una estacionalidad clara donde los meses de enero a abril son los meses cuando la temperatura mínima aumenta. Sin embargo, para los meses de enero a abril presenta un ligero incremento de la temperatura mínima. Ello se debe a que, para las zonas alto andinas, durante el periodo de enero a marzo se puede presentar gran nubosidad y precipitación y estas forman una barrera para que la energía solar pueda escapar de la atmósfera, es por ello que las noches se vuelven menos frías por el calor almacenado en la Tierra enero a marzo están asociados al periodo de máxima nubosidad y precipitación, por esta razón existe un mayor ingreso de radiación solar y por eso las temperaturas ascienden de enero a marzo (SILVA, 1991).

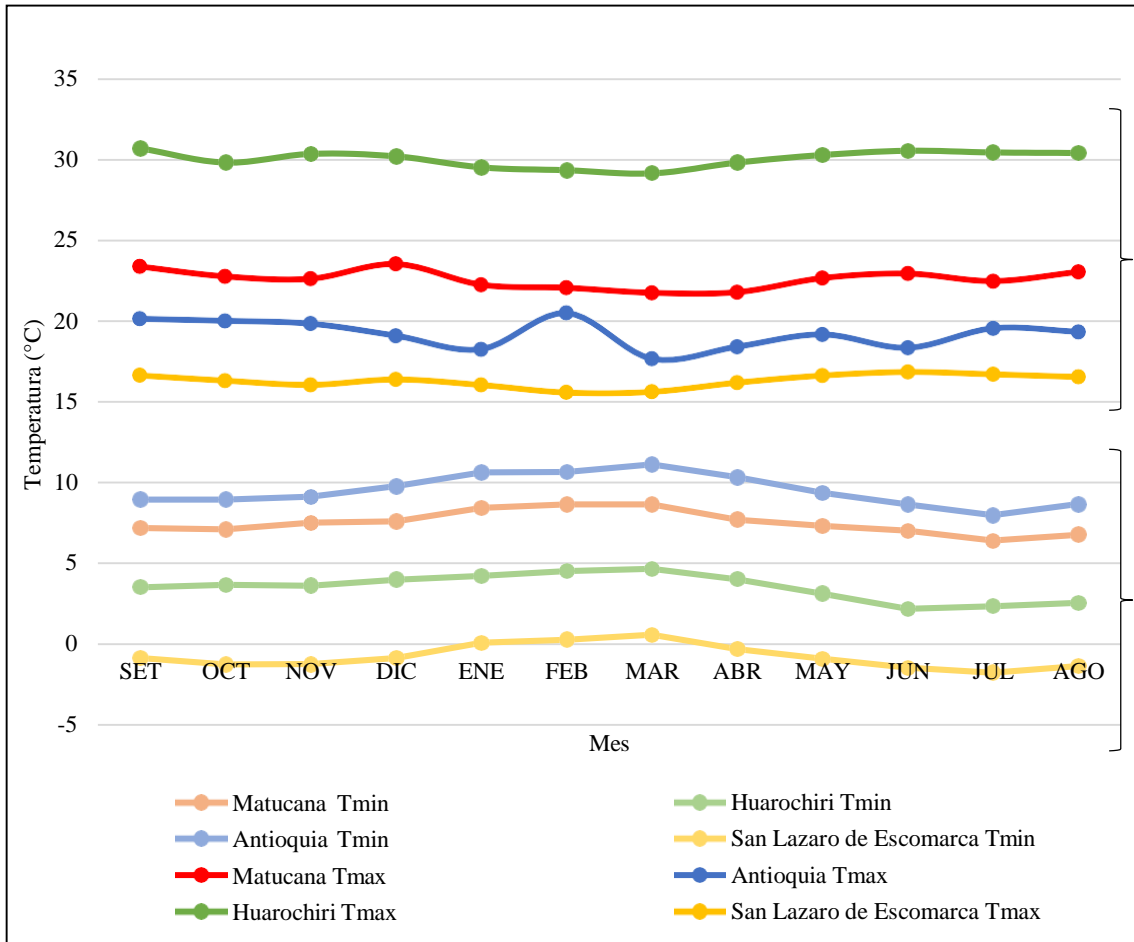


Figura 64. Comportamiento de la temperatura máxima y mínima multianual por estación

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3 Variabilidad Interanual

En la figura 65 se puede observar como para la estación San Lázaro de Escomarca, específicamente para la temperatura máxima tiene un ligero aumento en un 2% anual, mientras que para la temperatura mínima decrece en un 1% anual. Para la estación Antioquia, la temperatura máxima disminuye en un 4% anual, mientras que para la temperatura mínima la tendencia es a disminuir en 1% anual. Para la estación de Huarochirí, el escenario cambia y la tendencia se muestra con mayor notoriedad denotando un aumento del 8% anual para la temperatura máxima, y una disminución del 1% anual para la temperatura mínima. Finalmente, para la estación Matucana, la temperatura máxima presenta un incremento del 4% anual, mientras que la temperatura mínima decrece en 1%.



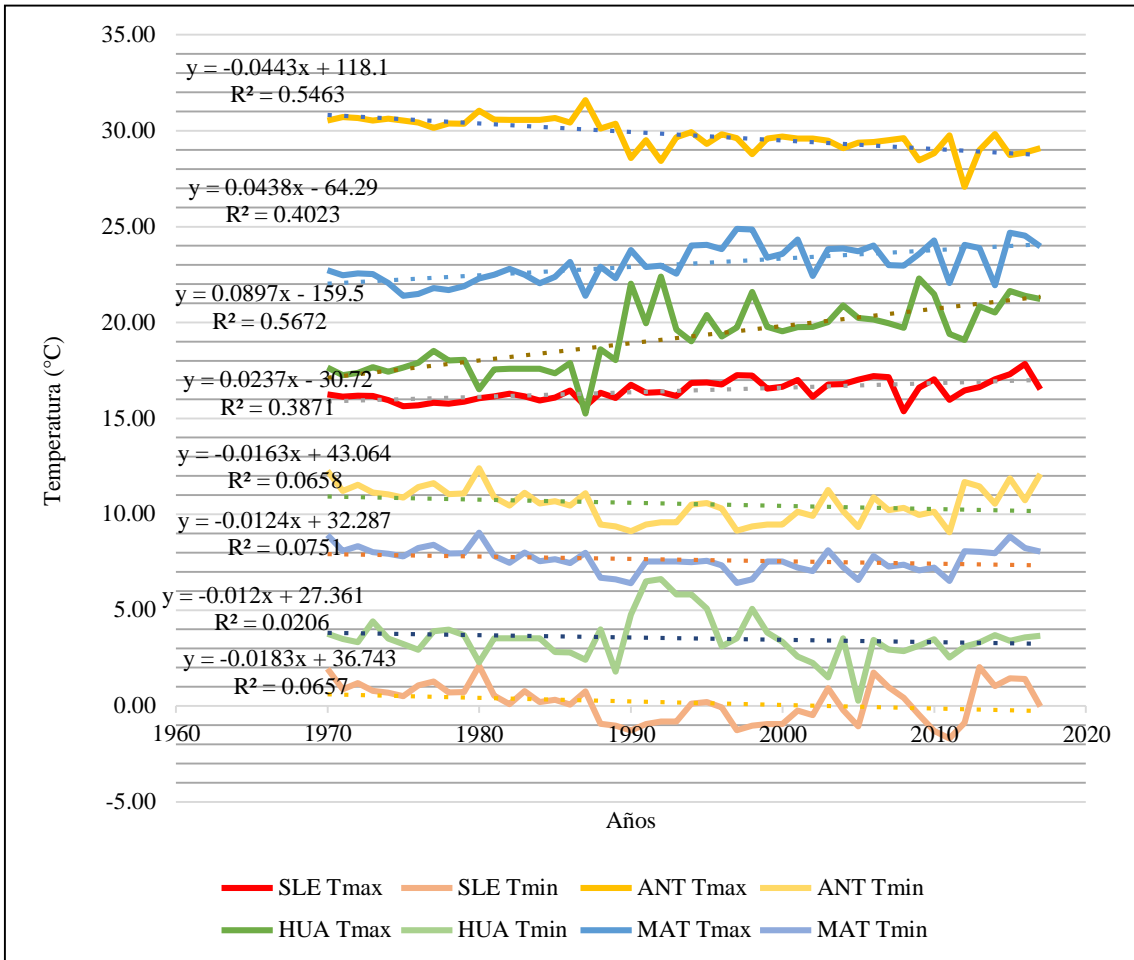


Figura 65. Variabilidad interanual de la temperatura máxima y minina para cada estación

Fuente: Elaboración propia

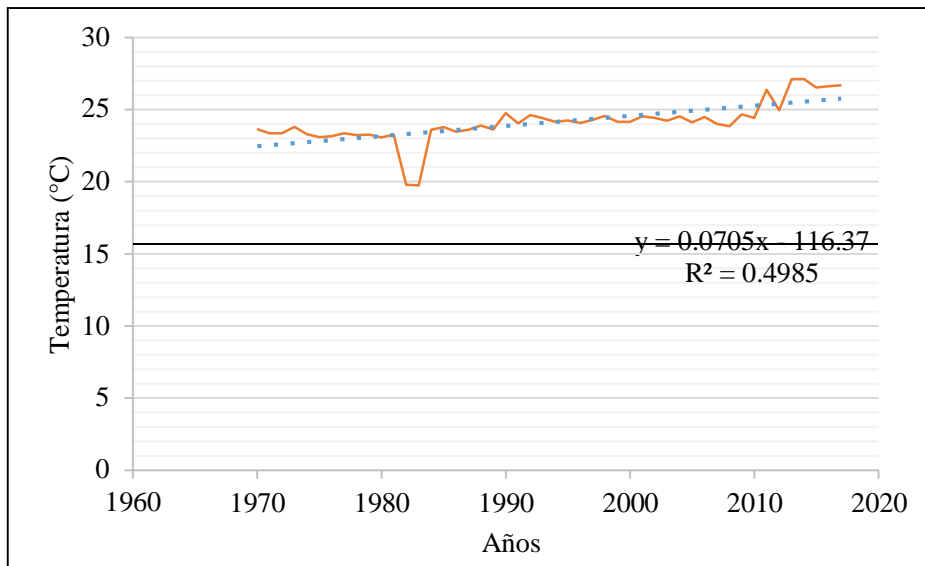


Figura 66. Variabilidad interanual de la temperatura máxima en Chamacna

Fuente: Elaboración propia

La figura 66, muestra la variabilidad interpolada por el método IDW de la temperatura máxima. En la figura se aprecia como para este parámetro no hay gran

variación, sin embargo, los cambios han generado que la tendencia sea creciente. Se observa un punto, el año 1983, la temperatura máxima descendió a 19.75 °C. Por otro lado, la ecuación se presenta con una ligera tendencia a un aumento del 7% anual. Si la temperatura máxima sigue incrementándose podría generar problemas a la comunidad.

### 3.2.4 Anomalías interanuales para la temperatura

Utilizando los valores del resultado de calcular la temperatura mínima anual menos el promedio de las temperaturas mínimas multianual, se determina para cada serie años donde las temperaturas mínimas fueron extremas.

Por otro lado, la Figura 67 muestra las anomalías con respecto a las temperaturas máximas, donde se puede observar que los años calurosos de incrementaron durante la última década en la subcuenca Chamacna la temperatura máxima se incrementó desde el 2012, siendo estos los años más calurosos. Asimismo, los años 1982 y 1983 registraron un descenso de la temperatura ocasionando que sean considerados como fríos.

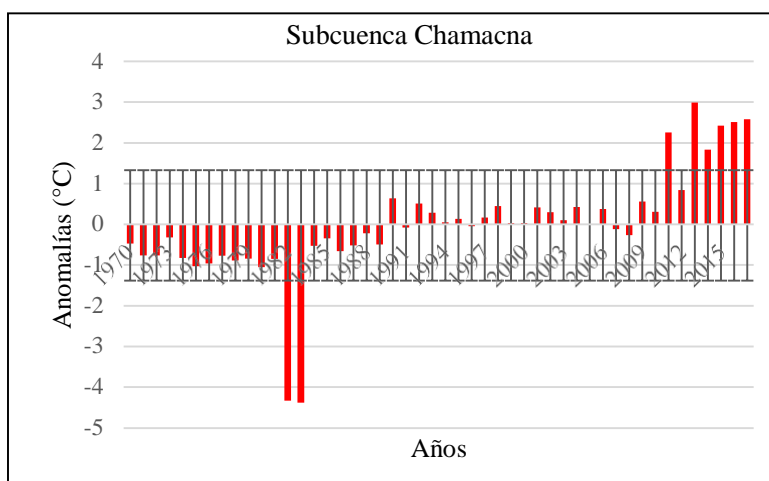


Figura 67. Anomalías de la temperatura máxima en Chamacna

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, haciendo uso de los valores de promedio anual menos el promedio multianual desde 1970-2018, se encontraron las anomalías que se presentan en la Figura 68 y 69 con respecto a las temperaturas mínimas y máximas. En la figura 68 se puede apreciar que las estaciones no tienen muchos años considerados más fríos o menos fríos, solo Huarochirí quien manifiesta que los años 1990 a 1995 los años fueron menos fríos (más temperatura), lo mismo sucede con Antioquia. Por su parte, la figura 69, muestra cómo las estaciones presentan años más calurosos (mas temperatura) durante la última década, indicador del cambio en el clima ocurrente.

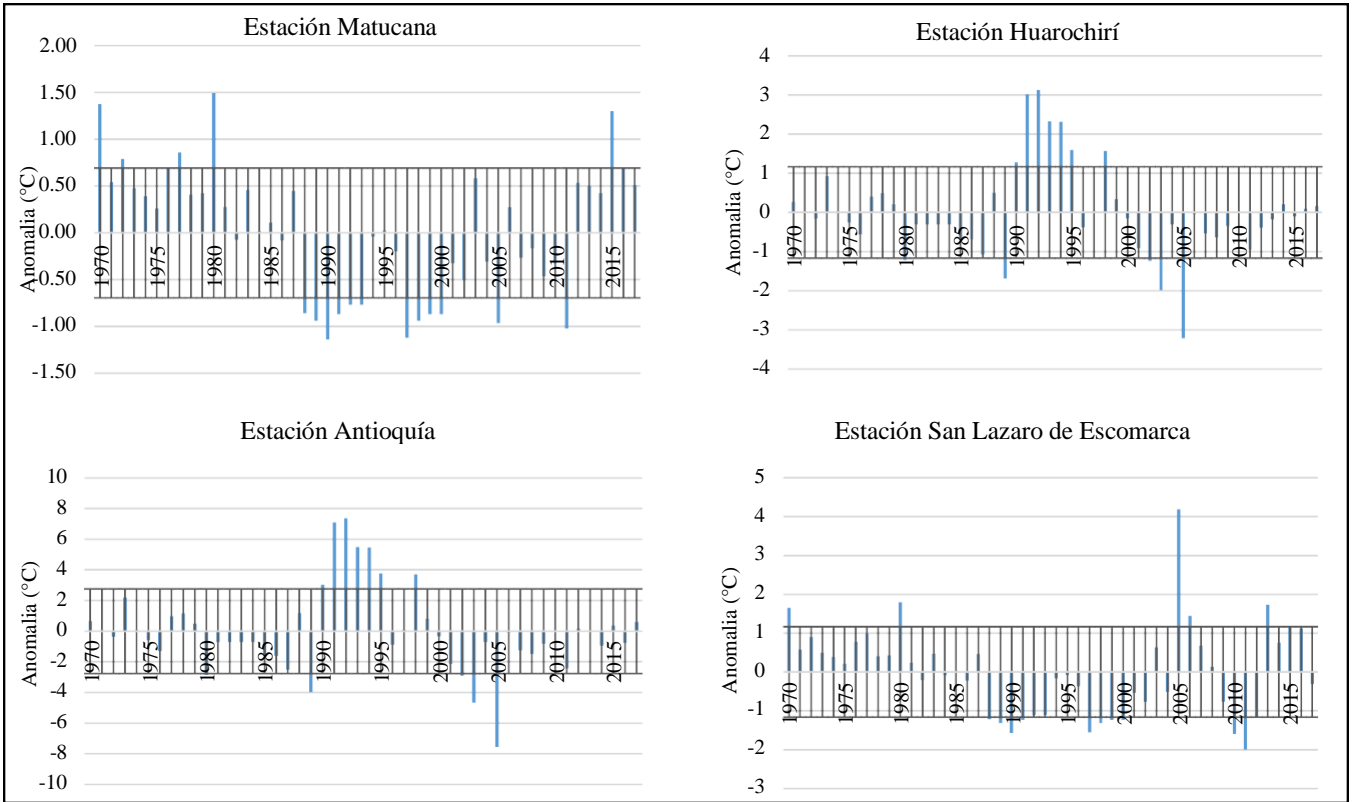


Figura 68. Anomalías de la temperatura mínima por estación  
Fuente: Elaboración propia

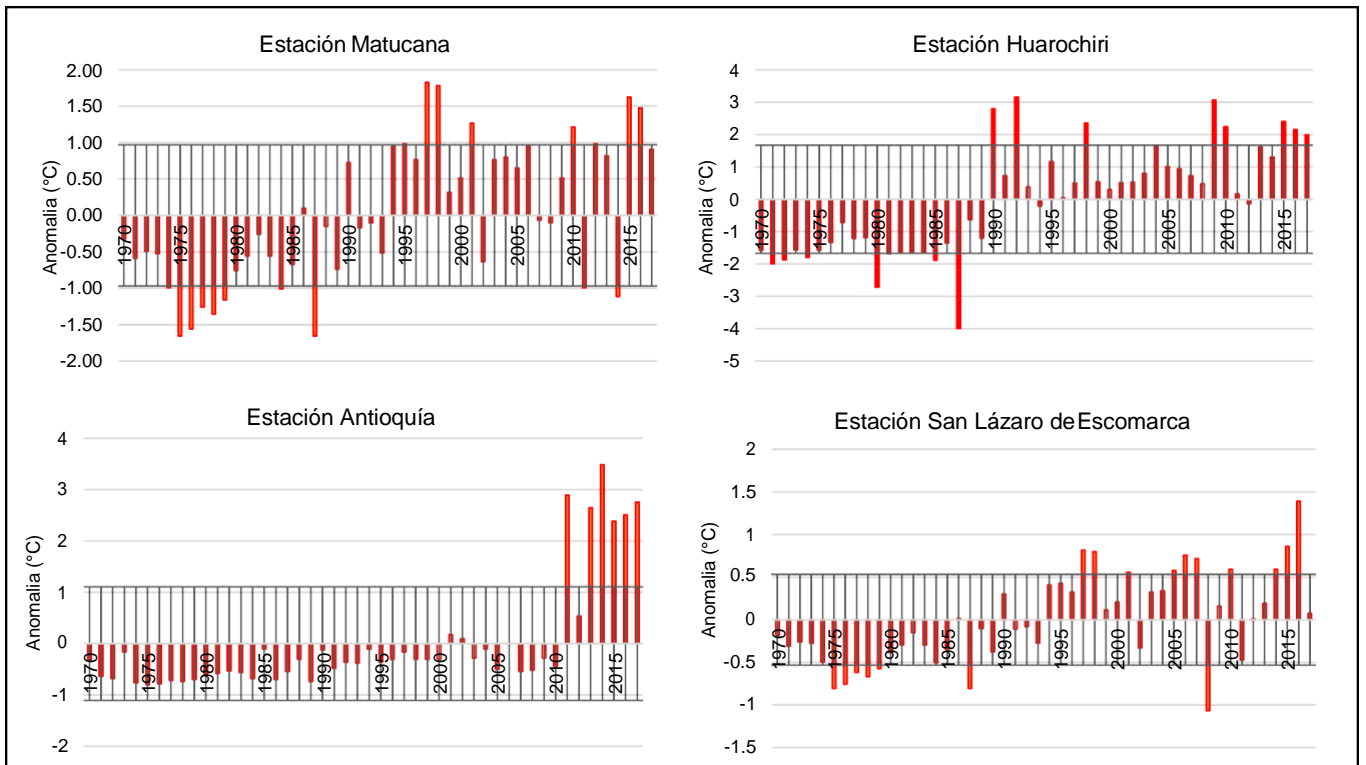


Figura 69. Anomalías de la temperatura máxima por estación  
Fuente: Elaboración propia

Para mayor detalle, la tabla 14 se muestra en resumen los años más cálidos y fríos en términos de la temperatura mínima y máxima. Es necesario señalar que podría existir otros años cálidos o fríos aparte de los mencionados, ya que quizás no hayan sido identificados en esta investigación.

Tabla 14: Años de temperaturas extremas máximas y mínimas

Estaciones	Años de T° Máximas anuales				Años de T° Mínimas anuales		
	+Cálidos		+Fríos		+Cálidos	+Fríos	
Matucana	1997	2010	1975	1978	1970	1988	1998
	1998	2015	1976	1979	1980	1989	1999
	2001	2016	1977	1987	2015	1990	2000
	-	-	-	-	-	1997	2005
Huarochirí	1990	2010	1980	-	1992	1989	
	1992	2015	1987	-	1993	2003	
	1998	2016	-	-	1994	2005	
	2009	2017	-	-	1995	-	
Antioquía	2011	2015	-	-	1991	-	2003
	2013	2016	-	-	1992	-	2005
	2014	2017	-	-	1993	-	-
	-	-	-	-	1994	-	-
San Lázaro de Escomarca	1997	2007	1975	1978	1970	2010	
	1988	2015	1976	1987	1980	2011	
	2006	2016	1977	2007	2005	-	
	-	-	-	-	2013	-	

Fuente: Elaboración propia

**Hipótesis específica 3:** El comportamiento de la precipitación tiene estrecha relación con las características hidrogeomorfológicas de la subcuenca Chamacna – Cuenca Media Alta del Río Lurín.

### 3.3 Características hidrogeomorfológicas de la subcuenca

#### 3.3.1 Pendiente

Se ha tomado en cuenta la clasificación de Pérez (1979) debido a su clasificación de la pendiente. La subcuenca Chamacna agrupa cuatro de las siete clasificaciones que se definen, siendo las superiores las que predominan en la zona. Se ha realizado un mapa de pendientes (Anexo 4) donde se observa que la subcuenca posee alrededor del 5% de superficie muy escarpada (pendientes >50%), un 25% de superficie escarpada (pendientes entre 25-50%), un 30% se considera fuertemente accidentada (pendiente entre 15 a 25%), todas son características de la parte alta de la cuenca, asimismo, un 23% tiene superficie accidentada (10-15% de pendiente) y un 17% de superficie accidentada media (pendientes entre 5 a 10%) para la parte baja (Figura 70).

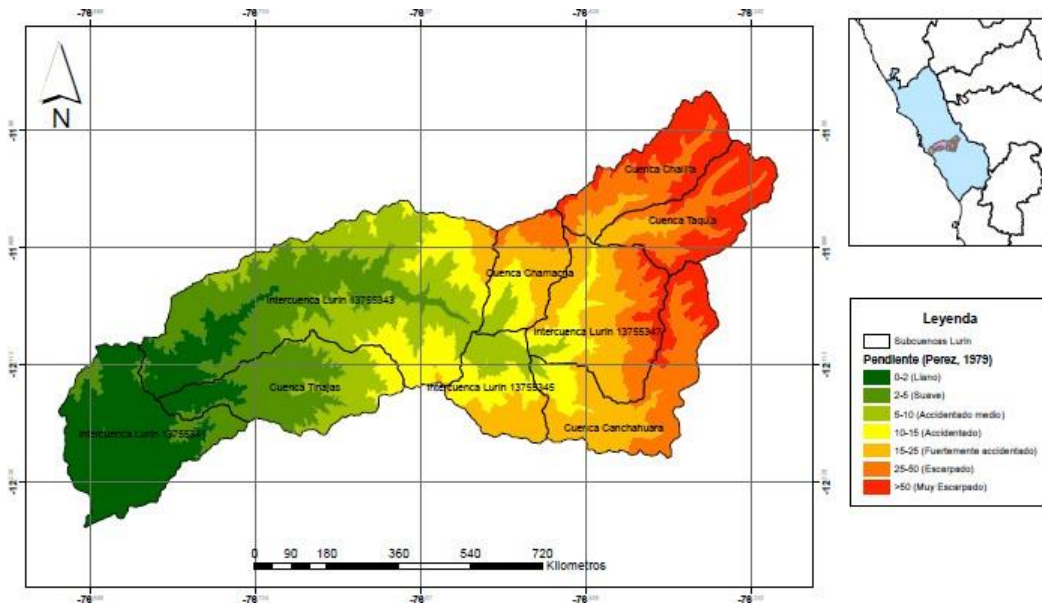


Figura 70. Mapa de pendientes de la cuenca Lurín  
Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2 Curva hipsométrica

La curva hipsométrica define la caracterización morfológica. En la tabla (Anexo 4) se presentan los valores correspondientes a las superficies de altitudes para cada área del paisaje hidrográfico. Con dicha información se ha construido la curva hipsométrica que representa la altitud en el eje de las coordenadas y el porcentaje acumulado proveniente de la aplicación de fórmulas para su caculo a partir del área acumulada vs elevación.

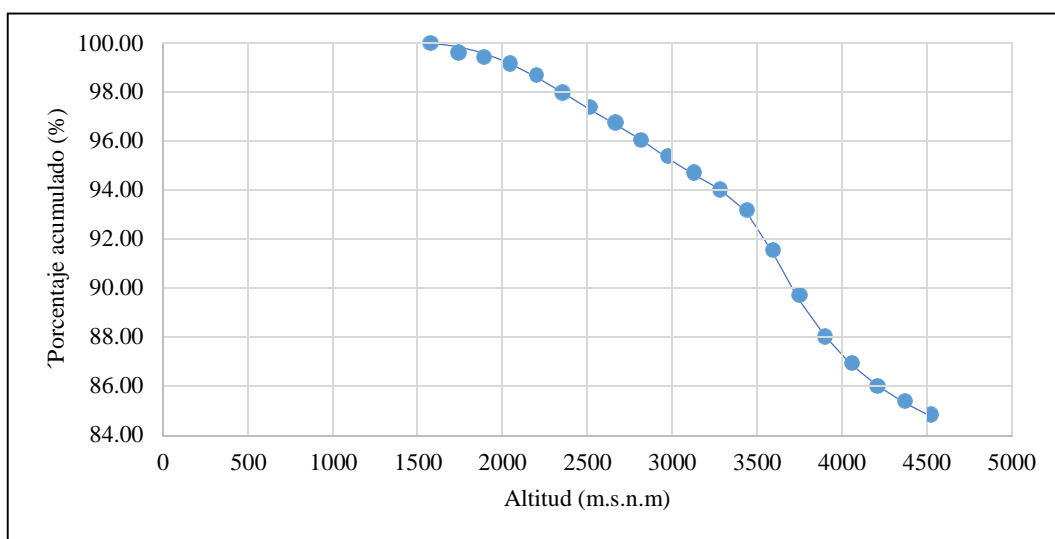


Figura 71. Curva hipsométrica de la subcuenca Chamacna  
Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3 Cobertura vegetal

Las clases de cobertura vegetal (Figura 72) se definieron con base en los criterios de Mapa Nacional de Cobertura Vegetal del Perú (2015). Se identificaron las siguientes coberturas:

**Pajonal andino:** La parte alta de subcuenca Chamacna se caracteriza por tener característica el pajonal andino, la cual está conformada por herbazales, es característico de las zonas con altitudes entre 3800 y 4800 m.s.n.m. Según el mapa elaborado (Anexo 6) muestra que aproximadamente el 20% de la subcuenca está rodeado de pajonal andino.

**Matorral arbustivo:** Una gran superficie de la subcuenca Chamacna posee esta característica, casi el 60% de la superficie total es matorral arbustivo (Anexo 6) el cual se caracteriza por estar entre la altura 1500 a 3800.

**Cardonal:** Esta unidad de cobertura está determinada por la aridez donde predominan las Cactaceae. Solo un 25% de la subcuenca Chamacna presenta esta fisiografía en general en la parte baja.

**Agricultura costera y andina:** La unidad de agricultura costera tiene un 15% de presencia en la parte alta en especial alrededor de la comunidad de San Andrés de Tupicocha quienes para subsistir utilizan el área respectiva.

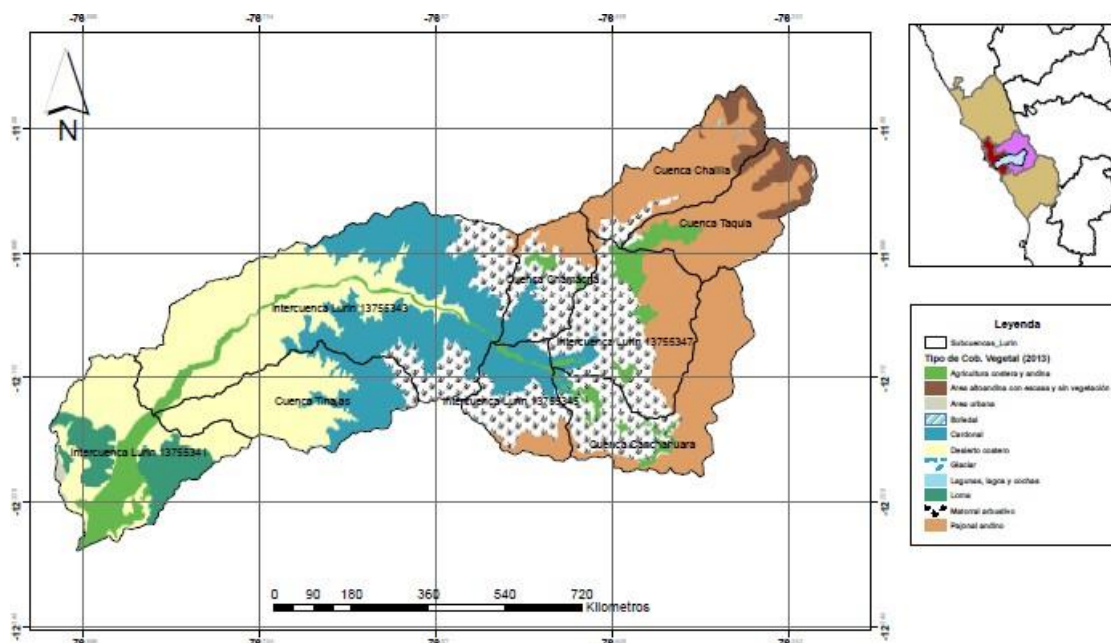


Figura 72. Mapa de cobertura vegetal de la cuenca Lurín  
Fuente: Elaboración propia

**Hipótesis específica 4:** El comportamiento de la precipitación a los años 2025 y 2050 aumenta en la subcuenca Chamacna – Cuenca Media Alta del Río Lurín.

### 3.4 Disponibilidad hídrica superficial proyectada

#### 3.4.1 Proyección de la precipitación interanual

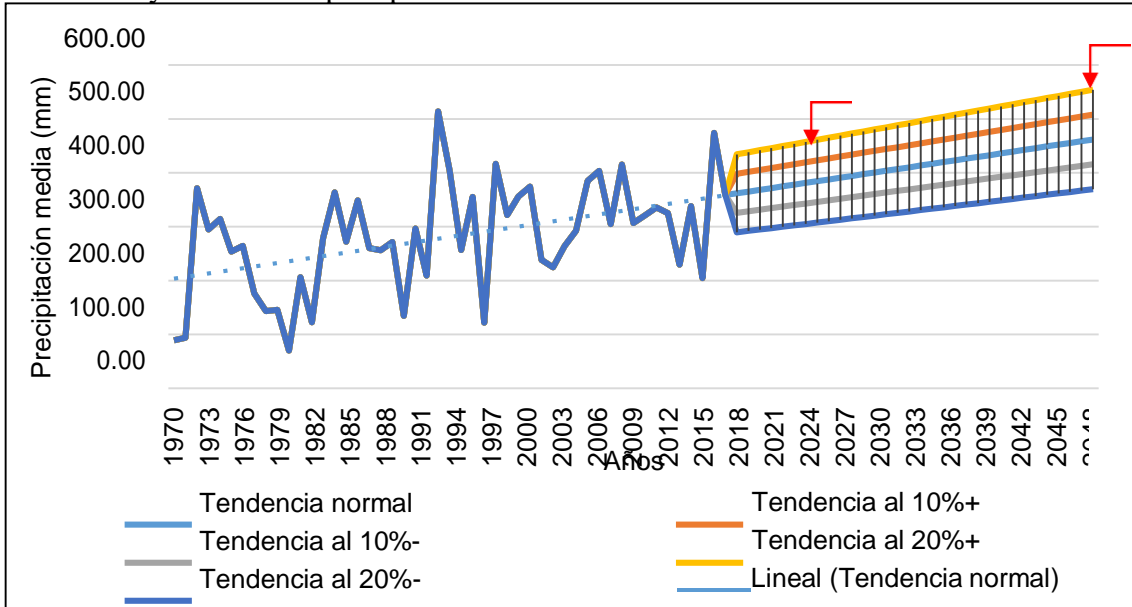


Figura 73. Proyección de la precipitación media - Estación Matucana

Fuente: Elaboración propia

#### Matucana al 2025

$$y = 3,1171x + 201,78 \quad (15)$$

$$y = 3,1171(56) + 201,78$$

$$y = 376.34$$

#### Matucana al 2050

$$y = 3,1171(81) + 201,78 \quad (16)$$

$$y = 454.27$$

En la Figura 73, se ha graficado el comportamiento histórico, así como las líneas de tendencia. Según la Tabla 15, la estación Matucana presenta una variación referente al aumento de la precipitación un 3.12%. La ecuación  $y=3,1171x+201,78$  muestra que para el año 2025 (representado por el valor de año 56, desde el registro de datos) la precipitación media será aproximadamente 376.34 mm. Para el cálculo del rango de variación se obtuvo el 20 y 10% menos, así como el 10 y 20% más del valor estándar. Por tanto, para el año 2025 el rango de variación se espera un rango de 304.86 mm como valor mínimo y 457.30 mm de precipitación máxima.

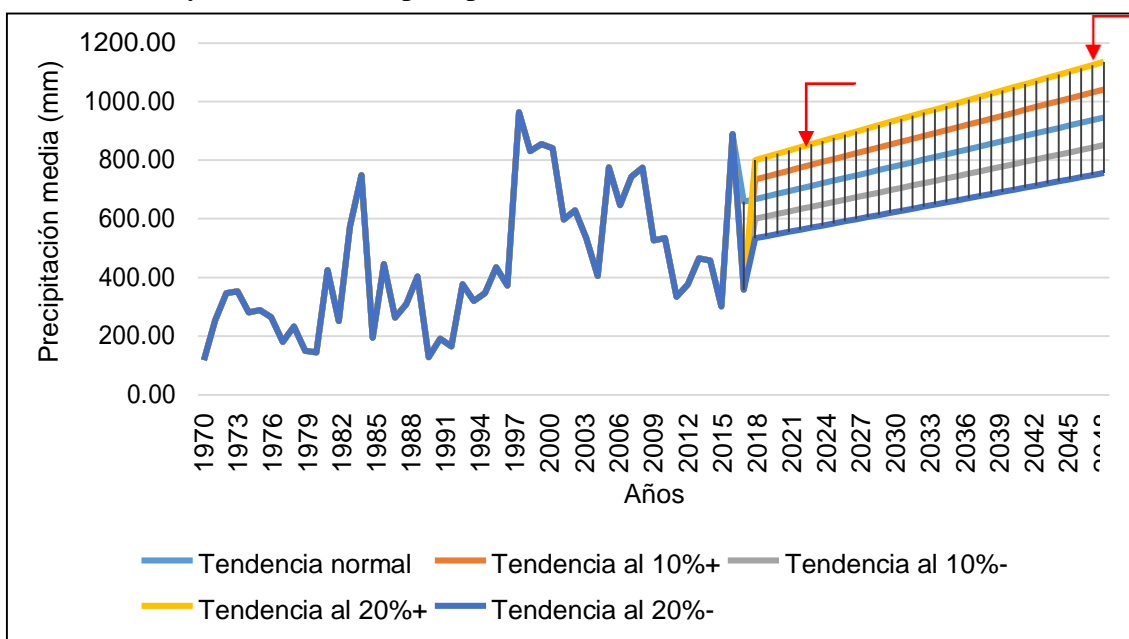


Figura 74. Proyección de la precipitación media - Estación Huarochiri

Fuente: Elaboración propia

### Huarochiri al 2025

$$y = 8,8609x + 184,11 \quad (17)$$

$$y = 8,8609(56) + 184,11$$

$$y = 680.32$$

### Huarochiri al 2050

$$y = 8,8609(81) + 184,11 \quad (18)$$

$$y = 901.84$$



En la Figura 74, se muestra gráficamente la variación de precipitación histórica pero también se proyectó a los años 2025 y 2050. Según la Tabla 15, Huarochirí es una de las estaciones que más presenta aumento de la precipitación a los años siguientes, teniendo un porcentaje de 8.86% de aumento anual. Para el año 2025, considerando la ecuación correspondiente a la estación se obtiene que, para dicho año, la precipitación será de 680.32 aproximadamente entre un rango de 602.9 y 904.3 obtenido de los posibles escenarios a verse.

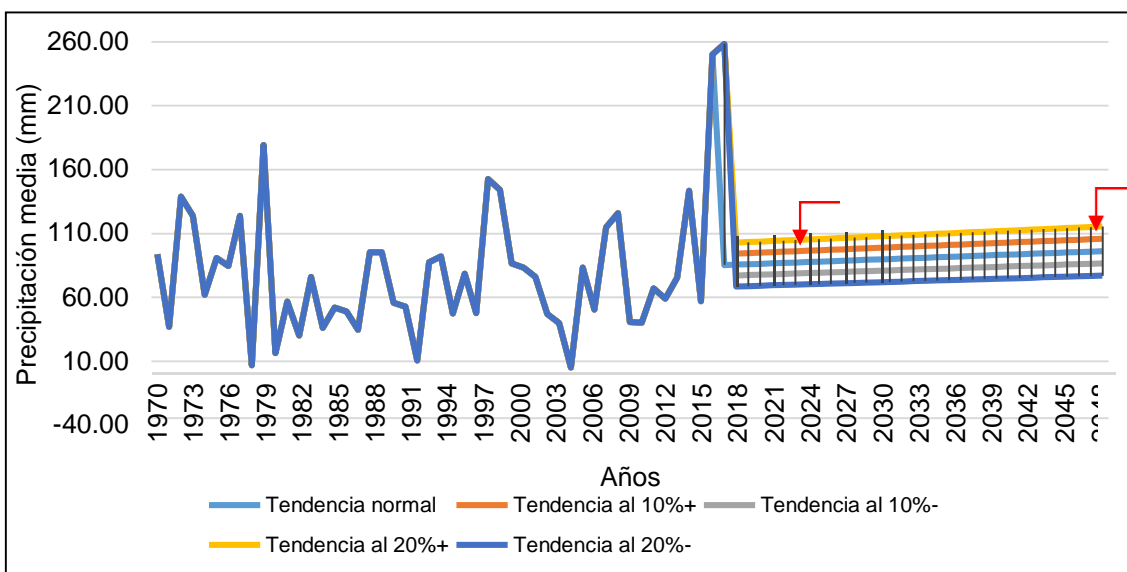


Figura 75. Proyección de la precipitación media - Estación Antioquia

Fuente: Elaboración propia

**Antioquia al 2025**

$$y = 0,2659x + 69,859 \tag{19}$$

$$y = 0,2659(56) + 69,859$$

$$y = 84.75$$

**Antioquia al 2050**

$$y = 0,2659(81) + 69,859 \tag{20}$$

$$y = 91.40$$

En la Figura 75 se muestra como se ha comportado la precipitación a lo largo de los años 1970 al 2017, presentando un aumento notable en este último año. Según la proyección al año 2025 tomando como base la fórmula de proyección, se esperaría una precipitación media de 84.75 mm. Para esta estación, el aumento no es en gran medida siendo 0.26% el crecimiento que se observaría.

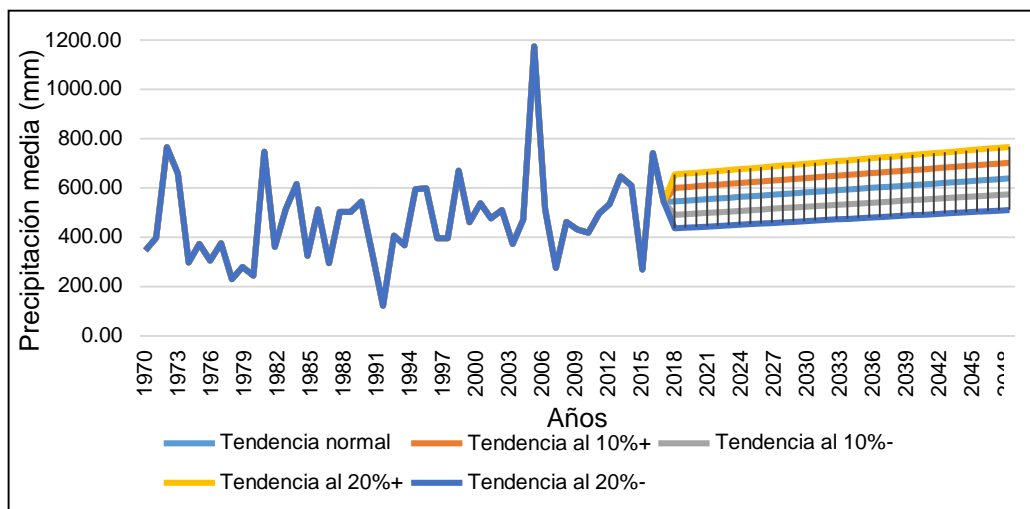


Figura 76. Proyección de la precipitación media - Estación San Lázaro de Escomarca

Fuente: Elaboración propia

#### San Lázaro de Escomarca al 2025

$$y = 3,011x + 395,54 \quad (21)$$

$$y = 3,011(56) + 395,54$$

$$y = 564,16$$

#### San Lázaro de Escomarca al 2050

$$y = 3,011(81) + 395,54 \quad (22)$$

$$y = 639,43$$

La Figura 76 muestra el comportamiento creciente del 3% anual aproximadamente en la precipitación media. Para el año 2025, la precipitación media anual estaría bordeando los 564.16 mm aproximadamente. Para el año 2050, la precipitación media podría ser de 639.43 mm. Los escenarios dan resultados que las lluvias se encontraran en un rango de 400 a 800 mm por cada año, aumentando en un 3%.

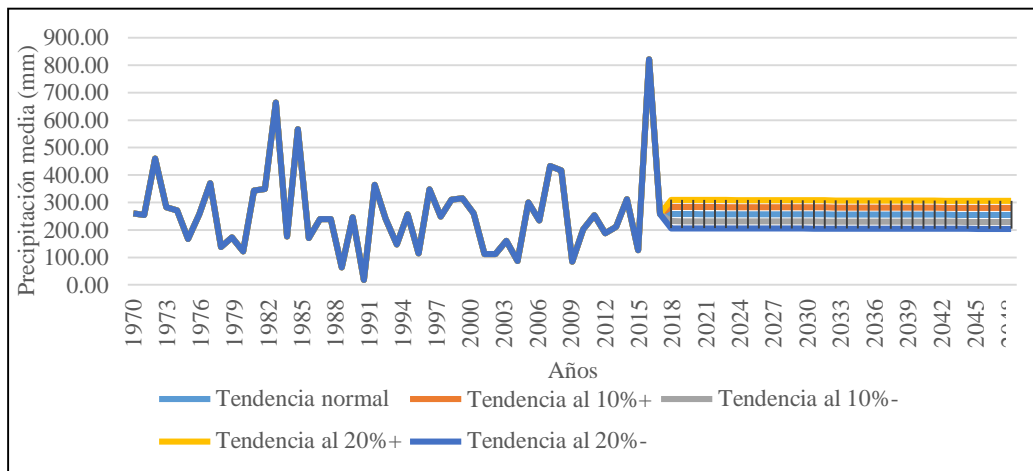


Figura 77. Proyección de la precipitación media - Estación Santiago de Tuna

Fuente: Elaboración propia

### Santiago de Tuna al 2025

$$y = -0.16x + 264.38 \quad (23)$$

$$y = -0.16(56) + 264.38$$

$$y = 255.33$$

### Santiago de Tuna al 2050

$$y = -0.16(81) + 264.38 \quad (24)$$

$$y = 251.29$$

La Figura 77 muestra el comportamiento de la precipitación media al año 2050, donde se puede observar que la precipitación no cambia el promedio anual. Cabe resaltar que la Tabla 15 presenta la disminución en 0.16%. La ecuación  $y = -0.1616x + 264.38$  muestra que para el año 2025, la precipitación se encontrara aproximadamente en 255.42mm y para el 2050 en 251.42. Los escenarios proyectados, líneas de colores, muestran que la probabilidad que las precipitaciones medias se encuentren en un rango de 200 a 250 mm anuales.

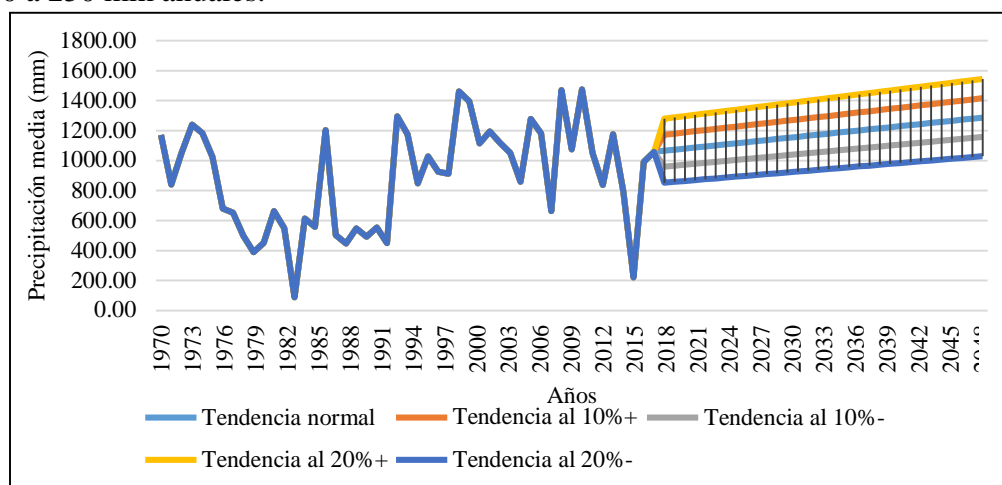


Figura 78. Proyección de la precipitación media - Estación Tanta

Fuente: Elaboración propia

### Tanta al 2025

$$y = 6,0732x + 726,96 \quad (25)$$

$$y = 6,0732(56) + 726,96$$

$$y = 1067.06$$

### Tanta al 2050

$$y = 6,0732(81) + 726,96 \quad (26)$$

$$y = 1218.89$$

La Figura 78, se proyecta las precipitaciones medias hasta el año 2050, donde según la Tabla 15, la tendencia de la estación es el aumento en 6.07%. Según la proyección y las formulas aplicadas la precipitación media aproximada al año 2025 será de 1103.95 y para el 2050 de 1218.89. Los escenarios muestran que la precipitación media se desarrollara entre 800 y 1600 mm anuales.

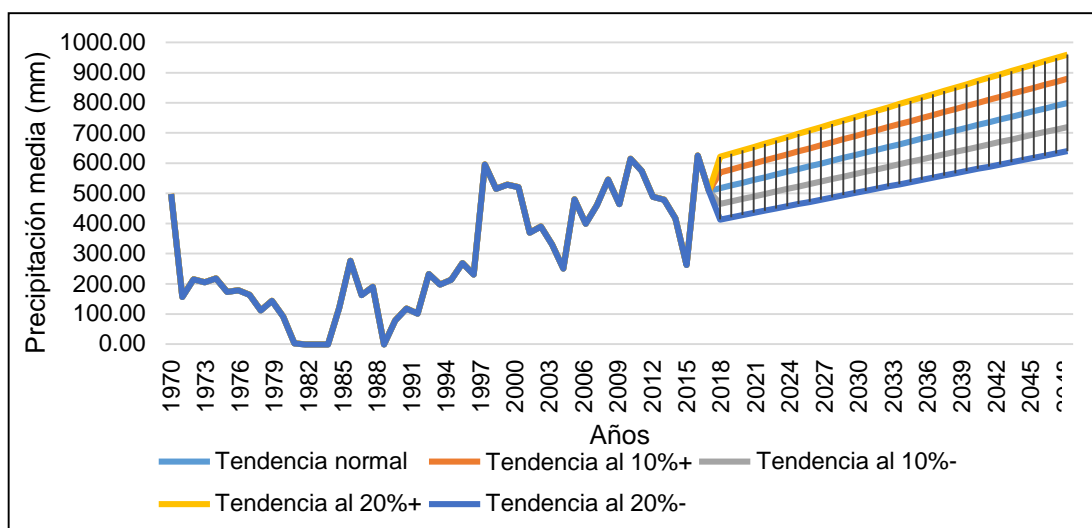


Figura 79. Proyección de la precipitación media - Estación San Mateo de Huanchor

Fuente: Elaboración propia

### San Mateo de Huanchor al 2025

$$y = 8,7471x + 67,737 \quad (27)$$

$$y = 8,7471(56) + 67,737$$

$$y = 557.57$$

### San Mateo de Huanchor al 2050

$$y = 8,7471(81) + 67,737 \quad (28)$$

$$y = 775.25$$

La Figura 79 grafica el comportamiento histórico de la precipitación. Para el año 2025 la precipitación media se calcula en 557.59 mm, mientras que para el 2050 la precipitación media podría ser 775.89 mm. Cabe mencionar que la estación, es una de las que más

aumento presenta en un 8.74%. Los escenarios muestran que, las variaciones podrían darse entre los 400mm y 1000mm.

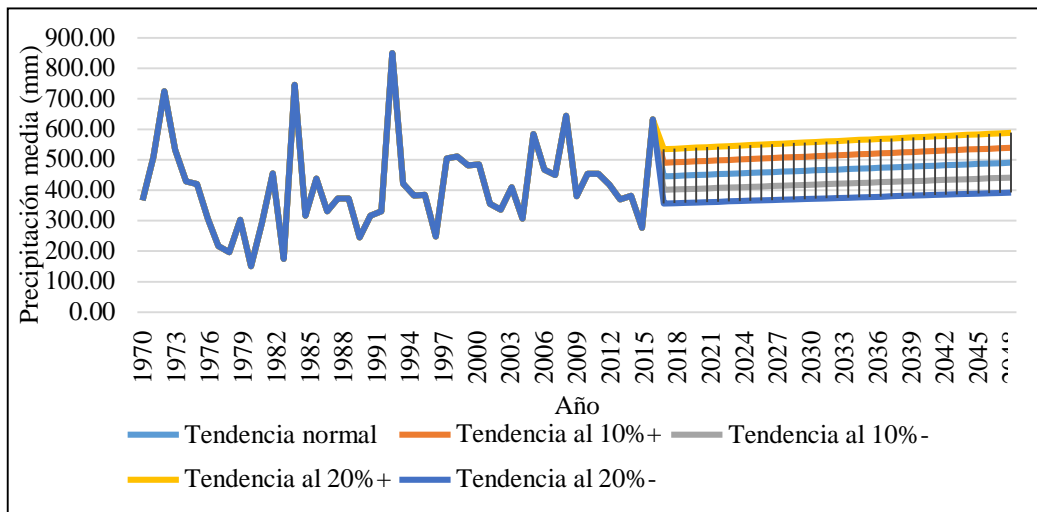


Figura 80. Proyección de la precipitación media - Estación Chalilla

Fuente: Elaboración propia

### Chalilla al 2025

$$y = 1,2465x + 379,58 \quad (29)$$

$$y = 8,7471(56) + 67,737$$

$$y = 449.38$$

### Chalilla al 2050

$$y = 1,2465x + 379,58 \quad (30)$$

$$y = 480.55$$

La Figura 80 grafica el comportamiento histórico de la precipitación. Para el año 2025 la precipitación media se calcula en 449.38 mm, mientras que para el 2050 la precipitación media podría ser 480.55 mm. Cabe mencionar que la estación, presenta un aumento en 1.25%. Los escenarios muestran que, las variaciones podrían darse entre los 300mm y 700mm.

Tabla 15. Resumen de precipitación a los años 2025 y 2050

ESTACIÓN	FUNCIÓN	2025 (mm/año)	2050 (mm/año)
Matucana	$y=3,1171x+201,78$	376,34	454,27
Huarocharí	$y=8,8609x+184,11$	680,32	901,84
Antioquia	$y=0,2659x+69,859$	84,75	91,39
San Lázaro de Escomarca	$y=3,011x+395,54$	564,16	639,43
Tanta	$y=6,0732x+726,96$	1067,06	1218,89
Santiago de Tuna	$y=-0,1616x+264,38$	255,33	251,29
San Mateo de Huanchor	$y=8,7471x+67,737$	557,57	776,25
Chalilla	$y=1,2465x+379,58$	449,38	480,54

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2 Proyección de anomalías al 2025 y 2050

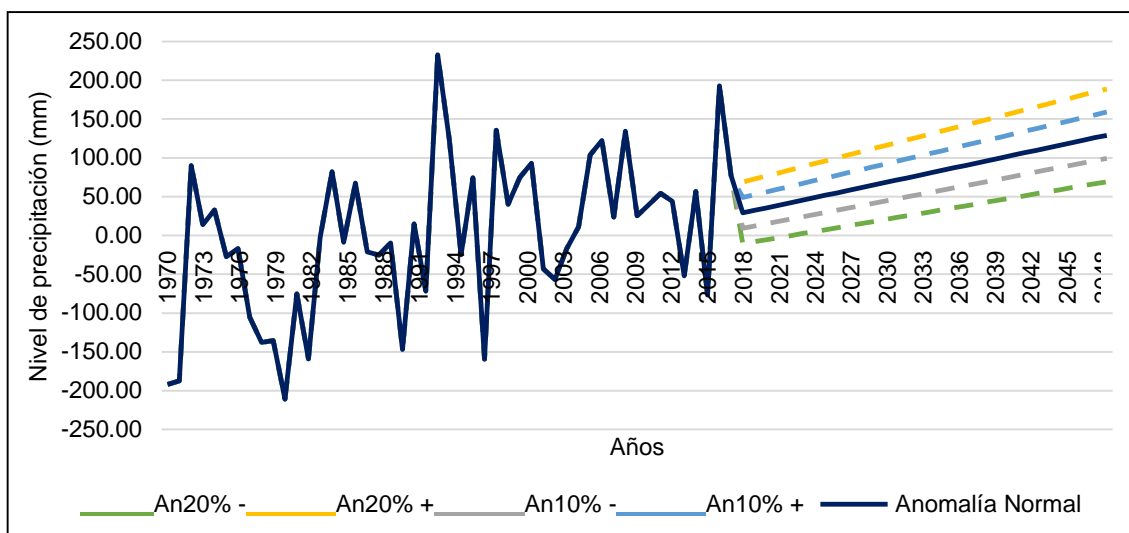


Figura 81. Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - Estación Matucana

Fuente: Elaboración propia

La Figura 81 muestra las anomalías presentadas hasta el año 2017 donde los valores bajo cero representan años secos, mientras los que están por encima de cero son años húmedos. Según el gráfico la probabilidad que en los años futuros existan años húmedos es del 100% ya que las líneas de tendencia están por encima del promedio cero.

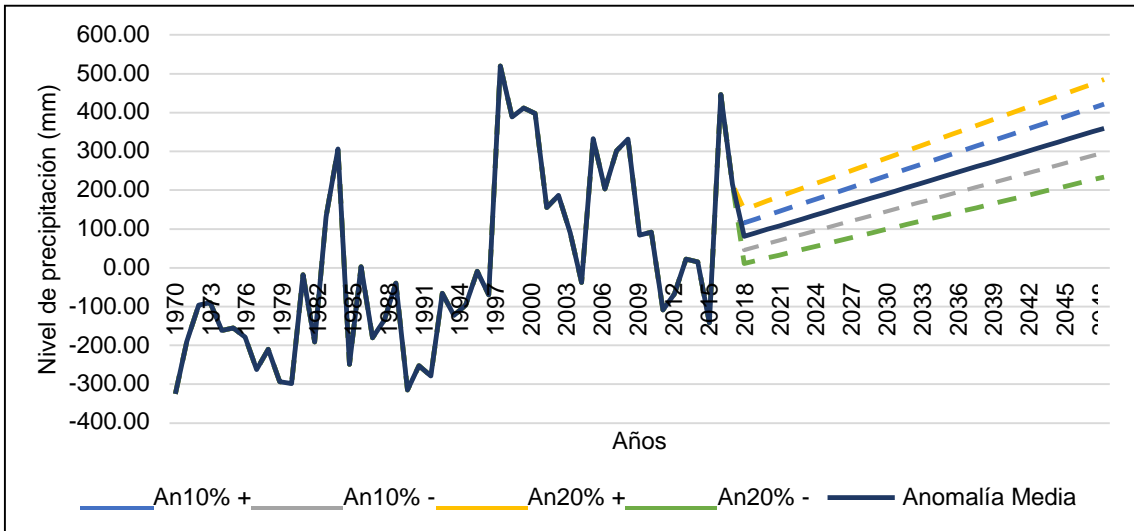


Figura 82. Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - Estación Huarochiri

Fuente: Elaboración propia

La Figura 82 muestra las anomalías presentadas hasta el año 2017 donde los valores bajo cero representan años secos, mientras los que están por encima de cero son años húmedos. Según el grafico la probabilidad que en los años futuros existan años húmedos es del 100%, al igual que en la estación Matucana ya que las líneas de tendencia están por encima del promedio cero.

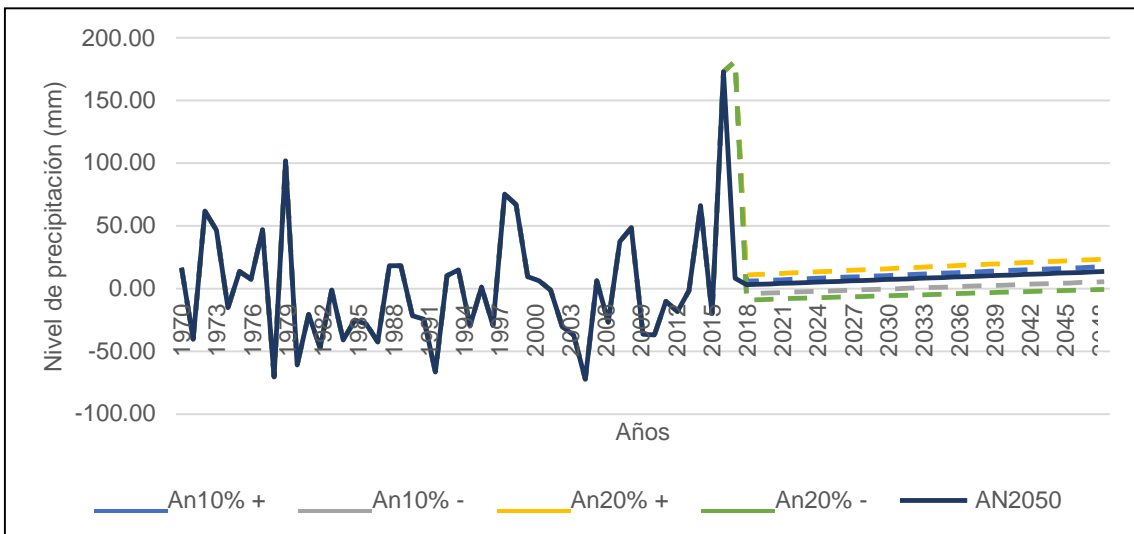


Figura 83. Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - Estación Antioquia

Fuente: Elaboración propia

La Figura 83 muestra las anomalías presentadas hasta el año 2017 donde los valores bajo cero representan años secos, mientras los que están por encima de cero son años húmedos. Según el grafico la probabilidad que en los años futuros existan años húmedos es del 50% y años secos del 50% también debido a que dos de las líneas de tendencia se encuentran por debajo del promedio representado por cero.

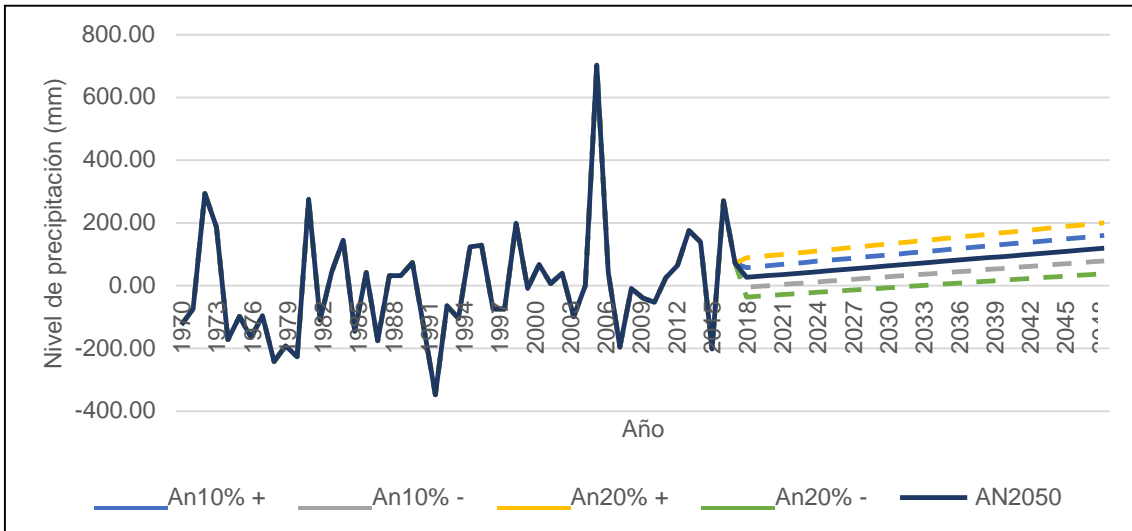


Figura 84. Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - Estación San Lázaro de Escomarca

Fuente: Elaboración propia

La Figura 84 muestra las anomalías presentadas hasta el año 2017 donde los valores bajo cero representan años secos, mientras los que están por encima de cero son años húmedos. Según el grafico la probabilidad que en los años futuros existan años húmedos es del 75% y años secos del 25% también debido a que una de las líneas de tendencia se encuentra por debajo del promedio representado por cero.

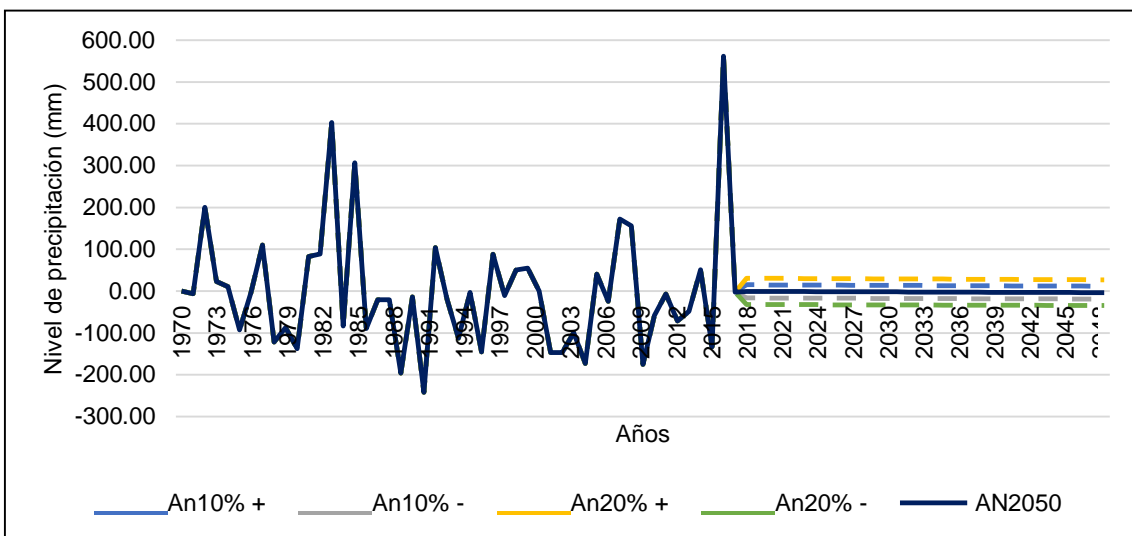


Figura 85. Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - Estación Santiago de Tuna

Fuente: Elaboración propia

La Figura 85 muestra las anomalías presentadas hasta el año 2017 donde los valores bajo cero representan años secos, mientras los que están por encima de cero son años húmedos. Según el grafico la probabilidad que en los años futuros existan años húmedos es del 50% y años secos del 50% también debido a que dos de las líneas de tendencia se encuentran por debajo del promedio representado por cero.



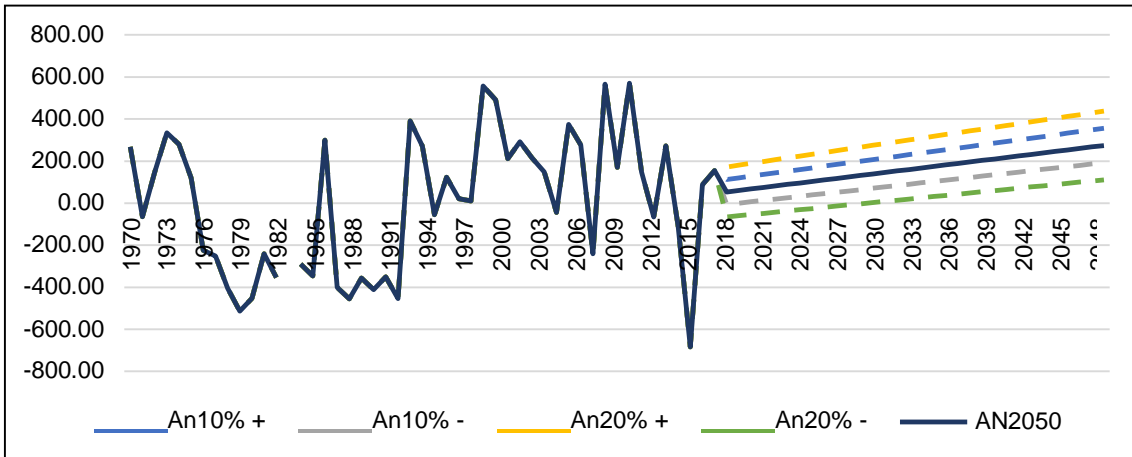


Figura 86: Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - Estación Tanta

Fuente: Elaboración propia

La Figura 86 muestra las anomalías presentadas hasta el año 2017 donde los valores bajo cero representan años secos, mientras los que están por encima de cero son años húmedos. Según el grafico la probabilidad que en los años futuros existan años húmedos es del 75% y años secos del 25% también debido a que una de las líneas de tendencia se encuentra por debajo del promedio representado por cero.

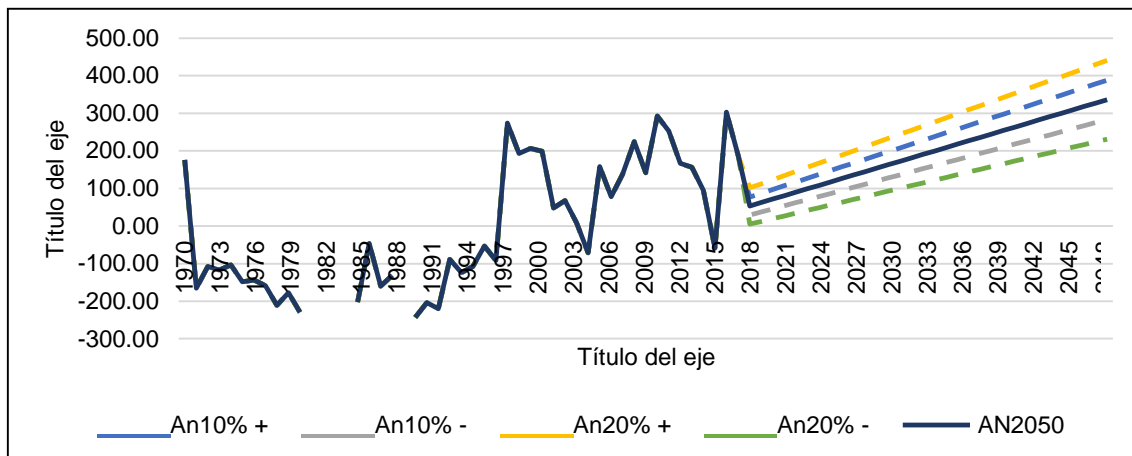


Figura 87: Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - Estación San Mateo de Huanchor

Fuente: Elaboración propia

La Figura 87 muestra las anomalías presentadas hasta el año 2017 donde los valores bajo cero representan años secos, mientras los que están por encima de cero son años húmedos. Según el grafico la probabilidad que en los años futuros existan años húmedos es del 100% debido a que todas las líneas de tendencia se encuentran por encima del promedio representado por cero.

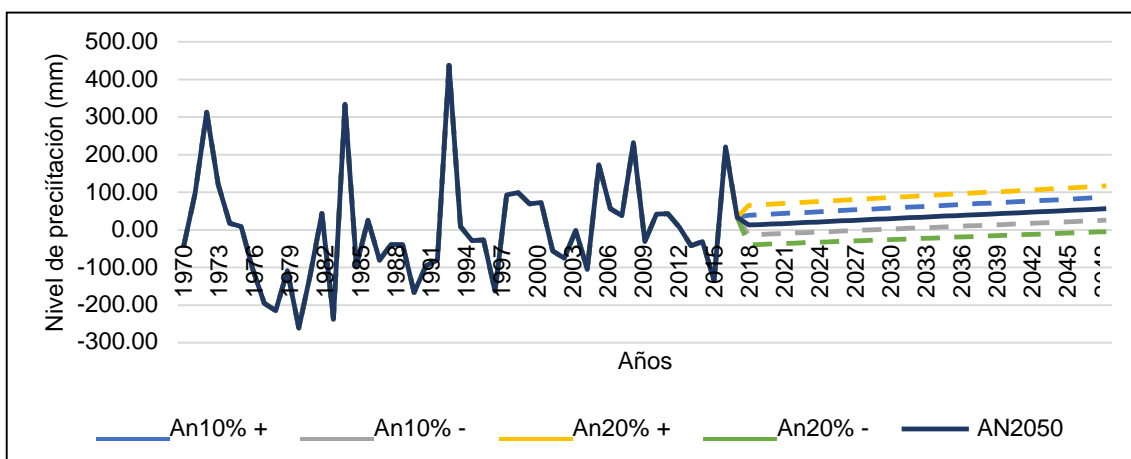


Figura 88: Proyección de las anomalías al 2025 y 2050 - Estación Chalilla  
Fuente: Elaboración propia

La Figura 88 muestra las anomalías presentadas hasta el año 2017 donde los valores bajo cero representan años secos, mientras los que están por encima de cero son años húmedos. Según el gráfico la probabilidad que en los años futuros existan años húmedos es del 50% y años secos del 50% también debido a que dos de las líneas de tendencia se encuentran por debajo del promedio representado por cero.

### 3.4.3 Estimación de la precipitación promedio en la subcuenca Chamacna

Una vez realizado todos los análisis de las precipitaciones promedio multianual para cada una de las estaciones, se procedió a evaluar las precipitaciones el promedio de precipitación a un futuro cercano (1970-2025) y futuro lejano (1970-2050).

Tabla 16. Precipitación media anual por estaciones (1970-2025)

ESTACIÓN	ALTITUD (m.s.n.m.)	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm/año / 1970-2025)
MATUCANA	2417	292.33
HUAROCHIRI	3120	443.18
ANTIOQUIA	1839	78.32
SAN LAZARO DE ESCOMARCA	3748	481.32
SANTIAGO DE TUNA	2924	260.49
TANTA	4278	927.56
SAN MATEO DE HUANCHOR	3015	352.82
CHALILLA	3975	416.94
CHAMACNA01	4085	647.29
CHAMACNA02	3594	520.96
CHAMACNA03	1949	97.69

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se describen las estaciones en estudio, sus altitudes y la precipitación media anual para cada una de ellas. Las ocho primeras estaciones reflejan los datos reales de precipitación; mientras que los últimos tres valores de la subcuenca Chamacna fueron realizados en base a la correlación existente entre la altitud y la precipitación media, lo cual dio un resultado de la siguiente ecuación:

$$Y = 0.2573x - 403.78 \quad (31)$$

Dicha ecuación se puede observar en la Figura 89 que muestra la gradiente de precipitación, es decir encuentra una relación entre altura y precipitación. El gráfico demuestra que a medida que la altura aumenta, la precipitación también aumenta. Asimismo, el coeficiente de correlación es de 0.73 siendo éste un valor considerado bueno.

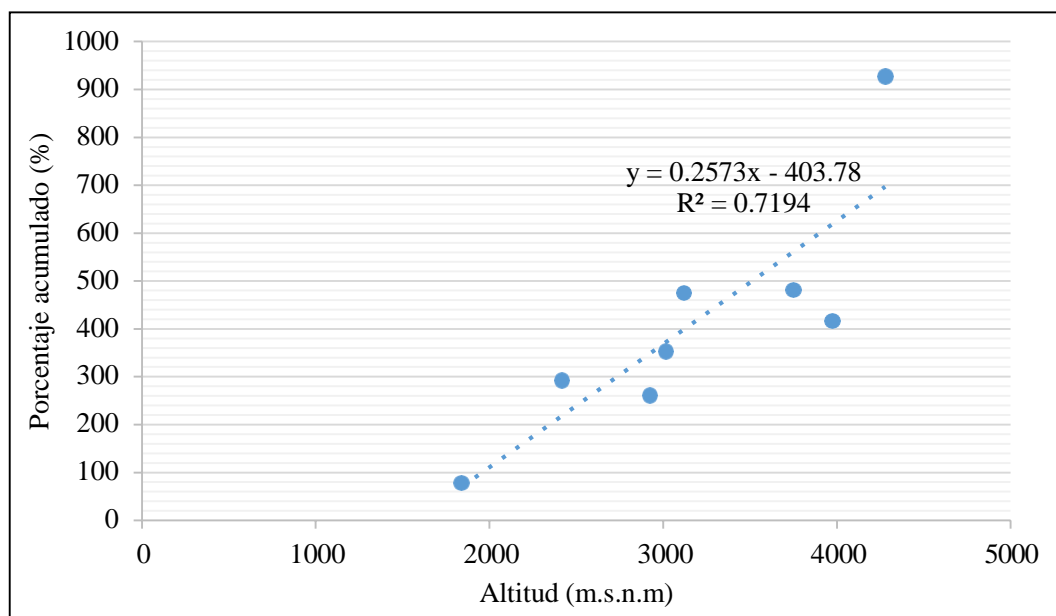


Figura 89. Gradiente de precipitación (1970-2025)

Fuente: Elaboración propia

Para la subcuenca Chamacna se designaron tres puntos con diferencias de altitudes como el punto más alto de 4085, el medio de 3594 y la zona baja a 1949 metros sobre el nivel del mar. Al tener los datos de precipitación a 03 alturas, se obtiene un promedio de 421.83 mm/año lo cual requiere convertir dicho volumen en caudal para conocer el aporte a la cuenca Lurín. El aporte de la subcuenca Chamacna al año 2025 será de 1.19 m<sup>3</sup>/s.

$$Q = 421.83 \frac{mm}{año} \times \frac{1 m}{1000 mm} \times 88623680 m^2 \frac{1 año}{31536000 s}$$

$$Q = 1.19 \frac{m^3}{s}$$

Tabla 17. Precipitación media anual por estaciones (1970-2050)

ESTACIÓN	ALTITUD (m.s.n.m.)	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm/año / 1970-2025)
MATUCANA	2417	332.67
HUAROCHIRI	3120	586.95
ANTIOQUIA	1839	82.57
SAN LAZARO DE ESCOMARCA	3748	518.92
SANTIAGO DE TUNA	2924	259.23
TANTA	4278	1013.13
SAN MATEO DE HUANCHOR	3015	463.91
CHALILLA	3975	434.45
CHAMACNA01	4085	711.62
CHAMACNA02	3594	577.57
CHAMACNA03	1949	128.49

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 se describen las estaciones en estudio, sus altitudes y la precipitación media anual para cada una de ellas. Las ocho primeras estaciones reflejan los datos reales de precipitación; mientras que los últimos tres valores de la subcuenca Chamacna fueron realizados en base a la correlación existente entre la altitud y la precipitación media, lo cual dio un resultado de la siguiente ecuación:

$$Y = 0.2734x - 403.59 \quad (33)$$

Dicha ecuación se puede observar en la Figura 90 que muestra la gradiente de precipitación, es decir encuentra una relación entre altura y precipitación. El gráfico demuestra que a medida que la altura aumenta, la precipitación también aumenta. Asimismo, el coeficiente de correlación es de 0.73 siendo éste un valor considerado bueno.

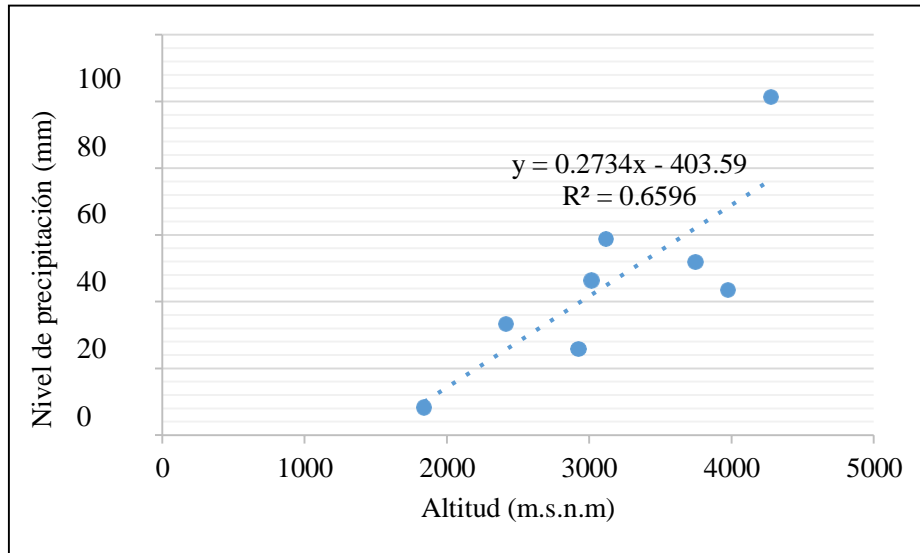


Figura 90. Gradiente de precipitación (1970-2050)

Fuente: Elaboración propia

Para la subcuenca Chamacna se designaron tres puntos con diferencias de altitudes como el punto más alto de 4085, el medio de 3594 y la zona baja a 1949 metros sobre el nivel del mar. Al tener los datos de precipitación a 03 alturas, se obtiene un promedio de 472.56 mm/año lo cual requiere convertir dicho volumen en caudal para conocer el aporte a la cuenca Lurín. El aporte de la subcuenca Chamacna histórico fue de 1.32 m<sup>3</sup>/s.

$$Q = 472.56 \frac{mm}{año} \times \frac{1 m}{1000 mm} \times 88623680 m^2 \frac{1 año}{31536000 s}$$

$$Q = 1.32 \frac{m^3}{s}$$

#### IV. DISCUSIÓN

En base a lo observado en las etapas de la investigación, específicamente durante la recopilación de información, el análisis de la información climática histórica su proyección para el cálculo de la disponibilidad hídrica a los años de interés 2025 y 2050, se puede señalar que la hipótesis es válida de que existe un aumento de la disponibilidad hídrica producto de los cambios ocurrientes en la variabilidad climática observada desde 1970-2017. Cabe mencionar que los principales elementos que marcan la variabilidad climática son la temperatura y precipitación, siendo estos los que constituyen esta investigación.

Como primera conclusión se Durante la primera etapa de campo, al consultar la apreciación de los pobladores de la comunidad de San Andrés de Tupicocha sobre los cambios en el clima señalaron que, con el paso del tiempo, las lluvias se han vuelto más intensas y ocurren durante un corto periodo intensificando así los huaycos y desbordes de ríos. Dicha apreciación fue comprobada con el análisis de las estaciones meteorológicas con los datos de precipitación, las cuales indican que los meses de lluvias intensas se desarrollan los meses de enero a marzo; mientras que de abril a octubre es época de estiaje; lo que se podría inferir que durante los últimos años las precipitaciones tienen un menor tiempo de duración. El “Estudio de Vulnerabilidad Climática de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Chillón, Rímac, Lurín y parte alta del Mantaro” realizó un diagnóstico de la cuenca Lurín donde la tendencia de la precipitación en la parte alta de la cuenca muestra un incremento en la precipitación total anual.

Por otro lado, en relación a la temperatura, la ausencia de estaciones meteorológicas con datos históricos completos, no se pudo analizar las tendencias más significativas de las estaciones disponibles. Sin embargo, la tendencia de la temperatura máxima para la zona es el incremento, más en la temperatura mínima ocurre la disminución del parámetro para todas las estaciones. Ello concuerda con lo manifestado por los comuneros quienes indican que las temperaturas en época de invierno se han tornado mucho más frías; mientras que, durante el verano, la temperatura puede llegar a altos niveles. Del mismo modo, el mismo Estudio de Vulnerabilidad Climática de la cuenca Lurín manifiesta el aumento de la temperatura máxima en la parte alta de la cuenca, lo mismo sucede con la temperatura mínima que disminuye con el pasar del tiempo.

La población de San Andrés de Tupicocha según la información secundaria obtenida en la etapa gabinete y la información recopilada en la etapa de campo demuestran que la población mantiene sus ingresos principalmente de su trabajo en la agricultura. Por otro lado, uno de los puntos en contra de su correcto desarrollo es que no cuentan con una fuente superficial continua de agua, es decir un río, lago o laguna natural que pueda abastecer a la comunidad durante todo el año; como sí sucede con la comunidad de San Damián quien sí abastece a su población, que asciende a unos 1189 habitantes, gracias a que la cuenca alta del río Lurín sí provee el recurso líquido. Ahora bien, si el distrito de San Andrés de Tupicocha no cuenta con una fuente de agua, cabe preguntarse de donde se alimentan del agua siendo este el recurso más necesario para la propia subsistencia de la población y la subsistencia económica.

Como ya se mencionó, la actividad económica en la comunidad es la actividad agropecuaria. Para el cálculo de la demanda de agua en la subcuenca Chamacna, tendríamos que conocer el área de riego que tiene la comunidad; sin embargo, al no conocer dicha información, se tomara como base el área de riego necesario en Antioquia el cual lo podemos encontrar en el Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Lurín (2004) donde se menciona que el área de riego es de aproximadamente 289.56 Has. Por ello, al ver la necesidad de la población de abastecimiento de agua, ellos han visto la necesidad de cubrir la demanda agrícola de la zona con el represamiento de lagunas Ururi, Catajaiqui, Yanasiri I y II, Hueccho y Pato Negro.

## V. CONCLUSIONES

Como primera conclusión se puede señalar que, de las ocho (08) estaciones analizadas en la presente investigación, cuatro (04) de ellas experimentan una tendencia creciente en su comportamiento pluviométrico multianual, y en forma especial en la última década, entre ellas tenemos Matucana, San Mateo de Huanchor, Santiago de Tuna, San Lázaro de Escomarca y Chalilla, las cuales presentan en promedio un aumento de 8%. A nivel mensual, durante el período 1970 a 2018, la estación Tanta es la que tiene registra los mayores aportes de precipitación, seguidas de las estaciones de San Lázaro de Escomarca y Huarochirí. Además, se puede identificar claramente que los meses de enero a marzo son los meses con mayor descarga de precipitación en todas las estaciones, para luego experimentar un descenso paulatino que da pasó al período de estiaje (mayo a agosto). Esto no ha llevado a identificar que la zona de estudio está sujeta a dos períodos importantes, identificando directamente con el recurso hídrico: estiaje (ausencia de precipitaciones) y avenida (aportes de precipitaciones). En relación a los tipos de años que se han presentado en la zona de estudio, hemos podido identificar 14 años lluviosos y 6 años secos. Siendo el más húmedo el 2017 y el más seco 1980.

Como segunda conclusión, se determinó que, para el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas, a nivel de décadas, registradas en las estaciones seleccionadas para la zona de estudio, detectándose que la variabilidad térmica muestra una uniformidad en su régimen temporal, con valores que fluctúan entre 5°C y 30°C. A nivel de temperatura máxima, se ha determinado que la mayor temperatura se registra durante el mes de agosto; mientras que la menor se presenta en el mes noviembre. Para la temperatura mínima, los mayores valores se presentan en marzo, mientras que las mínimas se registran en julio. En términos generales, la temperatura en la zona muestra cierta estabilidad temporal y espacial. La tendencia de la temperatura máxima se encuentra en un ligero incremento de un 7% anual, la temperatura mínima no se pudo encontrar una tendencia debido a los datos faltantes.

El comportamiento de la precipitación sí tiene una estrecha relación con las características hidrogeomorfológicas de la cuenca. La parte alta de la cuenca Chamacna se caracteriza por tener pendiente de 30% a más, la parte baja tiene pendientes que van de 5 a 15%. Esta característica sirve de precedente para inferir acerca de la capacidad de retención de la cuenca, asimismo conociendo el tipo de suelo de la zona de estudio se pudo determinar que gran parte de la precipitación termina en escorrentía. Otra característica que guarda



relación con el comportamiento de la precipitación es la altitud. Mediante el gradiente de precipitación, se pudo determinar que, a mayor altitud, mayor es la precipitación. Para Chamacna la ecuación que concatena la altitud con la precipitación es  $y=0.253x-404.13$  con un coeficiente de correlación de 0.73 siendo este un indicador que existe una relación entre la precipitación y la altitud. La cobertura vegetal que predomina en la zona es matorral arbustivo, sin embargo, el 15% de la cuenca está representado por zona agrícola costera y andina, éste tipo de cobertura se encuentra administrado por la población de San Andrés de Tupicocha, quienes se sostienen a través de esta actividad.

Finalmente, el objetivo de esta investigación fue conocer cuál es la tendencia de la precipitación a futuro. Los resultados indican que la precipitación va incrementándose en los meses de lluvia pero que la precipitación ha sufrido cambios en cuestión a la estacionalidad. Ello lo perciben los comuneros quienes son testigos vivenciales de los cambios en el clima ya que el aumento de la intensidad de las lluvias ocasionales genera huaycos, inundaciones y por tanto daños a la agricultura. Lo demostrado en esta investigación va de acuerdo con lo mencionado por el IPCC quienes en el último informe acerca del cambio climático indicaron que las lluvias se incrementarían en las zonas donde no era común la precipitación y sucedería todo lo contrario con las zonas que sí tenían un clima lluvioso, las lluvias disminuirían. Con base en los resultados de la modelación, se pueden promover medidas que permitan salvaguardar a la población y la economía de este lugar.

## VI. RECOMENDACIONES

Durante toda la investigación se ha tomado en cuenta que la precipitación solo escurre y ello cuenta como disponibilidad hídrica. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta otros procesos que también influyen en el ciclo de agua como evaporación, evapotranspiración, infiltración y otros procesos. Por lo cual se recomienda que tomando como base la investigación se elaboren estudios que sirvan de complemento como el tipo de suelo, tipo de agua que tiene la cuenca, etc. Ello es necesario debido a que debido al cambio climático mundial alterara los procesos que sigue el agua.

Con respecto al suelo sobre el cual la comunidad de San Andrés de Tupicocha se emplaza es un suelo teóricamente fértil. Sin embargo, es importante realizar un estudio; primero, sobre qué tipo de suelo y que nutrientes contiene; segundo, el estado del suelo y su condición ya que la población mencionaba que “tuvieron” que hacer cambios con los cultivos debido a la baja producción del suelo, el cual “antes” sí había una producción eficaz y ahora han tenido que migrar a otros cultivos. Por ello, la necesidad de informar a la población del estado del suelo y los cuidados que debe de tener.

La zona de estudio, San Andrés de Tupicocha es una zona netamente agropecuaria. La población obtiene sus ingresos de la crianza de ganados vacunos y ovinos, así como de la siembra y cosecha de productos alimenticios como la alfalfa, y otros. Es importante que en adelante se pueda considerar el consumo de agua que requiere la producción de alfalfa, siendo éste, un cultivo moderno para la zona, ya que antes los productos de la zona se caracterizaban por ser los cereales y tubérculos. Hacer uso del software CROPWAT-FAO, es una buena idea para el cálculo de la cantidad de agua requerida por el cultivo, y analizar si éste se puede abastecer con la disponibilidad de agua encontrada en la investigación. Así como el cálculo de la demanda agrícola de la subcuenca, también debería realizarse una investigación donde el objetivo sea el cálculo de la demanda de agua poblacional, y no solo ello sino también se proyecte la demanda del recurso.

La subcuenca al tener dos distritos en su área: San Andrés de Tupicocha (parte alta) y Antioquia (parte baja) es una cuenca de gran interés donde, por la tendencia calculada, es necesario realizar un monitoreo constante del caudal proveniente de la subcuenca. Si bien es cierto, en Antioquia existe una estación meteorológica, pero al evaluar los resultados, la tendencia en la precipitación va en aumento y es importante y de gran necesidad saber el caudal por año aportante de la cuenca. Para ello, se debería de instalar una estación

hidrométrica donde se realicen análisis trimestrales para evaluar la variabilidad del caudal del río.

En la investigación también se evaluó la variabilidad de la temperatura, sin embargo, debido a la falta de estación que registren la temperatura no se pudo determinar la tendencia de la misma ni identificar la estacionalidad de este parámetro. Por este motivo, es menester implementar estaciones de registro de temperatura alrededor de la cuenca Lurín.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO-OSORIO, Álvaro, ANGARITA Leiton, Arlex, LEÓN Duran, Mónica, FRANCO. Sustentabilidad y variabilidad climática: Acciones agroecológicas participativas de adaptación y resiliencia socioecológica en la región alto-andina colombiana. *Revista Luna Azul* [en línea]. Enero-Junio 2017, 44. [Fecha de consulta: 06 de abril de 2018].

Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n44/n44a02.pdf>  
ISSN 1909-2474

ALVAREZ Peñaloza, Tatiana y Villaverde Valderrama, Raisa. Balance hídrico futuro en la cuenca del Río Lurín a través de la modelación hidrológica ante el cambio climático. Tesis (Licenciada en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Gestión de Calidad y Auditoría Ambiental, 2015.

Disponible en  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2157/P10-A48-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ALZATE, Diego, ROJAS, Edwin, MOSQUERA, Jernay, RAMÓN, Jacipt. Cambio Climático y Variabilidad Climática para el periodo 1981-2010 en las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita, norte de Santander-Colombia. *Revista Luna Azul* [en línea]. Enero – Junio 2015, nº 40, p. 127-153. [Fecha de consulta: 04 de mayo de 2018].

Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a10.pdf>  
ISSN 1909-2474

AMADOR, Jorge y ALFARO, Eric. Métodos de reducción de escala: aplicaciones al tiempo, clima, variabilidad climática y cambio climático. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* [en línea]. Mayo 2008, 11, pp. 39-52. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2018]

Disponible en  
[https://ddd.uab.cat/pub/revibec/revibec\\_a2009v11/revibec\\_a2009v11p39.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/revibec/revibec_a2009v11/revibec_a2009v11p39.pdf)  
ISSN 13902776

ANA. Glosario de Recursos Hídricos [en línea]. Lima, Perú, 2015 [fecha de consulta: 04 de junio de 2018].

Disponible en  
[http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j.\\_180-2016-ana\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._180-2016-ana_0.pdf)

ANCCO Arroyo, Arturo, CASTAÑEDA Cahuana, José, GÓMEZ, Guillermo. Percepción a la variabilidad y cambio climático en comunidades campesinas del Valle del Mantaro. *Apuntes de Ciencia & Sociedad* [en línea]. Julio-Diciembre 2015, 05, pp. 234-242. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2018]

Disponible en  
<http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/download/331/338>  
ISSN 2225-5141

APARICIO Mijares, Francisco. Fundamentos de hidrología de superficie [en línea]. Limusa, 1992. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2018].

Disponible en

[http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoren/HIDRO/Fundamentos\\_de\\_hidrologia\\_de\\_superficie\\_-\\_Aparicio.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoren/HIDRO/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_-_Aparicio.pdf)

ISBN 968-18-3014-8

APAZA Idme, Dimas, ARROYO Hurtado, Roberto, ALENCASTRE Calderón, Andrés. Las Amunas de Huarochirí [en línea]. 2006 [fecha de consulta: 10 de abril de 2018].

Disponible en

<https://hidraulicainca.files.wordpress.com/2011/07/libro-amunas-gsaac.pdf>

ARRIAZA Balmón, Manuel. Guía práctica de análisis de datos [en línea]. 2006 [fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en

[https://www.researchgate.net/profile/Manuel\\_Arriaza/publication/314984329\\_Guia\\_practica\\_de\\_analisis\\_de\\_datos/links/58c7f8d5aca2723ab165e661/Guia-practica-de-analisis-de-datos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Manuel_Arriaza/publication/314984329_Guia_practica_de_analisis_de_datos/links/58c7f8d5aca2723ab165e661/Guia-practica-de-analisis-de-datos.pdf)

ATL. Cuencas hidrológicas: ¿Qué son?, ¿Por qué son importantes? [En línea]. 2010. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2018].

Disponible en

[http://www.atl.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2728:cuencas-hidrologicas-ique-son-iyor-que-son-importantes&catid=119:investigacion-y-agua&Itemid=462](http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=2728:cuencas-hidrologicas-ique-son-iyor-que-son-importantes&catid=119:investigacion-y-agua&Itemid=462)

AVENDAÑO, Romelio. Subcuencas y microcuencas hidrográficas [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2018].

Disponible en

<https://es.slideshare.net/kimberlynveronica/subcuencas-y-microcuencas>

AZCÓN-BIETO, Joaquin y TALÓN, Manuel. Fundamentos de fisiología vegetal [en línea]. 2° ed., McGraw-Hill y Universitat de Barcelona, 2013. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2018].

Disponible en

<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>

ISBN: 978-84-481-9293-8

BARON S., Jill. Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems [en línea]. Washington: Ecological Society of America, 2003 [fecha de consulta: 12 de mayo de 2018].

Disponible en: <https://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/issue10.pdf>

ISSN 1092-8987

BATEMAN, Allen. Hidrologia basica y aplciada [en línea]. 2007. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2018].

Disponible en

<https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>

BENNETT, Andrew. The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation [en línea]. 1998. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2018].

Disponible en

<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/FR-021-Es.pdf>

ISBN 2.8317-0221-6

CENTRO GLOBAL PARA EL DESARROLLO Y LA DEMOCRACIA. Plan de desarrollo económico territorial de la cuenca media y alta de Lurín [en línea]. 2013 [fecha de consulta: 29 de marzo de 2018].

Disponible en

<http://docplayer.es/55916596-Plan-de-desarrollo-economico-territorial-de-la-cuenca-media-y-alta-de-lurin.html>

CELLERI Alvear, DE BIÉVRE, Bert, IÑEGUEZ, Vicente. Efectos de la cobertura vegetal en la regulación hidrológica de microcuencas de Páramo [en línea]. Ecuador. [Fecha de consulta: 01 de junio de 2018].

Disponible en

<https://condesan.org/wp-content/uploads/2017/07/Articulo1.pdf>

CEPES. Cuenca del Rio Lurín [en línea]. 1994 [fecha de consulta: 08 de abril de 2018].

Disponible en [http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/diagnostico\\_calidad\\_agua-tomo2/diagnostico\\_calidad\\_agua\\_cuenca\\_rio\\_lurin.pdf](http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/diagnostico_calidad_agua-tomo2/diagnostico_calidad_agua_cuenca_rio_lurin.pdf)

CHEREQUE Moran, Wendor. Hidrología para estudiantes de ingeniería civil [en línea]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 1989 [fecha de consulta: 04 de junio de 2018].

Disponible

en

<http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/28689/hidrologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CHOW, Ven Te, MAIDMENT, David, MAYS, Larry. Applied Hydrology [en línea]. Singapore, McGraw-Hill, 1988. [Fecha de consulta: 04 de junio de 2018].

Disponible en:

[https://ponce.sdsu.edu/Applied\\_Hydrology\\_Chow\\_1988.pdf](https://ponce.sdsu.edu/Applied_Hydrology_Chow_1988.pdf)

ISBN 0-07-010810-2

CMNUCC. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [en línea]. New York, 1992 [fecha de consulta: 08 de abril de 2018].

Disponible en <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

COMPONENTES del sistema climático de la Tierra [Artículo en un blog]. Vilar, F. (09 de diciembre de 2009). [Fecha de consulta: 23 de abril de 2018]

Disponible en

[https://www.ucv.edu.pe/datafiles/FONDO%20EDITORIAL/Manual\\_ISO.pdf](https://www.ucv.edu.pe/datafiles/FONDO%20EDITORIAL/Manual_ISO.pdf)

CSIRO. Climate change in Australia-Technical Report [en línea]. 2015 [fecha de consulta: 10 de abril de 2018].

Disponible en

[https://www.climatechangeinaustralia.gov.au/media/ccia/2.1.6/cms\\_page\\_media/168/CIA\\_2015\\_NRM\\_TechnicalReport\\_WEB.pdf](https://www.climatechangeinaustralia.gov.au/media/ccia/2.1.6/cms_page_media/168/CIA_2015_NRM_TechnicalReport_WEB.pdf)

ISBN 9781921232947

DE CANALES, Francisca, DE ALVARADO, Eva y PINEDA, Elia. Metodología de la investigación. Manual para el desarrollo de personal de salud. 1994 [fecha de consulta: 18 de mayo de 2018]

Disponible en

<http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodologia%20de%20la%20Investigacion%20Manual%20para%20el%20Desarrollo%20de%20Personal%20de%20Salud.pdf>  
ISBN 9275321353

DIAZ Aguilar, Renny. Evaluación del efecto del cambio climático sobre la disponibilidad hídrica en la cuenca alta y media del río Jequetepeque. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias, 2014

DIAZ Delgado, Carlos y ANTON, Danilo. Agua y relieve [en línea]. 2002. [Fecha de consulta: 01 de junio de 2018].

Disponible en

<http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/sequia/t-cap07.html>

DICCIONARIO de la Real Academia Española. España: DRAE, 2017.

Disponible en

<http://dle.rae.es/?id=9SplT6k>

*Evaluación de los recursos hídricos en el sistema hidrográfico Mijares-La Plana. Efectos bajo un escenario de Cambio Climático* [en línea]. España: QUEREDA Sala, José, MONTÓN Chiva, Enrique, MOLLÁ Cantavella, Belen, QUEREDA Vásquez, María. (Octubre, 2014). [Fecha de consulta: 18 de abril de 2018].

Disponible en

<http://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/viewFile/2228/2116>

ISSN: 0212-9426

FERRELLI, Federico, LUJÁN, María, PICCOLO, María. Variabilidad climática temporal y sus efectos: aportes al ordenamiento territorial de la costa norte del estuario de Bahía Blanca (Argentina). Revista Universitaria de Geografía [en línea]. 2017, n°26, p.79-96. [Fecha de consulta: 04 de mayo de 2018].

Disponible en <http://www.scielo.org.ar/pdf/reuge/v26n1/v26n1a05.pdf>

ISSN 0326-8373

FISHER, Andrew, LAING, John, STOCKEL, John, TOWNSEND, John. Manual para el Diseño de Investigación Operativa en Planificación Familiar [en línea]. 1991 [fecha de consulta: 27 de mayo de 2018]

Disponible en

[http://www.popcouncil.org/uploads/pdfs/1991\\_HandbookFP-ORDesign\\_es.pdf](http://www.popcouncil.org/uploads/pdfs/1991_HandbookFP-ORDesign_es.pdf)

ISBN 0-87834-061-0

FUNDESYRAM. Caracterización y diagnóstico de la cuenca hidrográfica [en línea]. 2014 [fecha de consulta: 14 de junio de 2018]

Disponible en

<http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3669>

GARCIA, María, PIÑEROS Botero, Andrés, BERNAL Quirofa, Fabio, ARDILA Robles, Estefanía. Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia. Revista de Ingeniería [en línea]. Enero-Junio 2012. [Fecha de consulta: 08 de mayo de 2018]

Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n36/n36a12.pdf>

GARCIA Trisolini, Eduardo. Manual de Pequeñas Irrigaciones [en línea]. Fondo Perú-Alemania, 2008 [fecha de consulta 07 de junio de 2018].

Disponible en

[http://www.fcpa.org.pe/docs/7\\_manual\\_de\\_riego.pdf](http://www.fcpa.org.pe/docs/7_manual_de_riego.pdf)

GOMEZ, Juan. Tras el rastro indígena en las Américas: Las Amunas en Huarochirí. Agua, Desarrollo y Cambio [Conferencia]. Lima: Junio de 2015.

Disponible

en

[https://www.researchgate.net/profile/Juan\\_Gomez\\_De\\_La\\_Torre\\_Barua/publication/279177198\\_Tras\\_el\\_rastro\\_indigena\\_en\\_las\\_Americas\\_Las\\_Amunas\\_de\\_Huarochiri\\_Desarrollo\\_e\\_Innovacion/links/558c1f6308ae40781c203a7f/Tras-el-rastro-indigena-en-las-Americas-Las-Amunas-de-Huarochiri-Desarrollo-e-Innovacion?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Juan_Gomez_De_La_Torre_Barua/publication/279177198_Tras_el_rastro_indigena_en_las_Americas_Las_Amunas_de_Huarochiri_Desarrollo_e_Innovacion/links/558c1f6308ae40781c203a7f/Tras-el-rastro-indigena-en-las-Americas-Las-Amunas-de-Huarochiri-Desarrollo-e-Innovacion?origin=publication_detail)

GOMEZ Salazar, Henry. Impacto del cambio climático en la demanda hídrica de las Cuencas Chancay y Lurín. Tesis (Título de Ingeniero Agrícola). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola, 2016.

Disponible en

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1954/P10-G638-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HOUGHTON, John, MEIRA, Gylvan, GRIGGS, David y MASKELL, Kathy. Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC [en línea]. Febrero 1997 [fecha de consulta: 05 de abril de 2018]

Disponible en

<https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-II-sp.pdf>

ISBN 92-9169-301-4

INRENA. Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Lurín [en línea]. Lurín, 2004 [fecha de consulta 10 de abril de 2018].

Disponible en

[http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/ANA/1691/ANA0000637\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/ANA/1691/ANA0000637_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

IPCC. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 [en línea]. 2007. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2018].

Disponible en

[https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html)

LAMPADIA. Un sector forestal completamente renovado [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 01 de junio de 2018].

Disponible en

<http://www.lampadia.com/analisis/recursos-naturales/un-sector-forestal-completamente-renovado/>

LEÓN Tinoco, Yesica y HUARHUA Zaquinaula, Daniel. Impacto del cambio climático en la oferta hídrica superficial de la Cuenca del Río Piura. Tesis (Título de Ingeniero Agrícola). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Gestión de Calidad y Auditoría Ambiental, 2015.



Disponible en  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2165/P10-L46-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LLAMOCCA Huamaní, Jorge. Variabilidad de las condiciones climáticas y meteorológicas en la zona arqueológica Caral-Supe. Tesis (Licenciado en Física). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2014.

Disponible en  
[http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4076/Llamoca\\_hj.pdf?sequence=1](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4076/Llamoca_hj.pdf?sequence=1)

LOPEZ-GARCÍA, Thania, MANZANO, Mario, RAMÍREZ, Aldo. Disponibilidad hídrica bajo escenarios de cambio climático en el Valle de Galana, Nuevo León, México. Tecnología y Ciencias del Agua [en línea]. Ene-Feb 2017, n.o 1. [Fecha de consulta: 1 de junio de 2018].

Disponible en  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353549831008>  
ISSN: 0187-8336

LOPEZ-PEREZ, Adolfo, et al. Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación. 2015 [fecha de consulta: 16 de junio de 2018].

Disponible en  
<https://www.redalyc.org/html/3535/353539900007/>

LORENTE, Jeroni. ¿Cómo se forman y se deshacen las nubes? La Vanguardia, 2017. [Fecha de consulta: 21 d mayo de 2018]

Disponible en  
<http://www.lavanguardia.com/ciencia/20171017/432077750301/preguntas-big-vang-como-forman-deshacen-nubes.html>

MALDONADO De León, Osberto, PALACIOS Vélez, Oscar, OPOREZA Mota, José, SPRINGALL Galindo, Rolando, FERNÁNDEZ Reynoso, Demetrio. Empleo del Modelo SWRRB para generar alternativas de manejo en la cuenca Itzapa, Guatemala. Agrociencia [en línea] 2001, 35 (mayo-junio). [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en <http://www.redalyc.org/html/302/30200308/>  
ISSN: 1405-3195

MAASS Moreno. El manejo de cuencas desde un enfoque socioecosistémico. Mexico. Cuencas de Mexico [en línea]. Abr-Jun 2015, n°01. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2018].

Disponible en [https://www.riob.org/IMG/pdf/cuencas\\_de\\_Mexico\\_web-2.pdf](https://www.riob.org/IMG/pdf/cuencas_de_Mexico_web-2.pdf)

MARTINEZ Chuqizana, A. Tupicocha Laguna tapada prendedor en la laguna [en línea] 2010. [Fecha de consulta: 02 de octubre de 2018]

Disponible en  
[http://huarochiri.info/sa\\_tupicocha.pdf](http://huarochiri.info/sa_tupicocha.pdf)

MAPAMA. Cuenca y subcuenca hidrográficas [en línea]. Gobierno de España. [Fecha de consulta: 01 de junio de 2018].

Disponible en  
<http://www.mapama.gob.es/gl/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/cuencas-y-subcuencas.aspx>

MINAGRI. Vertientes y disponibilidad de agua [en línea]. Lima, Perú [fecha de consulta: 08 de abril de 2018].

Disponible en  
<http://www.minagri.gob.pe/portal/42-sector-agrario/recurso-agua/324-vertientes-y-disponibilidad-de-agua>

MINAM. Glosario de términos de la gestión ambiental peruana [en línea]. 2012 [fecha de consulta: 10 de abril de 2018]

Disponible en  
[siar.minam.gob.pe/puno/download/file/fid/59577](http://siar.minam.gob.pe/puno/download/file/fid/59577)

MINAM. Mapa Nacional de Cobertura Vegetal – Memoria descriptiva [en línea]. 2015. [Fecha de consulta: 01 de junio de 2015]

Disponible en  
<http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>

MONTEALEGRE, José. Escalas de la Variabilidad Climática [en línea]. Colombia, IDEAM, 2004 [fecha de consulta: 08 de abril de 2018].

Disponible en en  
[https://www.rds.org.co/aa/img\\_upload/.../Escalas\\_de\\_la\\_variabilidad\\_clim\\_tica.pdf](https://www.rds.org.co/aa/img_upload/.../Escalas_de_la_variabilidad_clim_tica.pdf)

MONTEALEGRE, José., y PABÓN, J. La Variabilidad Climática Interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña–Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorología Colombiana*, octubre 2000, 2, pp. 7-21 [fecha de consulta: 16 de abril 2018].

Disponible en  
[https://www.researchgate.net/publication/281605886\\_La\\_variabilidad\\_climatica\\_interanual\\_asociada\\_al\\_ciclo\\_El\\_Nino-La\\_Nina-Oscilacion\\_del\\_Sur\\_y\\_su\\_efecto\\_en\\_el\\_patron\\_pluviometrico\\_de\\_Colombia](https://www.researchgate.net/publication/281605886_La_variabilidad_climatica_interanual_asociada_al_ciclo_El_Nino-La_Nina-Oscilacion_del_Sur_y_su_efecto_en_el_patron_pluviometrico_de_Colombia)  
ISSN 0124-6984.

MONTEALEGRE, José. Escalas de la Variabilidad Climática [en línea]. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2018].

Disponible en  
[https://www.rds.org.co/aa/img\\_upload/.../Escalas\\_de\\_la\\_variabilidad\\_clim\\_tica.pdf](https://www.rds.org.co/aa/img_upload/.../Escalas_de_la_variabilidad_clim_tica.pdf)

MONTESQUIEU, citado por URTEAGA, Luis. La teoría de los climas y los orígenes del ambientalismo [en línea]. Barcelona, España, 1993. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2018].

Disponible en  
<http://www.ub.edu/geocrit/geo99.htm>  
ISSN 0210-0754

MUNICIPALIDAD de San Andrés de Tupicocha. Datos geográficos Tupicocha [en línea]. 2016 [fecha de consulta: 05 de noviembre de 2018].

Disponible en

<http://www.munitupicocha.gob.pe/distrito/datos-geograficos/>

MUNICIPALIDAD Metropolitana de Lima. Plan Integral de las Cuenca Lurín – Chilca - Plan de Ordenamiento Territorial [en línea].2010 [fecha de consulta: 29 de abril de 2018]

Disponible en

[http://img.plam2035.gob.pe.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/plam2035/T5/1.Anex\\_anydiag/1.4\\_\\_\\_POT\\_LURIN/POT\\_LURIN.pdf](http://img.plam2035.gob.pe.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/plam2035/T5/1.Anex_anydiag/1.4___POT_LURIN/POT_LURIN.pdf)

MURILLO Illanes, Miguel. El escurrimiento superficial. Métodos para su estimación en conservación de suelos [en línea]. La Paz, Bolivia, 2010. [Fecha de consulta: 06 de junio de 2018].

Disponible en

<http://www.fdta-valles.org/pdfs/fdta/Escurrecimiento%20Superficial.pdf>

MUSY, Andre. Hydrologie appliquee [en línea]. 1998 [fecha de consulta: 05 de octubre de 2018].

ISBN: 973-98530-8-0

Disponible en

[https://www.researchgate.net/profile/Christophe\\_Higy2/publication/37422953\\_Hydrologie\\_appliquee/links/57a9932508ae0107eee79a9c/Hydrologie-appliquee.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Christophe_Higy2/publication/37422953_Hydrologie_appliquee/links/57a9932508ae0107eee79a9c/Hydrologie-appliquee.pdf?origin=publication_detail)

OCHOA Cueva et.al. El papel de la cobertura vegetal en la generación de sedimentos y calidad de agua de los Andes Ecuatorianos [en línea]. Córdoba, 2015. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2018].

Disponible en

<http://www.uco.es/jia2015/ponencias/b/b031.pdf>

OLLERO Ojeda, Alfredo et.al. IHG: Un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales [en línea]. Limnetica, España, n° 27, 2008. [Fecha de consulta: 01 de junio de 2018].

Disponible en

<https://ddd.uab.cat/pub/limnetica/02138409v27n1/02138409v27n1p171.pdf>

ISSN 0213-8409

ORGANIZACIÓN Meteorológica Mundial. Guía de prácticas climatológicas [en línea]. 2011 [fecha de consulta: 09 de abril de 2018].

Disponible en

[https://library.wmo.int/pmb\\_ged/wmo\\_100\\_es.pdf](https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_100_es.pdf)

ISBN 978-92-63-30100-0

OMM. 4.8 Normales [en línea]. [Fecha de consulta: 14 de abril de 2018].

Disponible en

[http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/Normals-Guide-to-Climate-190116\\_es.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/Normals-Guide-to-Climate-190116_es.pdf)

OMM (Suiza). Reglamento Técnico OMM N°49. 2015 [fecha de consulta: 10 de abril de 2018]

Disponible en

[https://library.wmo.int/opac/doc\\_num.php?explnum\\_id=4115](https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=4115)

ORDOÑEZ Gálvez, Juan. Ciclo Hidrológico [en línea]. Lima, SENAMHI, 2011. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2018],

Disponible en

[https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/ciclo\\_hidrologico.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf)

ISBN 978-9972-602-77-1

PEREZ, Guillermo. Condensacion [en línea]. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2018].

Disponible en

<https://www.ciclohidrologico.com/condensacin>

PEREZ-CRUZ, Ligia. Paleoclimatic record: clues to explain climate variability [en línea]. [Fecha de consulta: 04 de abril de 2018]

Disponible en

[https://static2.egu.eu/media/filer\\_public/2012/08/16/presentation\\_perez\\_cruz\\_2010.pdf](https://static2.egu.eu/media/filer_public/2012/08/16/presentation_perez_cruz_2010.pdf)

PRADO Beltrán, Priscila. Diseño e implementación de una metodología participativa de diagnóstico de la capacidad adaptativa a la variabilidad climática en la cuenca del Cahoacán, México. Tesis (Titulo de Magister en Agricultura Ecológica). Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Escuela de Postgrado, 2011. Disponible en

[http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4801/Diseno\\_e\\_implementacion\\_de\\_una\\_metodologia\\_participativa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4801/Diseno_e_implementacion_de_una_metodologia_participativa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

PINTO De Sousa, Nelson, TATIT Holtz, Antonio, MARTINS, José, SIBUT, Francisco. Hidrología Básica [en línea]. 1976 [fecha de consulta: 15 de mayo de 2018]

Disponible en

<https://es.scribd.com/doc/244431105/Hidrologia-Basica-Nelson-L-Pinto-Hotz-Martins-e-Gomid-pdf>

PLADEYRA, S.C et.al. Ciclo Hidrológico. *En*: COTLER, MAZARI y ANDA. *En su*: Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala. México, 2006. pp. 16-22.

Disponible en

<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2011/09/AtlasCuencaLermaChapala.pdf>

RED AMBIENTAL DE ASTURIAS. El ciclo del agua. Gobierno del Principado de Asturias. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2018].

Disponible en

<https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnnextoid=b74b33f079a49210VgnVCM10000097030a0aRCRD>

RIVEROS Porras, Milagros. Estudio Morfológico de una cuenca [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2018].

Disponible en

<http://cuencahidrograficamila.blogspot.com/2016/04/estudio-morfologico-de-una-cuenca.html>

SANCHEZ Vélez, Alejandro, GARCÍA Núñez, Rosa, PALMA Trujano, Adolfo. La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales [en línea]. 1° ed., México D.F., 2003. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2018].

Disponible en:

[http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/cuenca\\_hidrografica.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/cuenca_hidrografica.pdf)

ISBN 968-817-581-1

SANCHEZ, A. Conceptos elementales de hidrología forestal. Agua, cuenca y vegetación, Mexico, 01, 1987. [Fecha de consulta: 01 de junio de 2018].

Disponible en

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/6131/1/tesis.pdf>

SAN GIL, Jesús, DE RIVERA, José, GONZALEZ, Julián. Tiempo atmosférico, clima y psicopatología [en línea]. Novamedia, Madrid, 1986 [fecha de consulta: 10 de abril de 2018]

Disponible en

[http://www.psicoter.es/art/86\\_C017\\_01.pdf](http://www.psicoter.es/art/86_C017_01.pdf)

SANTISTEBAN. Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas [en línea]. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2018].

Disponible en

[http://ingenierosantisteban.mywebcommunity.org/articulo\\_1.php](http://ingenierosantisteban.mywebcommunity.org/articulo_1.php)

SENAMHI. Vulnerabilidad Climática De Los Recursos Hídricos En Las Cuencas De Los Ríos Chillón, Rímac, Lurín Y Parte Alta Del Mantaro [en línea]. Ediciones SENAMHI, 2016 [fecha de consulta: 18 de mayo de 2018].

Disponible en

<http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/2088>

SENAMHI. Mapa Climático del Perú. 115 de abril de 2018.

Disponible en

<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

SNP. Aportes al debate en pesquería [en línea]. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2018].

Disponible en

[https://snp.org.pe/media/pdf/aportes-al-debate-en-pesqueria/Aportes\\_al\\_Debate\\_N1-2015.pdf](https://snp.org.pe/media/pdf/aportes-al-debate-en-pesqueria/Aportes_al_Debate_N1-2015.pdf)

TUCCI, Carlos. Hidrología. Ciencia y Aplicación [en línea]. 2° ed., 2004 [Fecha de consulta: 15 de junio de 2018].

Disponible en

[https://es.scribd.com/upload-document?archive\\_doc=327007982&escape=false&metadata=%7B%22context%3A%22archive\\_view\\_restricted%2C%22page%3A%22read%2C%22action%3Afalse%2C%22logged\\_in%3Afalse%2C%22platform%3A%22web%22%7D](https://es.scribd.com/upload-document?archive_doc=327007982&escape=false&metadata=%7B%22context%3A%22archive_view_restricted%2C%22page%3A%22read%2C%22action%3Afalse%2C%22logged_in%3Afalse%2C%22platform%3A%22web%22%7D)

ISBN 85-7025-298-6

UMAÑA Gómez, Edmundo. Manejo de Cuenca hidrográficas y protección de fuentes de agua [en línea]. 2002. [Fecha de consulta: 01 de junio de 2018].

Disponible en

<http://www.bvsde.paho.org/bvsade/fulltext/cuencas.pdf>

UNIVERSIDAD de Coruña. Capítulo 5. Escorrentía [en línea]. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2018].

Disponible en

[http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado\\_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf](http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf)

USCB. Projected population by single year of age, sex, race, and Hispanic origin for the United States: 2012 to 2060 [en línea]. Washington, DC: United States Census Bureau, 2012 [fecha de consulta: 11 de abril de 2018].

Disponible en <http://www.sciencedirect.com/reference/99902>

USON. V. Escurrimiento [en línea]. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2018]. Disponible en:

<http://gaia.geologia.uson.mx/academicos/ochoa/HIDROGEOLOGIA%202014-2/ESCRITOS/escritos%20en%20pdf/ESCURRIMIENTO.pdf>

VARGAS, Paola. El cambio climático y sus efectos en el Perú [en línea]. Junio 2009 [fecha de consulta: 15 de abril de 2018]

Disponible en

<http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2009/Documento-de-Trabajo-14-2009.pdf>

VERA, Carolina y CAMILLONI, Inés. Ciencias Naturales. El ciclo del agua [en línea]. [Fecha de consulta: 04 de junio de 2018].

Disponible en

<http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002315.pdf>

VERGARA Rodríguez, Karla. Variabilidad climática, percepción ambiental y estrategias de adaptación de la Comunidad Campesina de Conchucos, Ancash. Tesis (Licenciada en Geografía y Medio Ambiente). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Letras y Ciencias Humanas, 2011.

Disponible

en

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1240/VERGARA\\_RODRIGUEZ\\_KARLA\\_VARIABILIDAD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1240/VERGARA_RODRIGUEZ_KARLA_VARIABILIDAD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

VILLAROEL, Marcelo. Determinación de parámetros y características hidrogeomorfológicas de una cuenca [en línea]. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2018].

Disponible en

<https://www.itc.nl/ilwis/downloads/documentation/hidromorfologia-sp.pdf>

VILLANUEVA Vargas, Jacqueline. La Gobernanza de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Lurín en el marco de la creación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chillón, Rímac, Lurín. Tesis (Magister en Desarrollo Ambiental). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.

Disponible en

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/7159/VILLANUEVA\\_VARGAS\\_JACQUELINE\\_RECURSOS\\_HIDRICOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/7159/VILLANUEVA_VARGAS_JACQUELINE_RECURSOS_HIDRICOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

VILLELA y MATOS. Hidrología Aplicada [en línea]. 1975. [Fecha de consulta: 01 de junio de 2018].

Disponible en

<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/villela-s-m-matos-a-hidrologia-aplicada-caps-1-2-e-3.pdf>

WMO. Preguntas frecuentes-Agua [en línea]. 2015. [Fecha de consulta: 04 de junio de 2018].

Disponible en:

<https://public.wmo.int/es/preguntas-frecuentes-agua>

WURL, Jobst, MARTÍNEZ, Cynthia, IMAZ, Miguel. Respuesta hidrológica al cambio climático en regiones áridas: caso de estudio en los Comondú, Baja California Sur, México. Revista Hidrobiológica [en línea]. 2017, 27. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2018].

Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57853140002>

ISSN 0188-8897

WWAP. Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016 – Agua y Empleo [en línea]. París, UNESCO, 2016 [fecha de consulta: 05 de abril de 2018].

Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002441/244103s.pdf>

ISBN 978-92-3-300035-3

WWDR. Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos en el mundo 2015 [en línea]. Italia, UNESCO, 2015 [fecha de consulta: 01 de abril de 2016].

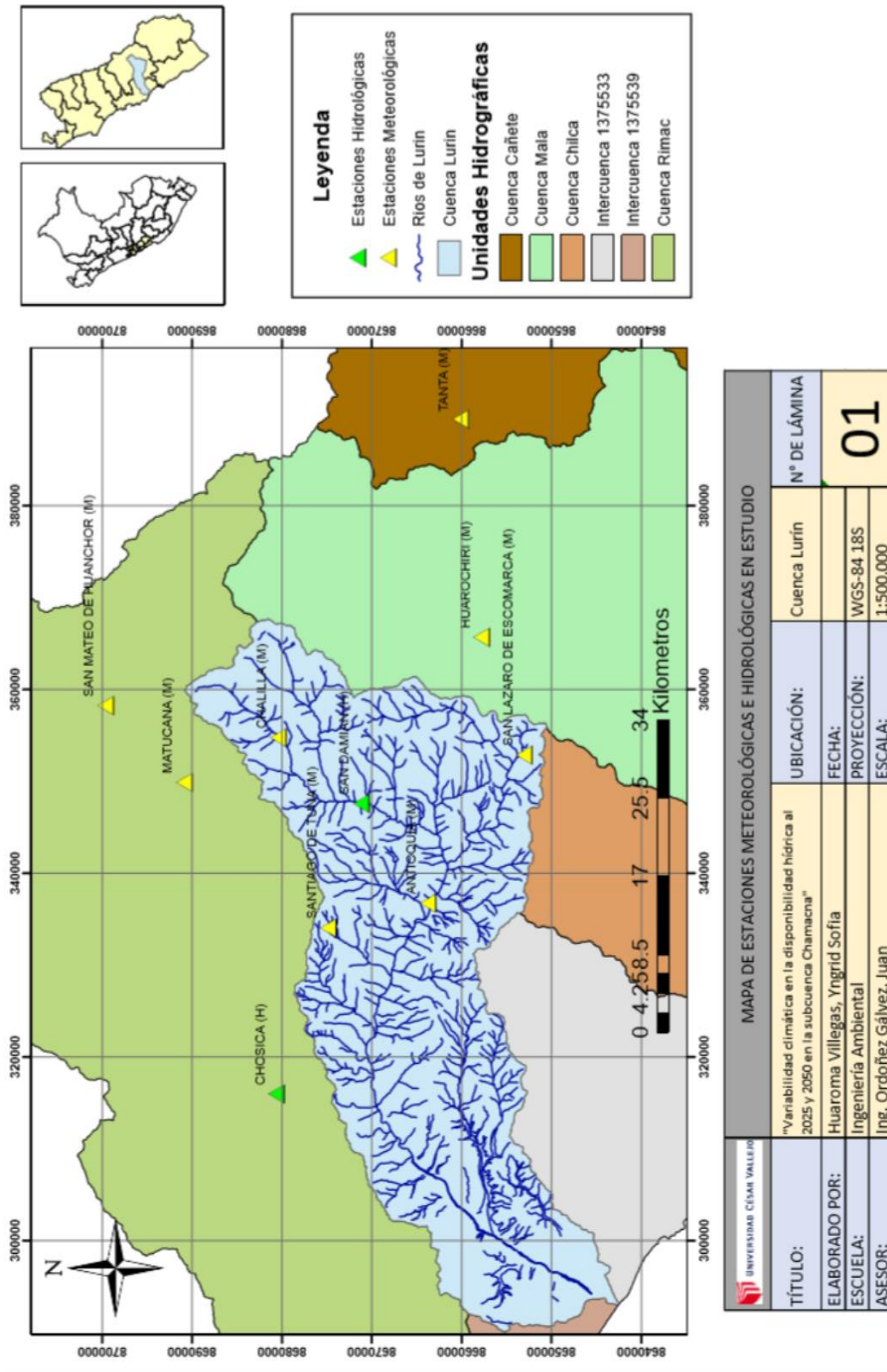
Disponible

en

[http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts\\_Figures\\_SPA\\_web.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf)

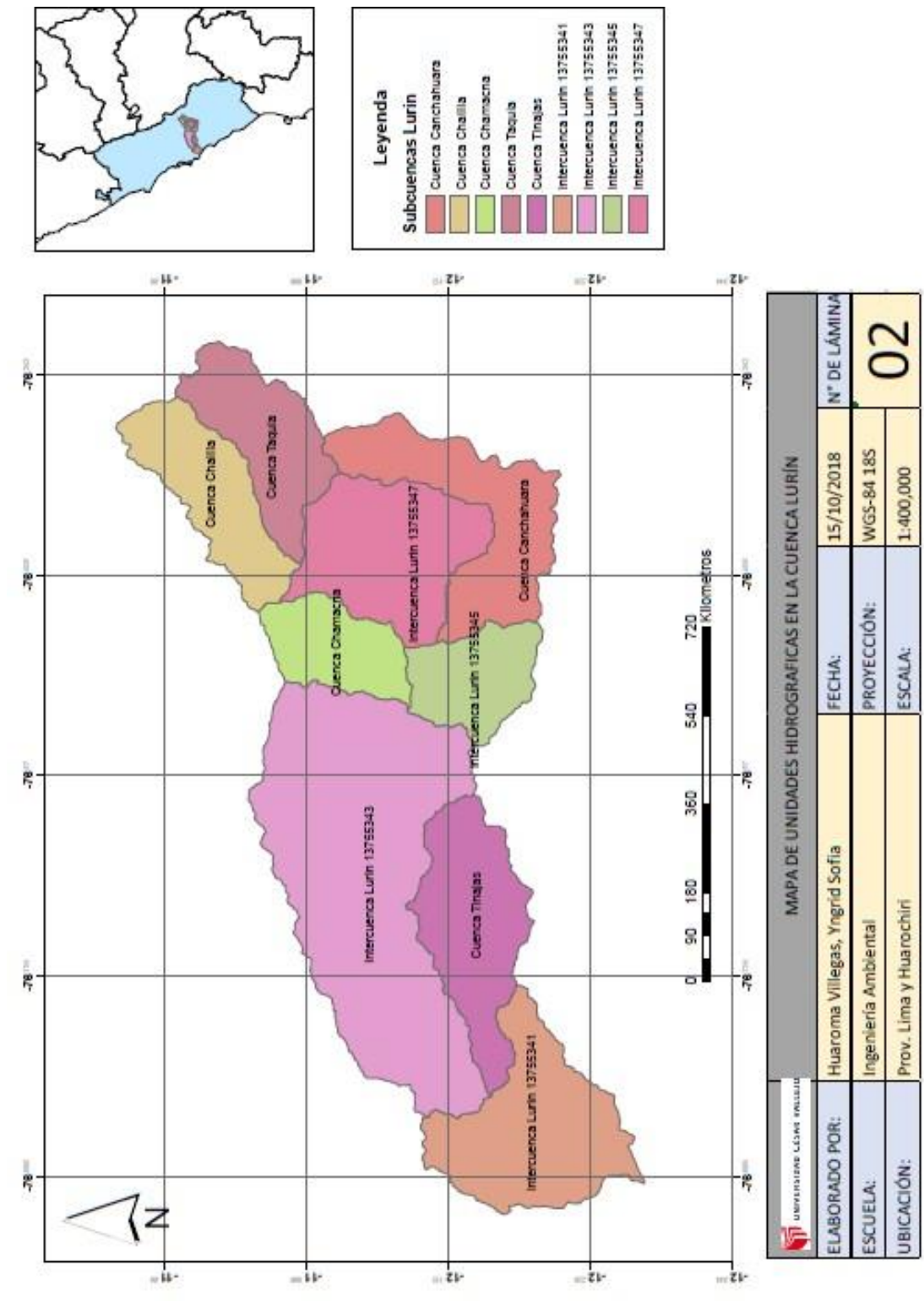
## ANEXOS

Anexo 1: Mapa de estaciones meteorológicas e hidrológicas en la cuenca Lurín

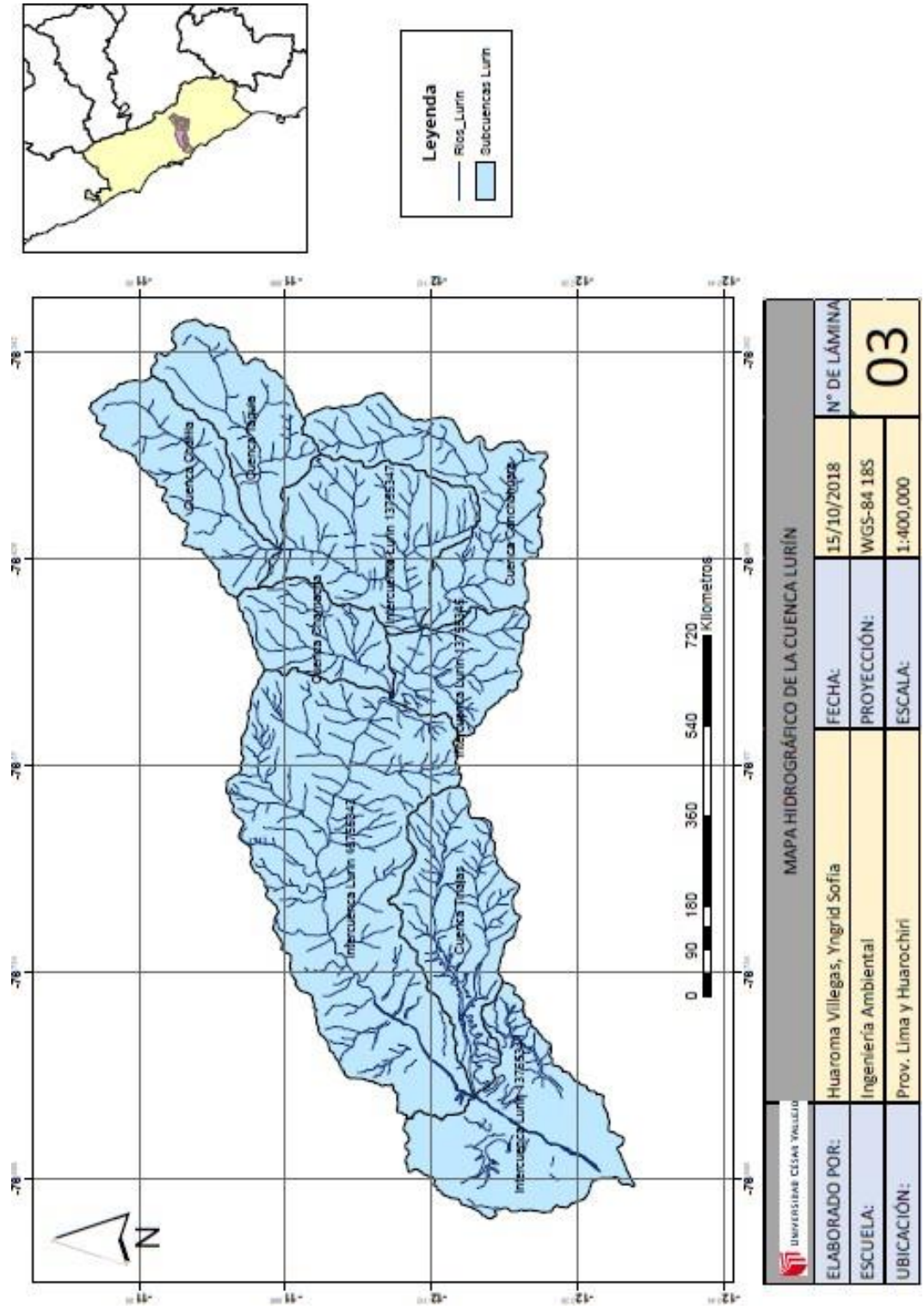




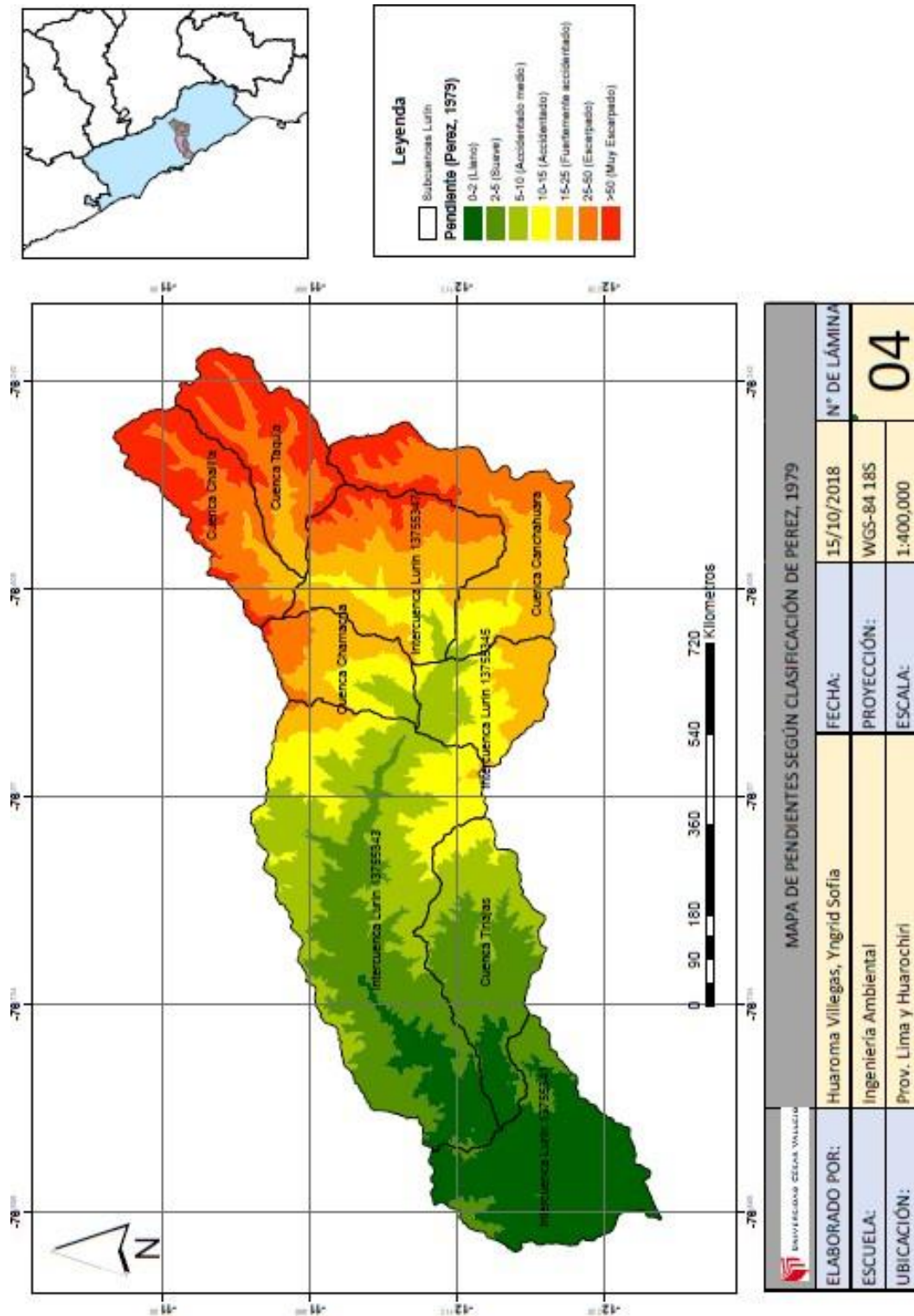
## Anexo 2. Mapa de subcuencas de la cuenca Lurín



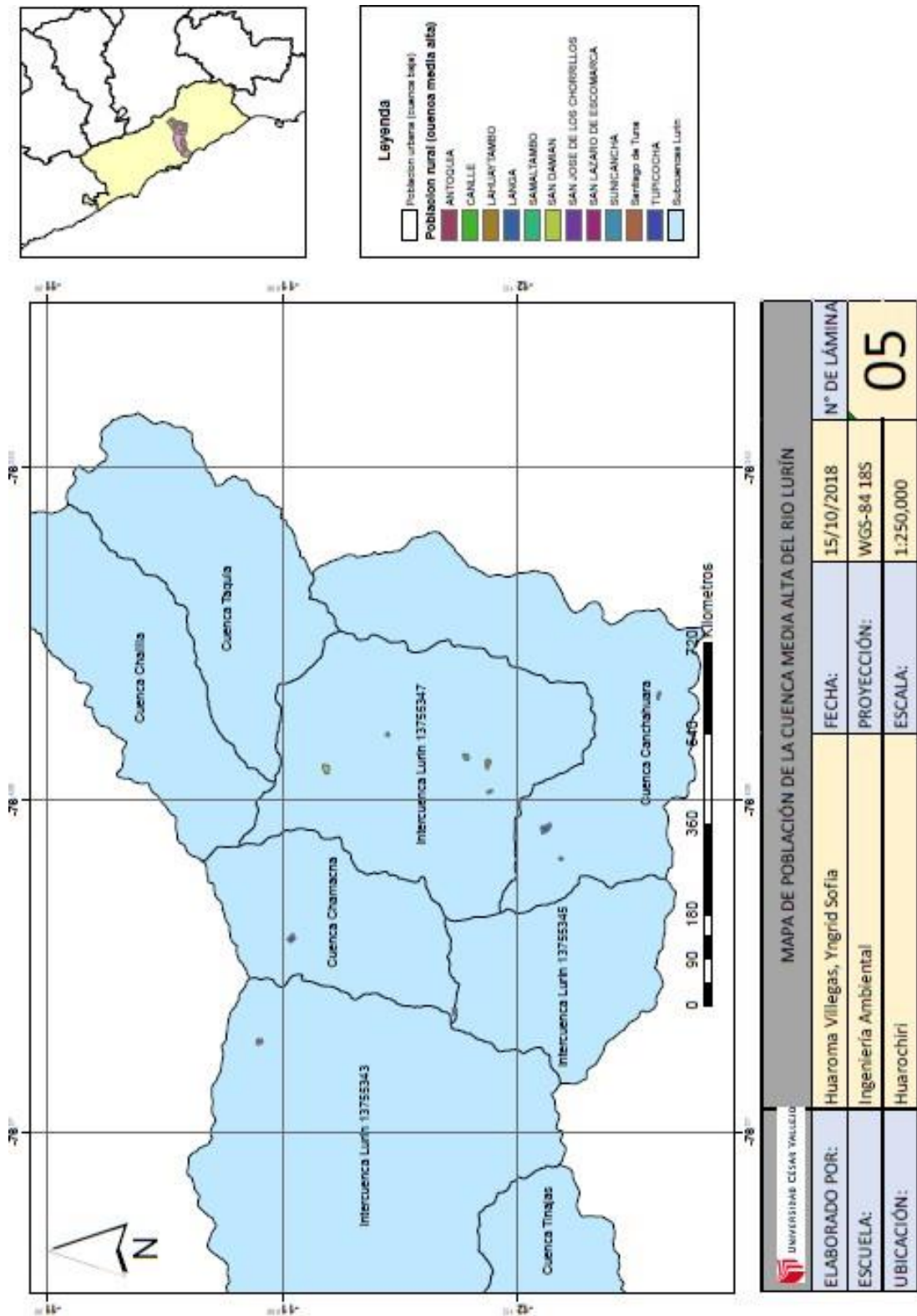
Anexo 3. Mapa hidrográfico de la Cuenca Lurín



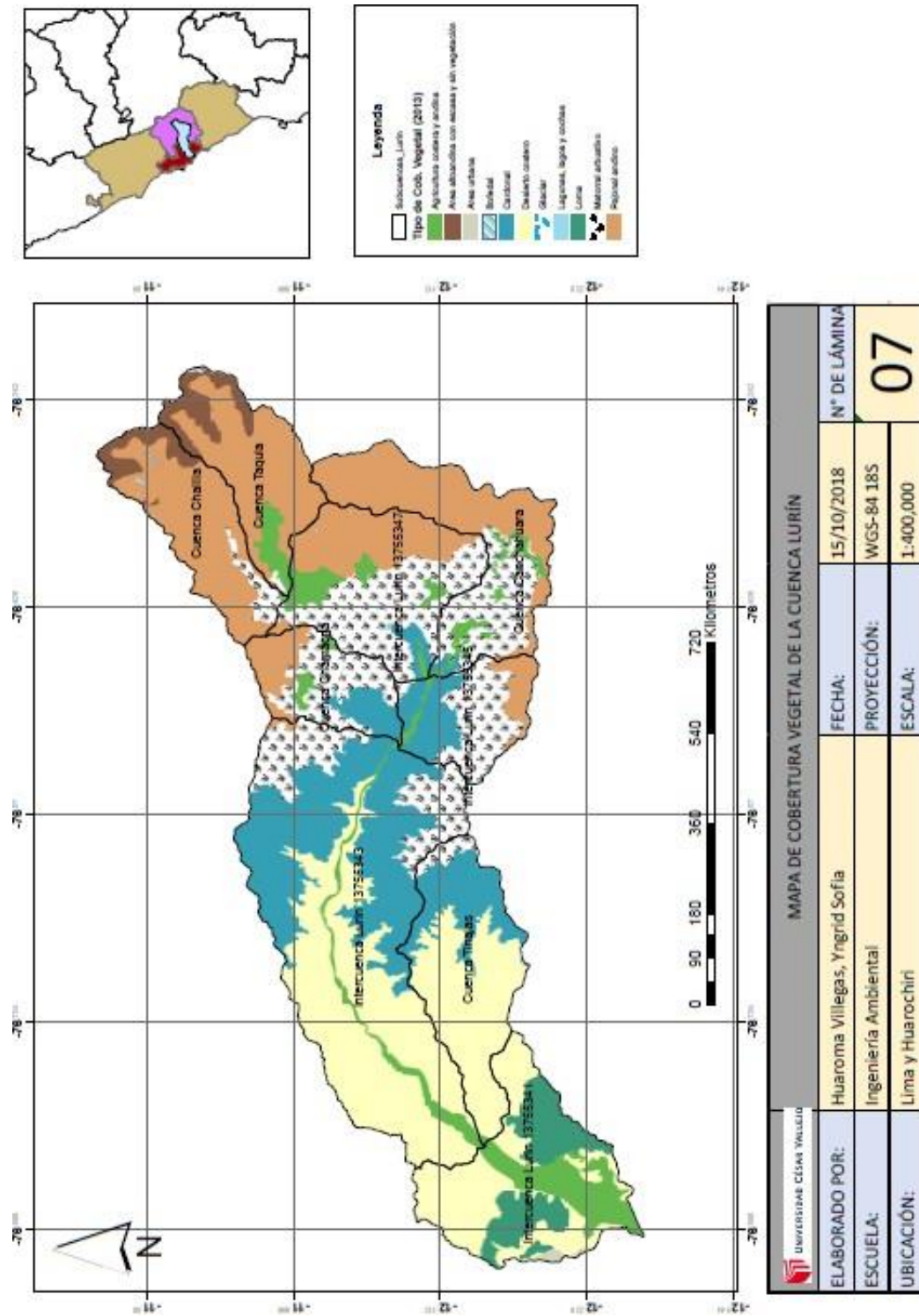
### Anexo 4. Mapa de pendientes de la Cuenca Lurín



Anexo 5. Mapa de centros poblados de la Cuenca Lurín



## Anexo 6. Mapa de cobertura vegetal de la Cuenca Lurín



Anexo 7. Datos de estaciones meteorológicas ubicadas a los alrededores de San Andres de Tupicocha

N°	Estacion	Código	Ubicación Política			Ubicación Geografica					Cuenca	Parametros
			Dpto	Prov.	Dist.	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)	UTM (x)	UTM (y)	Altitud (msn)		
1	SAN MATEO DE HUANCHOR (M)	111175	LIMA	HUAROCHIRI	SAN MATEO	11° 45' 36.6"	76° 18' 3.6"	358233,45	8699623,45	3015		T°max/T°min/T°bulbo bo seco/T° bulbo
2	MATUCANA (M)	548	LIMA	HUAROCHIRI	MATUCANA	11° 50' 20.86"	76° 22' 40.52"	349892,94	8690849,82	2417		T°max/T°min/T°bulbo bo seco/T° bulbo
3	CHALILLA (M)	155119	LIMA	HUAROCHIRI	SAN DAMIAN	11° 56' 1"	76° 20' 1"	354771,00	8680422,83	3975		T°max/T°min/T°bulbo bo seco/T° bulbo
4	HUAROCHIRI (M)		LIMA	HUAROCHIRI	HUAROCHIRI	12° 8' 19.88"	76° 14' 3.46"	365690,09	8657772,24	3120		T°max/T°min/T°bulbo bo seco/T° bulbo
5	SANTIAGO DE TUNA	155224	LIMA	HUAROCHIRI	SANTIAGO DE TUNA	11° 58' 59.2"	76° 31' 26.93"	334047,76	8674840,33	2924		T°max/T°min/T°bulbo bo seco/T° bulbo
6	ANTIOQUIA (M)	1656100	LIMA	HUAROCHIRI	ANTIOQUIA	12° 5' 0"	76° 30' 0"	336738,04	8663768,71	1839		T°max/T°min/T°bulbo bo seco/T° bulbo
7	SAN LAZARO DE ESCOMARCA (M)		LIMA	HUAROCHIRI	LANGA	12° 10' 51.18"	76° 21' 7.46"	352895,11	8653062,74	3748		T°max/T°min/T°bulbo bo seco/T° bulbo
8	TANTA (M)		LIMA	YAUYOS	TANTA	12° 07' 05.7"	76° 00' 57.7"	389434,84	8660149,24	4278		T°max/T°min/T°bulbo bo seco/T° bulbo

**Nota:** El cuadro muestra las ocho (8) estaciones que se ubican alrededor de la zona de estudio asimismo se muestran sus especificaciones, características y ubicación.



## Anexo 9. Matriz de consistencia

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA: Variabilidad climática en la disponibilidad hídrica al 2025 y 2050 de la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del río Lurín – 2018</b>										
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS -> INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA			
<i>Problema General</i>	<i>Objetivo General</i>	<i>Hipótesis General</i>	<b>VARIABILIDAD CLIMÁTICA</b>	Comportamiento de la precipitación y la temperatura	Precipitación	Recolección de datos -> Ficha de datos	Con este instrumento se puede determinar la base de datos histórica de precipitación y temperatura; asimismo, el formato de recolección de datos permitirá proyectar los datos a los años 2025 y 2050.			
¿Cuál será la tendencia de la disponibilidad hídrica a los años 2025 y 2050 con respecto a la variabilidad climática de 1970 a 2017 en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín?	Determinar la disponibilidad hídrica a los años 2025 y 2050 con respecto a la variabilidad climática de los años 1970-2017 de la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín.	La disponibilidad hídrica presenta un aumento debido a los cambios en la variabilidad climática en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín			Temperatura Máxima y Mínima					
<i>Problemas Específicos</i>	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>Hipótesis Específicos</i>			Características hidrogeomorfológicas			Área		
¿Cómo es el comportamiento histórico (1970 a 2017) de la precipitación en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín?	Analizar el comportamiento histórico (1970-2017) de la precipitación en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín.	El comportamiento histórico (1970-2017) de la precipitación aumenta en la subcuenca Chamacna – Cuenca Media Alta del Río Lurín.						Pendiente		
¿Cómo es el comportamiento histórico (1970 a 2017) de la temperatura en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín?	Analizar el comportamiento histórico (1970-2017) de la temperatura en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín.	El comportamiento histórico (1970-2017) de la temperatura aumenta en la subcuenca Chamacna – Cuenca Media Alta del Río Lurín.		Cobertura Vegetal						
¿Qué relación existe entre el comportamiento de la precipitación y las características hidrogeomorfológicas de la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín?	Caracterizar los parámetros hidrogeomorfológicos de la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín.	El comportamiento de la precipitación tiene estrecha relación con las características hidrogeomorfológicas de la subcuenca Chamacna – Cuenca Media Alta del Río Lurín.		Ubicación						
¿Cómo será el comportamiento de la precipitación a los años 2025 y 2050 en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín?	Proyectar el comportamiento de la precipitación a los años 2025 y 2050 en la subcuenca Chamacna – cuenca media alta del Río Lurín.	El comportamiento de la precipitación a los años 2025 y 2050 aumenta en la subcuenca Chamacna – Cuenca Media Alta del Río Lurín.		Población						
				Caudal de escurrimiento						
				<b>DISPONIBILIDAD HÍDRICA</b>	Disponibilidad Hídrica Superficial Histórica			Precipitación	Observación -> Ficha de datos	Polit y Hungler mencionan que la observación es una técnica que ha surgido debido a que no hay otra forma de recolectar ciertos datos necesarios para una investigación. Por tanto, mediante esta técnica se calculará algunos parámetros, como la cobertura vegetal, especificados en la ficha propuesta.
					Disponibilidad Hídrica Superficial Proyectada			Precipitación		



Anexo 10. Instrumentos de investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

INSTRUMENTO 01:

VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA AL 2025 Y 2050 DE LA SUBCUENCA CHAMACNA-CUENCA ALTA DEL RÍO LURÍN-2018									
DIMENSIÓN 01: COMPORTAMIENTO CLIMATOLÓGICO									
"Recolección de datos meteorológicos de estaciones seleccionadas de la Cuenca Alta del Río Lurín"									
Descripción del Instrumento: El presente formato será utilizado con el fin de recopilar los datos proporcionado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. La base de datos históricos consta de un periodo de 25 años, los cuales servirán para realizar la proyección de los mismos parámetros a los años 2025 y 2050.									
Nombre de la estación:					Código de la estación:				
Latitud:					Altitud:				
Longitud:									
Nº	AÑO	MES	DÍA	PRECIPITACIÓN	TEMP. MAXIMA	TEMP. MINIMA			
001									
002									
003									
004									
005									
006									
007									
008									
009									
010									
011									
012									
013									
014									

*Florella Guerra*  
131344  
FIORELLA GUERRA

*Zoraida Valencia*  
125864  
ZORAH VALENCIA

*Jane Narayno*  
CIP 43444  
JANE NARAYNO

**Nota:** Instrumento para el registro del comportamiento climatológico de las estaciones meteorológicas e hidrológicas en estudio validado por tres profesionales.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**INSTRUMENTO 02:**

**VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA AL 2025 Y 2050 DE LA SUBCUENCA CHAMACNA-CUENCA ALTA DEL RÍO LURÍN-2018**

**DIMENSIÓN 02: CARACTERÍSTICAS HIDROGEOMORFOLÓGICAS DE LA SUBCUENCA**

"Recopilación de datos necesarios para describir a Subcuenca en estudio"

**Descripción del instrumento:**

El presente formato será utilizado con el fin de recopilar los datos necesarios para caracterizar a la zona de estudio, la Subcuenca Chamacna, a fin de que se pueda hacer los cálculos de caudal por el método racional. Varios de los parámetros que se mencionan a continuación fueron tomados a partir del Libro Máximo Villón quien establece una tabla para poder calcular el coeficiente de escorrentía, el cual es utilizado en la fórmula para el cálculo del caudal.

Cuenca:

Responsable:

Distrito:

Realizado por:

**DÁTOS NECESARIOS**

001	Área (km <sup>2</sup> )									
002	Perímetro (km <sup>2</sup> )									
003	Pendiente (%)	0-5	5-10	10-30	0-5	5-10	10-30	0-5	5-10	10-30
004	Cobertura Vegetal (%)	0%	10%	30%	40%	50%	60%	80%	90%	100%
005	Tipo de Vegetación	Forestal			Herbácea			Terrenos Cultivados		
006	Tipo de Suelo (textura)	Franco Arenosa			Franco arcillo limosa			Arcillosa		
007	Índice de Formación									
008	Coefficiente de Compacidad									
009	Longitud del cauce (km)									
010	C: Coeficiente de escorrentía									
011	I: Intensidad Máxima (mm/hr)									
012	Q: Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s)									

*Florencia Cuervo*

*Janeth Valmorán*

*[Signature]*

CIP: 13344  
Florencia Cuervo

CIP: 125904  
Janeth Valmorán

CIP: 93444  
TAVE NAYANO

**Nota:** Instrumento para el registro de características hidrogeomorfológicas de la subcuenca Chamacna con la firma de tres profesionales.

## Anexo 11. Validación de los instrumentos



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAYO, JORGE LEONARDO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: DIMENSION 01: COMPORTAMIENTO CLIMATOLÓGICO  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: HUACOMA, MILLENAS, NIMERID, SOFIA

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**


85 %

Lima, 8 de Junio del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFERMANTE

CIP 43444  
DNI No. 0100003 e/f. 992005015

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO, JORGE LEONARDO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: DIMENSIÓN 02: CARACTERÍSTICAS HIPOGEOMORFOLÓGICAS  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: HVAROMA, VILLEGAS, YNEPID, SOFIA

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

85 %

Lima, 8 de Junio del 2016

*[Firma]*  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 01066653 Telf: 992\*005015



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Talencia Reyes Zúñiga  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente UCV  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: DIMENSION D.1: Comportamiento climatológico  
 1.4 Autor(a) del Instrumento: Huayra Villegas YAGRID.SOFIA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Está formulado con lenguaje comprensible												✓	
2. Objetividad	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. Actualidad	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. Organización	Existe una organización lógica.												✓	
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												✓	
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												✓	
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación.


IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 20 Junio del 2018

*[Firma manuscrita]*

FIRMA DEL EXPERTO  
 DNIN° 40115821 Telf. 9.20.623 060

CIP 12 5804



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Valencia Rivas Family  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente UCV  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Dimensiones: Características Hidrográficas  
 1.4 Autor(a) del Instrumento: Huayra Villegas, Sofia

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Está formulado con lenguaje comprensible											✓		
2. Objetividad	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. Actualidad	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. Organización	Existe una organización lógica.											✓		
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											✓		
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											✓		
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación.

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 20 de Julio del 2018

[Firma]  
 FIRMA DEL EXPERTO  
 DNI N° 4015801 Telf. 710423060  
125804



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: GÓMEZ SALAZAR FIORELLA VANESSA  
 1.2 Cargo e institución donde labora: DOCENTE - UCV  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: DIMENSION 01: Comportamiento de campo lógico  
 1.4 Autor(a) del Instrumento: HUBERTO VALLEGAS, YNERID SOFIA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Está formulado con lenguaje comprensible											/		
2. Objetividad	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. Actualidad	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. Organización	Existe una organización lógica.											/		
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											/		
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											/		
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación.

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 28 de Junio del 2018

[Firma] CIP: 131344

FIRMA DEL EXPERTO  
 DNI N° 43766149 Telf. ....



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Florella Guare Salazar  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente UCV  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Dimensión 02: Características Hidrogeomorfológicas  
 1.4 Autor(a) del Instrumento: Huayoma Villegas, Sofía

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Está formulado con lenguaje comprensible											/		
2. Objetividad	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. Actualidad	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. Organización	Existe una organización lógica.											/		
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											/		
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											/		
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación.

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

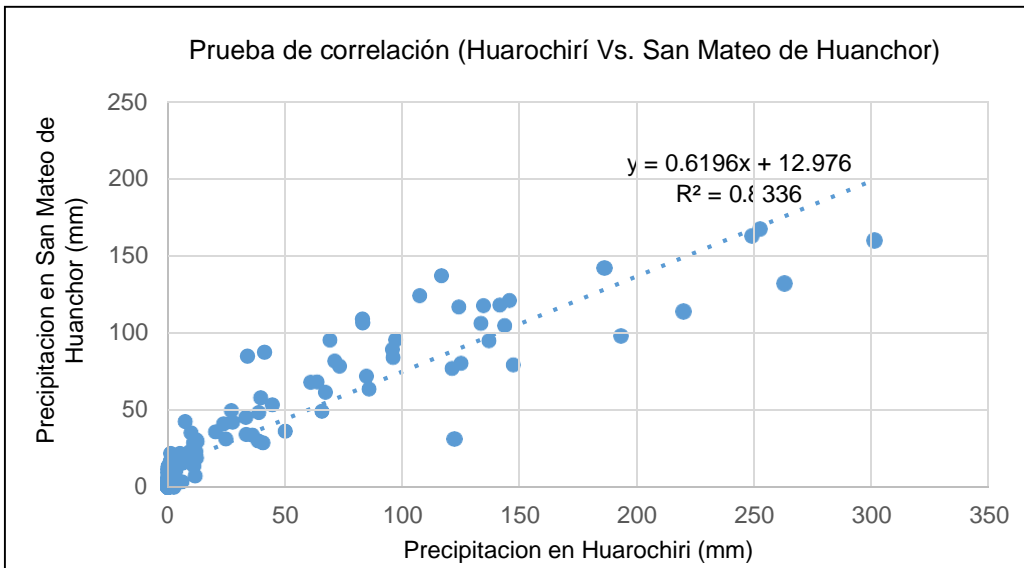
Lima, 28 Julio del 2018

Civil CIP: 131344

FIRMA DEL EXPERTO  
 DNI N° 43766120 Telf. ....

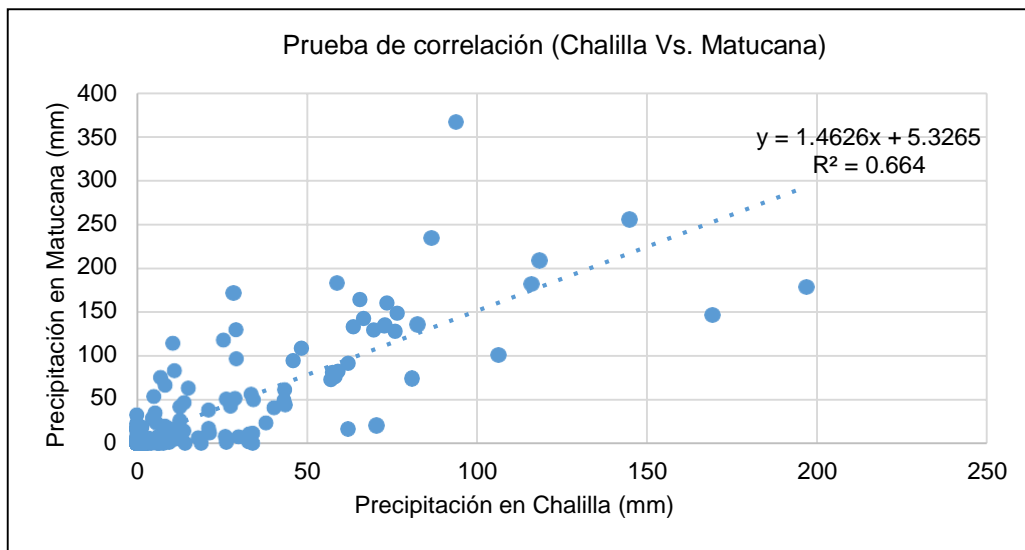


Anexo 12. Coeficiente de correlación entre San Mateo de Huanchor vs. Huarochirí



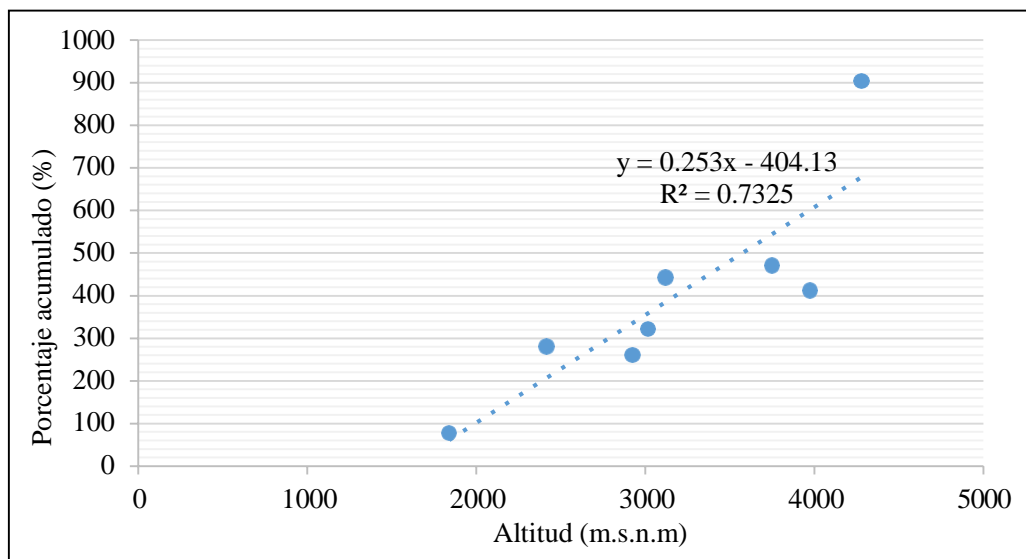
Fuente: Elaboración propia

Anexo 13. Coeficiente de correlación entre Chalilla vs Matucana



Fuente: Elaboración propia

#### Anexo 14. Gradiente de precipitación histórica (1970-2017)



Fuente: Elaboración propia

#### Anexo 15. Huaycos e inundaciones en Antioquía – Año 2007



Fuente: ANDINA (2007)