



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**EVALUACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO LURÍN PARA
DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA PARA RIEGO**

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor

Cruz Paasaca, Luis Enrique

Asesor

Gómez Lora, Jhon Walter

ORCID: 0000-0003-4926-8967

Jurado

Sánchez Carrera, Dante Pedro

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Legua Terry, Alberto Israel

Lima – Perú

2026

EVALUACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO LURÍN PARA DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA PARA RIEGO

INFORME DE ORIGINALIDAD

27%

ÍNDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

13%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

5%

2

repositorio.ana.gob.pe

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

1%

6

Submitted to Universidad Nacional Federico
Villarreal

Trabajo del estudiante

1%

7

www.slideshare.net

Fuente de Internet

1%

8

observatoriochirilu.ana.gob.pe

Fuente de Internet

1%

9

www.minem.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

10

idoc.pub

Fuente de Internet

<1%

11

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

<1%



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
EVALUACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO LURÍN PARA
DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA PARA RIEGO

Línea de investigación

Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar por el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor

Cruz Paasaca, Luis Enrique

Asesor

Gómez Lora, Jhon Walter

ORCID: 0000-0003-4926-8967

Jurado

Sánchez Carrera, Dante Pedro

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Legua Terry, Alberto Israel

Lima – Perú

2026

Dedicatoria

A Dios, por guiarme y brindarme fortaleza durante todo el proceso de elaboración y culminación de la presente tesis.

A mis padres, Alberto Cruz y Ofelia Paasaca, por ser mi mayor apoyo y guía constante a lo largo de mi formación universitaria, por sus enseñanzas, esfuerzo y confianza, que hicieron posible alcanzar este logro.

Agradecimientos

A mis padres, por siempre darme el apoyo necesario para poder lograr mis objetivos personales y profesionales.

A mi hermano Juan, por los consejos que siempre me brinda y por la ayuda que me proporciona cuando enfrento alguna dificultad.

A mi asesor, Dr. Walter Gómez Lora, por sus recomendaciones, orientación y enseñanzas que hicieron posible la culminación de la presente tesis.

A la Universidad Nacional Federico Villareal, por ser parte de mi formación como Ingeniero Ambiental.

A los profesores de la universidad, por las enseñanzas y conocimientos brindados a lo largo de mi formación académica.

Finalmente, a todas las personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo durante este proceso; los tengo siempre en mi consideración.

ÍNDICE

Resumen.....	15
Abstract.....	16
I. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. Descripción y formulación del problema.....	18
<i>1.1.1. Descripción del problema.....</i>	<i>18</i>
<i>1.1.2. Formulación del problema</i>	<i>20</i>
1.2. Antecedentes.....	20
<i>1.2.1. Antecedentes nacionales</i>	<i>20</i>
<i>1.2.2. Antecedentes internacionales.....</i>	<i>23</i>
1.3. Objetivos.....	26
<i>1.3.1. Objetivo general.....</i>	<i>26</i>
<i>1.3.2. Objetivos específicos.....</i>	<i>27</i>
1.4. Justificación	27
<i>1.4.1. Justificación teórica.....</i>	<i>27</i>
<i>1.4.2. Justificación práctica.....</i>	<i>27</i>
1.5. Hipótesis	27
II. MARCO TEÓRICO.....	28
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	28
<i>2.1.1. Balance hídrico.....</i>	<i>28</i>
<i>2.1.2. Cuenca hidrográfica</i>	<i>29</i>
<i>2.1.3. Parámetros geomorfológicos.....</i>	<i>30</i>
<i>2.1.4. Modelo hidrológico.....</i>	<i>39</i>
<i>2.1.5. Disponibilidad hídrica</i>	<i>43</i>
2.2. Marco conceptual.....	44

2.2.1. Ciclo hidrológico	44
2.2.2. Precipitación.....	45
2.2.3. Precipitación efectiva	45
2.2.4. Temperatura.....	46
2.2.5. Evapotranspiración.....	47
2.2.6. Evapotranspiración potencial.....	47
2.2.7. Evapotranspiración real	49
2.2.8. Humedad.....	50
2.2.9. Caudal.....	50
2.2.10. Caudal ecológico	51
2.2.11. Escorrentía.....	52
2.2.12. Eficiencia de riego	53
2.2.13. Coeficiente de cultivo.....	54
2.3. Marco legal	54
III. MÉTODO	57
3.1. Tipo de investigación.....	57
3.2. Ámbito temporal y espacial	58
3.2.1. Tiempo.....	58
3.2.2. Ubicación.....	60
3.3. Variables	64
3.3.1. Variable independiente	64
3.3.2. Variable dependiente	64
3.4. Población y muestra.....	65
3.4.1. Población.....	65
3.4.2. Muestra	65

3.5. Instrumentos.....	66
3.5.1. Información cartográfica.....	66
3.5.2. Equipos	66
3.5.3. Programas.....	66
3.6. Procedimientos.....	67
3.6.1. Reconocimiento de la cuenca.....	67
3.6.2. Análisis de datos climáticos.....	67
3.6.3. Determinación de balance hídrico.....	68
3.7. Análisis de datos	71
3.8. Consideraciones éticas	71
IV. RESULTADOS	73
4.1. Diagnóstico general de la cuenca.....	73
4.1.1. Diagnóstico físico	73
4.1.2. Diagnóstico socioeconómico	112
4.2. Cálculo de variables hidrometeorológicas	123
4.2.1. Precipitación.....	123
4.2.2. Temperatura.....	159
4.2.3. Humedad.....	164
4.2.4. Evapotranspiración potencial.....	168
4.2.5. Caudales	176
4.3. Cálculo de balance hídrico.....	182
4.3.1. Cálculo de oferta hídrica	182
4.3.2. Cálculo de demanda hídrica.....	198
4.3.3. Cálculo de la disponibilidad hídrica superficial para riego	205
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	209

VI. CONCLUSIONES.....	212
VII. RECOMENDACIONES	214
VIII. REFERENCIAS.....	216
IX. ANEXOS.....	225

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de pendientes	36
Tabla 2. Clasificación de valores de Nash	42
Tabla 3. Estaciones Hidrometeorológicas.....	58
Tabla 4. Localización de puntos extremos de la cuenca	60
Tabla 5. Ubicación hidrográfica	60
Tabla 6. Variable independiente	64
Tabla 7. Variable dependiente	64
Tabla 8. Altitud media de la cuenca.....	76
Tabla 9. Índice de pendiente de la cuenca	76
Tabla 10. Curva hipsométrica de la cuenca	77
Tabla 11. Grado de ramificación de la cuenca.....	79
Tabla 12. Parámetros fisiográficos de la cuenca.....	82
Tabla 13. Geomorfología de la cuenca del río Lurín	86
Tabla 14. Suelos en la cuenca del río Lurín.....	90
Tabla 15. Capacidad de uso mayor de la cuenca del río Lurín	94
Tabla 16. Geología de la cuenca del río Lurín.....	97
Tabla 17. Zonas de vida de la cuenca del río Lurín	105
Tabla 18. Ecosistemas de la cuenca del río Lurín.....	109
Tabla 19. Población total de la cuenca del río Lurín	112
Tabla 20. Actividad pecuaria de la cuenca del río Lurín	116
Tabla 21. Actividad minera de la cuenca del río Lurín.....	118
Tabla 22. Actividad industrial de la cuenca del río Lurín.....	120
Tabla 23. Estaciones de la cuenca del río Lurín	123
Tabla 24. Coeficiente de correlación en relación al Vector Regional Grupo 01	133

Tabla 25. Coeficiente de correlación en relación al Vector Regional Grupo 02	133
Tabla 26. Coeficiente de correlación en relación al Vector Regional Grupo 03	133
Tabla 27. Resultado estadístico de la prueba Pettitt a la serie anual de precipitaciones.....	134
Tabla 28. Precipitación en año seco, 1994-1995	146
Tabla 29. Cálculo de precipitación en año seco, 1994-1995	148
Tabla 30. Precipitación en año medio.....	151
Tabla 31. Cálculo de precipitación en año medio.....	152
Tabla 32. Precipitación en año húmedo, 1988-1989.....	155
Tabla 33. Cálculo de precipitación en año húmedo 1988-1989.....	156
Tabla 34. Estaciones con datos de temperatura	159
Tabla 35. Temperatura media mensual de las estaciones	159
Tabla 36. Temperatura media de la cuenca	161
Tabla 37. Estaciones con datos de humedad.....	164
Tabla 38. Humedad media mensual de las estaciones	164
Tabla 39. Humedad media de la cuenca	165
Tabla 40. Evapotranspiración media mensual de las estaciones.....	172
Tabla 41. Evapotranspiración media de la cuenca.....	173
Tabla 42. Estadística de caudales en estación Manchay.....	176
Tabla 43. Curva de duración en año medio, Estación Manchay.....	178
Tabla 44. Curva de duración en año seco, Estación Manchay.....	179
Tabla 45. Curva de duración en año húmedo, Estación Manchay.....	181
Tabla 46. Período de calibración y validación para GR2M.....	182
Tabla 47. Precipitación media areal para la cuenca de estudio (mm).....	182
Tabla 48. Evapotranspiración mensual para la cuenca de estudio (mm).....	185
Tabla 49. Calibración del modelo hidrológico GR2M	188

Tabla 50. Validación del modelo hidrológico GR2M	190
Tabla 51. Descargas medias mensuales generadas (m^3/s) río Lurín.....	193
Tabla 52. Persistencia del caudal medio mensual.....	195
Tabla 53. Oferta hídrica al 75% de persistencia de la cuenca del río Lurín	196
Tabla 54. Caudal ecológico referencial de la cuenca del río Lurín	197
Tabla 55. Coeficiente de ajuste K_c de cultivo	198
Tabla 56. Cronograma mensual de cultivos instalados.....	199
Tabla 57. Coeficiente de cultivo K_c de los cultivos	200
Tabla 58. Evapotranspiración real mensual en la cuenca	201
Tabla 59. Precipitación efectiva mensual en la cuenca.....	202
Tabla 60. Déficit de humedad mensual en la cuenca.....	202
Tabla 61. Determinación de requerimiento de agua mensual.....	203
Tabla 62. Volumen de demanda hídrica agrícola	204
Tabla 63. Balance hídrico superficial para riego en la cuenca del río Lurín	206

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ancho y longitud de la cuenca	30
Figura 2. Factor de forma para 2 cuencas	31
Figura 3. Rectángulo equivalente de una cuenca	32
Figura 4. Orden de ríos	37
Figura 5. Estructura de modelo hidrológico GR2M	41
Figura 6. Ciclo Hidrológico	45
Figura 7. Tipo de esorrentía	52
Figura 8. Curva de coeficiente de cultivo	54
Figura 9. Mapa de ubicación geográfica de la cuenca del río Lurín.....	61
Figura 10. Mapa de ubicación política de la cuenca del río Lurín.....	62
Figura 11. Mapa de ubicación hidrográfica de la cuenca del río Lurín	63
Figura 12. Flujograma del procedimiento metodológico de la investigación.....	70
Figura 13. Curva hipsométrica de la cuenca	78
Figura 14. Mapa de red hidrográfica de la cuenca del río Lurín.....	80
Figura 15. Mapa de parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Lurín	84
Figura 16. Geomorfología de la cuenca del río Lurín.....	87
Figura 17. Mapa geomorfológico de la cuenca del río Lurín	88
Figura 18. Suelos en la cuenca del río Lurín	90
Figura 19. Mapa de suelos de la cuenca del río Lurín	91
Figura 20. Capacidad de uso mayor de la cuenca del río Lurín.....	95
Figura 21. Mapa de Capacidad de uso mayor de suelos en la cuenca del río Lurín	96
Figura 22. Geología de la cuenca del río Lurín	101
Figura 23. Mapa geológico en la cuenca del río Lurín	102
Figura 24. Zonas de vida de la cuenca del río Lurín.....	106

Figura 25. Mapa de zonas de vida en la cuenca del río Lurín	107
Figura 26. Ecosistemas de la cuenca del río Lurín	110
Figura 27. Mapa de ecosistemas de la cuenca del río Lurín	111
Figura 28. Mapa de densidad poblacional en la cuenca del río Lurín	113
Figura 29. Mapa de superficie agrícola en la cuenca del río Lurín.....	115
Figura 30. Actividad minera de la cuenca del río Lurín	118
Figura 31. Mapa de actividad minera en la cuenca del río Lurín	119
Figura 32. Mapa de actividad industrial en la cuenca del río Lurín	122
Figura 33. Disponibilidad de datos de estaciones pluviométricas	124
Figura 34. Mapa de estaciones pluviométricas en la cuenca del río Lurín	126
Figura 35. Análisis Clúster de las estaciones pluviométricas	127
Figura 36. Precipitación en la cuenca baja del río Lurín	128
Figura 37. Precipitación en la cuenca media del río Lurín	129
Figura 38. Precipitación en la cuenca alta del río Lurín	130
Figura 39. Vector Regional de la serie anual del grupo N°1	131
Figura 40. Vector Regional de la serie anual del grupo N°2	132
Figura 41. Vector Regional de la serie anual del grupo N°3	132
Figura 42. Prueba de Pettitt aplicado a la serie anual de precipitaciones del grupo 1	136
Figura 43. Prueba de Pettitt aplicado a la serie anual de precipitaciones del grupo 2	137
Figura 44. Prueba de Pettitt aplicado a la serie anual de precipitaciones del grupo 3	138
Figura 45. Resultado estadístico de la prueba Mann-Kendall	139
Figura 46. Correlación entre cada estación del grupo 01.....	141
Figura 47. Correlación entre cada estación del grupo 02.....	142
Figura 48. Correlación entre cada estación del grupo 03.....	143
Figura 49. Histogramas de precipitación mensual completada Grupo 01	144

Figura 50. Histogramas de precipitación mensual completada Grupo 02	145
Figura 51. Histogramas de precipitación mensual completada Grupo 03	146
Figura 52. Correlación de año seco.....	147
Figura 53. Mapa de año seco (1994-1995) en la cuenca del río Lurín	150
Figura 54. Correlación de año medio.....	152
Figura 55. Mapa de año medio de la cuenca del río Lurín	154
Figura 56. Correlación de año húmedo, 1988-1989	156
Figura 57. Mapa de año húmedo (1988-1989) de la cuenca del río Lurín.....	158
Figura 58. Temperatura media mensual de las estaciones	160
Figura 59. Temperatura media de la cuenca	162
Figura 60. Mapa de isotermas anuales de la cuenca del río Lurín	163
Figura 61. Humedad relativa media mensual de las estaciones	165
Figura 62. Humedad relativa de la cuenca	166
Figura 63. Mapa de isolíneas de humedad relativa de la cuenca del río Lurín.....	167
Figura 64. Evapotranspiración en la cuenca baja del río Lurín	169
Figura 65. Evapotranspiración en la cuenca media del río Lurín	170
Figura 66. Evapotranspiración en la cuenca alta del río Lurín	171
Figura 67. Evapotranspiración media mensual de las estaciones	173
Figura 68. Evapotranspiración anual de la cuenca.....	174
Figura 69. Mapa de isolíneas de evapotranspiración anual de la cuenca.....	175
Figura 70. Caudales medios mensuales de la estación Manchay.....	177
Figura 71. Caudales medios anuales de la estación Manchay	178
Figura 72. Curva de duración en año medio, Estación Manchay	179
Figura 73. Curva de duración en año seco, Estación Manchay	180
Figura 74. Curva de duración en año húmedo, Estación Manchay	181

Figura 75. Hidrograma para la precipitación media areal 1965-2023	185
Figura 76. Hidrograma para la evapotranspiración media areal, 1981-2023.....	187
Figura 77. Hidrograma del proceso de calibración del modelo GR2M.....	189
Figura 78. Correlación del proceso de calibración GR2M	190
Figura 79. Hidrograma del proceso de validación del modelo GR2M.....	192
Figura 80. Correlación del proceso de validación	192
Figura 81. Comparación de caudales medios mensuales observados y generados.....	195
Figura 82. Disponibilidad hídrica superficial para riego en la cuenca del río Lurín	208

Resumen

Objetivo: Evaluar el balance hídrico en la cuenca del río Lurín para determinar la disponibilidad hídrica superficial para riego. **Método:** Se realizó el diagnóstico físico y socioeconómico de la cuenca, el análisis de variables hidrometeorológicas y la generación de caudales medios mensuales mediante el modelo hidrológico GR2M. Posteriormente, se efectuó un análisis de persistencia, adoptándose el caudal al 75 % como referencia de la oferta hídrica superficial. Asimismo, se incorporó un caudal ecológico referencial equivalente al 15 % del caudal medio mensual y se estimó la demanda hídrica agrícola para efectuar el balance mensual. **Resultados:** La cuenca presenta un área de 1642.5 km², una precipitación media anual de 334.1 mm, una temperatura media de 17.3 °C y un caudal medio de 4.2 m³/s. La oferta hídrica al 75 % de persistencia alcanzó 2.55 m³/s en promedio, mientras que el caudal ecológico referencial fue de 0.63 m³/s, obteniéndose una disponibilidad hídrica superficial para riego de 1.92 m³/s frente a una demanda agrícola promedio de 1.40 m³/s. Se identificaron déficits entre septiembre y enero, con un máximo de 1.55 m³/s en noviembre, y superávits entre febrero y agosto, con un máximo de 4.90 m³/s en marzo. **Conclusiones:** La cuenca presenta una disponibilidad promedio favorable; sin embargo, su marcada variabilidad estacional limita la atención continua de la demanda agrícola durante todo el año.

Palabras clave: balance hídrico, disponibilidad hídrica, caudal ecológico, demanda agrícola, riego.

Abstract

Objective: To assess the water balance in the Lurín River basin in order to determine surface water availability for irrigation. **Method:** A physical and socioeconomic diagnosis of the basin was conducted, together with an analysis of hydrometeorological variables and the generation of mean monthly streamflows using the GR2M hydrological model. Subsequently, a persistence analysis was performed, adopting the 75% persistence flow as a reference for surface water supply. Likewise, a reference ecological flow equivalent to 15% of the mean monthly flow was incorporated, and agricultural water demand was estimated to perform the monthly water balance. **Results:** The basin has an area of 1,642.5 km², a mean annual precipitation of 334.1 mm, a mean temperature of 17.3 °C, and a mean flow of 4.2 m³/s. The water supply at 75% persistence averaged 2.55 m³/s, while the reference ecological flow was 0.63 m³/s, resulting in an average surface water availability for irrigation of 1.92 m³/s compared with an average agricultural demand of 1.40 m³/s. Deficits were identified from September to January, with a maximum of 1.55 m³/s in November, while surpluses occurred from February to August, reaching a maximum of 4.90 m³/s in March. **Conclusions:** The basin shows favorable average water availability; however, its marked seasonal variability limits the continuous satisfaction of agricultural water demand throughout the year.

Keywords: water balance, water availability, ecological flow, agricultural water demand, irrigation.

I. INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Lurín, presenta un grave problema de estrés hídrico en la parte baja y media de la cuenca donde solo poseen acceso al agua durante algunos meses del año, en los meses restantes los agricultores pueden acceder al agua subterránea con limitados recursos ya que se requiere una capacidad económica significativa para su extracción. Debido a esta problemática, el objetivo principal del presente estudio es evaluar cómo la oferta hídrica satisface la demanda de riego en la cuenca del río Lurín.

La investigación es de tipo aplicada, debido a que sus resultados están orientados a resolver un problema práctico relacionado con la gestión del recurso hídrico, específicamente la determinación de la disponibilidad hídrica superficial para riego en la cuenca del río Lurín. Además, es no experimental debido a que no requiere la manipulación de las variables para llegar a los resultados requeridos. Para realizar el balance hídrico de la cuenca se requiere de 3 etapas: la etapa de recolección de información, donde se recolectó la información climática e información socioeconómica de la cuenca; la etapa de análisis de datos climáticos, donde se realizó el análisis estadístico de la información climática de la cuenca; y la etapa de determinación del balance hídrico, donde se calcula la oferta y demanda de agua para el análisis de la disponibilidad hídrica.

La investigación se ha estructurado en nueve capítulos:

En el primer capítulo se menciona sobre el problema en la cuenca baja del río Lurín, se resumen antecedentes nacionales e internacionales relacionados a balances hídricos en cuencas. Asimismo, se formulan objetivos, hipótesis y se justifica la importancia de realizar un balance hídrico en la cuenca del río Lurín para determinar la problemática de escasez hídrica en la cuenca.

En el segundo capítulo se presentan las bases teóricas, el marco conceptual y el marco legislativo sobre los recursos hídricos, el balance hídrico en las cuencas, los parámetros geomorfológicos, las variables climáticas en una cuenca y la oferta-demanda hídrica.

En el tercer capítulo se expone una descripción general del enfoque metodológico de la investigación, incluyendo su alcance temporal y espacial. Se detallan las variables relacionadas a los objetivos, así como la población y muestra seleccionada. Además, se describen los instrumentos empleados para la recopilación, procesamiento y análisis de datos, junto con los procedimientos utilizados para la modelización del balance hídrico, el análisis estadístico y espacial y las consideraciones éticas que guiaron el desarrollo del estudio.

En el cuarto capítulo se describe un diagnóstico geomorfológico, geológico, ecológico, de suelos y ecosistemas en la cuenca; así como el diagnóstico socioeconómico de la cuenca. También incluye el cálculo de las variables climáticas de la zona que influye en el balance hídrico y el cálculo de la oferta y demanda en la cuenca tomando como referencia información, criterios técnicos y lineamientos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para finalmente calcular la disponibilidad hídrica superficial para riego.

En el quinto capítulo se expone la discusión de resultados, comparando con los resultados de otros estudios que investigan el mismo ámbito.

En el sexto y séptimo capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

En el octavo y noveno capítulo, se detallan las referencias bibliográficas empleadas y los anexos que respaldan los resultados alcanzados.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

La escasez de agua es un problema crítico a nivel mundial que afecta entre 2,000 y 3,000 millones de personas al menos un mes al año, representando un riesgo importante para

el suministro de agua segura y asequible para las comunidades (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2023). Las proyecciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE] indican que cerca del 40% de la población mundial vive en cuencas con estrés hídrico, situación que podría agravarse debido al incremento de la demanda de agua en más del 55 % hacia el año 2050. Este escenario, sumado a la sobreexplotación y contaminación de los acuíferos, compromete la seguridad alimentaria, los servicios ecosistémicos y el acceso al agua potable (Cañamás, 2019).

En este contexto, Perú se ubica como el octavo país con mayor disponibilidad de agua dulce en el mundo, concentrando cerca del 2% del total mundial; sin embargo, enfrenta una severa escasez hídrica debido a una irregular distribución espacial del recurso hídrico. La mayor parte del recurso se encuentra en la Amazonía, mientras que la mayor demanda está en la costa árida (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2014). En la vertiente del Pacífico, los efectos de la escasez hídrica se evidencian principalmente en la reducción de las áreas cultivadas en relación con la superficie agrícola disponible, afectando de manera directa la actividad principal de las poblaciones (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2013).

Con respecto a la problemática del agua en la cuenca del río Lurín, actualmente se evidencia un estado de estrés hídrico, particularmente en las zonas media y baja, donde el acceso al agua superficial está limitado entre 6 y 8 meses al año. Durante los meses restantes, los agricultores dependen exclusivamente del agua subterránea para el desarrollo de sus actividades productivas (Thais, 2024). Esta situación refleja una baja recarga de los acuíferos, lo que compromete la disponibilidad del recurso hídrico para uso agrícola y otros fines, agravando la vulnerabilidad hídrica de la población local (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET], 2021).

En este contexto de limitada disponibilidad hídrica y alta dependencia del agua subterránea, la actividad agrícola continúa desarrollándose en la cuenca del río Lurín; sin

embargo, la expansión urbana, la sobreexplotación del recurso hídrico subterráneo, el uso ineficiente del agua y la ausencia de infraestructura de regulación constituyen factores que comprometen la sostenibilidad hídrica y ambiental de la cuenca. (Osorio et al., 2022)

Frente a este escenario, la presente investigación tiene como finalidad evaluar el balance hídrico de la cuenca del río Lurín, a fin de determinar la disponibilidad hídrica para riego, considerando los caudales medios mensuales a diferentes niveles de persistencia y su capacidad para atender la demanda hídrica agrícola.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema principal

- ¿Cuál es la disponibilidad hídrica para riego en la cuenca del río Lurín a partir de la evaluación del balance hídrico?

1.1.2.2. Problemas secundarios

- ¿Cuáles son las características físicas, sociales y económicas actuales de la cuenca del río Lurín?
- ¿Cómo se distribuyen las variables hidrometeorológicas en la cuenca del río Lurín?
- ¿Cuáles son los caudales medios mensuales a diferentes niveles de persistencia para fines de riego en la cuenca del río Lurín?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes nacionales

Marín (2021) en su tesis titulado “Determinación del balance hídrico superficial de la cuenca del río Santa para satisfacción de la demanda existente” tuvo como objetivo, determinar el Balance Hídrico de la cuenca del Río Santa para abastecimiento de la demanda existente. Se empleó un enfoque basado en la recolección de información física e hidrológica de la cuenca, recopilando datos clave como precipitación, evapotranspiración y escorrentía. Estos datos fueron procesados y analizados con el fin de determinar el balance hídrico superficial,

permitiendo evaluar la relación entre la oferta y la demanda de agua en la cuenca del río Santa. Como resultados, se determinó una oferta hídrica neta promedio de 5554.5 hm³/año frente a una demanda de 1545.8 hm³/año, con un índice de escasez del 27.8%. Se evidenció déficit en los meses secos, compensado por excedentes en meses húmedos. Finalmente, concluyó que el balance hídrico superficial es una herramienta clave para la gestión del recurso, recomendando medidas de planificación, conservación y uso eficiente del agua en la cuenca.

Arias (2022) en su tesis titulado “Estimación del balance hídrico superficial para evaluar la variación de almacenamiento del agua en la Cuenca Crisnejas” tuvo como objetivo otorgar información detallada del balance hídrico para analizar la variación del almacenamiento de agua en dicha cuenca. El método se basó en una investigación cuantitativa y no experimental, utilizando datos históricos de precipitación y temperatura de tres estaciones meteorológicas (Augusto Weberbauer, Cajabamba y San Marcos). Se aplicaron los métodos de polígonos de Thiessen, para determinar áreas de influencia y estimaciones climáticas, y el método de Thornthwaite, para calcular la evapotranspiración potencial corregida (Eto), procesando los datos en Excel y empleando tablas de la FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas). Como resultados, se identificaron 7 meses (octubre a abril) con superávit hídrico (diferencial entre precipitación y evapotranspiración) y 5 meses con déficit. La precipitación anual osciló entre 330 y 759 mm, mientras que la evapotranspiración varió entre 491 y 523 mm. En conclusión, el balance hídrico es una herramienta útil para la gestión del recurso hídrico. La cuenca presenta buena disponibilidad general, pero déficit en los meses secos, validando el uso de los métodos aplicados.

Gonzales & Acuña (2022) en su tesis titulado “Balance hídrico del lago Chinchaycocha usando el software WEAP (Water Evaluation And Planning System) ubicado en las regiones de Junín y Pasco” tuvo como objetivo determinar el balance hídrico y simular los volúmenes de almacenamiento del lago Chinchaycocha considerando diferentes escenarios climáticos y

demandas hídricas. El método se basó en una investigación cuantitativa y aplicada, empleando datos de más de 30 estaciones meteorológicas (21 seleccionadas tras análisis de consistencia), y herramientas como ArcGIS, Hydraccess, HEC-4 y principalmente el software WEAP. Se consideraron parámetros como coeficientes de cultivo, conductividades y capacidad de almacenamiento, calibrando y validando el modelo mediante el índice de Nash-Sutcliffe. Se obtuvieron resultados diferenciados según el tipo de año hidrológico. En un año seco, la oferta hídrica fue de 210.6 millones de metros cúbicos (MMC), frente a una demanda de 457.1 MMC, lo que generó un déficit de 244.7 MMC. En contraste, durante un año húmedo, la oferta hídrica alcanzó los 1038.6 MMC, permitiendo un excedente de 42.1 MMC respecto a la demanda proyectada. Finalmente, concluyeron que el balance hídrico modelado con WEAP es una herramienta eficaz para la gestión del recurso hídrico, destacando la importancia de ajustar reglas de operación para reducir déficits en época de estiaje.

Coria & Espinoza (2024) en su tesis titulado “Balance hídrico en la parte baja de la cuenca del río Huaura para mejorar su aprovechamiento en períodos de estiaje utilizando el software WEAP”, tuvo como objetivo generar un balance hídrico mediante el software WEAP para cuantificar la disponibilidad y demanda hídrica en época de estiaje, aportando a la gestión eficiente del recurso. El método se basó en la recopilación y procesamiento de información geomorfológica, climática e hidrológica. Se delimitaron unidades hidrológicas con ArcGIS y se incorporaron datos de precipitación, caudales, temperatura, viento y humedad desde 1967 hasta 2020. La demanda agrícola se estimó con CLIMWAT y CROPWAT, mientras que la demanda poblacional e industrial se proyectó con métodos estadísticos. El modelo fue calibrado y validado con datos históricos, empleando el índice de Nash-Sutcliffe. Como resultados, se identificó un déficit promedio de 6.26 MMC en época seca, especialmente en agosto, y un excedente de 128.75 MMC en época de lluvias. La demanda agrícola anual fue de 355.16 MMC, y el caudal medio del río Huaura, de 28.83 m³/s. Finalmente, concluyeron que

el balance hídrico modelado en WEAP es una herramienta confiable para la planificación hídrica, especialmente en zonas con alta presión agrícola.

1.2.2. Antecedentes internacionales

Rodriguez (2019) en su tesis “Modelación del balance hidrológico (Oferta-demanda) en la cuenca del río Guayllabamba, tomando en cuenta parámetros hidrológicos y meteorológicos” tuvo como objetivo analizar y simular el comportamiento hídrico de la cuenca del río Guayllabamba, considerando factores hidrológicos, meteorológicos y antrópicos que afectan la relación oferta-demanda del distrito. El método se basó en la construcción, calibración y verificación de un modelo hidrológico distribuido en WEAP, utilizando datos de caudales, precipitación y temperatura del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Se delimitaron subcuencas con ArcGIS, se calculó la evapotranspiración con la ecuación de Hargreaves, y se estimaron afluentes y demanda poblacional con información del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). La calibración se evaluó con el error cuadrático medio (RMSE) y el coeficiente de correlación de Pearson (R^2). Se obtuvieron como resultados caudales mínimos registrados entre agosto y septiembre ($3.6\text{--}5.47\text{ m}^3/\text{s}$), y los máximos entre octubre y abril ($55.4\text{--}79.5\text{ m}^3/\text{s}$). Concluyendo que las actividades antrópicas en el suelo alteran sus propiedades de la cuenca del río Guayllabamba disminuyendo la disponibilidad y la calidad de los servicios que se brinda.

Vaca (2022) en su tesis titulado “Caracterización hidrometeorológica y estimación del balance hídrico de la cuenca del Río Cutuchi” busca determinar el balance hidrológico de la subcuenca del río Cutuchi para conservar y gestionar adecuadamente sus recursos hídricos mediante la recopilación de datos de precipitación, caudales y clima INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, aplicando métodos de validación y estimación como doble masa y regresión lineal. La evapotranspiración potencial (ETP) y real (ETR) se estimaron mediante métodos Thornthwaite, Penman-Monteith (CROPWAT 8.0), CRU y MODIS,

procesando datos con ArcGIS. Teniendo como resultados, la cuenca presentó un régimen bimodal de precipitación y caudales (5 a 16 m³/s), ETP de hasta 830 mm/año, y ETR entre 308 y 1685 mm/año, con grandes diferencias entre métodos satelitales. Se concluyó que la cuenca presenta crecientes rápidas, una distribución espacial irregular de lluvias, y que los métodos de ETP tradicionales fueron más consistentes que los satelitales, cuya variabilidad se debe a diferencias metodológicas.

Gallardo (2022) en su tesis titulado “Modelación del balance hídrico y propuesta de manejo del recurso agua en la subcuenca del río Toachi” que tuvo como objetivo realizar el balance hídrico de la subcuenca del río Toachi utilizando la herramienta WEAP, con el fin de evaluar la disponibilidad hídrica de la zona. Para ello, se recopilaron y procesaron datos climáticos e hidrométricos, integrados al modelo WEAP mediante el método de humedad del suelo, para simular el periodo 1990–2013. Se delimitaron microcuencas con QGIS, se caracterizó la cuenca morfométricamente y se generaron datos faltantes con Google Earth Engine. Posteriormente, el modelo fue calibrado en R Studio utilizando la herramienta WEAP-R, ajustando parámetros asociados al uso del suelo. Obtuvieron como resultados, una tendencia decreciente en la disponibilidad hídrica (de 761,2 a 542,2 hm³ por década), superávit en febrero y déficit de mayo a octubre, siendo el riego el mayor demandante. Se determinó un caudal ecológico de 7,5 m³/s. En conclusión, existe una disminución del recurso por década, y se propusieron cinco programas de manejo de recursos hídricos.

Pincay (2023) en su tesis titulado “Análisis del balance hídrico de la cuenca del río Jipijapa parte alta, mediante la aplicación del modelo HEC-HMS” tuvo como objetivo determinar el balance hídrico de la cuenca Jipijapa integrando las variables hidráulicas y elaborando un modelo en HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) La metodología se basó en una investigación de campo y bibliográfica, utilizando GPS para ubicar obras hidráulicas y recolectar datos topográficos. Se emplearon los softwares HEC-

HMS para simular procesos hidrológicos, ArcGIS para delimitar la cuenca, y Cropwat para calcular el requerimiento hídrico agrícola. Se utilizaron datos de precipitación, escurrimiento, evapotranspiración e infiltración, y se aplicaron modelos de consumo poblacional. La modelación consideró periodos de retorno de 10, 25 y 50 años. Obtuvo como resultados un déficit hídrico constante en todos los escenarios, con valores de -66.467,1 mm/año (10 años), -60.797,5 mm/año (25 años) y -54.478,6 mm/año (50 años). Las descargas máximas simuladas fueron de 18,80 a 64,50 m³/s, según el periodo de retorno. En conclusión, la cuenca no dispone de caudal suficiente propio, presenta un déficit hídrico sostenido y requiere acciones urgentes para una gestión eficiente del recurso.

Loayza et al. (2024) en su artículo “Determinación del balance hídrico en la Cuenca Sulloma Caranguilla” tuvo como objetivo conocer el balance hídrico de la cuenca para orientar acciones de manejo sostenible del agua y estimar lluvias máximas para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años. Esto se realizó mediante la formulación de encuestas dirigidas a las autoridades y habitantes de los municipios de San Pedro de Totorá y Curahuara, asimismo se utilizaron fichas descriptivas para recolectar información sobre ubicación y caudales; se exportaron los datos a planillas de Excel y se utilizaron los softwares ArcMap e Hydrognomon para analizar las precipitaciones a diferentes tiempos de retorno. Se obtuvieron como resultados una disponibilidad anual en época seca fue de 3,362,507.46 m³, superando una demanda de 2,272,210.33 m³, lo que resultó en un balance hídrico positivo de 1,090,297.13 m³/año. Las lluvias máximas estimadas variaron entre 42 y 56 mm/día en diferentes estaciones y periodos. Se concluye que existen zonas con limitada disponibilidad hídrica.

Gallardo & Lino (2024) en su tesis titulado “Modelación Mediante HEC-HMS del balance Hídrico de la cuenca parte baja del Río Jipijapa” tiene como objetivo realizar una modelación mediante HEC-HMS para analizar el balance hídrico de la cuenca y elaborar un modelo para la parte baja del río Jipijapa mediante métodos teóricos, lógicos y bibliográficos,

donde primero se ubicaron las infraestructuras hidráulicas más importantes de la cuenca Jipijapa para luego realizar el balance hídrico con la precipitación obtenida de la serie de datos del INAMHI junto con información de la web de la NASA con lo que se obtuvieron informaciones con el periodo del 1990 al 2020. Asimismo, se determinó el caudal de ingreso de otras cuencas, el caudal de aguas subterráneas, la infiltración proporcionada en un estudio hidrométrico de la cuenca, la evapotranspiración, el volumen de agua almacenada y el caudal de consumo de la población. Se obtuvieron como resultados en diferentes tiempos de retorno, para 10 años un déficit de -190918.1 mm/año, para 25 años un déficit de -178286.8 mm/año y para 50 años un déficit de -162507.1 mm/año. Se concluye que las precipitaciones en la parte bajan de la cuenca del río de jipijapa no son suficientes para satisfacer la necesidad hídrica de la población.

García (2024) en su tesis titulado “Diagnóstico de la Dinámica Hidrometeorológica por medio del Balance Hídrico en la Cuenca del río Topo” tuvo como objetivo diagnosticar la dinámica hidrometeorológica para analizar el balance hídrico en la cuenca. Mediante el modelo SWAT ingresaron los parámetros climáticos de la zona, la pendiente, el uso de suelo y el tipo de suelo de la cuenca; luego con los datos de entrada obtuvieron los caudales simulados de la cuenca. Determinaron como resultados un excedente en el almacenamiento hídrico que varía entre 49.4 mm y 288.3 mm en el año hidrológico. Concluyo que el uso del software SWAT presentó varios desafíos debido a la falta de información presente en el estudio, pero se obtuvo una interpretación detallada de la información disponible.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar el balance hídrico a fin de determinar la disponibilidad hídrica para riego en la cuenca del río Lurín.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico físico, social y económico en la cuenca del río Lurín.
- Calcular las variables hidrometeorológicas de la cuenca del río Lurín.
- Calcular los caudales medios a diferentes persistencias para determinar la disponibilidad hídrica para riego en la cuenca del río Lurín.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

A nivel teórico, la investigación aporta al marco de conocimientos existentes sobre modelos de balance hídrico, enfocándose en el análisis de la relación entre la oferta hídrica y la demanda de agua en la cuenca del río Lurín. Se emplean modelos matemáticos que simulan el ciclo hidrológico y permiten estimar la oferta hídrica a diferentes niveles de persistencia calculados mediante modelamientos hidrológicos. Este enfoque contribuye a mejorar la comprensión de los procesos hidrológicos y su aplicación en la gestión de recursos hídricos en cuencas costeras.

1.4.2. Justificación práctica

A nivel práctico, los resultados generados servirán como herramienta para la planificación y gestión del recurso hídrico destinado al riego agrícola, promoviendo un uso más eficiente y sostenible. Dada la elevada demanda de agua en la parte media y baja de la cuenca del río Lurín, la investigación busca determinar si la disponibilidad hídrica es suficiente para satisfacer dichas necesidades, contribuyendo así a la toma de decisiones técnicas y estratégicas en el ámbito agrícola y de gestión del agua.

1.5. Hipótesis

- La disponibilidad hídrica para riego en la cuenca del río Lurín, determinada mediante el balance hídrico, presenta variaciones estacionales asociadas al régimen hidrometeorológico de la cuenca.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Balance hídrico

Según UNESCO (2006) el balance hídrico es una herramienta básica de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, mediante la cual se relacionan las variables de precipitación, evapotranspiración y escurrimiento superficial con el objetivo de determinar el estado actual de la oferta y disponibilidad del agua.

El conocimiento del balance hídrico, según Gómez y Gallo (2022), permite predecir consecuencias de alteraciones antrópicas en el régimen de ríos, lagos y cuencas hidrográficas. Además, esta información obtenida para periodos cortos de tiempo puede aplicarse en la gestión de embalses y predicciones hidrológicas.

Para realizar el balance hídrico, según Ordoñez (2011), no solo se necesita entender los procesos que sigue el agua en el suelo, sino también las características fisiográficas y edafológicas el área en cuestión. Por lo tanto, la evaluación del balance hídrico depende de la calidad y cantidad de información disponible, especialmente de los datos obtenidos por la red de estaciones hidrometeorológicas y de la longitud de las series históricas registradas.

La ecuación general utilizada para calcular el balance hídrico de una región requiere contar con información adecuada y definir un periodo de tiempo específico, lo que facilita la estimación de las entradas y salidas del sistema de la cuenca:

$$Elemento_{entrada} - Elemento_{salida} = Cambio\ de\ almacenamiento$$

De acuerdo con el uso que se requiera dar al recurso hídrico en un sistema regional, se pueden emplear ecuaciones más detalladas que describan de forma específica las entradas y salidas en el sistema:

Ecuación 1.*Balance hídrico*

$$P + Q_a + Q_r + E + Q_e + D = A$$

Donde:

P = Precipitación

Q_a = Aporte externo

Q_r = Escurrimiento

E = Evapotranspiración

Q_{re} = Salida externa

D = Consumo o demanda de agua

A = Cambio de almacenamiento

2.1.2. Cuenca hidrográfica

Según la Autoridad Nacional del Agua (2015a), una cuenca hidrográfica es un área geográfica delimitadas por divisorias de aguas donde las condiciones hidrológicas permiten que el agua se concentre en un punto específico desde donde se produce el drenaje. Para Gómez y Gallo (2022), una cuenca hidrográfica es el área del terreno donde el agua de precipitación converge hacia un cauce principal, también denominada área de drenaje.

De acuerdo con Aparicio (1993), una cuenca hidrográfica puede definirse como el área de la superficie terrestre en la que las aguas de precipitación fluyen hacia un punto común de salida, ya sea un río, lago o el mar. Puede distinguirse una cuenca superficial y otra subterránea de forma similar en planta. Según su punto de salida, las cuencas se clasifican en endorreicas, cuando drenan hacia el interior (generalmente a un lago), y exorreicas, cuando descargan hacia otra corriente o al mar.

2.1.3. Parámetros geomorfológicos

2.1.3.1. Parámetros de superficie. Se detallan los siguientes parámetros:

A. Área de la cuenca. El área de una cuenca se define como la superficie proyectada horizontalmente que está delimitada por la línea divisoria de aguas, y que se extiende desde su nacimiento hasta la desembocadura, constituyendo la unidad territorial de mayor extensión. (Aparicio, 1993).

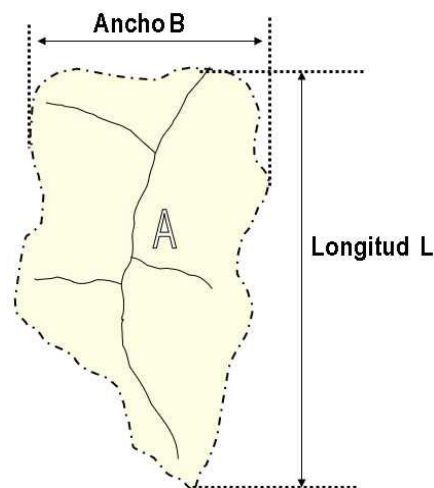
B. Perímetro de la cuenca. Corresponde a la longitud del contorno de la cuenca proyectada en un plano horizontal, cuya delimitación presenta generalmente una forma irregular (Villón, 2003).

2.1.3.2. Parámetros de forma. Se detallan los siguientes parámetros:

A. Forma de la cuenca. Determina como se distribuyen los escurrimientos a lo largo del cauce principal e influye en el comportamiento de la onda de avenida, la cual será más tenue a medida que la cuenca sea más alargada. (Gómez & Gallo, 2022)

Figura 1

Ancho y longitud de la cuenca



Nota. Adaptado de *Guía de Hidrología* (p.69), por Gómez y Gallo, 2022

Este es un factor importante en el análisis hidrológico:

Ecuación 2

Factor de forma

$$F_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

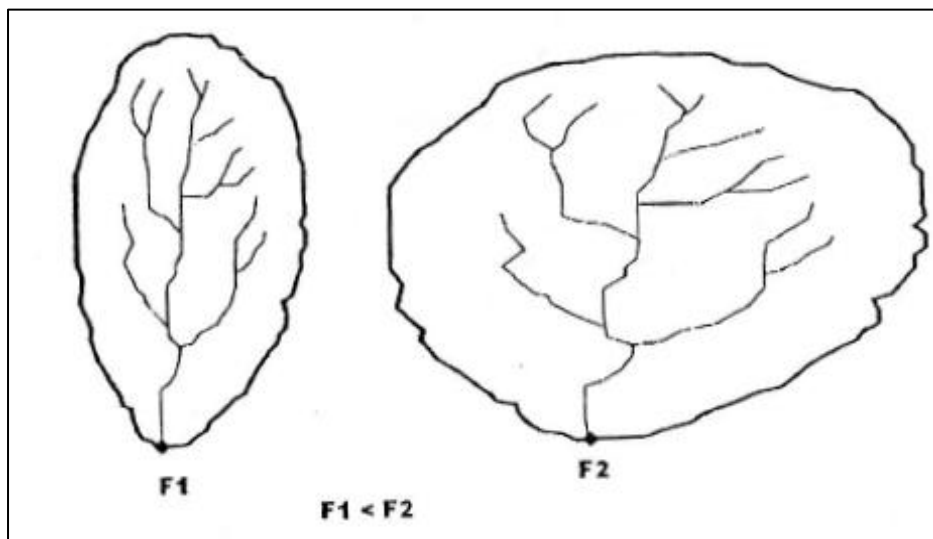
A = Área de la cuenca (km²)

L = Longitud del curso más largo (km)

Cuando una cuenca presenta un factor de forma (F) mayor que otra, es más probable que experimente una tormenta intensa de manera simultánea en toda su extensión. En cambio, una cuenca con un F menor tiene menor probabilidad de concentrar altas intensidades de precipitación, en comparación con otra de igual área, pero con un factor de forma más elevado. (Villón, 2003)

Figura 2

Factor de forma para 2 cuencas



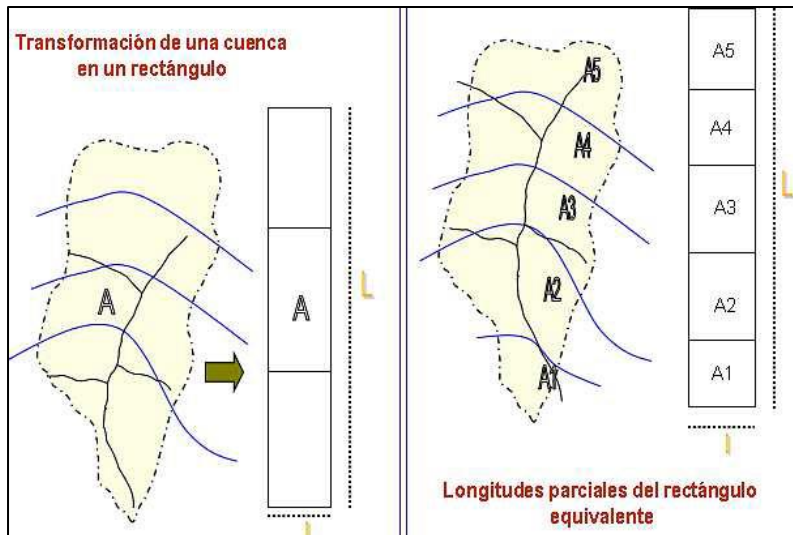
Nota. Adaptado de *Hidrología* (p.41), por Villón, 2003.

B. Rectángulo equivalente. Es una transformación geométrica que representa una cuenca de forma irregular como un rectángulo que conserva las mismas características de área y perímetro, lo que implica que mantiene el mismo índice de compacidad. Asimismo, mantiene

la distribución de alturas y, por tanto, la misma curva hipsométrica. En esta representación, las curvas de nivel se transforman en líneas rectas paralelas al lado menor del rectángulo, correspondiendo sus extremos a la primera y última curva de nivel (Villón, 2003).

Figura 3

Rectángulo equivalente de una cuenca



Nota. Adaptado de Guía de Hidrología (p.70), por Gómez y Gallo, 2022

Se presentan las siguientes ecuaciones para los cálculos de los lados:

Ecuación 3

Lado mayor del rectángulo equivalente

$$L = \frac{P}{4} + \sqrt{\left(\frac{P}{4}\right)^2 - A}$$

Ecuación 4

Lado menor del rectángulo equivalente

$$l = \frac{P}{2} - L$$

Donde:

L = Lado mayor del rectángulo (km)

l = Lado menor del rectángulo (km)

P = Perímetro de la cuenca (km)

A = Área de la cuenca (km²)

C. Índice de compacidad de Gravelius. De acuerdo con Gómez y Gallo (2022) el índice de compacidad representa la relación entre el perímetro de la cuenca con un círculo de área igual a la cuenca. Se calcula aplicando la fórmula:

Ecuación 5

Índice de Compacidad de Gravelius

$$K_c = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P = Perímetro de la cuenca (km)

A = Área de la cuenca (km²)

El índice de compacidad busca proyectar como el perímetro y área de una cuenca influyen en la escurrentía, particularmente en las características del hidrograma. Cuando K es igual a 1, la cuenca posee una forma circular; por lo general, se espera que K sea mayor a 1 en cuencas alargadas. Las cuencas de este tipo reducen la posibilidad de ser cubiertas por una tormenta, lo que a su vez influye en la respuesta observada en el río. (Villón, 2003)

D. Radio de elongación o razón de elongación. De acuerdo con Gómez y Gallo (2022) es la relación entre el diámetro de un círculo con igual superficie de la cuenca y la longitud del curso principal en kilómetros. Se halla de la siguiente forma:

Ecuación 6

Radio de elongación

$$R = \frac{D}{L}$$

Donde:

D = Diámetro de circunferencia de igual superficie a la cuenca (km)

L = Longitud del curso principal (km)

2.1.3.3. Parámetros de relieve. Se detallan los siguientes parámetros:

A. *Altitud media.* Este parámetro representa la altitud media de la cuenca, siendo un valor clave para los estudios hídricos (Gómez & Gallo, 2022). Se halla con la siguiente fórmula:

Ecuación 7

Altitud media

$$H_m = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{hmi \times ai}{At}$$

Donde:

H_m = altitud media (m.s.n.m.)

hmi = altitud media entre 2 curvas de nivel

ai = área parcial entre 2 curvas

At = área total de la cuenca

B. *Índice de pendiente.* Es una medida que contrasta las pendientes con la distancia que ha recorrido el río. Permite identificar la granulometría presente en el lecho y, en cierto grado, caracteriza la topografía de la cuenca. Para su cálculo es necesario elaborar previamente un rectángulo equivalente como parte de la fórmula (Villón, 2003).

Este parámetro es relevante en estudios hidrológicos debido a su relación directa con el sistema de drenaje y el escurrimiento superficial: valores más altos se asocian con un escurrimiento más rápido, mientras que valores bajos corresponden a un escurrimiento más lento (Gómez & Gallo, 2022).

Se calcula el parámetro con la siguiente fórmula:

Ecuación 8

Índice de pendiente

$$I_p = \sum \sqrt{B_i(a_n - a_{n-1})} \times \frac{1}{\sqrt{L}}$$

Donde:

n = número de curvas de nivel en el rectángulo equivalente, incluyendo extremos

B_i = fracción de la superficie total de la cuenca entre las cotas $a_n - a_{n-1}$

L = Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente (m)

C. Pendiente media del río. En este parámetro se representa el declive entre 2 puntos de un curso de río (Gómez & Gallo, 2022).

Se representa mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 9

Pendiente media del río

$$I_c = \frac{H_M - H_m}{1000 \times L}$$

Donde:

L = longitud del río (km)

H_M-H_m = diferencia de altura máxima y mínima (m)

D. Curva hipsométrica. Este parámetro representa cómo se distribuyen las áreas por encima o por debajo de cada curva de nivel. En este gráfico las áreas se sitúan en el eje horizontal y las altitudes en el eje vertical, asimismo, es útil para evaluar la condición y evolución del relieve de una cuenca. Con este parámetro es posible calcular la altura promedio y la mediana de la altura, además de la distribución de alturas y áreas (Gómez & Gallo, 2022).

De acuerdo con Villón (2003) para construir la curva hipsométrica se utiliza un mapa con curvas de nivel, mediante el siguiente procedimiento:

1. Subáreas de la cuenca: se delimitan subáreas siguiendo las curvas de nivel, por ejemplo, de 50 en 50m.
2. Medición de áreas: Calcular las áreas de cada contorno utilizando planímetro o balanza analítica.
3. Áreas acumuladas: Se calculan las áreas acumuladas de los segmentos de la cuenca.
4. Altitud del contorno: Se calculan las áreas acumuladas que se encuentran sobre cada altitud del contorno.
5. Ploteo de altitudes: Representar gráficamente las altitudes junto con sus áreas acumuladas para obtener la curva hipsométrica.

E. Pendiente de la cuenca. Este parámetro determina la velocidad de la escorrentía superficial, influyendo directamente en el tiempo que el agua de lluvia tarda en concentrarse en el cauce principal que conforma la red de drenaje de la cuenca (Monsalve, 1999).

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 10

Pendiente media de la cuenca

$$S = 100 \times \left(\frac{D}{L} \right)$$

Donde:

D = desnivel de la cuenca (km)

L = Lado mayor del rectángulo equivalente (km)

De acuerdo con Vidollas (2008), hay una clasificación de pendientes medias, para los terrenos en una cuenca.

Tabla 1

Tipos de pendientes

Pendiente media	Terrenos
0% a 3%	Llano

Pendiente media	Terrenos
3% a 7%	Suave
7% a 12%	Medianamente accidentado
12% a 20%	Accidentado
20% a 35%	Fuertemente accidentado
35% a 50%	Muy fuertemente accidentado
50% a 75%	Escarpado
Mayor a 75%	Muy escarpado

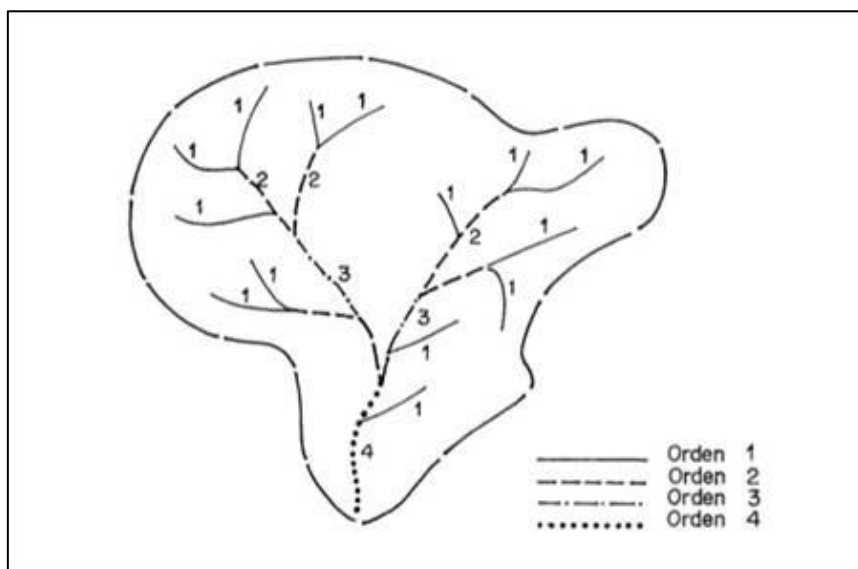
Nota. Adaptado de la Cuenca, por Vidollas, 2008

2.1.3.4. Parámetros de red de drenaje. Se detallan los siguientes parámetros:

A. Grado de ramificación. Este parámetro se deduce a partir del orden de los ríos que conforman una cuenca. Los cursos de orden 1 corresponden a nacientes o tributarios principales; la confluencia de dos ríos de orden 1 genera un río de orden 2, la unión de dos ríos de orden 2 forma uno de orden 3, y así sucesivamente. El grado de ramificación está determinado por la cantidad de ríos existentes en cada orden y esta relacionado con las características geológicas, fisiográficas y climáticas de la cuenca (Vásconez et al., 2019).

Figura 4.

Orden de ríos



Nota. Adaptado de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, por Vega, 2020

B. Densidad de drenaje. Este parámetro permite inferir características del suelo y la densidad de cobertura vegetal en una cuenca. Valores elevados suelen asociarse a áreas con escasa cobertura vegetal o suelos susceptibles a la erosión, mientras que valores bajos corresponden a zonas con vegetación densa y suelos compactos o poco permeables (Villón, 2003).

De acuerdo con Monsalve (1999), las cuencas con baja densidad de drenaje presentan valores cercanos a 0.5 km/km^2 , mientras que aquellas con alta densidad pueden alcanzar hasta 3.5 km/km^2 .

Se calcula el parámetro mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 11

Densidad de drenaje

$$Dd = \frac{\sum L}{A}$$

Donde:

L = longitud de los cauces de la cuenca (km)

A = Área de la cuenca (km^2)

C. Frecuencia de ríos. Es un parámetro que relaciona el total de cursos de agua con el área total de la cuenca.

Ecuación 12

Frecuencia de ríos

$$\text{Frecuencia de ríos} = \frac{\text{Total de cursos de agua}}{A}$$

Donde:

A = área de la cuenca (km^2)

D. Extensión media del escurrimiento superficial (l). Este parámetro representa la distancia promedio que recorre el agua de lluvia sobre la superficie de la cuenca antes de

incorporarse al cauce más cercano. Se asume un flujo en línea recta, desde el punto de precipitación hasta el curso de agua más próximo dentro de la red de drenaje (Monsalve, 1999).

La ecuación que la determina es la siguiente:

Ecuación 13

Extensión media del escurrimiento superficial

$$l = \frac{A}{4 \times L}$$

Donde:

A = área de la cuenca (km²)

L = longitud total de las corrientes de agua en la cuenca (km)

E. Coeficiente de torrencialidad. Es el parámetro que indica la relación entre la cantidad de cursos de agua de orden 1 y el área de la cuenca (Gómez & Gallo, 2022).

Su ecuación es la siguiente:

Ecuación 14

Coeficiente de torrencialidad

$$C_t = \frac{N_1}{A}$$

Donde:

N₁ = Número de cursos de agua de orden 1

A = Área de la cuenca (km²)

2.1.4. Modelo hidrológico

Según Chow et al. (1994) un modelo hidrológico constituye una representación abstracta del funcionamiento de un sistema hídrico real. Este modelo emplea variables hidrológicas observables como insumos y resultados, organizadas dentro de una estructura basada en ecuaciones matemáticas que explican las relaciones funcionales entre dichas variables.

En un sistema hidrológicos, las entradas y salidas pueden representarse como funciones que varían con el tiempo: la entrada $l(t)$ y la salida $Q(t)$ para un período de tiempo T determinado. El sistema realiza una transformación de la entrada en salida mediante la relación matemática expresada como:

Ecuación 15

Modelo hidrológico

$$Q(t) = \Omega l(t)$$

Donde:

$l(t)$ = entrada al sistema hidrológico

$Q(t)$ = salida del sistema hidrológico

De acuerdo con Mejía (2006), los modelos hidrológicos permiten representar de manera conceptual el comportamiento de los sistemas hidrológicos reales, utilizando parámetros cuantificables como variables de entrada y salida. Su configuración se apoya en funciones matemáticas que procesan dichas entradas para generar resultados específicos. Estos modelos se clasifican principalmente en dos tipos: los físicos, que simulan el sistema en una escala reducida, como ocurre en los modelos hidráulicos, y los matemáticos, que describen las interacciones entre variables a través de expresiones funcionales.

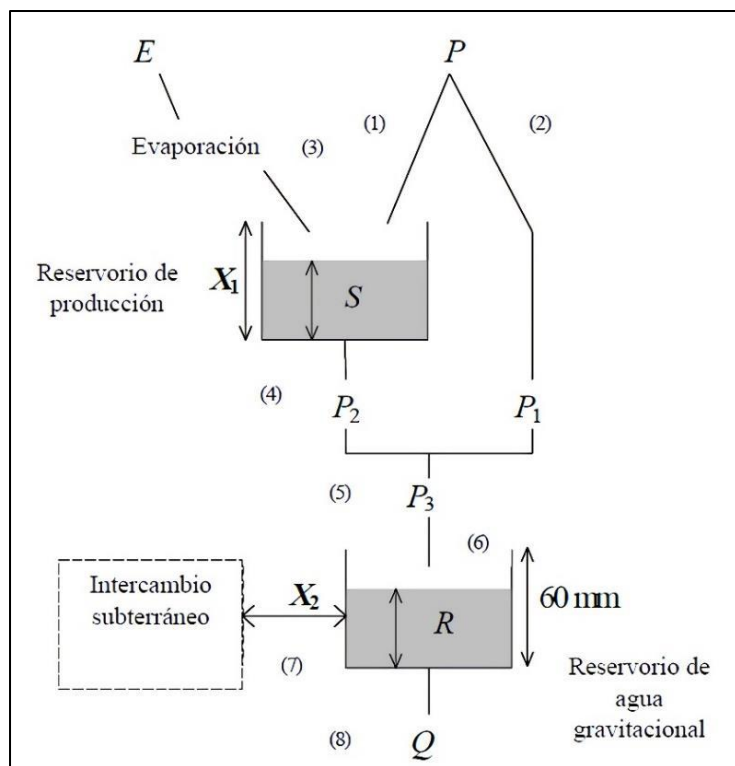
2.1.4.1. Modelo hidrológico GR2M. El modelo GR2M constituye una herramienta de simulación hidrológica que permite estimar los caudales medios mensuales a partir de los registros de precipitación. Para ello, emplea un enfoque conceptual basado en dos procesos fundamentales: uno de producción, que representa la transformación de la lluvia en escorrentía, y otro de distribución, encargado de transferir el flujo a través del sistema. (Mouelhi et al., 2006)

En el modelo GR2M, el ingreso de agua al sistema se da a través de la precipitación mensual, la cual se distribuye entre distintos procesos de almacenamiento y pérdida. Una

fracción se elimina mediante la evapotranspiración real, mientras que el volumen restante se dirige a un primer reservorio conceptual que representa la capacidad de retención del suelo. El excedente de este almacenamiento se transfiere a un segundo reservorio, asociado al almacenamiento gravitacional. Desde este último, el agua puede egresar del sistema en forma de caudal mensual (Q). La dinámica de estos procesos está regulada por dos parámetros clave: el primero es X_1 , que es la capacidad máxima de almacenamiento en el suelo, y el segundo es X_2 , que controla el flujo subterráneo entre los reservorios. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI], 2017)

Figura 5

Estructura de modelo hidrológico GR2M



Nota. Adaptado de Modèles Hydrologiques du Génie Rural, por SENAMHI, 2017

2.1.4.2. Eficiencia de Nash-Sutcliffe. El índice de Nash-Sutcliffe es uno de los índices estadísticos más utilizados en el ámbito de la hidrología, empleado para evaluar la capacidad predictiva de los modelos. El coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe (E) se calcula mediante la siguiente expresión:

Ecuación 16

Coeficiente de eficiencia Nash-Sutcliffe (E)

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{sim,i} - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}$$

Donde:

E = Criterio de Nash-Sutcliffe

Q_{sim} = Caudales simulados (m^3/seg)

Q_i = Caudales observados (m^3/seg)

$\bar{Q}$ = Promedio de los caudales observados (m^3/seg)

El coeficiente de eficiencia (E) permite determinar qué proporción de la variabilidad presente en los datos observados es capturada por el modelo de simulación. Un valor de E igual a 1 indica que la simulación reproduce con exactitud las observaciones, representando un ajuste perfecto. En cambio, un valor de E igual a 0 sugiere que el modelo no mejora la estimación respecto al promedio de los datos observados. En la siguiente tabla se presentan rangos de referencia del coeficiente de eficiencia, los cuales permiten interpretar el nivel de desempeño del modelo y apoyar la toma de decisiones sobre su confiabilidad en el análisis hidrológico (Huaman, 2024).

Tabla 2

Clasificación de valores de Nash

E	Ajuste
<0.2	Insuficiente
0.2-0.4	Satisfactorio

E	Ajuste
0.4-0.6	Bueno
0.6-0.8	Muy bueno
>0.8	Excelente

Nota. Adaptado de (Molnar, 2011)

2.1.5. Disponibilidad hídrica

La disponibilidad hídrica superficial se refiere al volumen de agua existente en una determinada cuenca o área de estudio que puede ser utilizado para distintos fines. Este concepto representa la cantidad de agua que queda realmente accesible una vez que se han atendido las necesidades de los diferentes usuarios. En ese sentido, la disponibilidad hídrica corresponde al resultado de comparar la oferta de agua con la demanda, es decir, es la diferencia entre el volumen de agua que se genera en la cuenca y el volumen que se requiere para sus diversos usos (Ordoñez, 2011).

Para la presente investigación, la oferta hídrica superficial se encuentra representada por los caudales medios mensuales generados mediante el modelo hidrológico GR2M y evaluados a un nivel de persistencia del 75 %. Este caudal constituye la oferta hídrica de referencia y no corresponde directamente a la disponibilidad hídrica para riego, debido a que previamente debe considerarse el caudal ecológico que debe mantenerse en la fuente natural.

Por consiguiente, la disponibilidad hídrica superficial para riego se determina a partir de la oferta hídrica al 75 % de persistencia, descontando el caudal ecológico correspondiente. Posteriormente, esta disponibilidad es comparada con la demanda hídrica agrícola, permitiendo identificar mensualmente condiciones de superávit o déficit hídrico en la cuenca del río Lurín.

2.1.5.1. Demanda hídrica agrícola. Según Buriticá (1984), la demanda de riego corresponde al volumen de agua requerido por un cultivo o varios dentro de una zona específica durante un intervalo de tiempo definido. Este requerimiento hídrico se estima en intervalos mensuales o en lapsos más cortos, abarcando desde el inicio de la siembra hasta la cosecha.

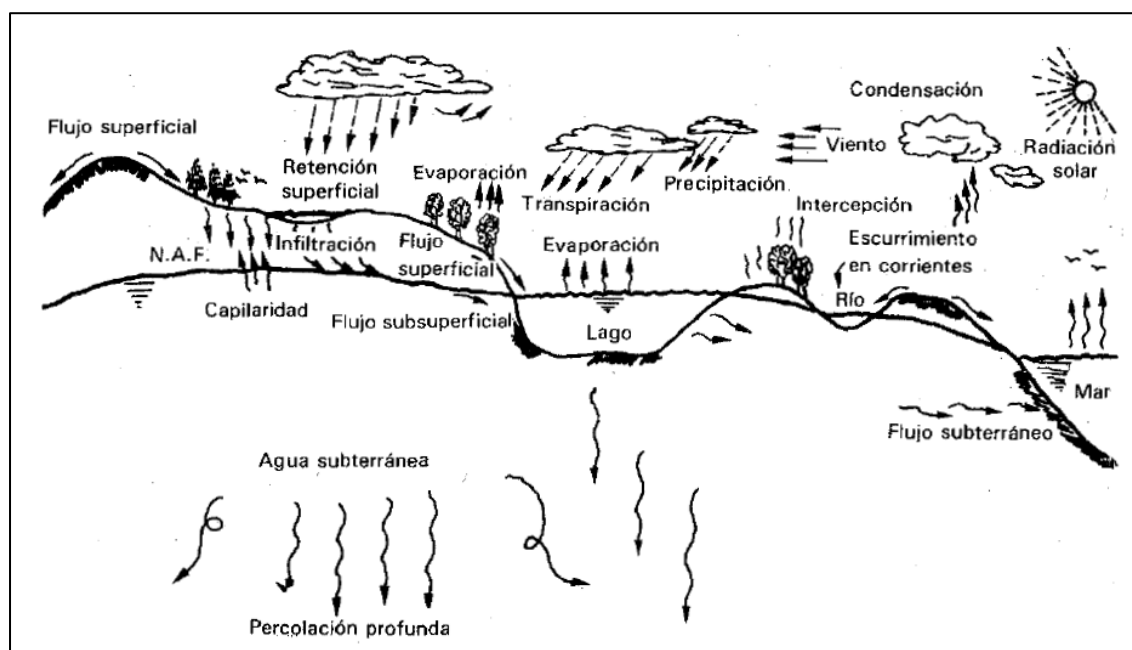
Por otro lado, conforme a lo indicado por la Autoridad Nacional del Agua (2015b), la estimación de dicha demanda se realiza multiplicando la superficie agrícola con derechos reconocidos de uso de agua por la dotación bruta. Esta última incorpora tanto la disponibilidad hídrica como los derechos de uso formalizados legalmente.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico constituye un proceso natural mediante el cual el agua transita entre distintos estados físicos; sólido, líquido y gaseoso; y se manifiesta en diversas formas, tales como agua superficial, subterránea y atmosférica, entre otras (Chereque, 1989).

Este fenómeno se desarrolla a partir del tránsito continuo del agua entre la superficie terrestre, la atmósfera y el subsuelo. Mediante la evaporación, el agua presente en la superficie se convierte en vapor, el cual se condensa para formar nubes que, posteriormente, generan precipitación. El agua precipitada puede retornar a la atmósfera por nueva evaporación, ser retenida por la vegetación o infraestructuras, infiltrarse en el suelo y recargar acuíferos, alimentar corrientes superficiales o cuerpos de agua, o permanecer como almacenamiento subterráneo hasta su reemergencia en ríos, manantiales o mares (Aparicio, 1993).

Figura 6*Ciclo Hidrológico*

Nota. Adaptado de Fundamentos de Hidrología de Superficie (p.17), por Aparicio, 1993

2.2.2. Precipitación

De acuerdo con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI] (2005), la precipitación es el proceso donde el agua ya sea en forma líquida (como llovizna y lluvia) o sólida (como escarcha, nieve y granizo) desciende desde la atmósfera hasta la superficie terrestre.

Para Gómez y Gallo (2022), la precipitación se entiende como cualquier forma de humedad que se genera en las nubes y que alcanza la superficie durante un intervalo de tiempo determinado; su cuantificación se realiza considerando la altura que el agua alcanzaría sobre una superficie horizontal, con el propósito de que la medición represente de manera adecuada el área en la que se registra.

2.2.3. Precipitación efectiva

La precipitación efectiva se refiere a la fracción de agua proveniente de la precipitación que realmente está disponible para el uso de las plantas, ya que no toda precipitación que

alcanza la superficie terrestre puede ser aprovechada. Una parte se infiltra en el terreno y otra se desplaza como escorrentía superficial; cuando cesa la lluvia, una porción del agua acumulada en la superficie se evapora hacia la atmósfera, mientras el resto se infiltra de manera gradual en el suelo. Del volumen infiltrado, cierta cantidad desciende fuera del alcance de las raíces y otra permanece retenida en la zona radicular, quedando disponible para el aprovechamiento de las plantas (Food and Agriculture Organization [FAO], 1993).

Este parámetro puede determinarse mediante ensayos de campo o a través de ecuaciones de carácter empírico; según el USCS (Unified Soil Classification System), la precipitación efectiva puede calcularse aplicando la siguiente fórmula:

Ecuación 17

Precipitación efectiva

$$P_{ef} = P_{mensual} * \frac{(125 - 0.2 * P_{mensual})}{125} \quad \text{para } P_{mensual} \leq 250 \text{ mm}$$

$$P_{ef} = 125 + 0.1 * P_{mensual} \quad \text{para } P_{mensual} > 250 \text{ mm}$$

Donde:

P_{ef} = Precipitación efectiva (mm)

$P_{mensual}$ = Precipitación mensual (mm)

2.2.4. Temperatura

De acuerdo con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI] (2018), la temperatura corresponde a la medida del nivel de calor presente en la atmósfera en un lugar y momento específicos. Este valor puede fluctuar en función de variables como la altitud, la latitud, la hora del día y la estación del año.

La cantidad de calor se define por el proceso de irradiación, que ocurre de manera indirecta. El sol calienta la superficie terrestre, y esta a su vez, emite calor que es absorbida por el aire. Las escalas más empleadas para su medición son la Celsius (°C) y la Fahrenheit (°F) (Vásconez et al., 2019).

2.2.5. Evapotranspiración

La evapotranspiración constituye un elemento clave del ciclo hidrológico, ya que combina dos procesos interrelacionados: la evaporación del agua desde la superficie terrestre y la transpiración generada por la vegetación. Este proceso tiene un papel fundamental en la gestión del agua en los ecosistemas y en la atmósfera, incidiendo de manera directa en las condiciones climáticas y en la disponibilidad de agua (Rojas, 2024).

La evapotranspiración (ET) es un parámetro fundamental para estimar de manera adecuada los requerimientos de agua de los cultivos, ya que permite conocer la cantidad de agua que las plantas necesitan para desarrollarse en condiciones óptimas, tanto en áreas agrícolas como en zonas verdes. Su cálculo es clave para una correcta planificación del riego, pues influye en la definición de los turnos de riego, los volúmenes a aplicar según el tipo de cultivo, y el diseño y dimensionamiento de los sistemas de riego. Por esta razón, la estimación de la evapotranspiración debe realizarse con el mayor nivel de precisión posible (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío [SIAR], 2012).

2.2.6. Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial (EP) se define como la cantidad máxima de agua que puede perderse a través de la evaporación del suelo y la transpiración de la vegetación, bajo condiciones óptimas de humedad en el suelo (capacidad de campo). Este valor se estima considerando un terreno cubierto por vegetación herbácea de aproximadamente 5 cm de altura, en pleno crecimiento, y con un albedo cercano al 25 % (Universidad Nacional de la Plata [UNLP], 2017).

2.2.6.1. Método Thornthwaite. El método desarrollado por Thornthwaite introduce el concepto de evapotranspiración potencial (ETP), entendida como la cantidad de agua que perdería una superficie completamente cubierta por vegetación en crecimiento activo, siempre que el suelo disponga de la humedad necesaria para satisfacer los requerimientos hídricos de las plantas (Ordoñez, 2011).

Para calcular la ETP correspondiente a un mes determinado, es preciso ajustar el valor inicial mediante un coeficiente que contemple tanto el número de días del mes como la duración media de las horas de luz diarias, la cual varía según la latitud. Para este propósito se emplea el índice de iluminación mensual, expresado en un valor equivalente a 12 horas, que se multiplica por la ETP inicial para obtener la ETP final según el procedimiento establecido por Thornthwaite. Para su cálculo se aplica la siguiente fórmula:

Ecuación 18

Cálculo de ETP - Thornthwaite

$$ETP = 16 \times \left(\frac{10 \times T}{I} \right)^a$$

Donde:

I = índice de calor anual

T = temperatura media mensual en °C

a = función del índice de calor anual (I)

Para la corrección de la ETP, se le aplica la siguiente fórmula:

Ecuación 19

Evapotranspiración corregida - Thornthwaite

$$ETP \text{ (corregida)} = ETP \times L(\text{mm/mes})$$

Donde:

ETP = evapotranspiración mensual (mm)

L = factor de corrección de número de días del mes (Ndi)

2.2.6.2. Método Hargreaves. De acuerdo con Trezza (2008) el método de Hargreaves es un método recomendado en la región andina y es simple ya que se basa principalmente en los datos de temperatura máxima, mínima y radiación terrestre, y se implementa utilizando la siguiente fórmula:

Ecuación 20

Método Hargreaves

$$ET_0 = 0.0023 * Ra * (T + 17.8)(T_{max} - T_{min})^{0.5}$$

Donde:

ET_0 = evapotranspiración del cultivo de referencia [mm.d⁻¹]

Ra = radiación extraterrestre [mm.d⁻¹]

T = temperatura media (°C)

T_{max} = Temperatura máxima (°C)

T_{min} = Temperatura mínima (°C)

2.2.7. Evapotranspiración real

La evapotranspiración real (ETR) se refiere a la cantidad de agua que efectivamente se pierde desde una superficie terrestre por la evaporación del suelo y la transpiración de la vegetación, expresada en milímetros. Su magnitud está condicionada por la disponibilidad de agua en el suelo y por el gradiente de humedad que influye en todos los factores involucrados en el momento de la medición (Universidad Nacional de la Plata [UNLP], 2017).

La humedad disponible en la superficie constituye un elemento determinante para la ETR. A medida que el suelo pierde agua, la tasa de evaporación disminuye en comparación con la de un suelo bien hidratado. Esta pérdida de agua, regulada por la disponibilidad hídrica del suelo, es lo que define a la evapotranspiración real (Ordoñez, 2011).

La evapotranspiración real puede ser menor a la evapotranspiración potencial en los siguientes casos:

- Limitación de agua en determinados periodos.
- Variaciones en la evapotranspiración asociadas al estado de desarrollo de la planta.
- Cambios en las condiciones de humedad, temperatura, precipitación y otros factores ambientales.

Ecuación 21

Evapotranspiración real

$$\text{Evapotranspiración real} = K * \text{evapotranspiración potencial}$$

Donde:

K = coeficiente que oscila entre 0.1 y 0.9

2.2.8. Humedad

La humedad representa la cantidad de vapor de agua que se encuentra contenida en el aire y puede describirse mediante diferentes formas de expresión. En particular, la humedad relativa se entiende como la proporción entre el vapor de agua presente en un volumen de aire y la cantidad máxima de vapor que ese mismo aire podría contener cuando alcanza el estado de saturación, bajo las mismas condiciones de temperatura y presión (Martines, 2007).

La presencia y el nivel de humedad dependen de múltiples factores ambientales que condicionan su variación. En regiones frías, los valores tienden a ser más bajos, mientras que en climas cálidos se registran niveles superiores, dado que temperaturas más altas favorecen una mayor capacidad de retención de vapor de agua en el aire (Giménez, 2023).

2.2.9. Caudal

El caudal se describe como el volumen de agua que fluye a través de una sección transversal específica durante un intervalo de tiempo determinado. Este valor permanece constante para una misma lectura en la mira, siempre que la geometría de la sección de flujo no experimente variaciones. Para garantizar mediciones precisas, se recomienda que los aforos

contemplan el rango más amplio posible de lecturas en la mira, cubriendo desde los niveles mínimos hasta los máximos (Gómez & Gallo, 2022).

2.2.10. Caudal ecológico

De acuerdo con la Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2010), el caudal ecológico se define como el volumen de agua que debe mantenerse en las fuentes naturales con el fin de asegurar la conservación de los ecosistemas asociados, así como la preservación del paisaje y otros valores de importancia científica y cultural. Esta disposición busca garantizar que el aprovechamiento del recurso hídrico no comprometa el equilibrio ambiental de los cuerpos de agua.

Asimismo, Gómez y Gallo (2022) mencionan que el caudal ecológico se obtiene a partir de los estudios desarrollados en la cuenca, en el marco de los programas de desarrollo sostenible. En estos estudios se establecen dos valores de referencia: un caudal ecológico deseable y un caudal mínimo, los cuales permiten asegurar que el recurso hídrico mantenga sus funciones ecológicas, garantizando así la capacidad de soporte y la sostenibilidad ambiental del sistema hídrico.

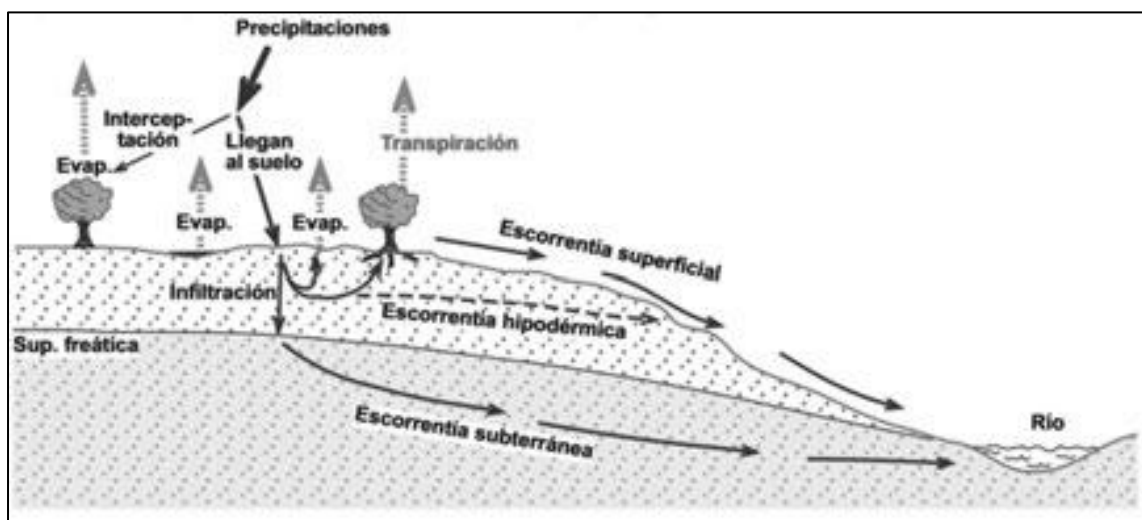
De acuerdo con la Autoridad Nacional del Agua, mediante la Resolución Jefatural N.º -2019-ANA se aprobaron los “Lineamientos generales para determinar caudales ecológicos”, aplicables a la planificación de los recursos hídricos y a la evaluación de la disponibilidad hídrica. Para el método de establecimiento de porcentaje, el Anexo I establece que, sobre la base de los caudales medios mensuales históricos y/o generados, se puede adoptar un porcentaje en función del régimen hídrico y la importancia ecológica del cuerpo de agua, tomando como referencia el 15 % del caudal medio mensual (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2019).

2.2.11. Escorrentía

La escorrentía corresponde al volumen de agua proveniente de las precipitaciones que no se evapora ni se infiltra en el suelo, pudiendo clasificarse en directa o basal. La escorrentía directa comprende el flujo que alcanza los cauces de manera inmediata, ya sea mediante el escurrimiento superficial o a través del flujo subsuperficial. En contraste, la escorrentía basal es la responsable de mantener el caudal de los cauces durante los periodos de estiaje (Ordoñez, 2011).

Figura 7

Tipo de escorrentía



Nota. Adaptado de Cuencas Hidrográficas (p.17), por Vásconez et al., 2019

2.2.11.1. Escorrentía superficial. Se define como la porción de escorrentía que ingresa parcialmente en el suelo y se moviliza a través de su capa más superficial, aflorando posteriormente en la superficie en forma de manantiales. Este tipo de escorrentía puede clasificarse en flujos de carácter lento o rápido (Vásconez et al., 2019).

2.2.11.2. Escorrentía subsuperficial. La escorrentía subsuperficial corresponde a la fracción más rápida del flujo que no llega a infiltrarse en ningún momento y alcanza la red de drenaje desplazándose por la superficie del terreno bajo la acción de la gravedad. Cuando este

flujo se combina con la escorrentía superficial rápida, se denomina escorrentía directa (Vásconez et al., 2019).

2.2.11.3. Escorrentía subterránea. Constituye la fracción más lenta de la escorrentía, la cual se infiltra hasta alcanzar la capa freática y fluye posteriormente hacia la red principal de drenaje. Al combinarse con la escorrentía subsuperficial lenta, conforma la denominada escorrentía base. Las aguas subterráneas pueden distribuirse en áreas extensas, a diferencia de las aguas superficiales, que tienden a concentrarse en un número reducido de ríos (Vásconez et al., 2019).

2.2.12. Eficiencia de riego

La eficiencia de riego se define como la relación entre el volumen de agua efectivamente aprovechado por las plantas y el volumen total suministrado a través del sistema de riego. En este proceso, el agua captada de una fuente natural es conducida mediante un canal principal y distribuida a través de canales secundarios, determinándose qué fracción del caudal extraído es empleada para el riego de los cultivos. La estimación precisa de esta eficiencia resulta esencial para calcular la demanda hídrica en un proyecto de irrigación (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015).

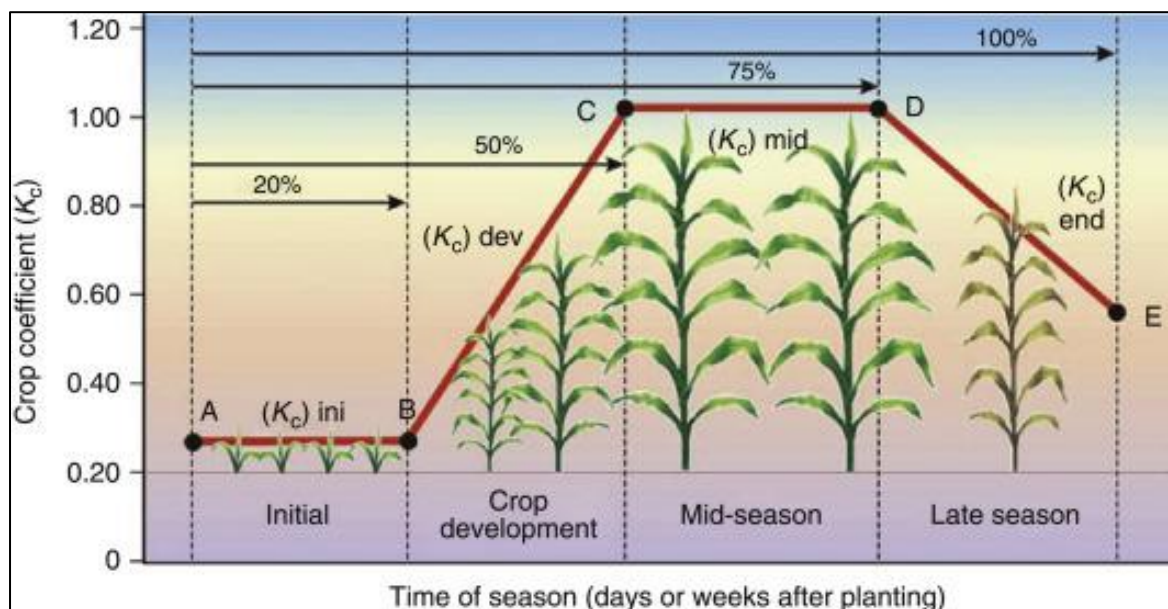
Un sistema de riego se compone de una estructura de captación, seguida de una red de conducción y distribución que transporta el agua hasta las parcelas agrícolas. El nivel de eficiencia está condicionado por el tipo de riego implementado, siendo los sistemas tecnificados más eficientes en comparación con el riego por gravedad tradicional. En el contexto de una cuenca hidrográfica, optimizar el uso del recurso hídrico es prioritario, especialmente en escenarios donde coexisten múltiples usuarios que dependen del mismo suministro (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017).

2.2.13. Coeficiente de cultivo

El coeficiente de cultivo (K_c) es un parámetro propio de cada tipo de cultivo y generalmente se obtiene a partir de estudios experimentales. Este coeficiente integra los efectos de diversos factores que influyen en el consumo de agua de las plantas, como el desarrollo del área foliar, la altura del cultivo, sus características fisiológicas, el sistema de riego utilizado, la velocidad de crecimiento, la fecha de siembra, el grado de cobertura vegetal, la resistencia del dosel, las condiciones del suelo y del clima, así como las prácticas de manejo agrícola. Debido a estas variaciones, cada cultivo presenta valores específicos de K_c , los cuales permiten estimar de manera diferenciada su requerimiento hídrico a lo largo de las distintas etapas de crecimiento (Pokorny, 2019).

Figura 8

Curva de coeficiente de cultivo



Nota. Adaptado de Encyclopedia of Ecology (p.292), por Pokorny, 2019

2.3. Marco legal

A continuación, se presenta la normativa peruana relevante en el estudio del balance hídrico en la cuenca del río Lurín:

- **Ley N°28611, Ley General del Ambiente (2005).** Ley que reconoce el derecho de toda persona a habitar en un entorno saludable y establece la obligación de gestionar y proteger el ambiente, con el fin de preservar la salud humana, conservar la biodiversidad y garantizar el uso sostenible de los recursos naturales. Asimismo, constituye la norma marco que organiza el ordenamiento jurídico de la gestión ambiental en el Perú.
- **Ley N°29338, Ley de los Recursos Hídricos (2009).** establece el marco para el uso y la gestión integrada de las aguas superficiales y subterráneas, fijando principios como la valoración del recurso y la gestión integrada de cuencas. Define la jerarquía de usos y las atribuciones de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), e incluye normas específicas sobre el otorgamiento de derechos de uso, reconoce el carácter gratuito del uso primario y exige la conservación de caudales ecológicos y la verificación de disponibilidad hídrica para la concesión de licencias.
- **Ley N°24031, Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (1984).** define las atribuciones de este organismo en la generación y suministro de información hidrometeorológica y en la elaboración de estudios hidrológicos. Para la elaboración de un balance hídrico resulta imprescindible emplear las series e indicadores oficiales, como pluviometría, caudales y evapotranspiración, proporcionados o validados por el SENAMHI.
- **Decreto Supremo N°001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (2010).** Establece las disposiciones específicas para la gestión sostenible del recurso hídrico. En particular, este reglamento define el caudal ecológico como el flujo de agua que debe mantenerse en las fuentes naturales con el propósito de preservar los ecosistemas acuáticos, el paisaje y otros valores ambientales de interés. Asimismo, establece que el caudal ecológico debe ser considerado obligatoriamente en la

evaluación de la disponibilidad hídrica y en el otorgamiento de derechos de uso de agua, lo que resulta fundamental para asegurar que las actividades de aprovechamiento no comprometan la sostenibilidad ambiental.

- **Decreto Supremo N°006-2015-MINAGRI, Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos.** la cual promueve la gestión integrada del agua por cuencas hidrográficas, priorizando la sostenibilidad del recurso, la protección de los ecosistemas y la seguridad hídrica. Esta política respalda el uso de herramientas como el balance hídrico para garantizar una asignación eficiente y ambientalmente responsable del agua.
- **Resolución Jefatural N°007-2015-ANA.** aprueba el Reglamento de Procedimientos Administrativos para el otorgamiento de derechos de uso de agua y autorizaciones para la ejecución de obras en fuentes naturales. Este reglamento busca optimizar los plazos y facilitar la formalización de usos del recurso hídrico, aspectos esenciales para garantizar que las asignaciones se realicen en función de la disponibilidad real de agua.
- **Resolución Jefatural N.º 267-2019-ANA.** aprueba los lineamientos para la determinación del caudal ecológico en fuentes naturales de agua en el Perú, orientando la planificación hídrica y los procedimientos de disponibilidad hacia la conservación de los ecosistemas acuáticos. Para ello, establece un marco metodológico que toma como referencia base el 15 % del caudal medio mensual mediante el método porcentual, valor que se ajusta en función del régimen hidrológico y la relevancia ecológica de la cuenca.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recolección, procesamiento y análisis de datos numéricos de precipitación, temperatura, humedad, evapotranspiración y caudales, los cuales son utilizados para estimar el balance hídrico y la disponibilidad hídrica superficial para riego en la cuenca del río Lurín. Este enfoque permite aplicar métodos matemáticos y estadísticos para analizar el comportamiento de las variables hidrometeorológicas y evaluar sus variaciones en el tiempo. Según Hernández et al. (2014), el enfoque cuantitativo se caracteriza por el uso de datos medibles y procedimientos sistemáticos que permiten describir, analizar y explicar fenómenos de manera objetiva.

La investigación es de tipo aplicada, debido a que sus resultados están orientados a resolver un problema práctico relacionado con la gestión del recurso hídrico, específicamente la determinación de la disponibilidad hídrica superficial para riego en la cuenca del río Lurín. En este sentido, el estudio no solo busca generar conocimiento, sino también aportar información útil para la planificación y toma de decisiones en el manejo del agua, lo cual es consistente con lo señalado por Hernández et al. (2014) respecto a que la investigación aplicada se orienta a la solución de problemas concretos en contextos reales.

En cuanto al nivel, la investigación es de tipo descriptivo, ya que caracteriza y cuantifica las condiciones hidrológicas de la cuenca del río Lurín, tales como la precipitación, la evapotranspiración, la escorrentía y los caudales, permitiendo analizar su comportamiento y variación a lo largo del año. El estudio describe las propiedades y características del régimen hidrometeorológico y su relación con la disponibilidad hídrica para riego, sin manipular las variables. De acuerdo con Hernández et al. (2014), los estudios descriptivos tienen como finalidad detallar y especificar las características de un fenómeno en un contexto determinado, proporcionando una visión clara y sistemática de la realidad analizada.

El estudio se desarrolla bajo un diseño no experimental y longitudinal, dado que las variables hidrometeorológicas no son manipuladas, sino observadas y analizadas a partir de registros históricos correspondientes al periodo 1965–2023. Este tipo de diseño permite evaluar la evolución temporal del balance hídrico y de la disponibilidad hídrica en la cuenca del río Lurín. Según Hernández et al. (2014), los diseños no experimentales longitudinales son apropiados cuando se pretende analizar cambios y tendencias de un fenómeno a lo largo del tiempo en su contexto natural.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Tiempo

La delimitación temporal, según Hernández et al. (2014), es el lapso que se establece para un estudio, definido en función de los objetivos y la naturaleza del fenómeno investigado. Dicho periodo puede fijarse en años o meses y abordarse mediante un diseño transversal o longitudinal.

El ámbito temporal del presente estudio abarca registros pluviométricos históricos obtenidos del SENAMHI correspondientes al periodo de 1965 al 2023, lo que representa un total de 59 años. Se eligió este intervalo debido a que incluye información proveniente de 18 estaciones ubicadas en las cuencas de Lurín, Mala y Rímac, permitiendo un análisis longitudinal de la variabilidad hidrológica en la zona de estudio. En la tabla 3 se muestran las 18 estaciones utilizadas en la presente investigación con sus respectivos datos.

Tabla 3

Estaciones Hidrometeorológicas

N°	Nombre	Tipo	Longitud	Latitud	Altitud	Periodo de Información	
						Inicio	Fin
1	Pantanos de Villa	Convencional	-77.0333	-12.2108	4	1994	2006

Nº	Nombre	Tipo	Longitud	Latitud	Altitud	Periodo de Información	
						Inicio	Fin
2	Campo de Marte	Convencional	-77.0432	-12.0707	123	1965	2023
3	Manchay Bajo	Convencional	-76.8669	-12.1669	148	1965	1980
4	Von Humbolt	Pluviométrica	-76.9336	-12.0836	247	1965	2018
5	Ñaña	Convencional	-76.8391	-11.9888	543	1965	2023
6	Chosica	Pluviométrica	-76.6897	-11.9299	867	1989	2023
7	Santa Eulalia	Pluviométrica	-76.6670	-11.9183	1040	1965	2023
8	Antioquia	Pluviométrica	-76.5003	-12.0836	1839	1965	2023
9	Matucana	Convencional	-76.3783	-11.8394	2479	1966	2023
10	Canchacalla	Convencional	-76.5313	-11.8448	2554	1987	2012
11	Huancata	Pluviométrica	-76.2405	-12.1861	2684	1980	2023
12	Langa	Pluviométrica	-76.420	-12.1325	2860	1980	2023
13	Santiago de Tuna	Pluviométrica	-76.5169	-11.9836	2921	1965	2023
14	Huarochoiri	Convencional	-76.2336	-12.1336	3154	1965	2020
15	San Damian	Pluviométrica	-76.3836	-12.0169	3248	1965	1971
16	San Lazaro de Escomarca	Convencional	-76.3503	-12.1836	3758	1965	2023
17	San Jose de Parac	Pluviométrica	-76.2584	-11.8008	3866	1965	2023
18	Chalilla	Pluviométrica	-76.3336	-11.9336	4050	1969	1984

3.2.2. Ubicación

3.2.2.1. Ubicación geográfica. La cuenca del río Lurín se encuentra delimitada por los paralelos 11°50' y 12°16' latitud sur y los meridianos 76°12' y 76°55' de longitud oeste.

Tabla 4

Localización de puntos extremos de la cuenca

Límites	Puntos	UTM	
		Este	Norte
Norte	Punto 1	359890	8690783
Sur	Punto 2	293070	8642529
Este	Punto 3	367638	8681519
Oeste	Punto 4	290134	8655040

3.2.2.2. Ubicación política. Desde el ámbito político-administrativo, la cuenca del río Lurín se ubica en el departamento de Lima y abarca territorios de 14 distritos: Antioquía, Cieneguilla, Cuenca, Huarochirí, Lahuaytambo, Langa, Lurín, Pachacámac, San Andrés de Tupicocha, San Damián, Santiago de Tuna, Santo Domingo de Ollereros, Villa El Salvador y Villa María del Triunfo.

3.2.2.3. Ubicación hidrográfica. La cuenca del río Lurín cuenta con un área de 1642.5 km² y con una longitud del río principal de 110.8 km desde sus nacientes hasta el lugar donde desemboca el océano Pacífico. Presenta los siguientes límites:

Tabla 5

Ubicación hidrográfica

Límites	Lugar
Norte	Unidad Hidrográfica Rímac
Este	Unidad Hidrográfica Mala
Sur	Unidad Hidrográfica Chilca e Intercuenca 1375533
Oeste	Unidad Hidrográfica Rímac e Intercuenca 1375539

Figura 9

Mapa de ubicación geográfica de la cuenca del río Lurín

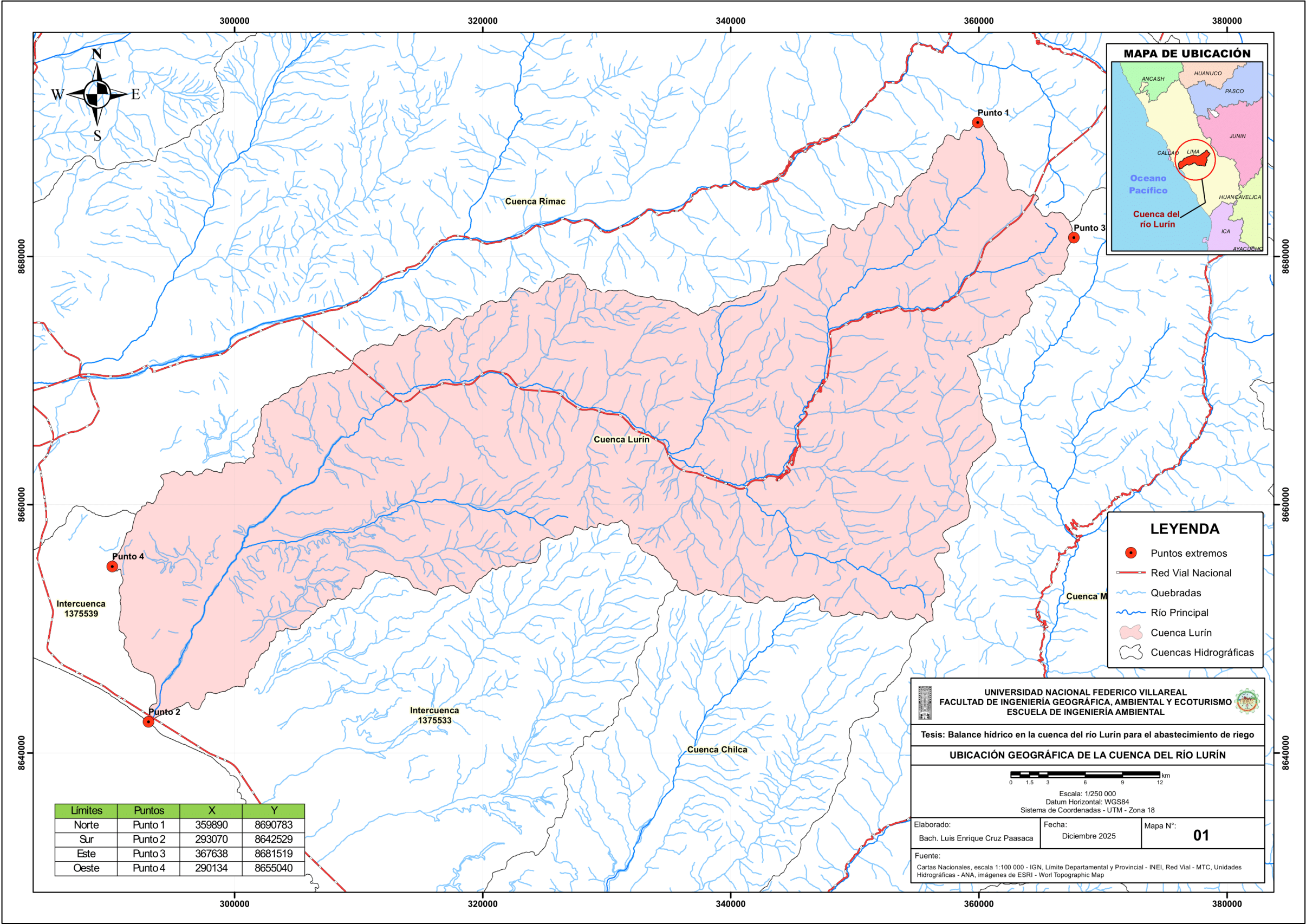


Figura 10

Mapa de ubicación política de la cuenca del río Lurín

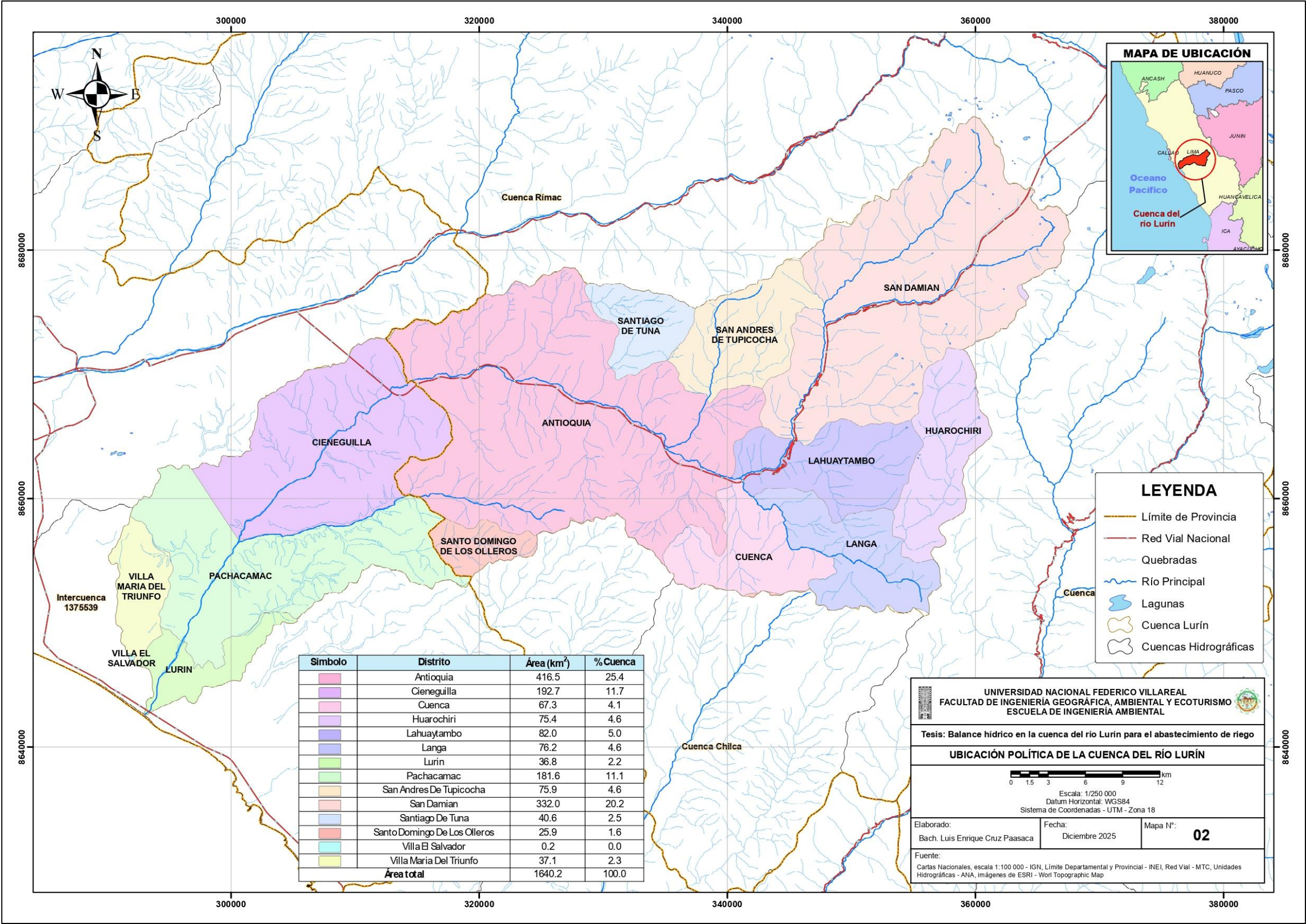
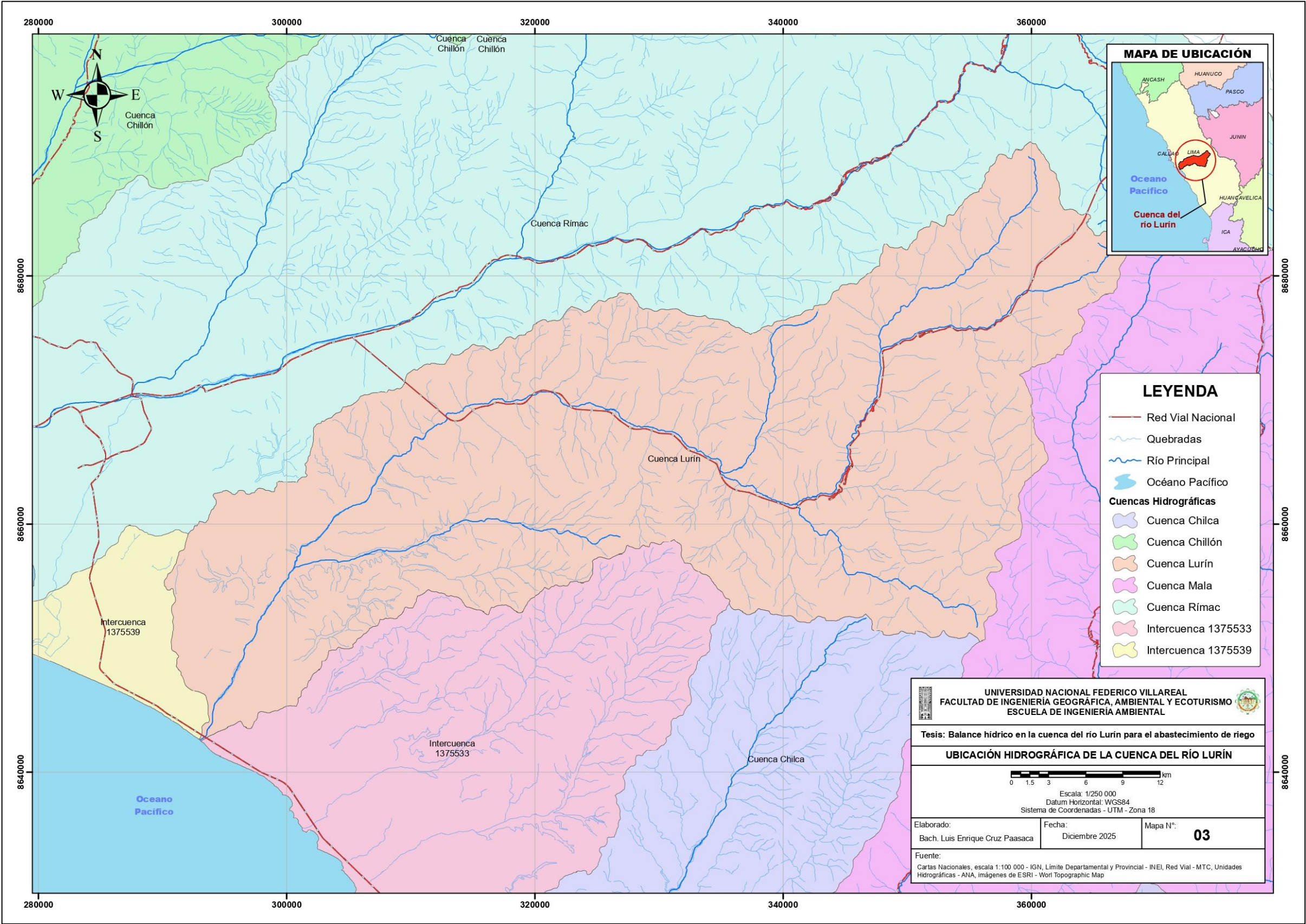


Figura 11

Mapa de ubicación hidrográfica de la cuenca del río Lurín



3.3. Variables

3.3.1. Variable independiente

La variable independiente es aquella que, al modificarse o variar, genera cambios o efectos observables en la variable dependiente. No depende de otras variables dentro del estudio y se emplea para analizar su influencia sobre los resultados obtenidos (Hernández et al., 2014)

Tabla 6

Variable independiente

Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Escala
	Entrada hídrica	Precipitación media mensual	mm
Balance hídrico	Salida hídrica atmosférica	Evapotranspiración potencial	mm
	Salida hídrica superficial	Caudal medio mensual	m ³ /s

3.3.2. Variable dependiente

La variable dependiente es el efecto de la variación causado por la variable independiente. A diferencia de la variable independiente, esta variable se mide para determinar los efectos causados en ella (Hernández et al., 2014).

Tabla 7

Variable dependiente

Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Escala
	Oferta hídrica superficial	Caudal al 75 % de persistencia	m ³ /s

Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Escala
Disponibilidad hídrica para riego	Restricción ambiental	Caudal ecológico mensual	m ³ /s
	Demanda hídrica agrícola	Requerimiento hídrico de cultivos	m ³ /s
	Balance oferta - demanda	Superávit o déficit hídrico	m ³ /s

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población del presente estudio está conformada por todos los registros hidrometeorológicos disponibles en la cuenca del río Lurín, tales como precipitación, temperatura, humedad, evapotranspiración y caudales, correspondientes al periodo 1965–2023. Según Hernández et al. (2014), la población es el conjunto total de elementos que comparten determinadas características y que son objeto de estudio en una investigación. En este caso, la población está constituida por la totalidad de datos históricos que permiten evaluar el balance hídrico en la cuenca.

3.4.2. Muestra

La muestra está representada por las series de datos hidrometeorológicos que fueron seleccionadas para el análisis, considerando criterios de disponibilidad, continuidad y confiabilidad de la información. De acuerdo con Hernández et al. (2014), la muestra es un subconjunto de la población que se utiliza cuando no es posible analizar todos los elementos que la conforman. En la presente investigación, se emplean los registros validados necesarios para el cálculo del balance hídrico y la determinación de la disponibilidad hídrica para riego.

3.5. Instrumentos

3.5.1. Información cartográfica

- **Cartografía base vectorial.** proporcionada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), mediante las cartas 24j, 24k, 25j y 25k a escala 1:100,000, utilizada para la elaboración del mapa de ubicación.
- **Imágenes satelitales ALOS PALSAR.** obtenidas de la plataforma NASA Earthdata, con resolución espacial de 12.5 metros, empleadas para la generación del mapa de pendientes y procesamiento hidrológicos.
- **Mapa geomorfológico.** proporcionado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), a escala 1:100,000, utilizado en la elaboración del mapa geomorfológico de la cuenca.
- **Cartografía geológica.** proporcionada por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a escala 1:100,000, utilizada para la elaboración del mapa geológico de la cuenca.
- **Cobertura vegetal.** a escala 1:100,000, proveniente del Ministerio del Ambiente (MINAM), utilizada para la representación cartográfica de la cobertura del territorio.

3.5.2. Equipos

- **Computadora con procesador Intel Core i5 y 16 GB de RAM.** utilizada para el procesamiento de información cartográfica, elaboración de mapas y redacción del presente trabajo de investigación.

3.5.3. Programas

- **ArcMap 10.8 (ESRI).** Utilizado para el procesamiento de información temática, análisis espacial y elaboración de los mapas del área de estudio.
- **Microsoft Excel.** Herramienta para la sistematización de datos, elaboración de cálculos hidrológicos y generación de gráficos estadísticos.

- **R-Studio.** Utilizado para la implementación del modelo hidrológico GR2M, destinado a la simulación del balance hídrico mensual en la cuenca del río Lurín.

3.6. Procedimientos

3.6.1. Reconocimiento de la cuenca

- **Revisión de antecedentes.** Se recopilarán estudios, tesis, artículos científicos y fuentes oficiales en línea relacionados con el balance hídrico.
- **Delimitación del área de estudio.** Mediante el programa ArcMap 10.8, se delimitará la cuenca del río Lurín, incluyendo sus 9 subcuencas y las cuencas aledañas, entre ellas la del río Rímac, Chilca y Mala.
- **Determinación de parámetros fisiográficos.** Para la cuenca del río Lurín se determinarán los parámetros de superficie, de forma, de relieve y de red de drenaje, mediante el uso del ArcMap 10.8 y el Excel.
- **Diagnóstico socioeconómico.** Se recopilará información general de la cuenca a partir de fuentes oficiales del Perú, entre las que destacan el MINAM, GEOCATMIN, INGEMMET, entre otras entidades.

3.6.2. Análisis de datos climáticos

- **Recolección de datos meteorológicos.** Se identificaron las estaciones ubicadas dentro de la cuenca y en cuencas aledañas, para posteriormente realizar la solicitud de registros de precipitación al SENAMHI, correspondientes al periodo 1965–2023. Los datos de temperatura y humedad fueron obtenidos de la plataforma virtual del SENAMHI, mientras que los caudales observados se recopilaron de la plataforma de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- **Organización de datos meteorológicos e hidrológicos.** Con la información de precipitación, temperatura y caudales recopilada, se procedió a estructurar y ordenar los

registros en series anuales, considerando el año hidrológico comprendido entre septiembre y agosto del año siguiente.

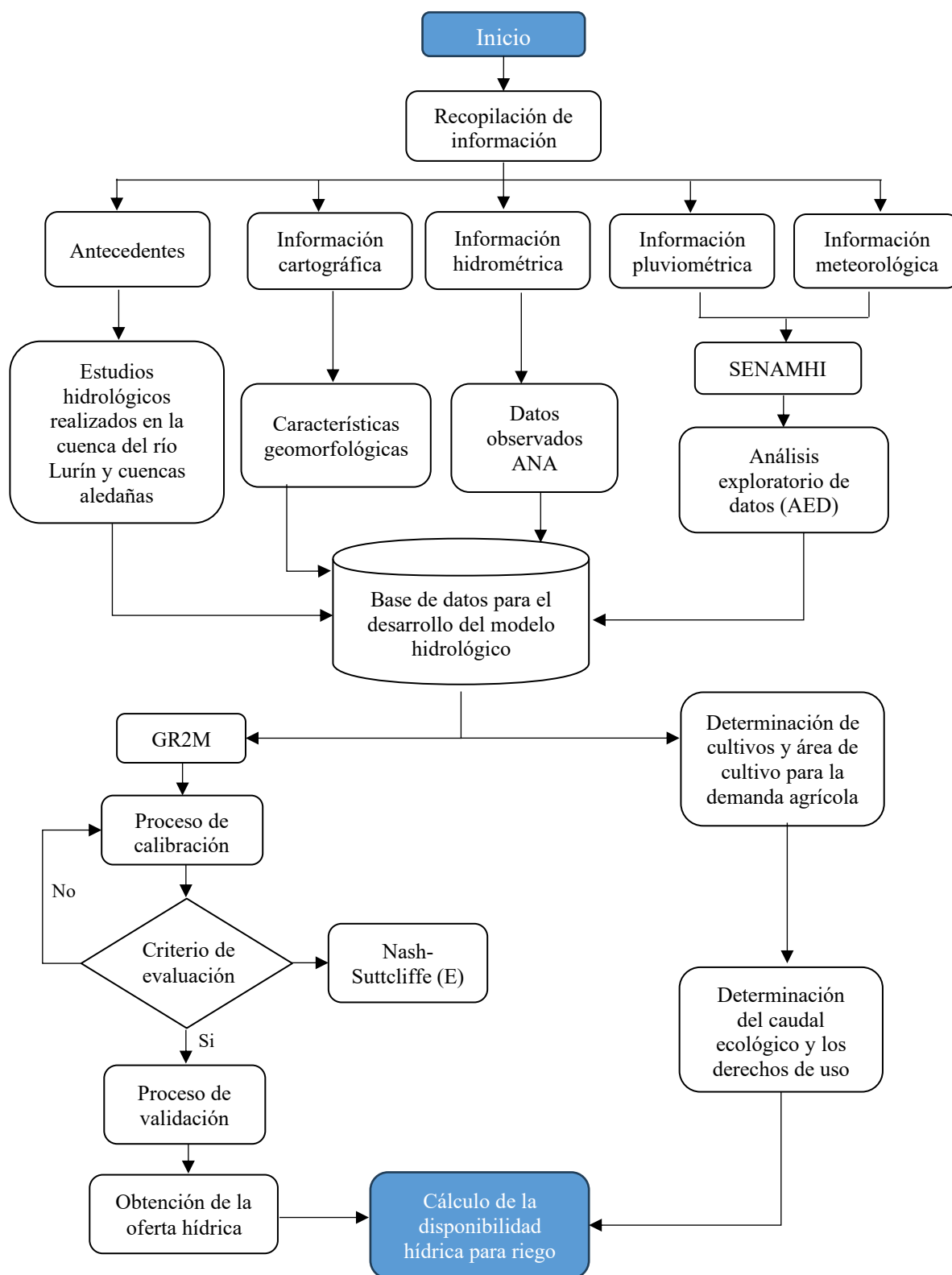
- **Análisis estadístico de datos meteorológicos.** Se realizará el análisis estadístico de los registros de precipitación en cada estación, evaluando saltos, tendencias y estacionalidad, con el propósito de identificar patrones climáticos y generar una caracterización hidrológica más precisa de la cuenca.

3.6.3. Determinación de balance hídrico

- **Determinación de la oferta hídrica superficial.** Se empleó el modelo hidrológico GR2M implementado en R Studio para generar los caudales medios mensuales de la cuenca del río Lurín. A partir de los caudales generados se realizó el análisis de persistencia, considerando el caudal al 75 % de persistencia (Q75) como criterio para representar la oferta hídrica superficial con fines de riego.
- **Determinación del caudal ecológico.** Se determinó el caudal ecológico mensual tomando como referencia los “Lineamientos generales para determinar caudales ecológicos”, aprobados mediante Resolución Jefatural No. 267-2019-ANA. Para ello, se emplearon los caudales medios mensuales generados mediante el modelo GR2M, considerando como referencia el 15 % del caudal medio mensual.
- **Revisión de los derechos de uso de agua.** Se revisaron los derechos de uso de agua reportados por la Autoridad Nacional del Agua para la Unidad Hidrográfica Lurín, diferenciándolos según el tipo de uso y el origen de la fuente. Debido a que la oferta evaluada en la presente investigación corresponde al recurso hídrico superficial, los derechos asociados a fuentes subterráneas fueron identificados como información complementaria y no fueron descontados directamente de la oferta superficial.
- **Determinación de la demanda hídrica agrícola.** Se calculó la demanda de riego de la cuenca considerando la superficie cultivada, el coeficiente de cultivo (Kc), las

necesidades hídricas de los cultivos, la precipitación efectiva y la eficiencia de riego, obteniéndose el requerimiento hídrico agrícola mensual expresado en m^3/s .

- **Determinación de la disponibilidad hídrica para riego.** La disponibilidad hídrica superficial para riego se determinó a escala mensual a partir de la diferencia entre la oferta hídrica al 75 % de persistencia y el caudal ecológico. Posteriormente, esta disponibilidad fue comparada con la demanda hídrica agrícola para determinar los periodos de déficit y superávit hídrico en la cuenca.

Figura 12*Flujograma del procedimiento metodológico de la investigación*

3.7. Análisis de datos

La información hidrometeorológica fue organizada y analizada a escala mensual considerando el año hidrológico de septiembre a agosto. Las series de precipitación fueron evaluadas mediante análisis de consistencia y homogeneidad, aplicándose el Vector Regional, la prueba de Pettitt para la detección de cambios y la prueba de Mann-Kendall para identificar tendencias. Asimismo, se realizó la completación de datos faltantes mediante relaciones entre estaciones con comportamiento pluviométrico similar. Estos procedimientos forman parte del análisis que efectivamente desarrollaste en la tesis.

Posteriormente, los datos de precipitación y evapotranspiración fueron empleados en el modelo hidrológico GR2M para generar caudales medios mensuales, cuyo desempeño fue evaluado mediante el coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe. A partir de los caudales generados se efectuó el análisis de persistencia, adoptándose el caudal al 75 % como referencia de la oferta hídrica superficial.

Finalmente, la disponibilidad hídrica superficial para riego se determinó descontando el caudal ecológico referencial de la oferta al 75 % de persistencia y comparando el resultado con la demanda hídrica agrícola, con el fin de identificar los periodos mensuales de déficit y superávit hídrico.

3.8. Consideraciones éticas

La presente investigación se desarrolló utilizando principalmente información secundaria de carácter hidrometeorológico, cartográfico, ambiental y socioeconómico proveniente de instituciones oficiales y fuentes académicas. Entre las principales entidades consultadas se encuentran la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y el Ministerio del Ambiente (MINAM).

Debido a la naturaleza de la investigación, no se realizaron intervenciones experimentales sobre personas ni se recopilaban datos personales o información de carácter confidencial. Los datos utilizados fueron empleados exclusivamente para fines académicos y de investigación, manteniendo su integridad durante los procesos de recopilación, procesamiento, análisis e interpretación.

Asimismo, se respetaron los principios de integridad académica y propiedad intelectual mediante la identificación y citación de las fuentes consultadas, diferenciando la información obtenida de instituciones y autores de los resultados generados durante el desarrollo de la investigación. Los procedimientos de procesamiento, modelamiento y análisis fueron descritos de manera que permitan reconocer el origen de la información y la metodología empleada, procurando garantizar la transparencia y trazabilidad de los resultados presentados.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico general de la cuenca

4.1.1. Diagnóstico físico

4.1.1.1. Parámetros geomorfológicos. Se determinaron los siguientes parámetros de la cuenca:

A. Parámetros de superficie. Se identificaron los siguientes parámetros de superficie:

A.1. Área de la cuenca (A): Usando el programa ArcMap 10.8, se calculó el área de la cuenca del río Lurín, obteniendo como resultado:

$$A = 1642.5 \text{ km}^2$$

A.2. Perímetro de la cuenca (P): El perímetro del área de investigación se calculó usando el programa ArcMap 10.8, obteniendo como resultado:

$$P = 252.5 \text{ km}$$

B. Parámetros de forma. Se identificaron los siguientes parámetros de forma:

B.1. Forma de la cuenca (A): Este parámetro expresa la relación existente entre el área total de la cuenca y el cuadrado de la longitud de su cauce principal, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$F_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

Área de la cuenca (A) = 1642.5 km²

Longitud del curso de agua más largo (l) = 110.8 km

Para la cuenca, el factor de forma es el siguiente:

$$F_f = \frac{1642.5 \text{ km}^2}{(110.8 \text{ km})^2} = 0.13$$

El valor obtenido (Ff = 0.13) indica que la cuenca del río Lurín presenta una morfología alargada, lo cual implica que el agua requiere mayor tiempo para recorrer su longitud total. Por

ello, la cuenca presenta menor susceptibilidad a crecidas rápidas, dado que la concentración de escorrentía hacia la salida se produce de manera más atenuada.

B.2. Rectángulo equivalente: Este parámetro es la representación geométrica que convierte las curvas de nivel en líneas paralelas al lado menor del rectángulo, calculándose de la siguiente forma:

$$L \text{ (lado mayor)} = \frac{P}{4} + \sqrt{\left(\frac{P}{4}\right)^2 - A}$$

$$l \text{ (lado menor)} = \frac{P}{2} - L$$

Donde:

Perímetro de la cuenca (P) = 252.5 km

Área de la cuenca (A) = 1642.5 km²

El lado mayor del rectángulo equivalente es de 111.5 km y el lado menor es de 14.7 km

B.3. Índice de compacidad de Gravelius: es aquel parámetro que da idea de la forma de la cuenca, resulta de la relación del perímetro con el área de la cuenca. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$K_c = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

Perímetro de la cuenca (P) = 252.5 km

Área de la cuenca (A) = 1642.5 km²

El índice de compacidad de la cuenca del río Lurín es de:

$$K_c = 1.7$$

El valor obtenido (Kc = 1.7) refleja que la cuenca del río Lurín presenta una forma alargada, lo que implica un menor grado de compacidad en comparación con una cuenca de

morfología circular. Desde el punto de vista hidrológico, esto significa que la cuenca tiene menor susceptibilidad a crecidas súbitas, ya que el escurrimiento superficial se concentra de manera más lenta en la salida.

B.4. Radio de elongación: es la relación del diámetro de la circunferencia de igual superficie que la cuenca y la longitud del curso principal, con la siguiente ecuación:

$$R = \frac{D}{L}$$

Donde:

Diámetro de circunferencia (D) = 252.5 km

Longitud del curso principal (L) = 110.8 km

El radio de elongación de la cuenca del río Lurín fue:

$$R = 0.4$$

El radio de elongación de 0.41 evidencia que la cuenca del río Lurín presenta una forma alargada y poco circular.

C. Parámetros de relieve. Se identificaron los siguientes parámetros de relieve:

C.1. Altitud media: El cálculo se basa en un promedio ponderado entre la elevación y el área de la cuenca:

$$H_m = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{hmi \times ai}{At}$$

Mediante el uso del programa ArcMap 10.8, se calculó la altitud media resultando en el siguiente cuadro:

Tabla 8*Altitud media de la cuenca*

Rango altitudinal (m.s.n.m)		Altitud promedio (m.s.n.m)	Área parcial (km ²)	(Altitud promedio) x (Área parcial)
0	500	250.0	171.2	42810.0
500	1000	750.0	183.0	137224.3
1000	1500	1250.0	169.7	212155.5
1500	2000	1750.0	174.9	305988.4
2000	2500	2250.0	136.7	307656.7
2500	3000	2750.0	123.7	340158.4
3000	3500	3250.0	154.3	501596.9
3500	4000	3750.0	162.4	609049.5
4000	4500	4250.0	190.7	810422.9
4500	5294	4897.0	175.9	861268.0
Total			1642.5	4128330.6

La altitud media es de 2513.4 m.s.n.m.

C.2. Índice de pendiente: Es un promedio de las pendientes de la cuenca. Se deduce a partir de la siguiente ecuación:

$$I_p = \sum \sqrt{Bi(a_n - a_{n-1})} \times \frac{1}{\sqrt{L}}$$

En la tabla se muestra el cálculo del índice de pendiente:

Tabla 9*Índice de pendiente de la cuenca*

Rango altitudinal (m.s.n.m)		Dif. De cotas	Área (km ²)	Bi = ai/At	Dif.*Bi	Raíz de Dif.*Bi
0	500	0.5	171.2	0.1	17.9	4.2
500	1000	0.5	183.0	0.1	20.4	4.5
1000	1500	0.5	169.7	0.1	17.5	4.2
1500	2000	0.5	174.9	0.1	18.6	4.3

Rango altitudinal (m.s.n.m)		Dif. De cotas	Área (km ²)	Bi = ai/At	Dif.*Bi	Raíz de Dif.*Bi
2000	2500	0.5	136.7	0.1	11.4	3.4
2500	3000	0.5	123.7	0.1	9.3	3.1
3000	3500	0.5	154.3	0.1	14.5	3.8
3500	4000	0.5	162.4	0.1	16.1	4.0
4000	4500	0.5	190.7	0.1	22.1	4.7
4500	5294	0.8	175.9	0.1	18.8	4.3
Total			1642.5			40.5

La longitud del lado mayor del rectángulo equivalente es de 111.5, por ende, el índice de pendiente resulta 3.8%.

C.3. Pendiente media del río principal: Se determina la declividad en un curso de agua entre 2 puntos, de la siguiente forma:

$$I_c = \frac{H_M - H_m}{1000 \times L}$$

Donde:

Longitud del río (L) = 110.8 km

diferencia de altura máxima y mínima (m) = 5294 m

La pendiente media del río principal de Lurín resulta 0.05.

C.4. Curva hipsométrica: la distribución gráfica por encima o por debajo de cada curva de nivel, resulta en el siguiente:

Tabla 10

Curva hipsométrica de la cuenca

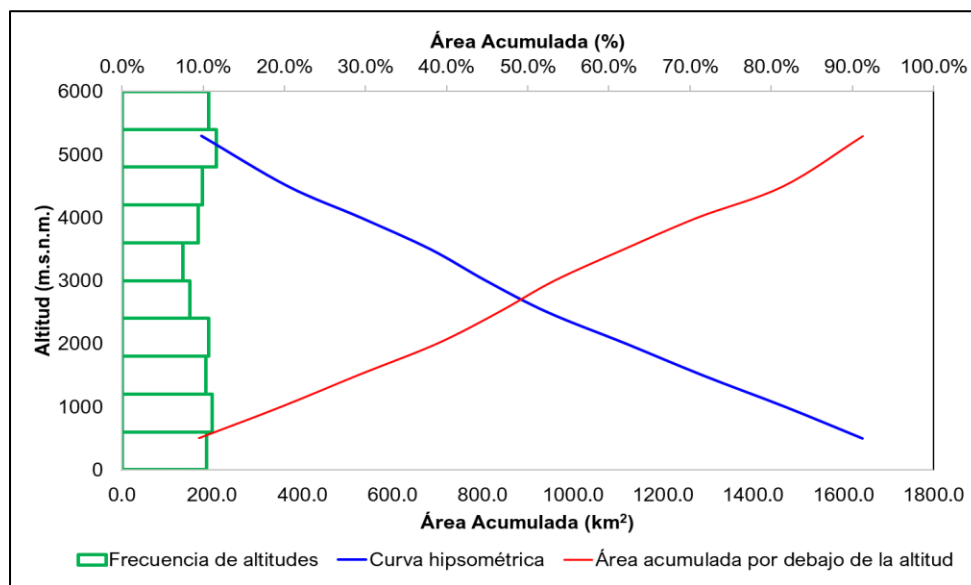
Rangos de altitud (m.s.n.m)		Área km ²	Área por encima		Área por debajo		intervalo por rango
			Acumulada	% Acumulada	Acumulada	% Acumulada	
0	500	171.2	1642.53	100.0%	171.24	10.4%	10.4%
500	1000	183.0	1471.286	89.6%	354.21	21.6%	11.1%

Rangos de altitud (m.s.n.m)	Área km ²	Área por encima		Área por debajo		intervalo por rango
		Acumulada	% Acumulada	Acumulada	% Acumulada	
1000 1500	169.7	1288.32	78.4%	523.93	31.9%	10.3%
1500 2000	174.9	1118.60	68.1%	698.78	42.5%	10.6%
2000 2500	136.7	943.75	57.5%	835.52	50.9%	8.3%
2500 3000	123.7	807.01	49.1%	959.21	58.4%	7.5%
3000 3500	154.3	683.32	41.6%	1113.55	67.8%	9.4%
3500 4000	162.4	528.98	32.2%	1275.96	77.7%	9.9%
4000 4500	190.7	366.56	22.3%	1466.65	89.3%	11.6%
4500 5294	175.9	175.88	10.7%	1642.53	100.0%	10.7%

A continuación, se muestra la curva hipsométrica resultante:

Figura 13

Curva hipsométrica de la cuenca



C.5. Pendiente de la cuenca: La pendiente media de la cuenca se estima a partir de la relación entre el desnivel total y el lado mayor del rectángulo equivalente, expresada con la ecuación:

$$S = 100 \times \left(\frac{D}{L} \right)$$

Donde:

desnivel de la cuenca (D) = 5294 m

Lado mayor del rectángulo equivalente (L) = 111.5 km

El valor calculado ($S = 4.7 \%$) clasifica a la cuenca del río Lurín como de terreno suave, de acuerdo con la clasificación propuesta por Vidollas. Esta condición sugiere que los procesos de escorrentía superficial tienden a ser más moderados.

D. Parámetros de red de drenaje. Se identificaron los siguientes parámetros de red de drenaje:

D.1. Grado de ramificación: Según la clasificación ordinal de ríos, el área estudiada tiene un orden de ríos de cuarto grado. Con el siguiente orden de ríos:

Tabla 11

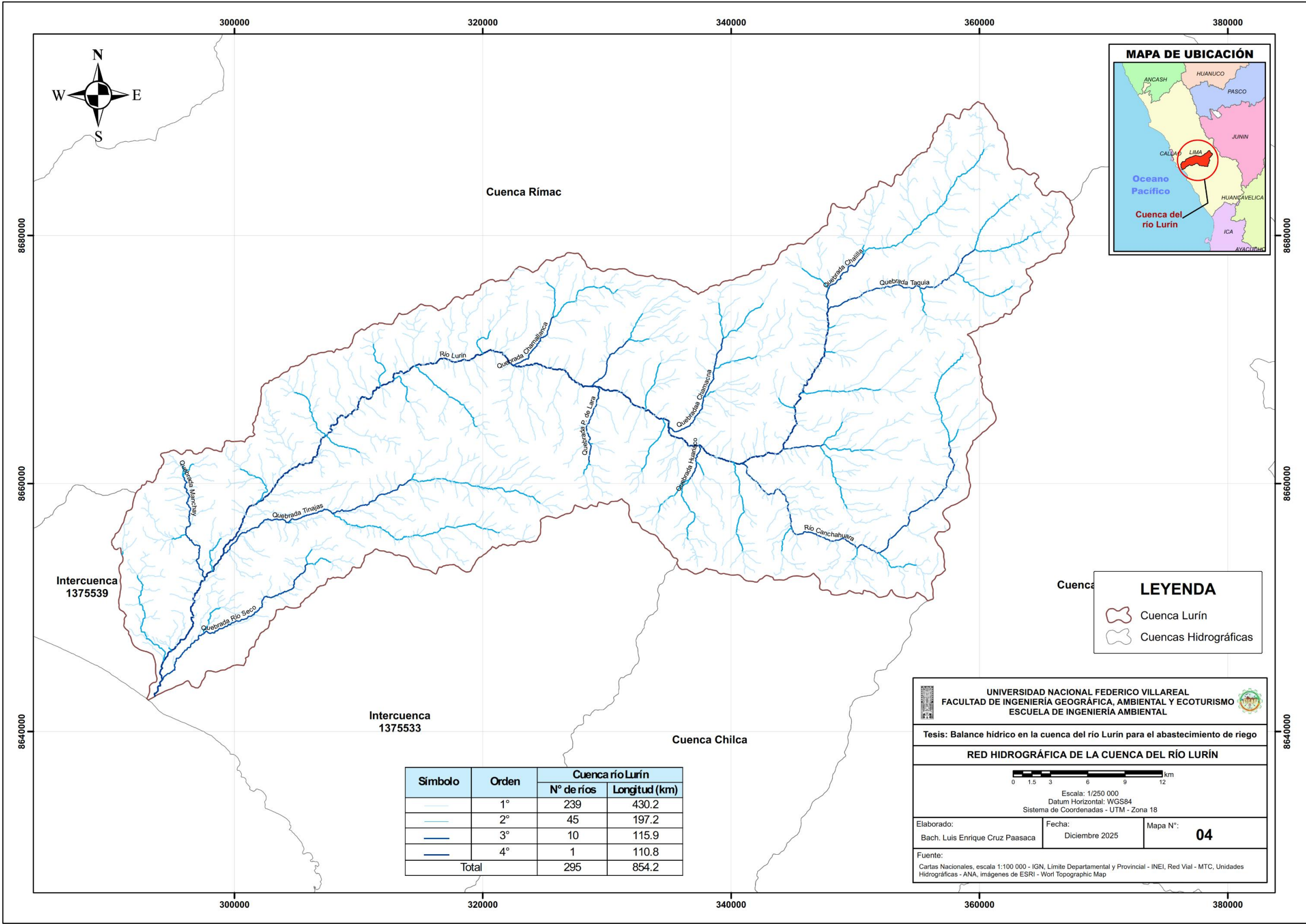
Grado de ramificación de la cuenca

Orden	Cuenca río Lurín	
	Nº de ríos	Longitud (km)
1º	239	430.2
2º	45	197.2
3º	10	115.9
4º	1	110.8

En la cuenca del río Lurín se observa que la mayor cantidad de cursos corresponde a los ríos de primer orden, con 239 afluentes que suman 430.2 km de longitud.

Figura 14

Mapa de red hidrográfica de la cuenca del río Lurín



D.2. Densidad de drenaje: La densidad de drenaje (Dd) se obtuvo mediante la relación entre la longitud total de los cauces de la cuenca y su área superficial, según la ecuación:

$$Dd = \frac{\sum L}{A}$$

Donde:

Longitud de los cauces de la cuenca (L) = 854.2 km

Área de la cuenca (A) = 1642.5 km²

La densidad de drenaje obtenida (0.52 km/km²) indica que la cuenca del río Lurín presenta una red hidrográfica poco desarrollada en relación con su superficie. Este valor refleja un bajo grado de disección del terreno, lo cual favorece una concentración más gradual.

D.3. Frecuencia de ríos: la relación entre el total de cursos de agua con el área de la cuenca es la siguiente:

$$Frecuencia\ de\ ríos = \frac{Total\ de\ cursos\ de\ agua}{A}$$

La cuenca del río Lurín presenta un total de 295 ríos, dando como resultado una frecuencia de ríos de 0.18 ríos por kilómetro cuadrado.

D.4. Extensión media del escurrimiento superficial: el resultado de este parámetro es el siguiente:

$$l = \frac{A}{4 \times L}$$

Donde:

Área de la cuenca (A) = 1642.5 km²

Longitud total de las corrientes de agua en la cuenca (L) = 854.2 km

La cuenca del río Lurín presenta una extensión media de escurrimiento de 0.48 km.

D.5. Coeficiente de torrencialidad: La relación entre el número de cursos de agua de primer orden y el área de la cuenca es el siguiente:

$$C_t = \frac{N_1}{A}$$

Donde:

Número de cursos de agua de orden 1 = 239

Área de la cuenca (km²) = 1642.5 km²

El coeficiente de torrencialidad resultante es de 0.15 en la cuenca del río Lurín.

Tabla 12

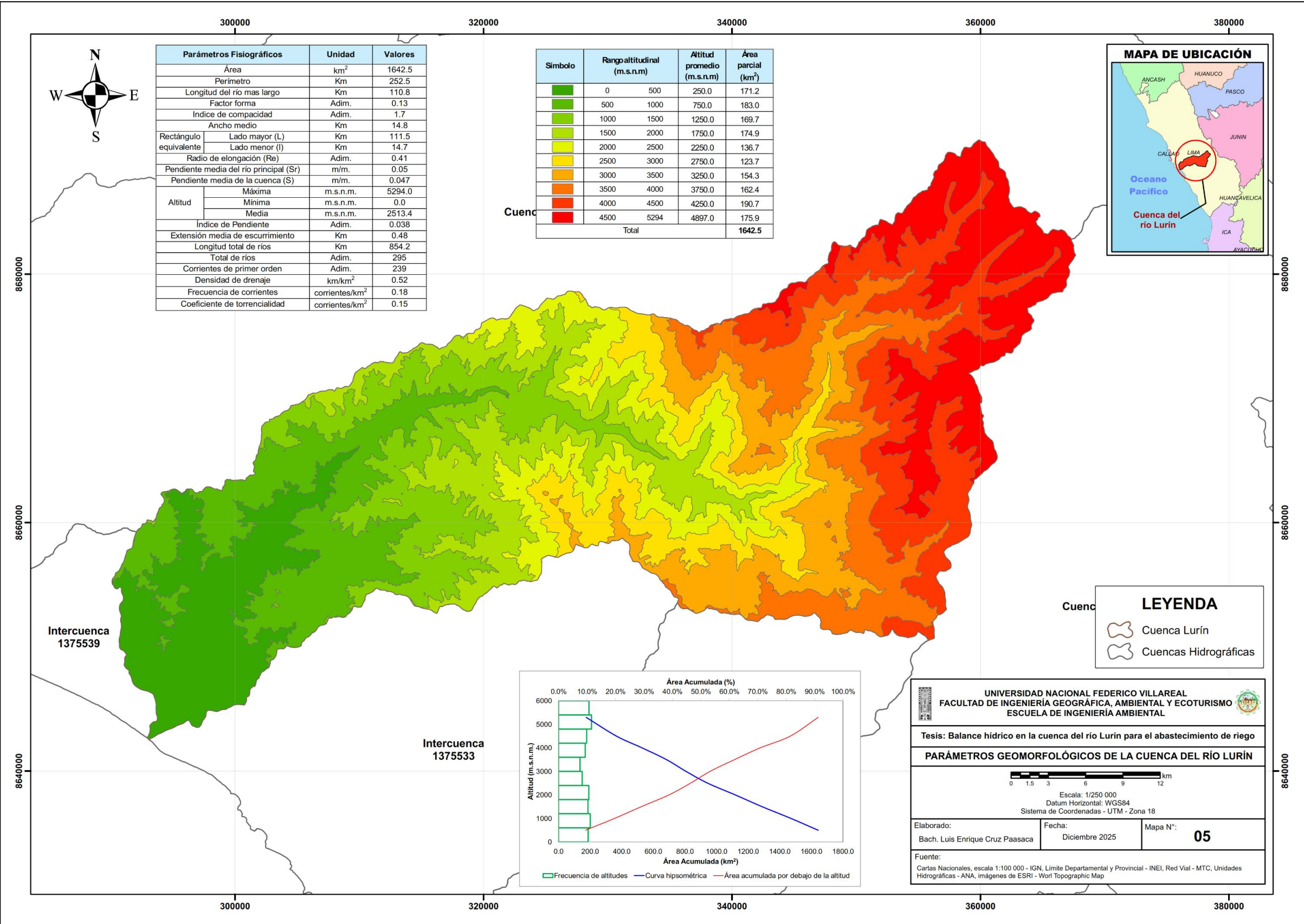
Parámetros fisiográficos de la cuenca

Parámetros Fisiográficos			Unidad	Valores
Parámetros de superficie	Área		km ²	1642.5
	Perímetro		Km	252.5
Parámetros de forma	Longitud del río más largo		Km	110.8
	Factor forma		Adim.	0.13
	Índice de compacidad		Adim.	1.7
	Ancho medio		Km	14.8
	Rectángulo equivalente	Lado mayor (L)	Km	111.5
		Lado menor (l)	Km	14.7
	Radio de elongación (Re)		Adim.	0.41
Parámetros de relieve	Pendiente media del río principal (Sr)		m/m.	0.05
	Pendiente media de la cuenca (S)		m/m.	0.047
	Máxima		m.s.n.m.	5294.0
	Altitud	Mínima	m.s.n.m.	0.0
		Media	m.s.n.m.	2513.4
	Índice de Pendiente		Adim.	0.038
Parámetros de la red de drenaje	N° de ríos	Orden 1	ríos	239
		Orden 2	ríos	45
		Orden 3	ríos	10
		Orden 4	ríos	1

Parámetros Fisiográficos		Unidad	Valores
Longitud total de ríos	Orden 1	km	430.2
	Orden 2	km	197.2
	Orden 3	km	115.9
	Orden 4	km	110.8
Extensión media de escurrimiento superficial		Km	0.48
Longitud total de ríos		Km	854.2
Total de ríos		Adim.	295
Corrientes de primer orden		Adim.	239
Densidad de drenaje		km/km ²	0.52
Frecuencia de corrientes		corrientes/km ²	0.18
Coeficiente de torrencialidad		corrientes/km ²	0.15

Figura 15

Mapa de parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Lurín



4.1.1.2. Geomorfología. La geomorfología del Perú está principalmente condicionada por la presencia de la Cordillera de los Andes, así como por distintos procesos de origen geológico y tectónico. En el caso de la cuenca del río Lurín, en la zona de sierra predominan montañas de fuerte pendiente y relieve escarpado, mientras que en la franja costera destacan las colinas (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2019). La geomorfología se encuentra caracterizada por las siguientes geoformas:

A. Campos de dunas y mantos de arena. Estas geoformas se generan a partir del transporte y acumulación de arena por efecto del viento. Los campos de dunas abarcan extensas superficies con dunas de diferentes tipos, mientras que los mantos de arena corresponden a grandes áreas planas cubiertas por depósitos arenosos (Bernat & Pérez, 2005).

B. Colina y lomada. Son elevaciones menores a 300 m, originadas principalmente por procesos de erosión y denudación. Se caracterizan por presentar una topografía ondulada y su análisis es relevante para la gestión y planificación territorial (Alcantara, 2011).

C. Depósito antrópico. Se refiere a modificaciones del relieve producto de la actividad humana. Estos depósitos aparecen por la alteración del terreno en actividades como la construcción, la minería o la agricultura (Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres, 2021).

D. Llanura o planicie aluvial. Son áreas planas formadas por la acción de los ríos, donde se acumulan sedimentos finos. Aunque son susceptibles a inundaciones, constituyen zonas importantes para la agricultura y el crecimiento urbano (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2018).

E. Meseta volcánica lávica. Corresponden a superficies planas o suavemente onduladas originadas por la solidificación de lava. Su formación está asociada a la acumulación de material volcánico proveniente de erupciones sucesivas (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET], 2022).

F. Montaña. Son geoformas de gran altitud y fuertes pendientes que se forman por procesos tectónicos, gravitacionales, erosivos y deposicionales. En la cuenca del río Lurín las montañas presentan un relieve abrupto y variada composición litológica, con rocas volcánicas, intrusivas y sedimentarias (Villacorta et al., 2014).

G. Valle glaciar. Formaciones en forma de “U” que resultan de la erosión generada por glaciares en periodos pasados. Estos valles pueden contener depósitos como morrenas (Concha et al., 2023).

H. Vertiente o piedemonte. Se ubican al pie de montañas o laderas y se caracterizan por la acumulación de materiales transportados por movimientos de masa, derrumbes o arrastre de escorrentía (Villacorta et al., 2014).

Tabla 13

Geomorfología de la cuenca del río Lurín

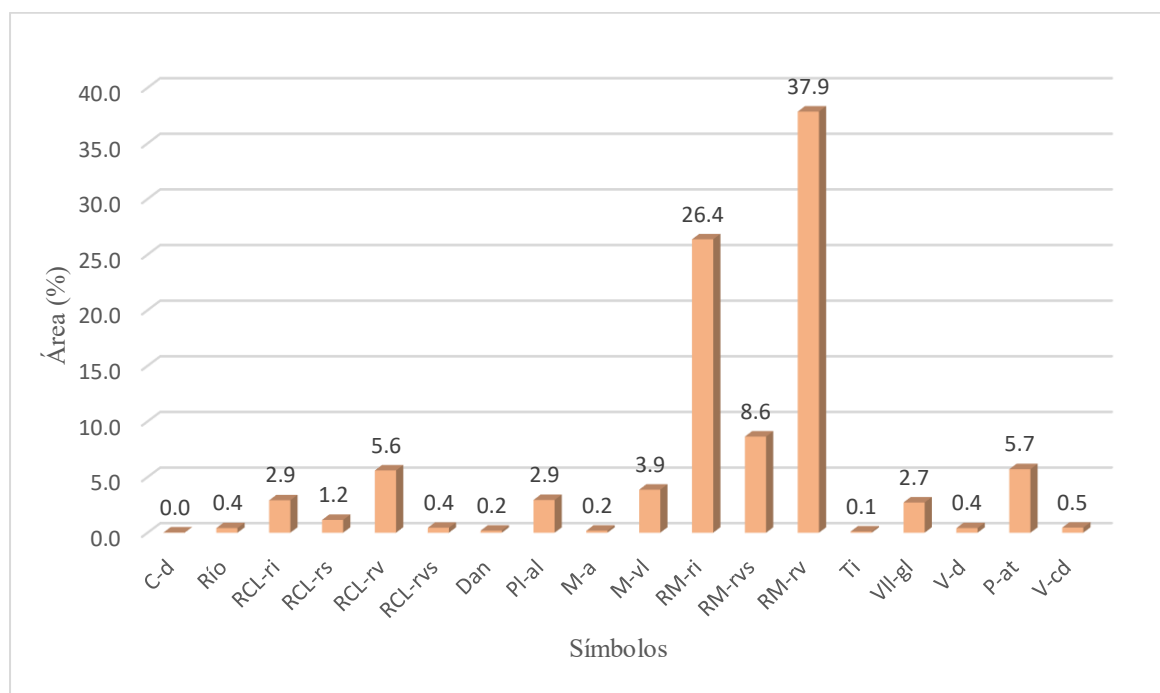
Símbolo	Descripción	Área (km ²)	Área (%)
C-d	Campo de dunas	0.3	0.0
Río	Cauce del río	6.8	0.4
RCL-ri	Colina y lomada en roca intrusiva	47.9	2.9
RCL-rs	Colina y lomada en roca sedimentaria	18.9	1.2
RCL-rv	Colina y lomada en roca volcánica	92.0	5.6
RCL-rvs	Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria	7.3	0.4
Dan	Depósito antrópico	3.0	0.2
Pl-al	Llanura o planicie aluvial	48.3	2.9
M-a	Mantos de arena	3.0	0.2
M-vl	Meseta volcánica lávica	63.6	3.9
RM-ri	Montaña en roca intrusiva	433.2	26.4
RM-rvs	Montaña en roca volcano-sedimentaria	142.0	8.6
RM-rv	Montaña en roca volcánica	621.9	37.9
Ti	Terraza indiferenciada	1.8	0.1
Vll-gl	Valle glaciar	44.6	2.7
V-d	Vertiente coluvial de detritos	6.8	0.4

Símbolo	Descripción	Área (km ²)	Área (%)
P-at	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	93.8	5.7
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial	7.5	0.5
Área total		1642.7	100.0

Nota. A partir de los datos del geoservidor del INGEMMET

Figura 16

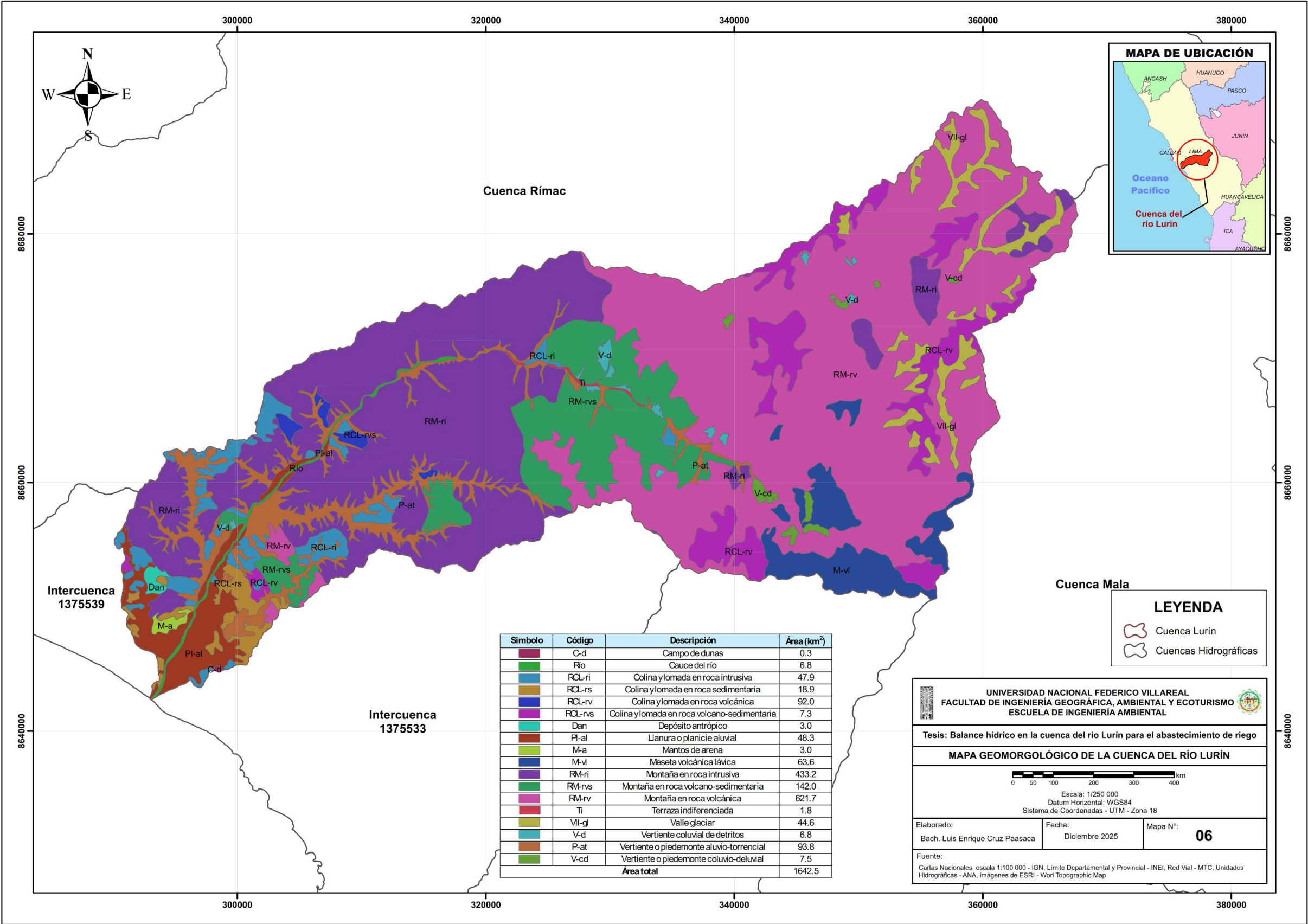
Geomorfología de la cuenca del río Lurín



Nota. A partir de los datos del geoservidor del INGEMMET

Figura 17

Mapa geomorfológico de la cuenca del río Lurín



4.1.1.3. Suelos. En la cuenca del río Lurín se identifican cuatro tipos principales de suelos: Arenosol háplico – Solonchak háplico, Leptosol lítico – Afloramiento lítico, Leptosol dístrico – Afloramiento lítico y Regosol dístrico – Afloramiento lítico. Entre ellos, el Leptosol dístrico – Afloramiento lítico es el de mayor presencia, representando el 37.9 % del área total de la cuenca.

A. Arenosol háplico - Solonchak háplico. Se caracterizan por su alto contenido de arena, especialmente en el primer metro de profundidad. Este tipo de suelo es típico en zonas con acumulación arenosa, tanto en climas templados como tropicales. Presentan baja retención de agua y nutrientes, lo que limita su uso agrícola; sin embargo, resultan adecuados para cultivos que requieren buen drenaje (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación [FAO], 2007).

B. Leptosol dístrico - Afloramiento lítico. Corresponde a suelos poco profundos, con un horizonte delgado de material orgánico o mineral sobre roca sólida. Son comunes en áreas montañosas y escarpadas, con baja saturación de bases y escasez de nutrientes. El afloramiento lítico evidencia la presencia cercana de roca madre (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación [FAO], 2007).

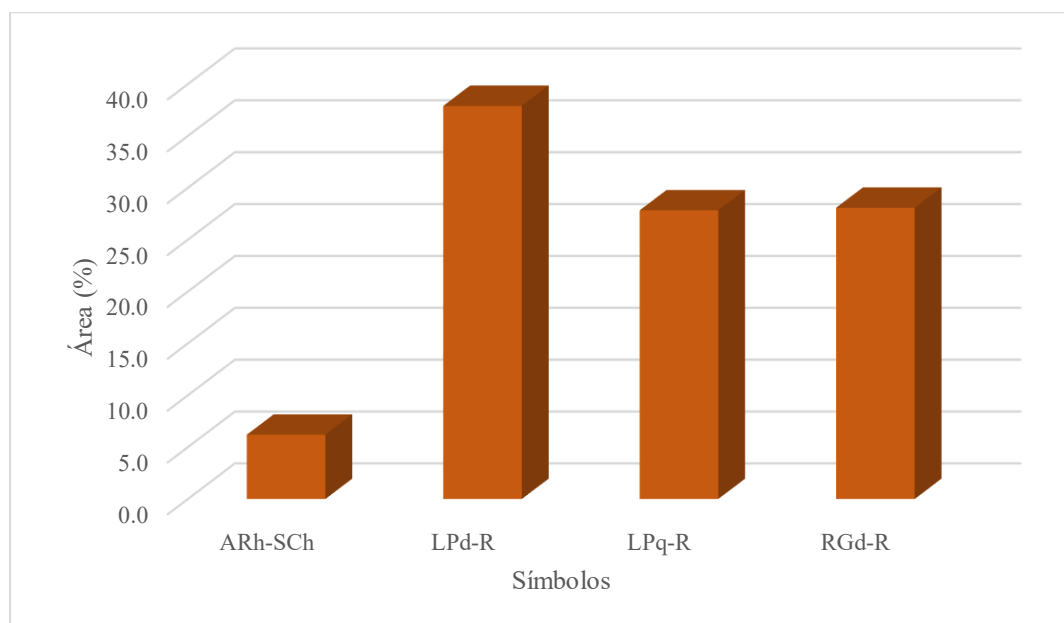
C. Leptosol lítico - Afloramiento lítico. Son suelos muy superficiales, ubicados directamente sobre roca madre o con una mínima cobertura de suelo. Generalmente se encuentran en montañas, laderas empinadas o terrenos con roca expuesta, donde las condiciones geológicas y climáticas limitan el desarrollo edáfico (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación [FAO], 2007).

D. Regosol dístrico - Afloramiento lítico. Son suelos jóvenes formados en zonas con escasa evolución edáfica, como pendientes pronunciadas, áreas erosionadas o con depósitos recientes. Presentan baja fertilidad, poca retención de nutrientes y suelen tener carácter ácido (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación [FAO], 2007).

Tabla 14*Suelos en la cuenca del río Lurín*

Código	Descripción	Área (km ²)	Área (%)
ARh-SCh	Arenosol háplico - Solonchak háplico	101.8	6.2%
LPd-R	Leptosol dístrico - Afloramiento lítico	622.4	37.9%
LPq-R	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	457.1	27.8%
RGd-R	Regosol dístrico - Afloramiento lítico	461.2	28.1%
Área total		1642.5	100.0%

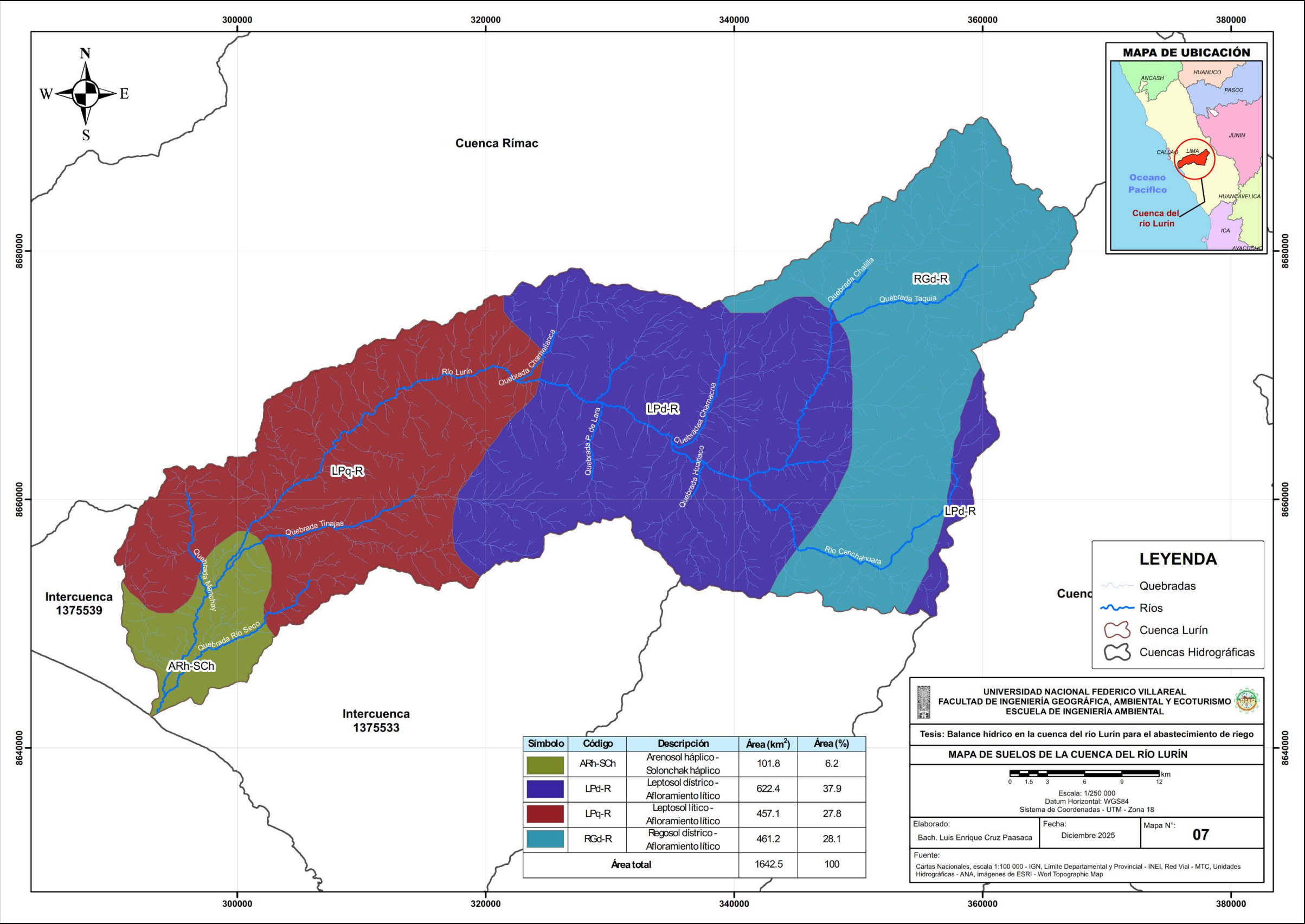
Nota. A partir de los datos del geoservidor del MINAM

Figura 18*Suelos en la cuenca del río Lurín*

Nota. A partir de los datos del geoservidor del MINAM

Figura 19

Mapa de suelos de la cuenca del río Lurín



4.1.1.4. Capacidad de Uso Mayor. De acuerdo con el Decreto Supremo N° 005-2022-MIDAGRI, la Capacidad de Uso Mayor se define como la aptitud natural que presenta una superficie de tierra para producir bienes y servicios de manera sostenible bajo determinados tratamientos continuos. Esta clasificación permite identificar el uso más adecuado de las tierras, diferenciando entre áreas con potencial agrícola, ganadero, forestal o de protección.

A. Asociación de protección de pastos, cultivo en limpio. Limitación suelo-clima. Calidad agrológica media (X - P2e - A2sc). Corresponde a suelos con aptitud para el desarrollo de pastos, recomendados principalmente para actividades de pastoreo y ganadería, siempre que se mantengan prácticas de manejo como el control de malezas. La limitación suelo-clima refleja restricciones tanto en las propiedades del suelo como en las condiciones ambientales, lo que reduce su potencial productivo a un nivel moderado (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2022).

B. Asociación de protección de pastos. Limitada erosión. Calidad agrológica media (X - P2e). Se trata de tierras destinadas principalmente a la conservación y producción de pastos. El control adecuado de la erosión ha permitido mantener la productividad y la fertilidad del suelo. Su calidad agrológica media indica que, aunque presentan limitaciones edáficas, climáticas o topográficas, pueden sostener actividades agrícolas y ganaderas de manera moderada (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2022).

C. Asociación de protección forestal. Limitación clima-pastos temporales. Calidad agrológica baja (X - P3c (T)). Son tierras orientadas a la protección de los recursos forestales, la regulación hídrica y la prevención de procesos erosivos, dado que se ubican en ambientes frágiles desde el punto de vista ecológico. Las limitaciones climáticas y la presencia de pastos temporales restringen considerablemente su uso productivo. Su calidad agrológica baja refleja un potencial limitado (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2022).

D. Tierra apta para producción forestal, limitación clima. Calidad agrológica baja - Tierras de Protección (F3c - P2e - X). Son áreas con aptitud para especies forestales maderables, pero requieren un manejo sostenible para evitar el deterioro del suelo y los ecosistemas. Presentan limitaciones asociadas a factores climáticos, como sequías o lluvias intensas, que reducen su productividad. Su calidad agrológica baja y su fragilidad ecológica las hacen más adecuadas para la conservación que para un uso intensivo (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2022).

E. Tierra de protección (X). Son áreas con alta fragilidad edáfica y ecológica, sin aptitud para la agricultura, ganadería o forestación. Su principal función es la conservación de cabeceras de cuenca, la protección contra la erosión y el mantenimiento de fuentes hídricas. Solo permiten actividades de bajo impacto, como el aprovechamiento de productos forestales no maderables, manejo de fauna silvestre o turismo ecológico (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2022).

F. Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable), Limitación necesidad de riego. Calidad agrológica alta (A1 (r)). Estas tierras son altamente productivas y se adaptan bien a la agricultura intensiva, siempre que se implemente un manejo adecuado del riego. Su alta calidad agrológica corresponde a características favorables como buena textura, estructura, fertilidad y retención de agua, lo que permite alcanzar altos rendimientos en diversos cultivos (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2022).

G. Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable), Limitación suelo-necesidad de riego. Calidad agrológica media - Tierra de protección (A2s (r) – X). Son tierras con potencial para cultivos anuales, aunque presentan limitaciones edáficas como baja profundidad o problemas de salinidad. Su calidad agrológica media presenta restricciones que reducen su productividad, por lo que requieren prácticas de manejo y conservación. Asimismo, posee sectores clasificados como tierras de protección, que debido a sus características adversas se destinan exclusivamente a la preservación ecosistémica (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2022).

Tabla 15

Capacidad de uso mayor de la cuenca del río Lurín

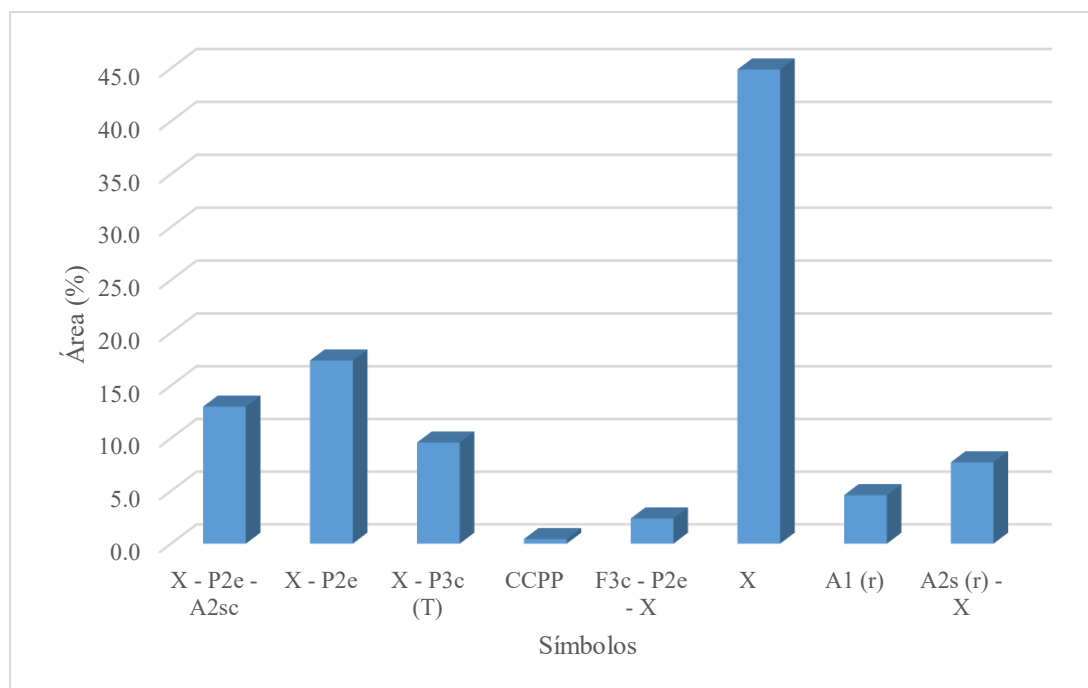
Código	Descripción	Área (km ²)	Área (%)
X - P2e - A2sc	Asociación de protección de pastos, cultivo en limpio. Limitación suelo-clima. Calidad agrológica media	213.5	13.0
X - P2e	Asociación de protección de pastos. Limitada erosión. Calidad agrológica media	285.4	17.4
X - P3c (T)	Asociación de protección forestal. Limitación clima-pastos temporales. Calidad agrológica baja	157.5	9.6
Centros Poblados	Centros Poblados	7.2	0.4
F3c - P2e - X	Tierra apta para producción forestal, limitación clima. Calidad agrológica baja - Tierras de Protección	39.3	2.4
X	Tierra de Protección	737.3	44.9

Código	Descripción	Área (km ²)	Área (%)
A1 (r)	Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable), Limitación necesidad de riego. Calidad agrológica alta	75.6	4.6
A2s (r) - X	Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable), Limitación suelo-necesidad de riego. Calidad agrológica media - Tierra de protección	126.7	7.7
Área total		1642.5	100.0

Nota. A partir de los datos del geoservidor del MINAM

Figura 20

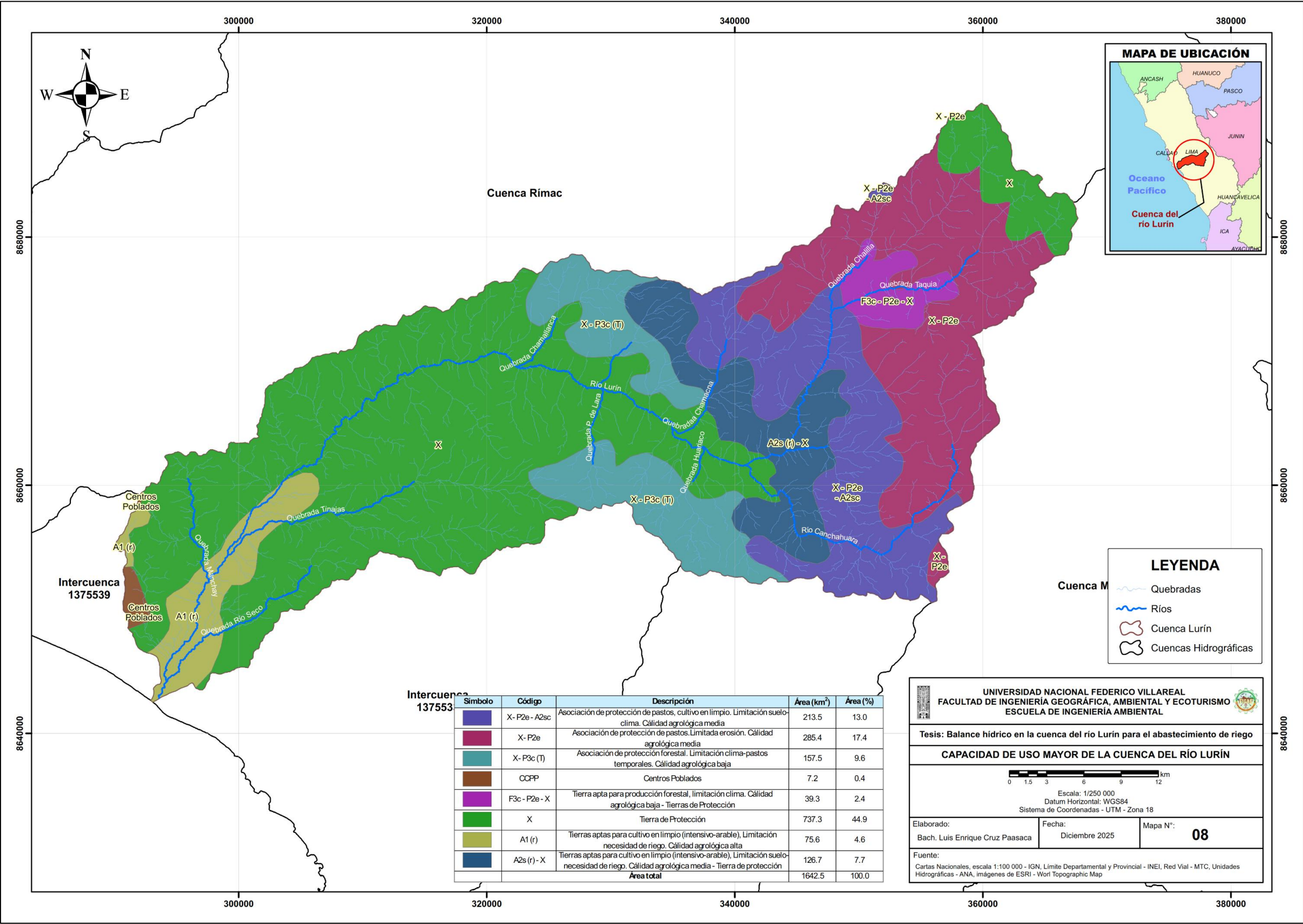
Capacidad de uso mayor de la cuenca del río Lurín



Nota. A partir de los datos del geoservidor del MINAM

Figura 21

Mapa de Capacidad de uso mayor de suelos en la cuenca del río Lurín



4.1.1.5. Geología. La geología de la cuenca del río Lurín es variada y refleja una compleja evolución tectónica y volcánica. Entre las formaciones más representativas destacan las de origen volcánico y sedimentario, así como los depósitos cuaternarios.

En la parte alta de la cuenca predomina la Formación Huarochirí con un 20.6 % del área total, conformada por tobas riolíticas e ignimbritas de origen volcánico, mientras que en la zona media resalta el Grupo Rímac (13.7 %), constituido principalmente por andesitas porfíricas y tobas de cristales. Otra unidad de gran extensión es el Batolito de la Costa, representado por tonalitas y granodioritas de la Super Unidad Santa Rosa (12.5 %), que otorgan gran estabilidad geológica al macizo.

En la parte baja de la cuenca se encuentran depósitos recientes como los aluviales (12.1 %) y los glaciares-fluviales (2.8 %), los cuales influyen directamente en la morfología actual y en la disponibilidad de recursos hídricos y suelos fértiles para uso agrícola. Asimismo, destacan en menor proporción otras formaciones volcánicas como Millotingo (4.7 %) y depósitos volcánicos más jóvenes asociados al centro volcánico Cascaule (2.5 %).

Tabla 16

Geología de la cuenca del río Lurín

Código	Unidad	Descripción	Área (km ²)	Área (%)
CCPP	Pueblo	Ciudad / Pueblo	0.8	0.0
J-ar	Formación Arahuay	Metavolcánicos andesíticos con lodolitas caláreas, calizas bituminosas, andesitas, hornfels.	0.2	0.0
JsKi- pp	Grupo Puente Piedra	Brechas, tobas líticos y lavas en almohadillas.	2.7	0.2
K-bc/j- tn,gd	Batolito de la Costa - Super Unidad Jecúan - tonalita, granodiorita	Tonalita, granodiorita	9.8	0.6
Ki-and	Andesita	Andesita	6.7	0.4

Código	Unidad	Descripción	Área (km²)	Área (%)
Ki-at	Formación Atocongo	Calizas gris claras micríticas a beige, altamente silicificados	7.6	0.5
Ki-chil	Formación Chilca	Tobas líticas y vítricas con intercalaciones de brechas volcanicas, calizas bioclásticas y areniscas volcánicas.	134.1	8.2
Ki-h	Formación Herradura	Calizas gris oscuras, limoarcillitas fisibles de textura pizarrosa gris oscuras con areniscas pardas.	3.9	0.2
Ki-lu	Formación Lurín	Calizas micríticas grises, limolitas. Areniscas cuarzosas de grano medio	0.5	0.0
Ki-mar	Formación Marcavilca	a fino de color gris verdoso, marrón y blaquecino.	2.3	0.1
Ki-pa	Formación Pamplona	Areniscas, lutitas y calizas, margas calcareas	1.2	0.1
Ki-sf	Formación Salto del Fraile	Arenisca gris verdosas, limolitas abigarradas y areniscas cuarzosas grises.	0.4	0.0
Kis-qui	Formación Quilmaná	Tobas vitreas y derrames andesíticos masivos, lavas almohadilladas y amigdaloides, areniscas volcánicas.	18.2	1.1
Ks- bc/at- mgr	Batolito de la Costa - Super Unidad Atocongo - monzogranito	Monzogranito	17.8	1.1
Ks- bc/pt- di	Batolito de la Costa - Super Unidad Patap - diorita	Diorita	1.6	0.1
Ks- bc/pt- gbdi	Batolito de la Costa - Super Unidad Patap - gabrodiorita	Gabrodiorita	47.7	2.9

Código	Unidad	Descripción	Área (km²)	Área (%)
Ks- bc/sr-di	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - diorita	Diorita	29.5	1.8
Ks- bc/sr- tn,di	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - tonalita, diorita	Tonalita, diorita	46.1	2.8
Ks- bc/sr- tn,gd	Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - tonalita, granodiorita	Tonalita, granodiorita	205.9	12.5
Ks- bc/t- gd,tn	Batolito de la Costa - Super Unidad Tiabaya - granodiorita, tonalita	Granodiorita, tonalita	26.4	1.6
Ks- bc/t- tn,di	Batolito de la Costa - Super Unidad Tiabaya - tonalita, diorita	Tonalita, diorita	38.7	2.4
Ks-gr	Granito	Granito	1.0	0.1
Ks-tn	Tonalita	Tonalita	0.2	0.0
Lag	Laguna	Laguna	0.5	0.0
N-and	Andesita	Andesita	12.0	0.7
N-di	Diorita	Diorita	2.4	0.1
N-mdi	Monzodiorita	Monzodiorita	25.5	1.6
N-rda	Riodacita	Riodacita	29.4	1.8
N-tand	Traquiandesita	Traquiandesita	17.6	1.1
Nm-h	Formación Huarochirí	Tobas riolíticas a riodacitas, ignimbritas riolítica color rosado.	338.8	20.6
Nm-m	Formación Millotingo	Andesitas intercaladas con lodolitas y areniscas, brechas tobáceas, lavas porfíricas.	76.9	4.7

Código	Unidad	Descripción	Área (km ²)	Área (%)
		Tobas de cristales, lavas andesíticas		
Np-p	Formación Pacococha	afaníticas, brechas y tobas cristalolíticas.	12.2	0.7
NQ-c- and	Centro volcánico Cascaule - andesita	Domos y flujos andesíticos	40.7	2.5
P-r	Grupo Rímac	Andesita porfírica gris, tobas de cristales rosacea a parduzca y areniscas subordinadas.	224.7	13.7
Q-cl	Depósito coluvial	Constituida por bloques rocosos heterométricos y homogéneos angulosos a sub angulosos.	7.2	0.4
Q-eo	Depósito eólico	Arenas cuarzosas formando dunas y pampas amplias.	0.2	0.0
Q-gl	Depósito glaciar	Depósitos morrénicos, bloques angulosos rellenos con arcillas, limos y arenas.	6.8	0.4
Q-glfl	Depósito glaciar, fluvial	Gravas, arenas en matriz limoarenosas. Arenas y materiales residuales no consolidados.	45.8	2.8
Q-ma	Depósito marino	Acumulaciones de arena de grano fino a grueso semiconsolidadas. Se encuentran a lo largo del litoral.	0.0	0.0
Qh-al	Depósito aluvial	Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.	198.7	12.1
Área total			1642.5	100.0

Nota. A partir de los datos del geoservidor del INGEMMET

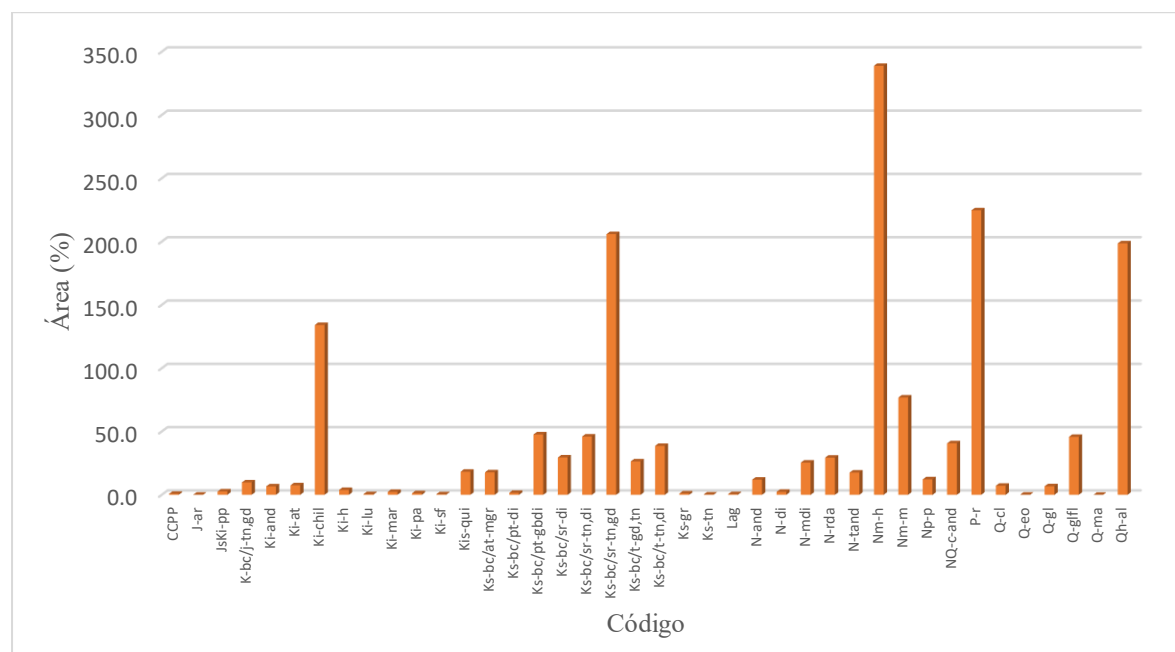
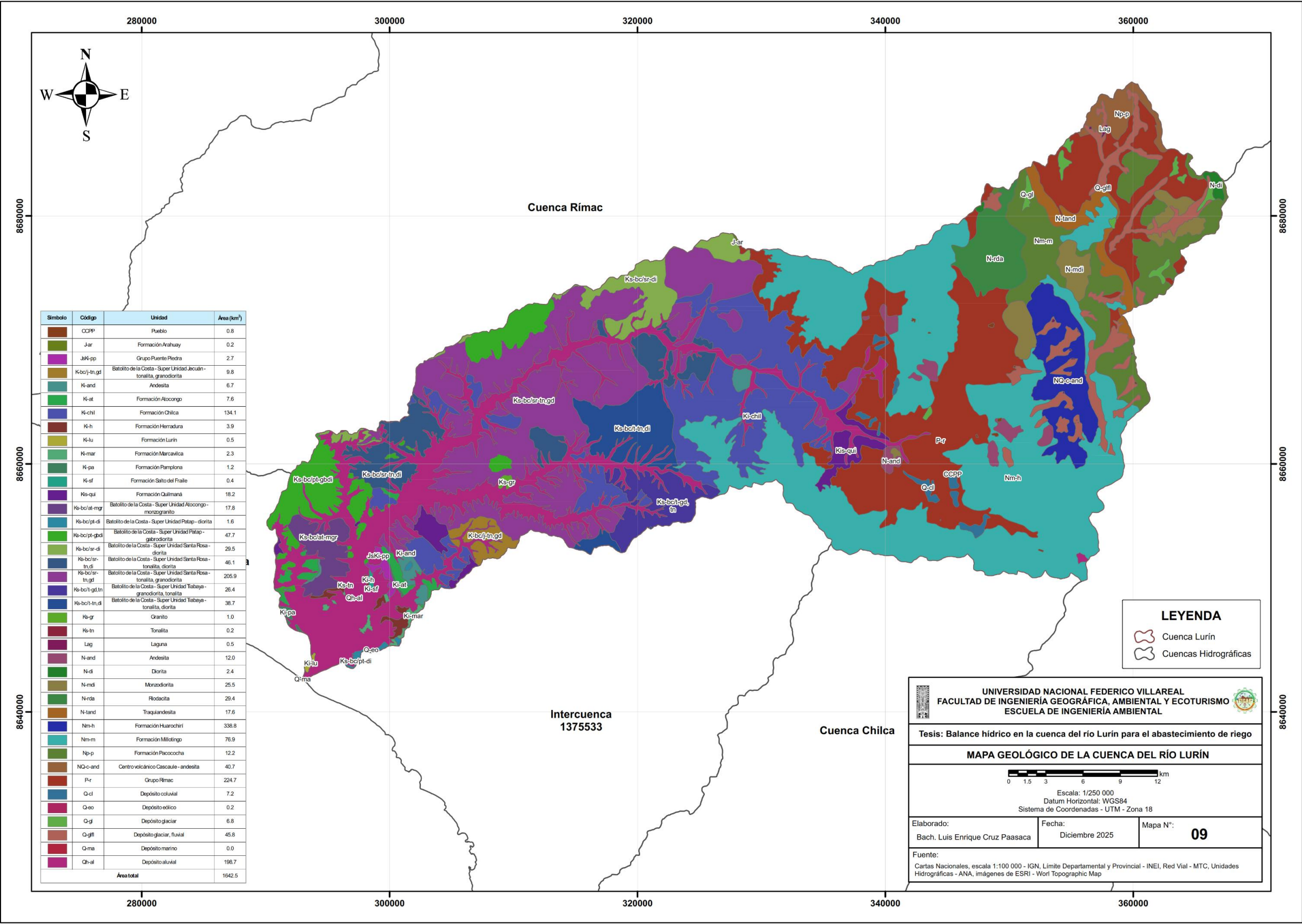
Figura 22*Geología de la cuenca del río Lurín**Nota.* A partir de los datos del geoservidor del INGEMMET

Figura 23

Mapa geológico en la cuenca del río Lurín



4.1.1.6. Ecología y zonas de vida. La ecología y las zonas de vida en la cuenca del río Lurín han sido clasificadas de acuerdo con la metodología de Holdridge, la cual fue adoptada por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales [ONERN] (1976). Este sistema se basa en la biotemperatura y la precipitación para delimitar unidades llamadas “zonas de vida”. En total, en la cuenca se identifican 13 zonas de vida, que se describen a continuación:

A. *Desierto perárido Montano Bajo Subtropical (dp-MBS)*. se ubica en la franja Tropical y presenta una temperatura media mínima de 10.6 °C. El relieve es accidentado, con pendientes superiores al 70 %, y la vegetación es escasa, predominando cactáceas, matorrales y suculentas.

B. *Desierto desecado Subtropical (dd-S)*. corresponde a planicies y valles costeros de la franja Subtropical. Su temperatura media anual varía entre 22.2 °C y 17.9 °C. Presenta topografía ligeramente ondulada hasta abrupta, con suelos de textura variable. La vegetación es muy limitada, con presencia de especies halófitas aisladas.

C. *Desierto superárido Subtropical (ds-S)*. se distribuye en llanuras costeras y zonas bajas de las estribaciones andinas. Su temperatura oscila entre 20.2 °C y 19.8 °C. La topografía incluye pampas y cerros de baja altitud, en donde se encuentran arbustos xerófilos en los sectores con algo más de humedad.

D. *Desierto perárido Premontano Tropical (dp-PT)*. ubicado en la franja Tropical, en las estribaciones andinas occidentales. Su temperatura media va de 23.4 °C a 20.8 °C. El relieve es variado, desde zonas suaves hasta abruptas. Aquí se observa mayor cobertura vegetal con manchales de algarrobo, sapote y mostaza.

E. *Desierto perárido Montano Bajo Tropical (dp-MBT)*. se ubica también en la franja Tropical, con temperaturas entre 16.4 °C y 10.6 °C. El terreno es accidentado con pendientes que superan el 70 %, aunque en algunas áreas se presentan superficies más suaves. La vegetación es reducida, compuesta por hierbas efímeras, gramíneas, arbustos y cactáceas.

F. Matorral desértico Montano Bajo Tropical (md-MBT). propio de la zona Tropical, con temperaturas de 13.5 °C a 11.0 °C. El relieve es abrupto y de quebradas. La vegetación es escasa, de tipo xerofítico, con gramíneas utilizadas en la ganadería caprina.

G. Matorral desértico Montano Tropical (md-MT). se encuentra en la franja Tropical, con temperaturas de 12.9 °C a 9.2 °C. La topografía es escarpada, con suelos poco desarrollados (xerosoles). La vegetación está compuesta principalmente por arbustos, subarbustos, cactáceas y gramíneas que crecen en temporada de lluvias.

H. Estepa espinosa Montano Bajo Tropical (ee-MBT). localizada en la franja Tropical, con temperaturas de 18.2 °C a 12.1 °C. El relieve es inclinado, ocupando laderas del flanco occidental y valles interandinos. Su vegetación es semiárida y temporal, utilizada también para pastoreo de ganado.

I. Estepa Montano Tropical (e-MT). se sitúa en la franja Tropical, con temperaturas que oscilan entre 14.1 °C y 9.5 °C. Presenta pendientes empinadas y suelos relativamente profundos. La vegetación predominante está formada por gramíneas, acompañadas de arbustos leñosos en zonas más cálidas.

J. Paramo húmedo Subalpino Tropical (ph-SaT). ubicado en la franja Tropical, con temperaturas entre 7.2 °C y 3.2 °C. Su relieve está conformado por laderas inclinadas y suelos de mediana profundidad. La vegetación predominante corresponde a gramíneas como el ichu, que forman los conocidos pajonales altoandinos.

K. Paramo muy húmedo Subalpino Tropical (pmh-SaT). con temperaturas entre 6.0 °C y 3.8 °C, se caracteriza por colinas onduladas y extensiones suaves. La vegetación está compuesta por gramíneas y hierbas de carácter perenne.

L. Tundra pluvial Alpino Tropical (tp-AT). ubicada en zonas Tropicales de gran altitud, con temperaturas entre 3.2 °C y 2.5 °C. La topografía presenta formas accidentadas, onduladas o colinadas, asociadas al modelado glaciar. Su vegetación es abundante, con arbustos, semiarbustos y hierbas diversas.

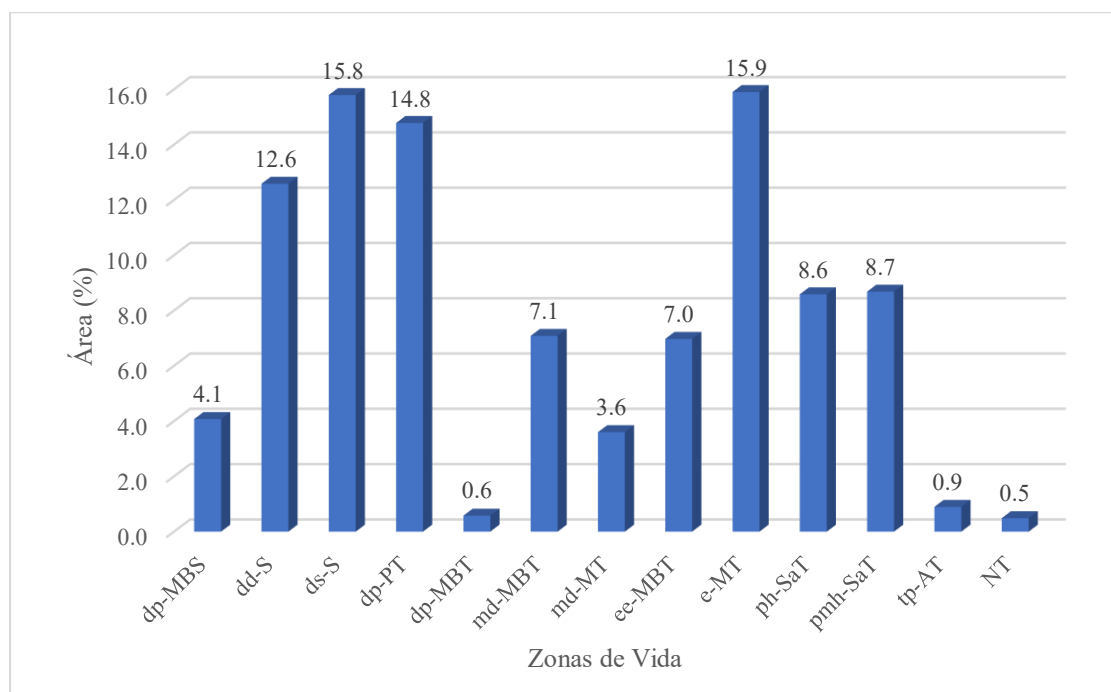
M. Nival Tropical (NT): se desarrolla sobre los 5000 m s. n. m., con temperaturas menores a 1.5 °C. El relieve es abrupto, conformado principalmente por rocas y suelos líticos. La vegetación es casi inexistente, salvo por líquenes y algas microscópicas en la nieve.

Tabla 17

Zonas de vida de la cuenca del río Lurín

Simbolo	Zonas de Vida	Área (km²)	Área (%)
dp-MBS	desierto perarido Montano Bajo Subtropical	66.9	4.1
dd-S	desierto desecado Subtropical	206.7	12.6
ds-S	desierto superarido Subtropical	259.4	15.8
dp-PT	desierto perarido Premontano Tropical	242.8	14.8
dp-MBT	desierto perarido Montano Bajo Tropical	9.5	0.6
md-MBT	matorral desertico Montano Bajo Tropical	116.3	7.1
md-MT	matorral desertico Montano Tropical	59.1	3.6
ee-MBT	estepa espinos Montano Bajo Tropical	114.5	7.0
e-MT	estepa Montano Tropical	261.2	15.9
ph-SaT	paramo humedo Subalpino Tropical	141.0	8.6
pmh-SaT	paramo muy humedo Subalpino Tropical	142.6	8.7
tp-AT	tundra pluvial Alpino Tropical	14.7	0.9
NT	Nival Tropical	8.0	0.5
Área total		1642.7	100.0

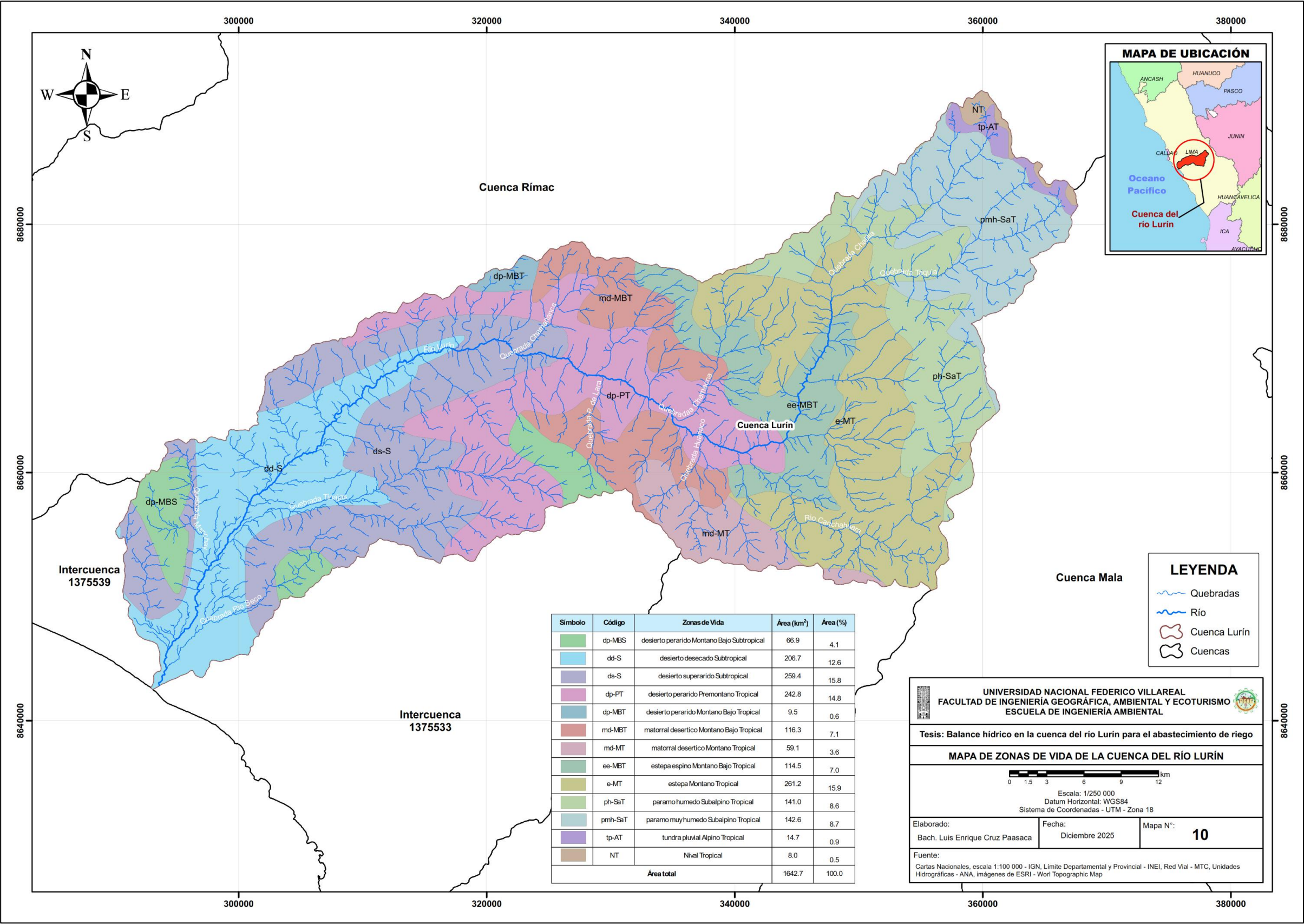
Nota. A partir de los datos del geoservidor del MINAM

Figura 24*Zonas de vida de la cuenca del río Lurín*

Nota. A partir de los datos del geoservidor del MINAM

Figura 25

Mapa de zonas de vida en la cuenca del río Lurín



4.1.1.7. Ecosistemas. Según el Mapa Nacional de Ecosistemas, la cuenca del río Lurín está conformada por diez ecosistemas. Entre ellos, el de mayor extensión corresponde al matorral andino, que ocupa el 37.1% y se distribuye principalmente en la zona media de la cuenca. En la parte alta predominan los pajonales de puna húmeda con un 24%, mientras que en la parte baja sobresale el desierto costero, que representa el 22.7%. A continuación, se presentan los ecosistemas de la cuenca y su descripción:

A. Bofedal (Bo). ecosistemas altoandinos ubicados por encima de los 3800 msnm, caracterizados por vegetación herbácea hidrófila que crece en suelos planos cercanos a cuerpos de agua. Su principal función es almacenar y regular la disponibilidad de agua, contribuyendo a mantener los caudales de los ríos en época seca.

B. Bosque relicto altoandino (Br-a). se localiza entre los 3500 y 4900 msnm, donde destaca la especie queñua, adaptada a bajas temperaturas y déficit hídrico. Cumple un rol importante en la captura de carbono y en la protección contra la erosión de suelos.

C. Desierto costero (Dc). se extiende a lo largo de la costa peruana, desde Piura hasta Tacna, y se caracteriza por un clima árido. La vegetación es escasa y depende en gran medida de la humedad proveniente de las neblinas invernales.

D. Loma costera (Lo). se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm. Presenta un clima árido en verano y húmedo en invierno, lo que favorece la aparición de garúas. Se caracteriza por una vegetación estacional, con especies xerófitas efímeras.

E. Matorral andino (Ma): se ubica entre los 1500 y 4500 msnm, donde predominan arbustos y plantas leñosas de hasta 4 metros, además de hierbas y cactáceas. Su clima varía entre árido y húmedo, con precipitaciones que alcanzan hasta 1200 mm. Este ecosistema contribuye a la captura de carbono y a la protección de los suelos frente a la erosión.

F. Pajonal de puna húmeda (Pjph). presente entre los 3800 y 4800 msnm, se caracteriza por sus pastizales adaptados a condiciones frías y húmedas. La flora está compuesta principalmente por gramíneas y herbáceas, que forman coberturas densas.

G. Zona periglaciaria (Zp-gla): se ubica por encima de los 4500 msnm, donde predominan suelos con permafrost (congelados por más de dos años). La vegetación es escasa y baja, formada por líquenes, gramíneas y musgos. En estas zonas también se encuentran glaciares localizados por encima de los 5000 msnm.

H. Zona agrícola (Agri): comprende áreas destinadas a la producción de cultivos, tanto temporales como permanentes. Los primeros requieren replantación después de cada cosecha, mientras que los segundos pueden mantenerse por varios años generando múltiples producciones.

I. Zona urbana (Urb): corresponde a los espacios urbanos, incluyendo áreas edificadas, zonas verdes, vías, cuerpos de agua y áreas periurbanas con chacras y huertos, conformando así el sistema urbano de la cuenca.

Tabla 18

Ecosistemas de la cuenca del río Lurín

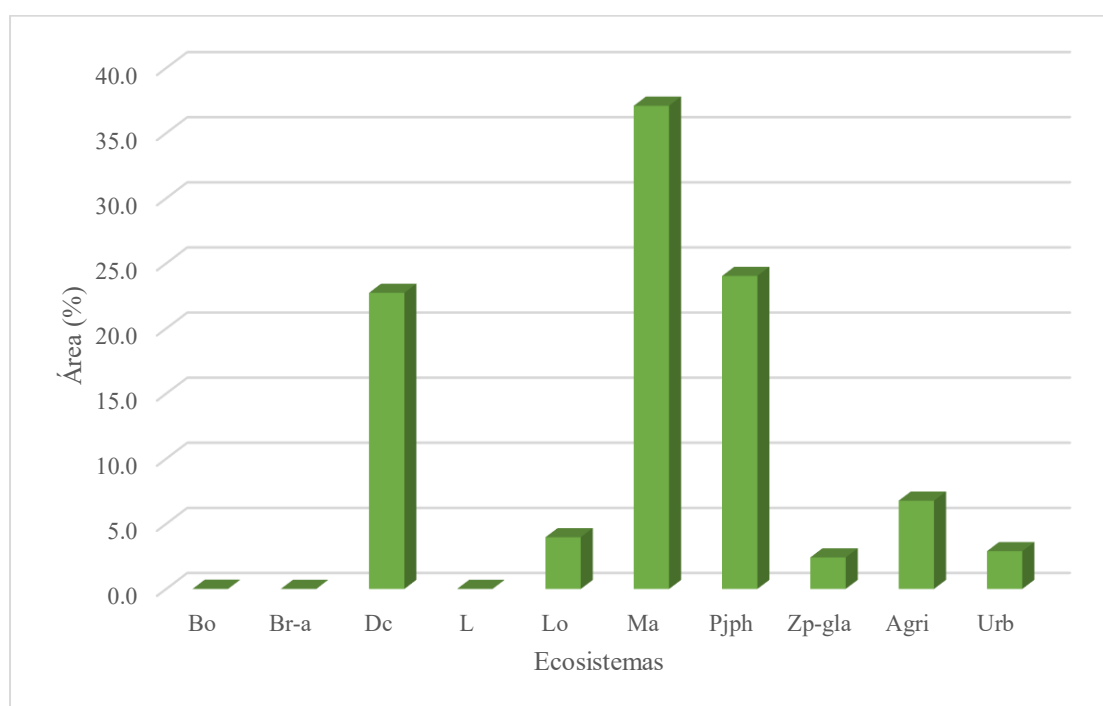
Código	Descripción	Área (km ²)	Área (%)
Bo	Bofedal	0.2	0.0
Br-a	Bosque relictos altoandinos (Queñoal y otros)	0.1	0.0
Dc	Desierto costero	373.6	22.7
L	Lago y laguna	0.2	0.0
Lo	Loma costera	65.3	4.0
Ma	Matorral andino	609.5	37.1
Pjph	Pajonal de puna húmeda	394.8	24.0
Zp-gla	Periglaciaria	39.8	2.4

Código	Descripción	Área (km ²)	Área (%)
Agri	Zona agrícola	111.4	6.8
Urb	Zona urbana	47.7	2.9
Área total		1642.6	100.0

Nota. A partir de los datos del geoservidor del MINAM

Figura 26

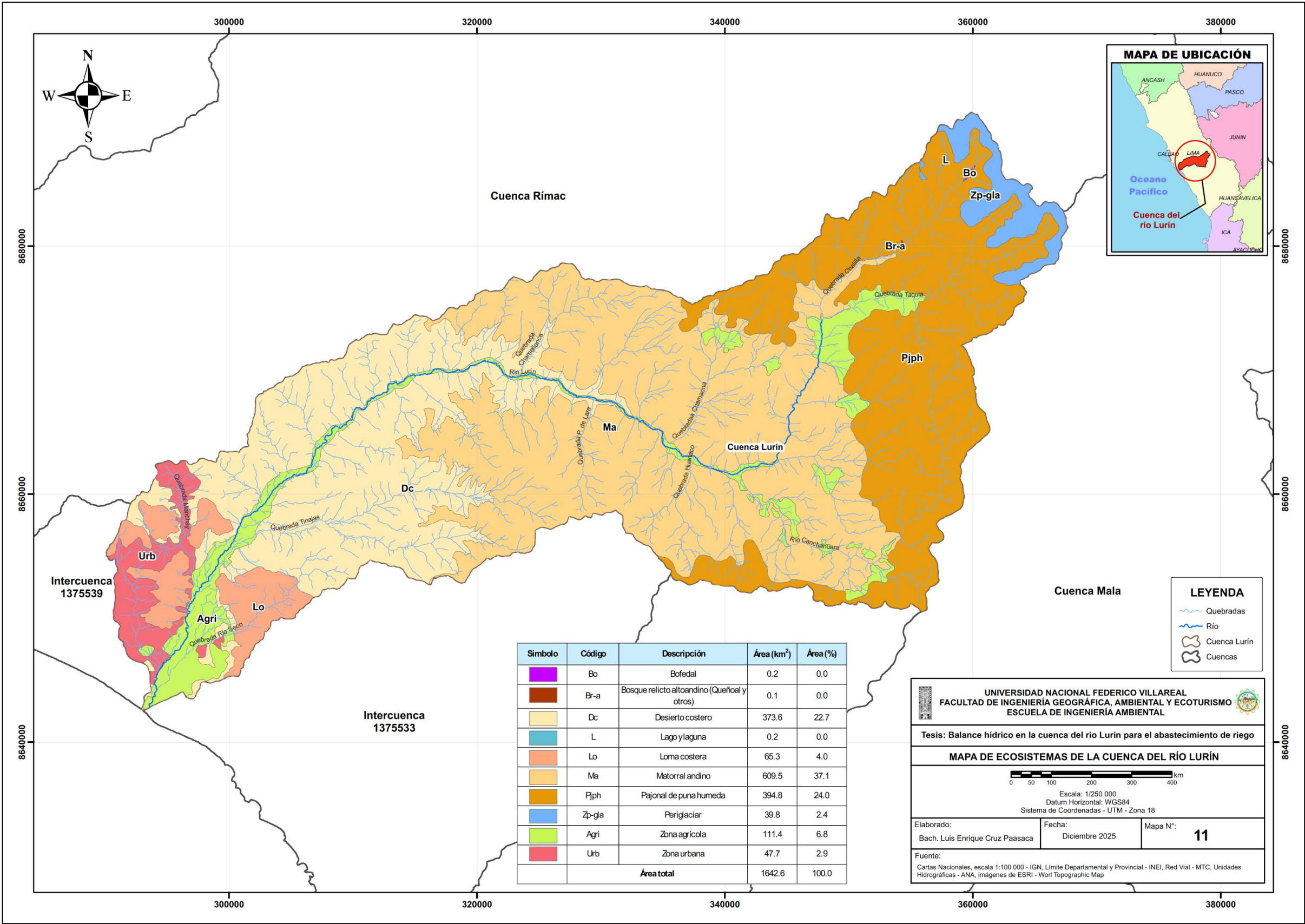
Ecosistemas de la cuenca del río Lurín



Nota. A partir de los datos del geoservidor del MINAM

Figura 27

Mapa de ecosistemas de la cuenca del río Lurín



4.1.2. Diagnóstico socioeconómico

4.1.2.1. Población – Demografía. En el ámbito de estudio de la cuenca hidrográfica del río Lurín se encuentran comprendidos 12 distritos, cuya población ha sido determinada con base en la información oficial del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

De acuerdo con los resultados del Censo 2017, la población total registrada en dichos distritos fue de 152 126 habitantes, evidenciando una tasa de crecimiento anual aproximada del 3 %. Asimismo, en el mapa 12 se ilustran los límites distritales que conforman el ámbito territorial de la cuenca hidrográfica del río Lurín y su densidad poblacional.

Tabla 19

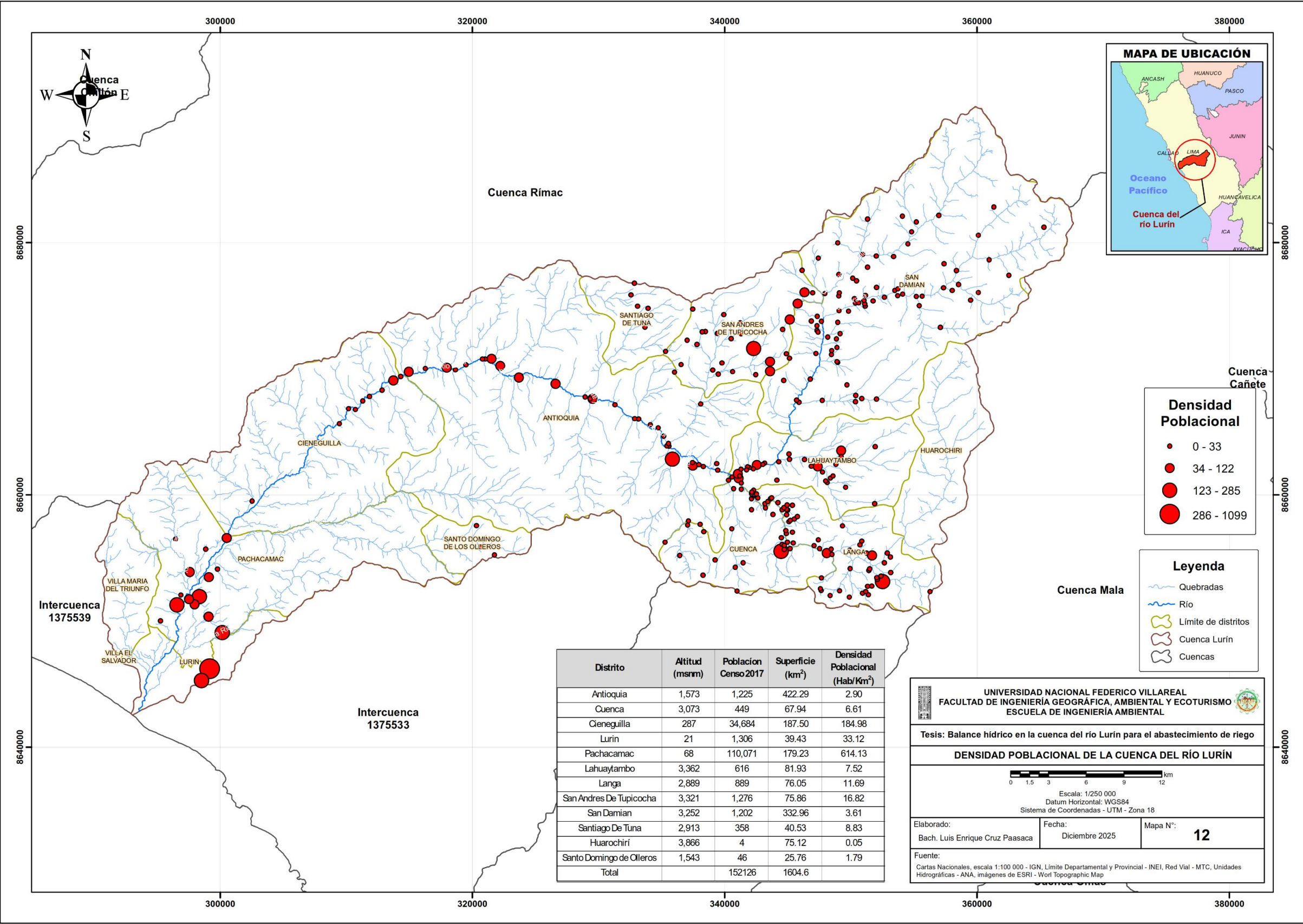
Población total de la cuenca del río Lurín

Distrito	Altitud (msnm)	Población Censo 2017	Superficie (km²)	Densidad Poblacional (Hab/Km²)
Antioquia	1,573	1,225	422.29	2.90
Cuenca	3,073	449	67.94	6.61
Cieneguilla	287	34,684	187.50	184.98
Lurin	21	1,306	39.43	33.12
Pachacamac	68	110,071	179.23	614.13
Lahuaytambo	3,362	616	81.93	7.52
Langa	2,889	889	76.05	11.69
San Andres De Tupicocha	3,321	1,276	75.86	16.82
San Damian	3,252	1,202	332.96	3.61
Santiago De Tuna	2,913	358	40.53	8.83
Huarocharí	3,866	4	75.12	0.05
Santo Domingo de Olleros	1,543	46	25.76	1.79

Nota. Adaptado del Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2017)

Figura 28

Mapa de densidad poblacional en la cuenca del río Lurín



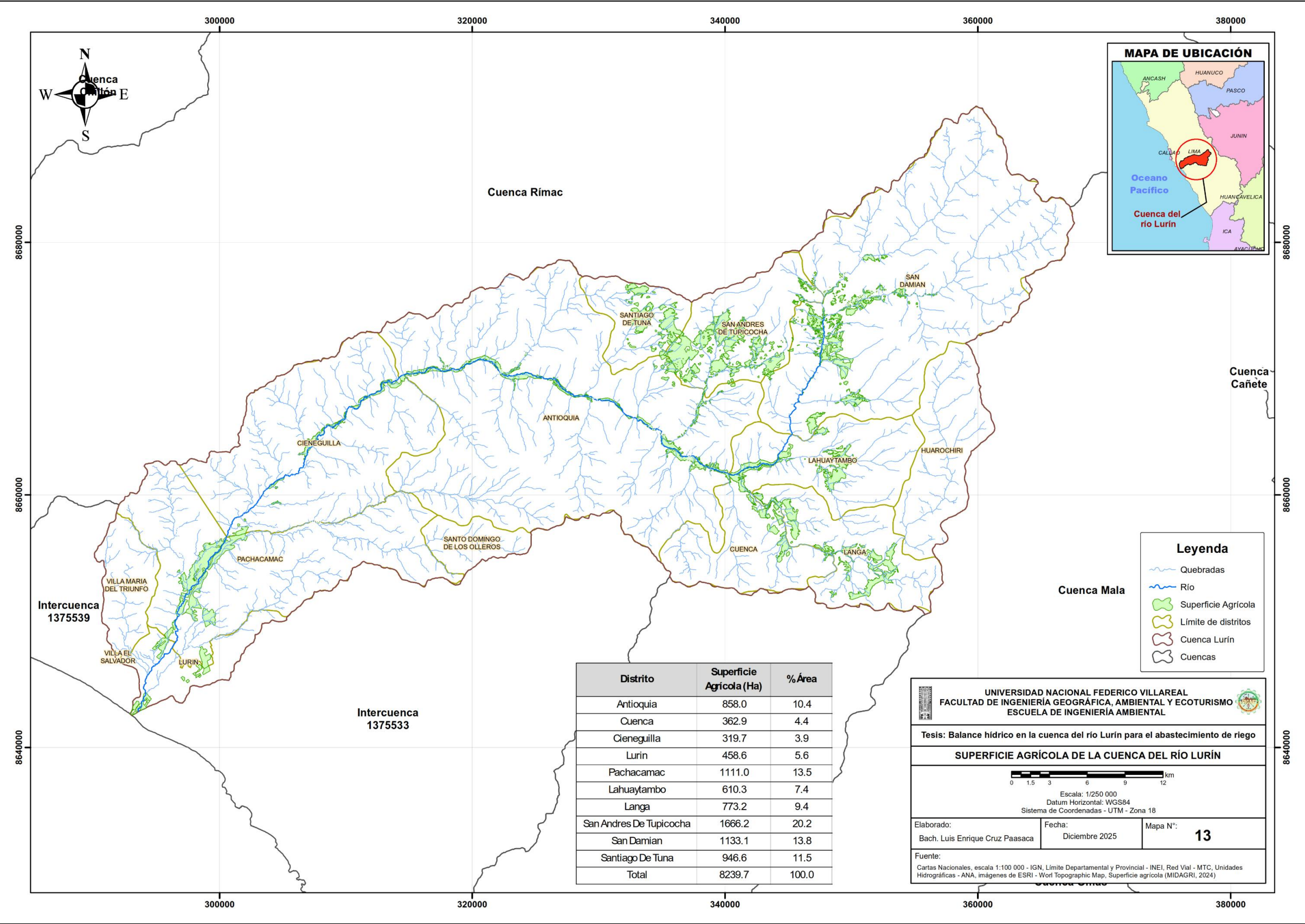
4.1.2.2. Actividad agrícola. En la cuenca del río Lurín, la agricultura representa una de las actividades más relevantes, desarrollándose en las zonas alta, media y baja. El riego utilizado combina sistemas gravitacionales y presurizados, mientras que la selección de cultivos se organiza a partir del Plan de Cultivo Programado (PCP), actualizado cada año. Entre los productos agrícolas más característicos de la cuenca destacan el maíz chala, frutales como la manzana y el membrillo, además de la alfalfa, la papa y otros cultivos complementarios (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2019)

En la cuenca del río Lurín, la producción agrícola se orienta principalmente al mercado nacional, siendo la venta el destino predominante de la cosecha, tanto en la zona media-alta como en la baja. En contraste, los porcentajes destinados al autoconsumo, autoinsumo y alimentación animal son reducidos, lo que refleja que la actividad agrícola en la cuenca está enfocada mayormente en la comercialización antes que en el abastecimiento local (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2020).

La cuenca del río Lurín cuenta con una superficie agrícola total de 8239.7 ha. El distrito con mayor extensión destinada a esta actividad es San Andrés de Tupicocha, con 1666.2 ha en la zona media de la cuenca, seguido por San Damián, que registra 1133.1 ha en la parte alta.

Figura 29

Mapa de superficie agrícola en la cuenca del río Lurín



4.1.2.3. Actividad pecuaria. La actividad pecuaria en la cuenca del río Lurín se caracteriza principalmente por la crianza de ganado vacuno, seguido por ovinos y, en menor proporción, caprinos. Aunque en la parte baja se concentra la mayor cantidad de animales, es en la zona media-alta donde se dispone de una mayor superficie de pastos, lo que supone la existencia de sobrepastoreo en la cuenca baja debido a la presión sobre los recursos forrajeros.

Tabla 20

Actividad pecuaria de la cuenca del río Lurín

Categoría	Cuenca media-alta		Cuenca baja	
	Unid	%	Unid	%
Vacas, toros, bueyes y otros	8,696	19.8	35,222	80.2
Corderos, carneros y otros	14,329	81.2	3,321	18.8
Llamas, alpacas y otros	1,284	93.0	96	7.0
Cabras	6,938	82.0	1,526	18.0
Caballos, potros y yeguas	246	25.0	740	75.1
Burros, burras y mulas	2,144	96.0	90	4.0
Conejos y cuyes	20,026	17.4	95,137	82.6
Pollos, gallinas, gallos, patos, pavos y otros	3,193	0.2	1,502,284	99.8
Cerdos, lechones, gorrinos y otros	38	0.0	100,555	100.0
Total	56,894		1,738,971	

Nota. Adaptado del Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2012)

4.1.2.4. Actividad acuícola. En la cuenca del río Lurín, la acuicultura se desarrolla en zonas específicas y de extensión limitada, donde las condiciones naturales permiten su implementación. En estas áreas, la población local ha orientado sus esfuerzos hacia el cultivo de especies y sistemas que se ajustan de manera adecuada a las particularidades del entorno y de la red hídrica de la cuenca (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2019).

Por otro lado, en la zona media y alta de la cuenca se desarrolla la piscicultura como una actividad complementaria. Los pobladores locales aprovechan quebradas, riachuelos y lagunas naturales para la crianza de alevines y el engorde de truchas, las cuales están destinadas principalmente al autoconsumo, lo que resalta su carácter de subsistencia y su estrecha relación con el modo de vida rural (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2019).

4.1.2.5. Actividad minera. La cuenca del río Lurín alberga 335 derechos mineros y plantas de beneficio, que suman 78,787.7 hectáreas. El 84,8 % de la superficie corresponde a D.M. titulados bajo el D.L. 708 (272 concesiones), lo que refleja la consolidación del marco legal de promoción de inversiones mineras vigente desde los años noventa. Le siguen D.M. titulados por el D.L. 109 (33 concesiones, 5,9 %), títulos previos a la reforma legal, y áreas en trámite bajo el D.L. 708 (25 solicitudes, 8,0 %), que evidencian una presión continua sobre el territorio. También se registran acumulaciones tituladas (1,0 %) y plantas de beneficio (0,3 %), estas últimas relevantes por su demanda hídrica y generación de residuos (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET], 2023).

Más del 90 % de las áreas concesionadas cuenta con título formal, lo que condiciona la aplicación de instrumentos como EIA, PAMA e IGAFOM, así como la fiscalización ambiental. La coexistencia de títulos antiguos y recientes plantea retos para armonizar obligaciones en uso de agua, manejo de relaves y prevención de pasivos. (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET], 2023)

Tabla 21*Actividad minera de la cuenca del río Lurín*

Estado	Cantidad	Área (Ha)	Área (%)
Acumulación D.M. Titulada	3	826.5	1.0
D.M. Titulado D.L. 109	33	4645.4	5.9
D.M. Titulado D.L. 708	272	66784.9	84.8
D.M. en Trámite D.L. 708	25	6287.4	8.0
Planta de Beneficio	2	243.5	0.3
Total	335	78787.7	100

Nota. Adaptado del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET], 2023.

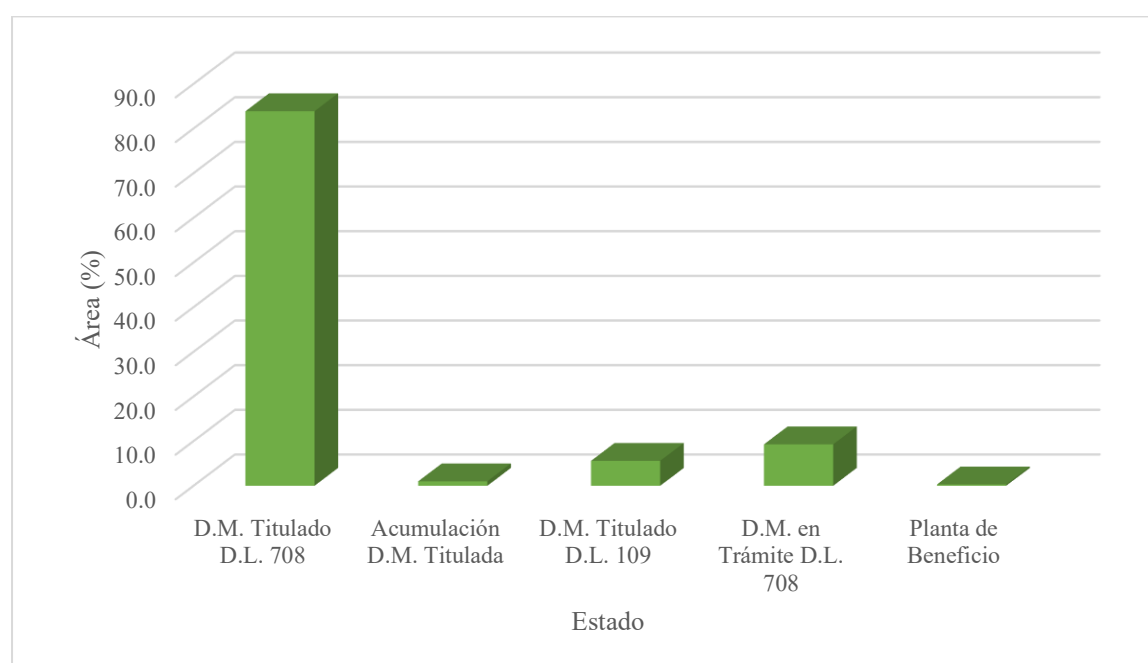
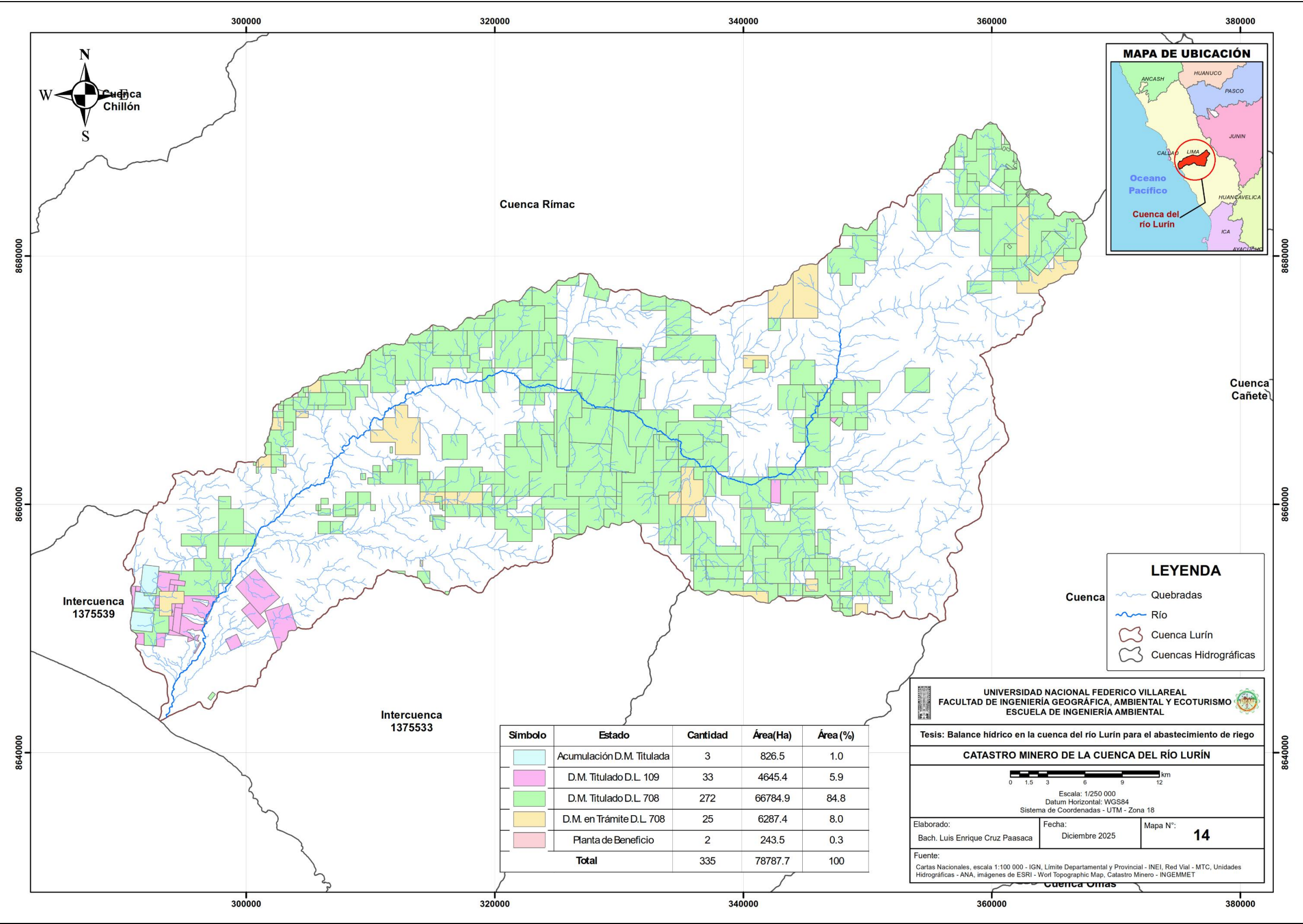
Figura 30*Actividad minera de la cuenca del río Lurín*

Figura 31

Mapa de actividad minera en la cuenca del río Lurín



4.1.2.6. Actividad industrial. En la parte baja de la cuenca se localiza la mayor concentración de actividades industriales, las cuales dependen principalmente del aprovechamiento de aguas subterráneas. Entre estas destacan las industrias dedicadas a la producción de artículos de concreto, cemento y yeso, la elaboración de alimentos balanceados para animales, así como la fabricación de productos plásticos, entre otras (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2019).

A continuación, se presenta la lista de industrias en la cuenca del río Lurín:

Tabla 22

Actividad industrial de la cuenca del río Lurín

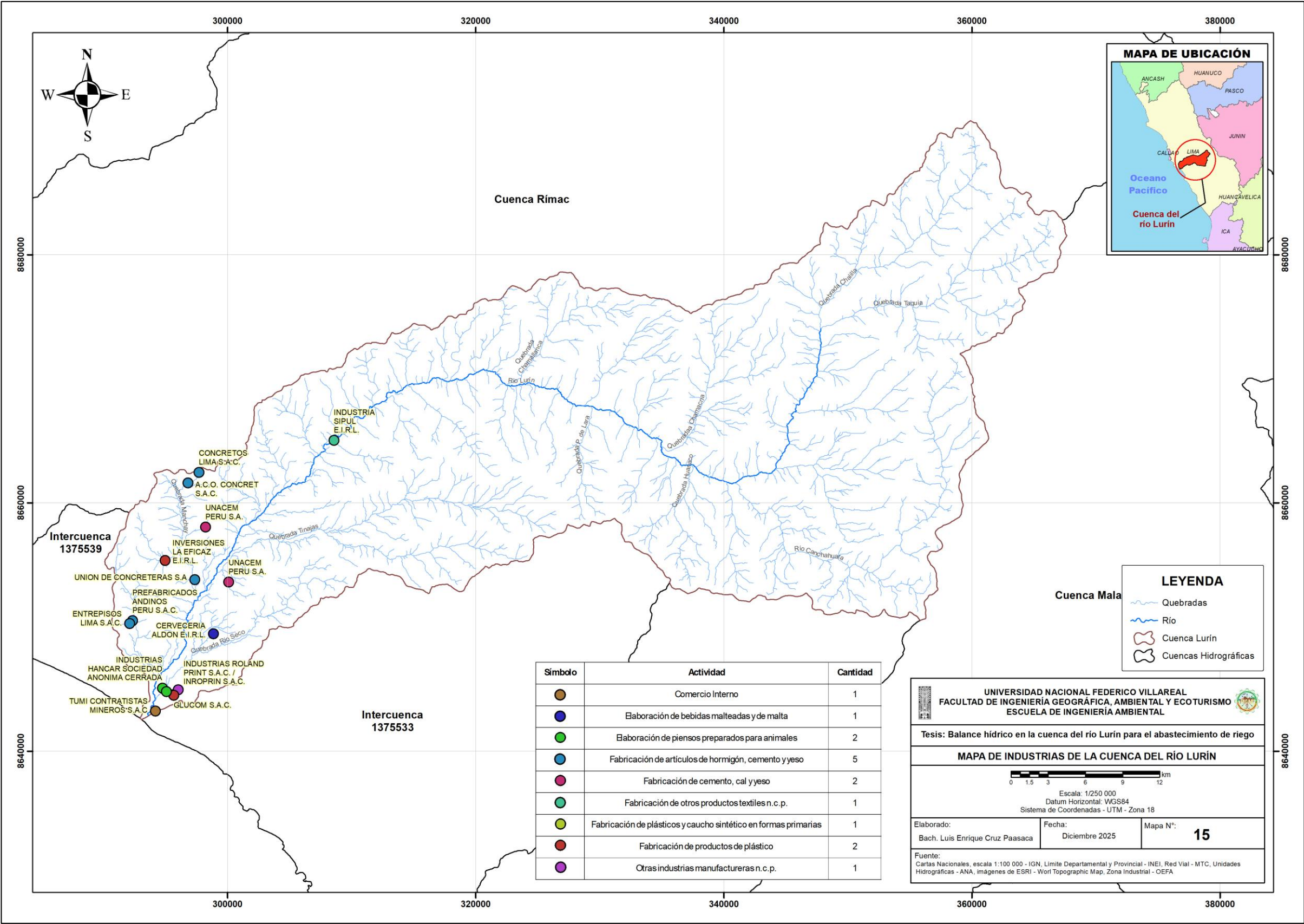
Actividad	Empresa	Nombre de la Industria
Comercio Interno	Tumi Contratistas Mineros S.A.C	Planta Lurín
Elaboración de bebidas malteadas y de malta	Cerveceria Aldon E.I.R.L.	Planta Pachacamac
Elaboración de piensos preparados para animales	Industrias Hancar S.A.C.	Planta Industrial de elaboración de alimentos balanceados para animales
	Corporacion El Solar Del Marques S.A.C.	Planta Lurín
Fabricación de artículos de hormigón, cemento y yeso	Prefabricados Andinos Peru S.A.C.	Planta Villa María del Triunfo
	Entrepisos Lima S.A.C.	Planta Industrial de Elaboración de Productos Prefabricados de Concreto
	Concretos Lima S.A.C.	Planta Cieneguilla
	A.C.O. Concret S.A.C.	Planta Pachacamac

Actividad	Empresa	Nombre de la Industria
	Union De Concreteras S.A	Planta Manchay
Fabricación de cemento, cal y yeso	Unacem Peru S.A.	Cantera Mussa 2
	Unacem Peru S.A.	Planta de Cemento El Silencio 8 y Cantera El Silencio 8
Fabricación de otros productos textiles	Industria Sipul E.I.R.L.	Planta Industrial de Fabricación de Sombreros y Planchas de Fieltrós
Fabricación de plásticos y caucho sintético en formas primarias	Glucom S.A.C.	Planta de Producción
Fabricación de productos de plástico	Iberoplast S.A.C.	Planta de Fabricación de Productos de Plásticos
	Inversiones La Eficaz E.I.R.L.	Planta Villa María del Triunfo
Otras industrias manufactureras	Industrias Roland Print S.A.C. / Inroprin S.A.C.	Planta Pachacamac

Nota. Adaptado del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA] (2024)

Figura 32

Mapa de actividad industrial en la cuenca del río Lurín



4.2. Cálculo de variables hidrometeorológicas

4.2.1. Precipitación

4.2.1.1. Obtención y manejo de datos de precipitación. Se trabajó con los datos registrados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Se identificaron un total de 18 estaciones, dentro de las cuales 8 son convencionales y 10 son pluviométricas, las cuales se encuentran dentro de la cuenca del río Lurín y en las cuencas aledañas del río Rímac y del río Mala.

Las estaciones ubicadas dentro de la cuenca son Santiago de Tuna, Antioquía, Langa, San Lázaro de Escomarca, Manchay Bajo, San Damián y Chalilla. De estas, las tres últimas se encuentran fuera de operación, mientras que las restantes continúan activas en la actualidad. En la cuenca del río Rímac se tienen las estaciones de Campo de Marte, Von Humbolt, Ñaña, Chosica, Santa Eulalia, Canchacalla, Matucana y San José de Parac. Por otra parte, en la cuenca del río Mala se tienen las estaciones Huarochiri y Huancata.

En la tabla 23, se enumeran las estaciones presentes en la investigación utilizadas para la obtención de los datos de precipitación de la cuenca del río Lurín.

Tabla 23

Estaciones de la cuenca del río Lurín

Nº	Nombre	Tipo	Estado	Cuenca	Altitud
1	San Lazaro de Escomarca	CO	Operativa	Lurín	3758
2	Langa	PLU	Operativa	Lurín	2860
3	Antioquia	PLU	Operativa	Lurín	1839
4	Santiago de Tuna	PLU	Operativa	Lurín	2921
5	San Damian	PLU	Paralizada	Lurín	3248
6	Chalilla	PLU	Paralizada	Lurín	4050
7	Manchay Bajo	CO	Paralizada	Lurín	148
8	Huancata	PLU	Operativa	Mala	2684
9	Huarochiri	CO	Paralizada	Mala	3154

Nº	Nombre	Tipo	Estado	Cuenca	Altitud
10	Matucana	CO	Operativa	Rímac	2479
11	Santa Eulalia	PLU	Operativa	Rímac	1040
12	Chosica	PLU	Operativa	Rímac	867
13	Ñaña	CO	Operativa	Rímac	543
14	Canchacalla	CO	Paralizada	Rímac	2554
15	Von Humbolt	PLU	Operativa	Rímac	247
16	San Jose de Parac	PLU	Operativa	Rímac	3866
17	Pantanos de Villa	CO	Paralizada	Rímac	4
18	Campo de Marte	CO	Operativa	Rímac	123

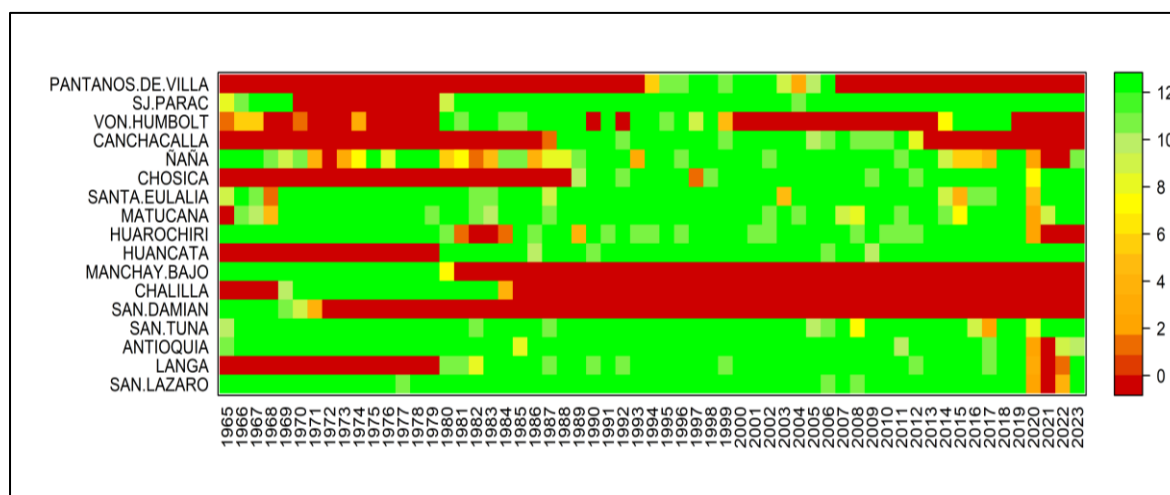
Nota. A partir de la información proporcionada por el SENAMHI

De acuerdo con la información recolectada en la plataforma de descarga de datos del SENAMHI y la solicitud realizada a la entidad para las 18 estaciones, se cuenta con registros que abarcan el periodo 1965–2023.

A continuación, en la figura 33 de disponibilidad de datos de las 18 estaciones desde 1965 hasta el 2023:

Figura 33

Disponibilidad de datos de estaciones pluviométricas



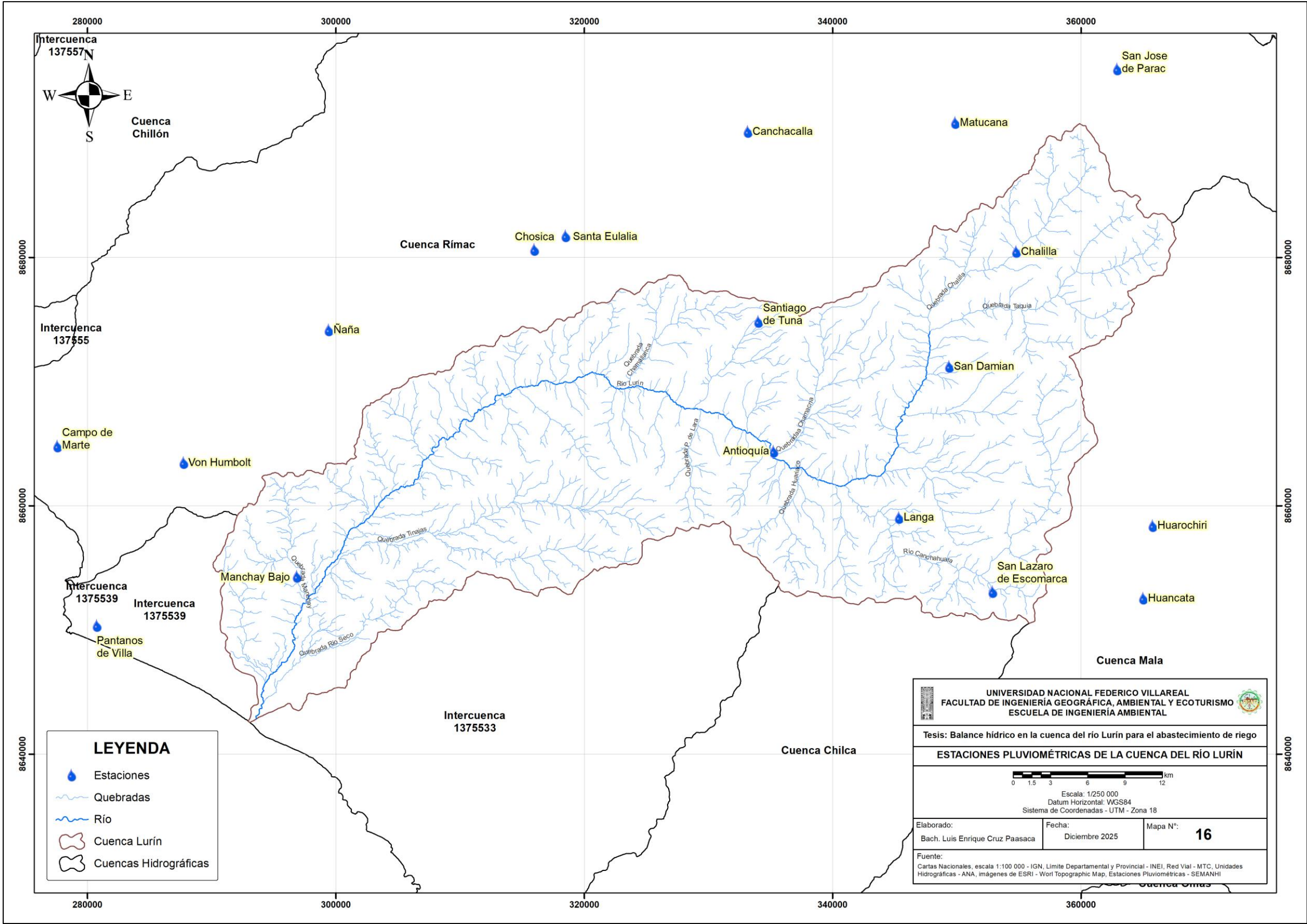
La figura muestra la disponibilidad histórica de registros pluviométricos en 18 estaciones distribuidas en la cuenca del río Lurín, durante el periodo 1965-2023. Se observa

que la cobertura temporal de datos es heterogénea, presentando vacíos de información en varias estaciones y años, especialmente en las décadas de 1970 y 1980, así como en los últimos años en algunas estaciones. Destacan estaciones como Matucana, Huarochirí y Antioquía, que presentan una mayor continuidad en sus registros, mientras que otras, como Pantanos de Villa, Manchay Bajo y San Damián, evidencian amplias discontinuidades. Esta distribución irregular de datos refleja las limitaciones en la disponibilidad de información pluviométrica, lo que hace necesario considerar herramientas de completación de datos pluviométricos.

A continuación, se presentan las estaciones pluviométricas de la cuenca del río Lurín obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Figura 34

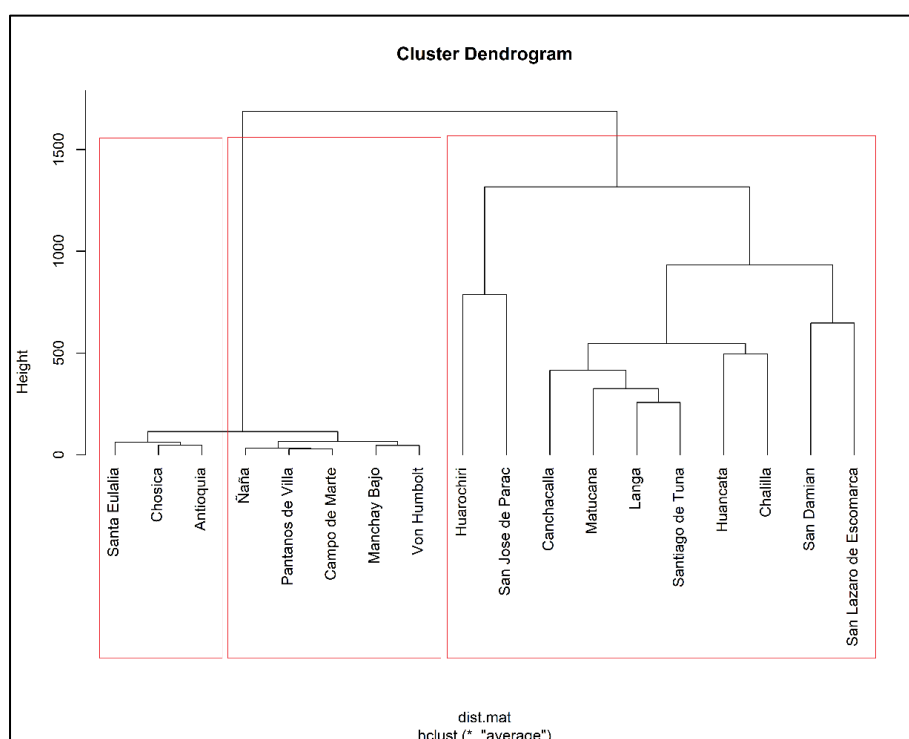
Mapa de estaciones pluviométricas en la cuenca del río Lurín



4.2.1.2. Análisis clúster. En el análisis de las 18 estaciones de la cuenca, se aplicó un análisis clúster con el propósito de conformar regiones homogéneas, agrupando las estaciones en función de sus características comunes. Para ello se consideraron variables como la latitud, longitud, altitud y la precipitación media anual, debido a que influyen directamente en el comportamiento climático, la distribución de la lluvia, la configuración geográfica y los parámetros estadísticos de cada estación. Con el apoyo del software R-Studio se ejecutó este procedimiento, logrando identificar tres regiones homogéneas que se ubican en la parte baja, media y alta de la cuenca. Este resultado permitirá orientar los análisis de manera diferenciada en función de cada región climática.

Figura 35

Análisis Clúster de las estaciones pluviométricas

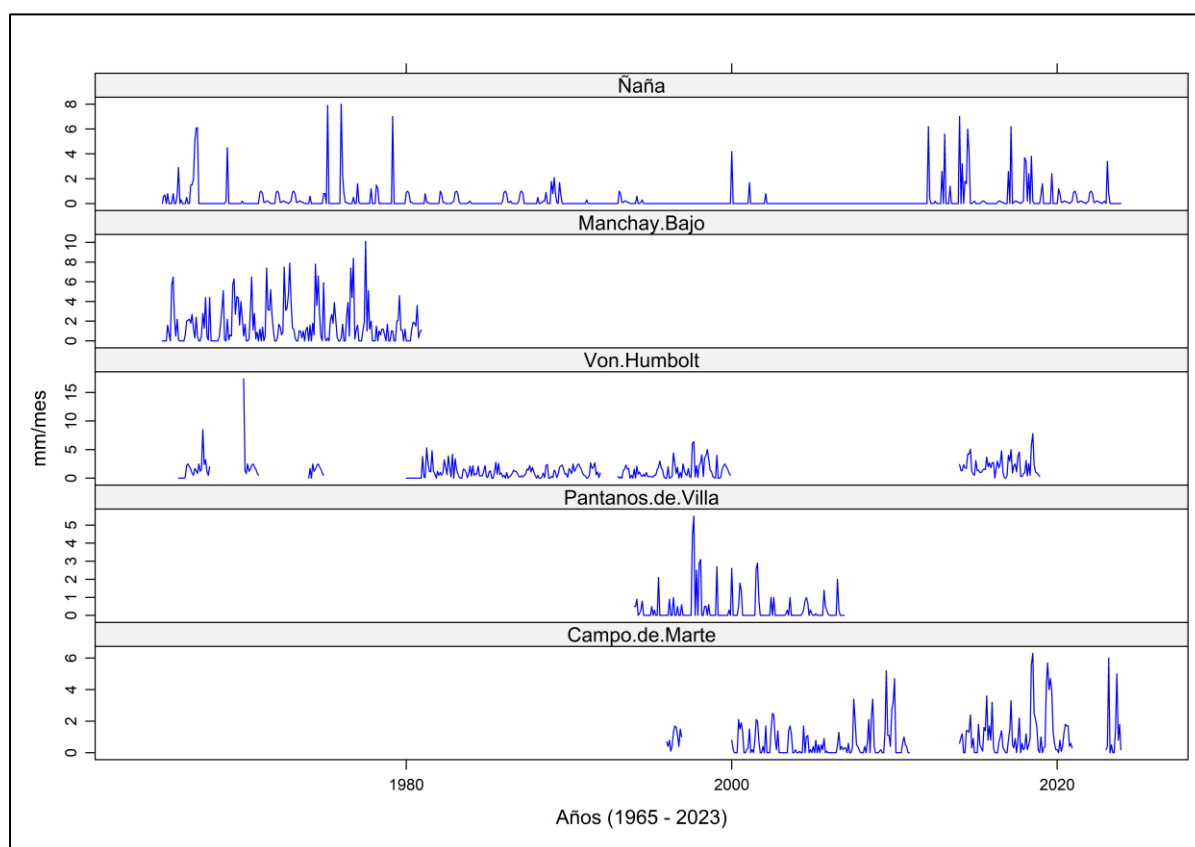


4.2.1.3. Análisis exploratorio de datos. A continuación, la información de precipitación total mensual registrada en las estaciones de la cuenca fue sometida a un análisis exploratorio de datos, seguido de una evaluación de consistencia y homogeneidad. Dichos análisis se llevaron a cabo considerando los grupos de estaciones definidos previamente en el análisis clúster, los cuales se encuentran organizados en la cuenca baja, media y alta.

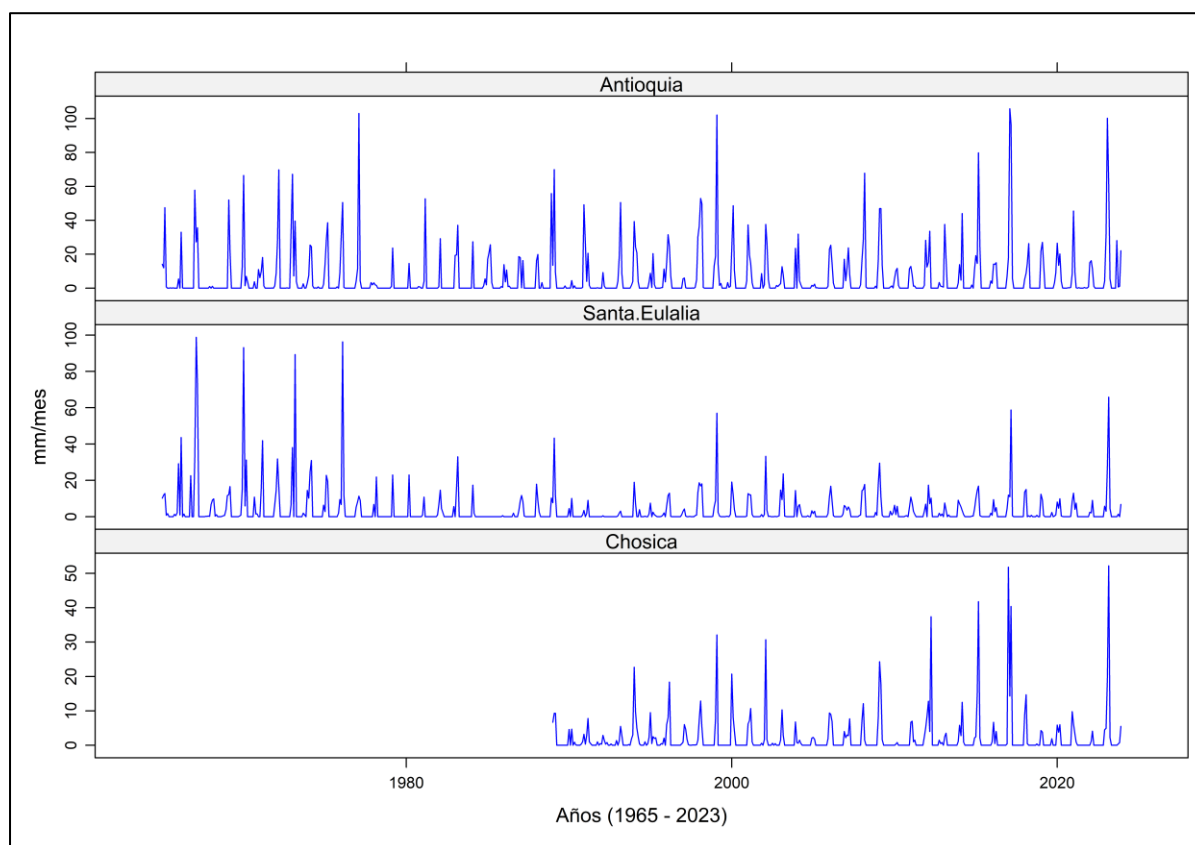
Primero tenemos las precipitaciones de las estaciones ubicadas en la parte baja de la cuenca del río Lurín desde 1965 hasta el 2023:

Figura 36

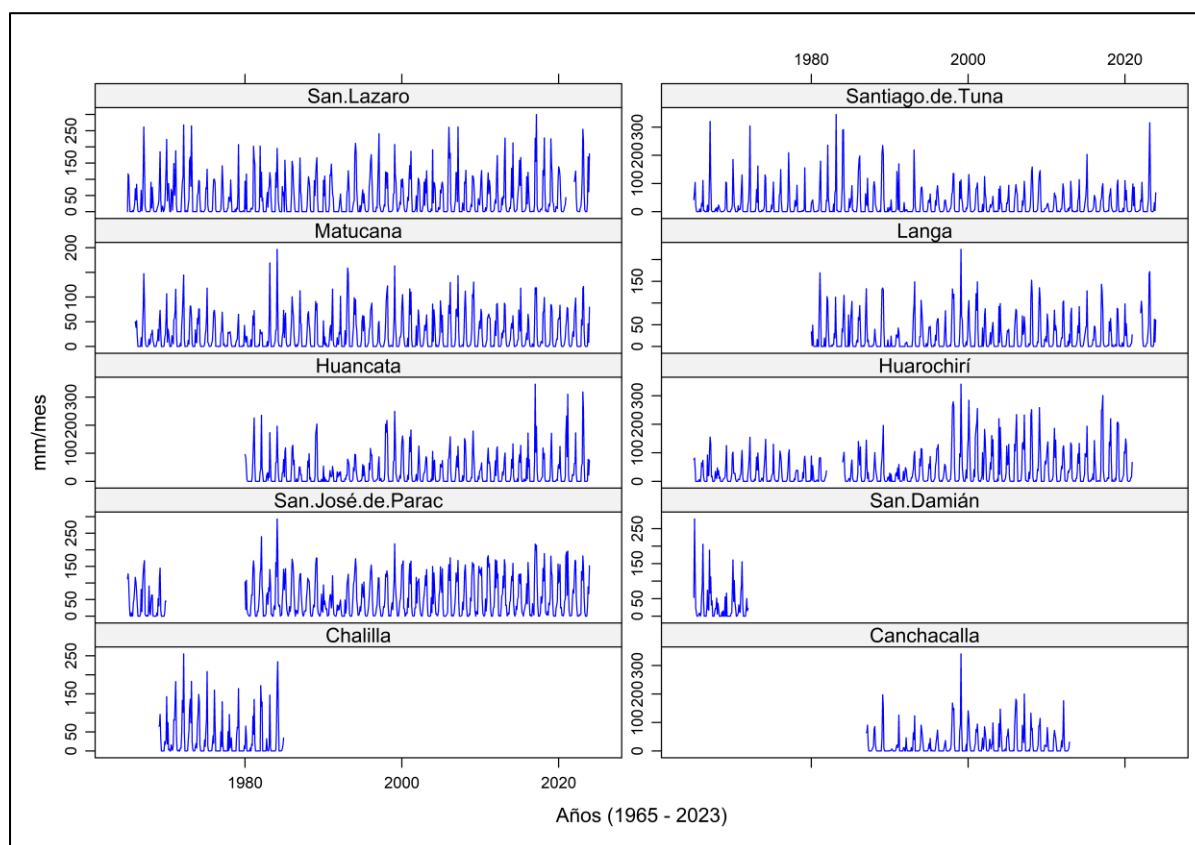
Precipitación en la cuenca baja del río Lurín



Luego, tenemos la precipitación de las estaciones ubicadas en la parte media de la cuenca del río Lurín conformado por las estaciones de Antioquía, Santa Eulalia y Chosica:

Figura 37*Precipitación en la cuenca media del río Lurín*

Posteriormente, tenemos la precipitación de las estaciones ubicadas en la parte alta de la cuenca del río Lurín conformado por las estaciones de San Lázaro de Escomarca, Santiago de Tuna, Chalilla, Huarochirí, Canchacalla, Langa, San Damián, Huancata, Matucana y San José de Parac.

Figura 38*Precipitación en la cuenca alta del río Lurín*

En las estaciones se identificaron ciertos valores atípicos al compararlos con la media del conjunto de estaciones, por lo que fueron descartados y clasificados como datos dudosos dentro del análisis. Posteriormente, se procedió a efectuar las pruebas de consistencia y homogeneidad correspondientes a cada vector regional.

4.2.1.4. Análisis de homogeneidad de la serie de datos. En este estudio se empleó la metodología del Vector Regional con el propósito de evaluar la homogeneidad de la información pluviométrica y asegurar su consistencia. Para ello, se trabajó con los tres grupos de estaciones definidos previamente, en los cuales además se realizará la completación de datos faltantes.

Las figuras 39, 40 y 41 muestran los gráficos de los índices anuales obtenidos para cada grupo. En dichos gráficos, la línea roja continua representa el Vector Regional, mientras que

las líneas rojas discontinuas delimitan los márgenes establecidos por la metodología propuesta por Brunet Moret. Por su parte, las demás líneas de diferentes colores corresponden a los índices individuales de cada estación.

En el caso específico de la figura 39, no fue posible consolidar un vector regional representativo debido a que las precipitaciones registradas resultaron muy bajas y presentaron irregularidades respecto a los registros históricos.

Figura 39

Vector Regional de la serie anual del grupo N°1

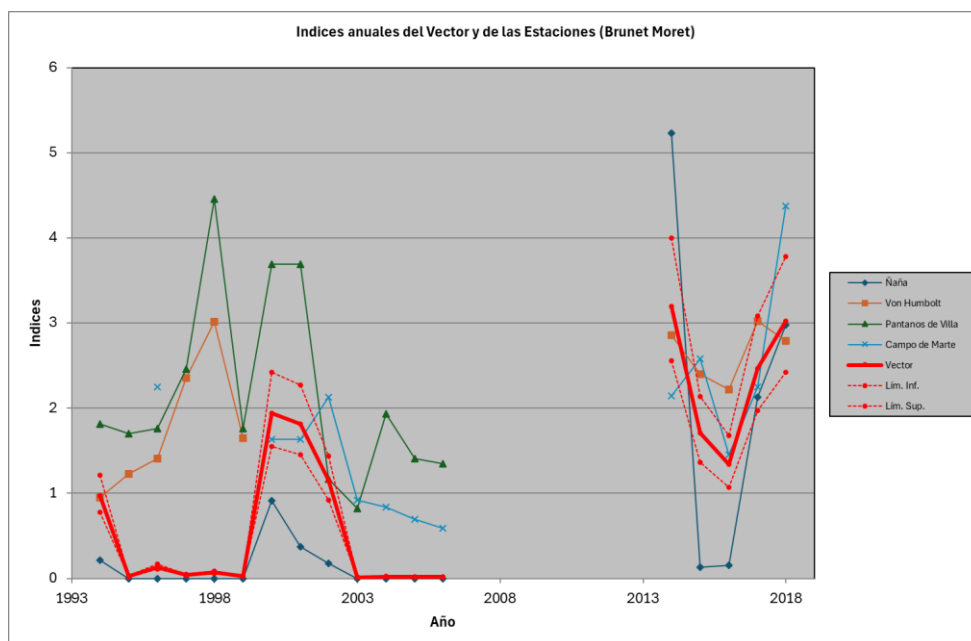
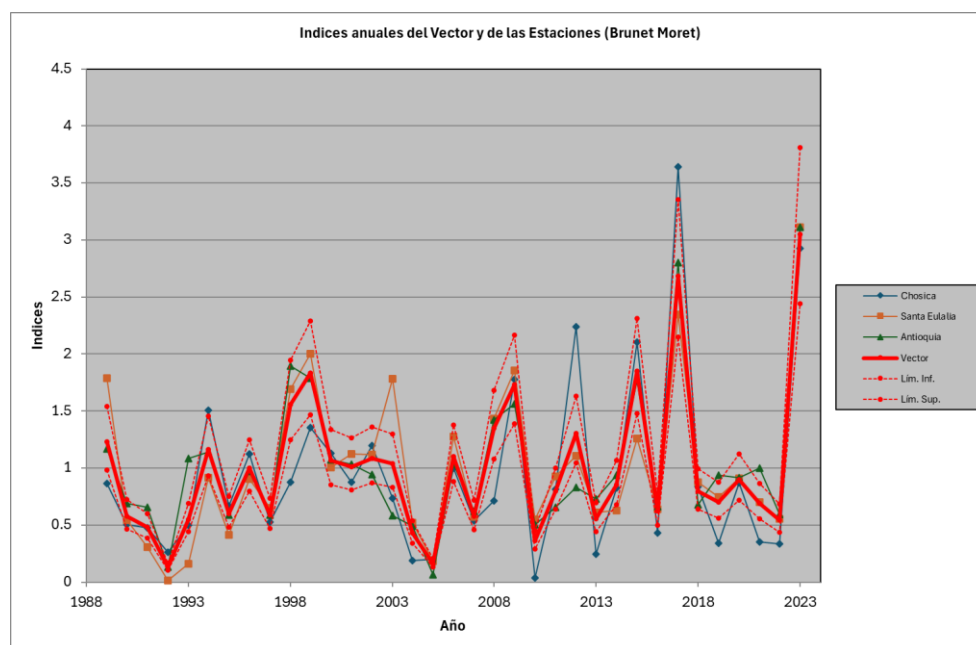
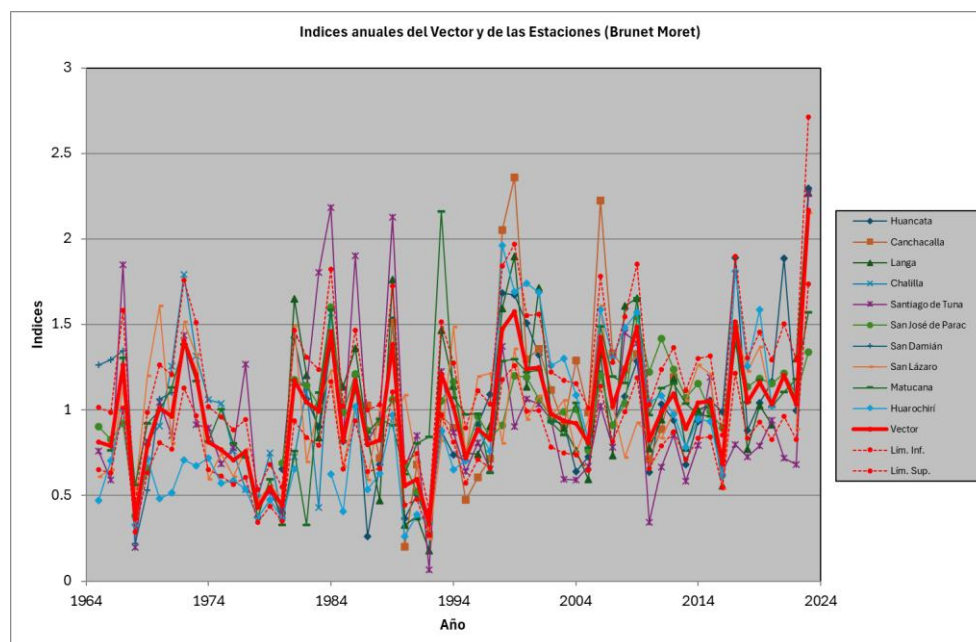


Figura 40

Vector Regional de la serie anual del grupo N°2

**Figura 41**

Vector Regional de la serie anual del grupo N°3



Los coeficientes de correlación son comparados en base a cada vector regional establecido, en el grupo 1 las correlaciones superan al 0.7 excepto en los casos de las estaciones

Von Humbolt y Pantanos de Villa que tienen coeficientes de 0.5 y 0.4 respectivamente. En los grupos 2 y 3 cuentan con correlaciones mayores a 0.7.

Tabla 24

Coeficiente de correlación en relación al Vector Regional Grupo 01

Nombre de la Estación	Nº Años	Media Obs.	Media Calculada	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
Ñaña	18	3.1	4.6	0.846	0.818
Von Humbolt	11	20.4	9.4	1.395	0.568
Pantanos de Villa	13	3.7	1.7	1.937	0.45
Campo de Marte	13	8.8	4.9	0.943	0.728

Tabla 25

Coeficiente de correlación en relación al Vector Regional Grupo 02

Nombre de la Estación	Nº Años	Media Obs.	Media Calculada	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
Chosica	35	27.6	29.2	0.337	0.908
Santa Eulalia	35	35.3	35.1	0.234	0.934
Antioquía	35	82.1	80.6	0.187	0.956

Tabla 26

Coeficiente de correlación en relación al Vector Regional Grupo 03

Nombre de la Estación	Nº Años	Media Obs.	Media Calculada	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
Huancata	44	398.8	383.1	0.213	0.869
Canchacalla	26	292.6	268.3	0.303	0.878
Langa	43	272.2	255.2	0.207	0.911
Chalilla	16	377.9	404.4	0.253	0.772
Santiago de Tuna	59	315.3	332.4	0.32	0.722
San José de Parac	49	639.5	625.3	0.214	0.766
San Damián	7	397.1	407.5	0.286	0.768

Nombre de la Estación	Nº Años	Media Obs.	Media Calculada	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
San Lázaro de Escomarca	58	490.9	501.2	0.256	0.721
Matucana	58	291	286.1	0.233	0.748
Huarocharí	54	440.8	490.7	0.302	0.743

4.2.1.5. Análisis de saltos y tendencias.

Se identifican los siguientes análisis:

A. Análisis de saltos. En este estudio se empleó el software R-Studio, que incorpora la prueba de Pettitt, utilizada en hidrología para detectar cambios abruptos dentro de una serie temporal. Una de sus principales fortalezas es que no requiere que los datos sigan una distribución determinada, lo cual resulta apropiado para la información hidrológica que suele presentar alta variabilidad. Este procedimiento permite señalar el año en el que se produce una posible alteración en la tendencia o en el nivel medio de la serie y, a través del valor p (p-value), verificar si el cambio encontrado tiene significancia estadística. De esta manera, la aplicación del test de Pettitt brinda un respaldo técnico para identificar variaciones importantes en el comportamiento hidrológico de las estaciones analizadas.

A continuación, se presenta el análisis de saltos para las 18 estaciones:

Tabla 27

Resultado estadístico de la prueba Pettitt a la serie anual de precipitaciones

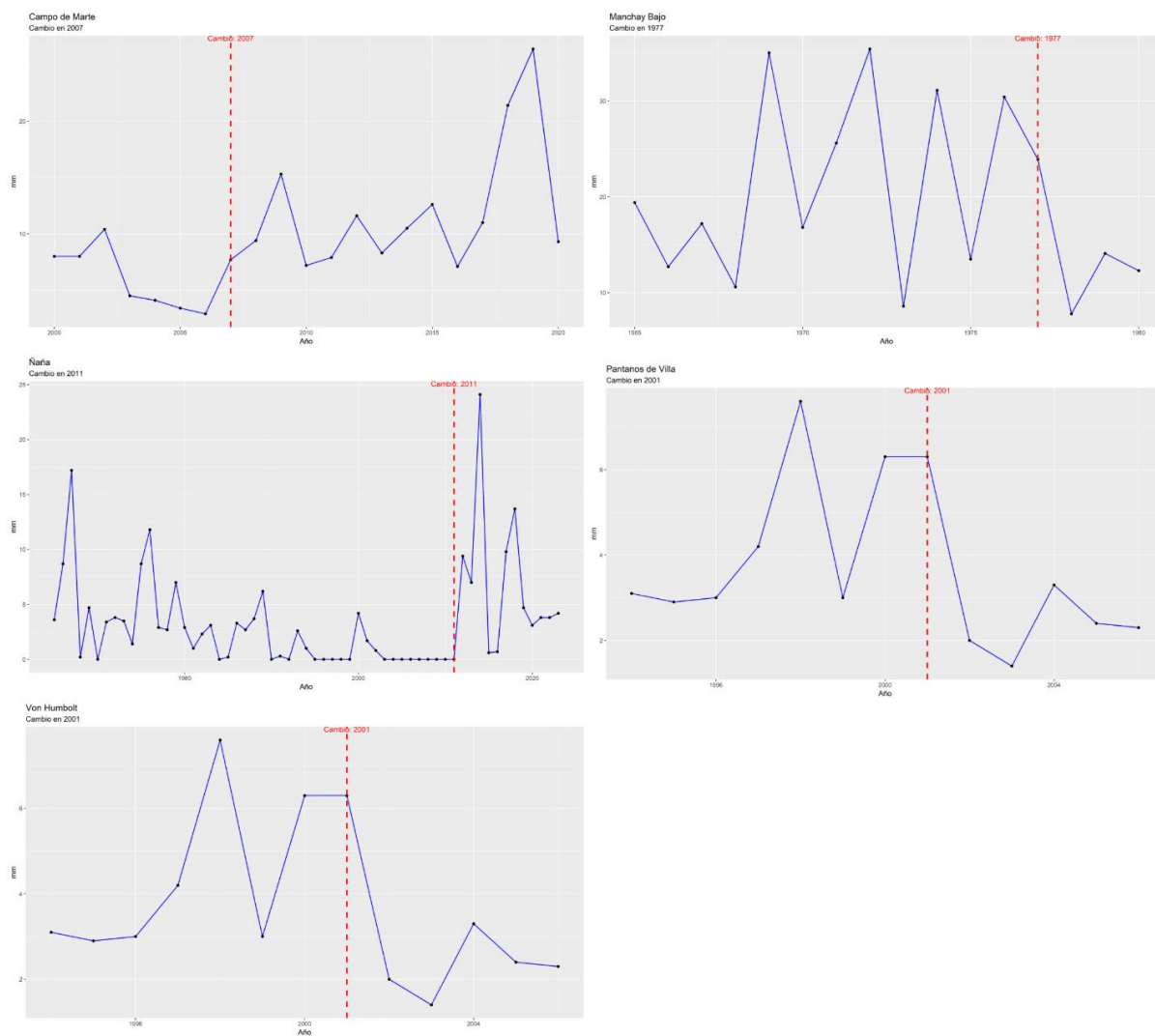
Estación	Análisis de Saltos - Pettit		
	Año de cambio	p-value	Salto
Ñaña	2011	0.05925	Sí, no significativo
Von Humbolt	1995	0.46173	Sí, no significativo
Pantanos de Villa	2001	0.14903	Sí, no significativo
Manchay Bajo	1977	0.73205	Sí, no significativo
Campo de Marte	2007	0.05620	Sí, no significativo
Antioquía	1992	0.74030	Sí, no significativo
Santa Eulalia	1976	0.00483	Sí, significativo
Chosica	1993	1.00000	Sí, no significativo

Estación	Análisis de Saltos - Pettit		
	Año de cambio	p-value	Salto
Huancata	1996	0.11068	Sí, no significativo
Canchacalla	1997	0.01902	Sí, significativo
Langa	1997	1.00000	Sí, no significativo
Chalilla	1975	0.15629	Sí, no significativo
Santiago de Tuna	2002	0.92357	Sí, no significativo
San José de Parac	2008	0.01587	Sí, significativo
San Damián	1967	0.22070	Sí, no significativo
San Lázaro de Escomarca	1993	0.10775	Sí, no significativo
Matucana	1992	0.00850	Sí, significativo
Huarocharí	1997	0.00027	Sí, significativo

En base al análisis se puede evidenciar que todas las estaciones presentan saltos, en el caso de las estaciones de Santa Eulalia, Canchacalla, San José de Parac, Matucana y Huarocharí tienen saltos significativos. Se decidió que aquellas estaciones con saltos significativos al 95% y 99% no sean intervenidas a un tipo de corrección, por motivo de modelamiento hidrológico.

Figura 42

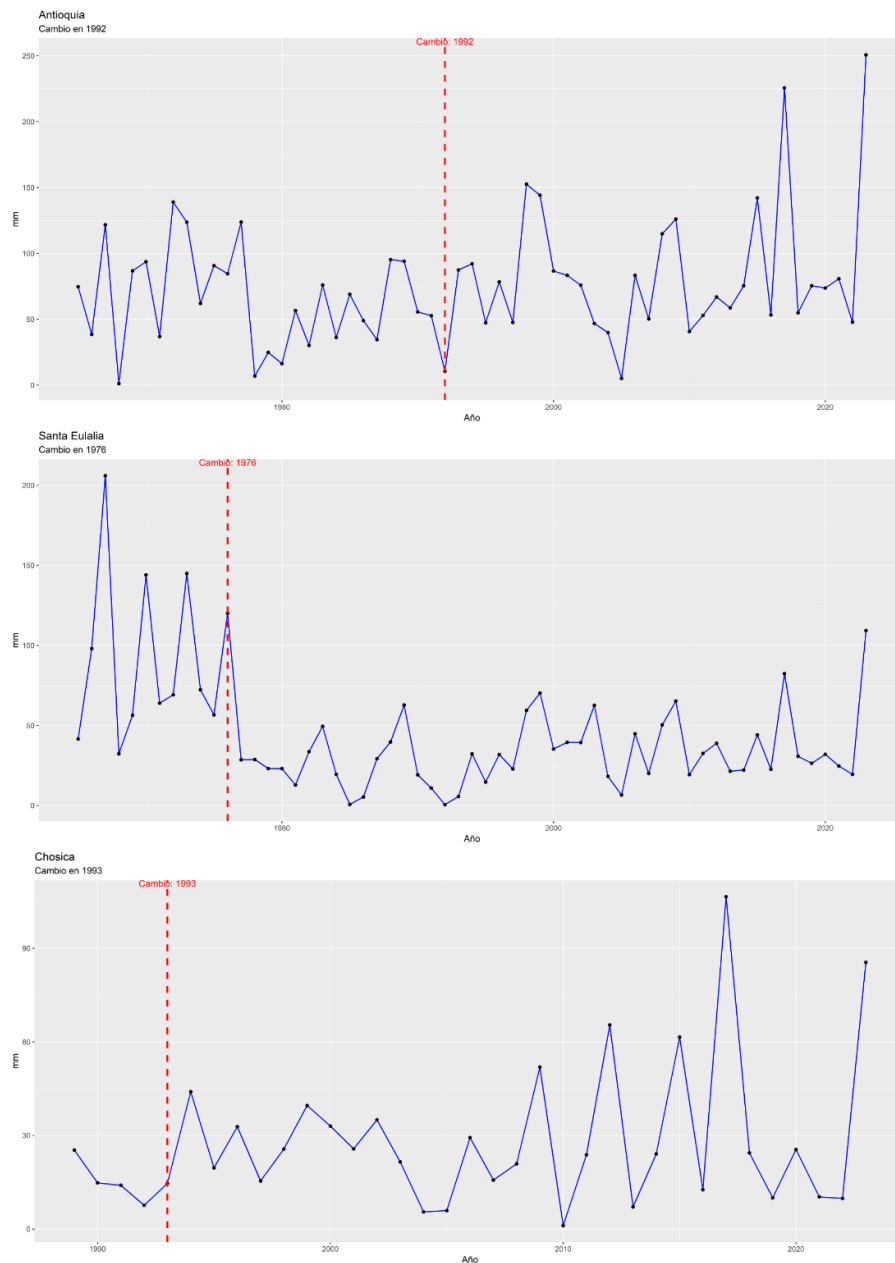
Prueba de Pettitt aplicado a la serie anual de precipitaciones del grupo 1



En base al análisis realizado con la prueba de Pettitt en el grupo 1 se definieron los saltos de las estaciones pero que no son significativos. En la estación de Campo de Marte el salto es en 2007, de Manchay Bajo en 1977, de Ñaña en 2011, de Pantanos de Villa en 2001 y de Von Humbolt en 1995.

Figura 43

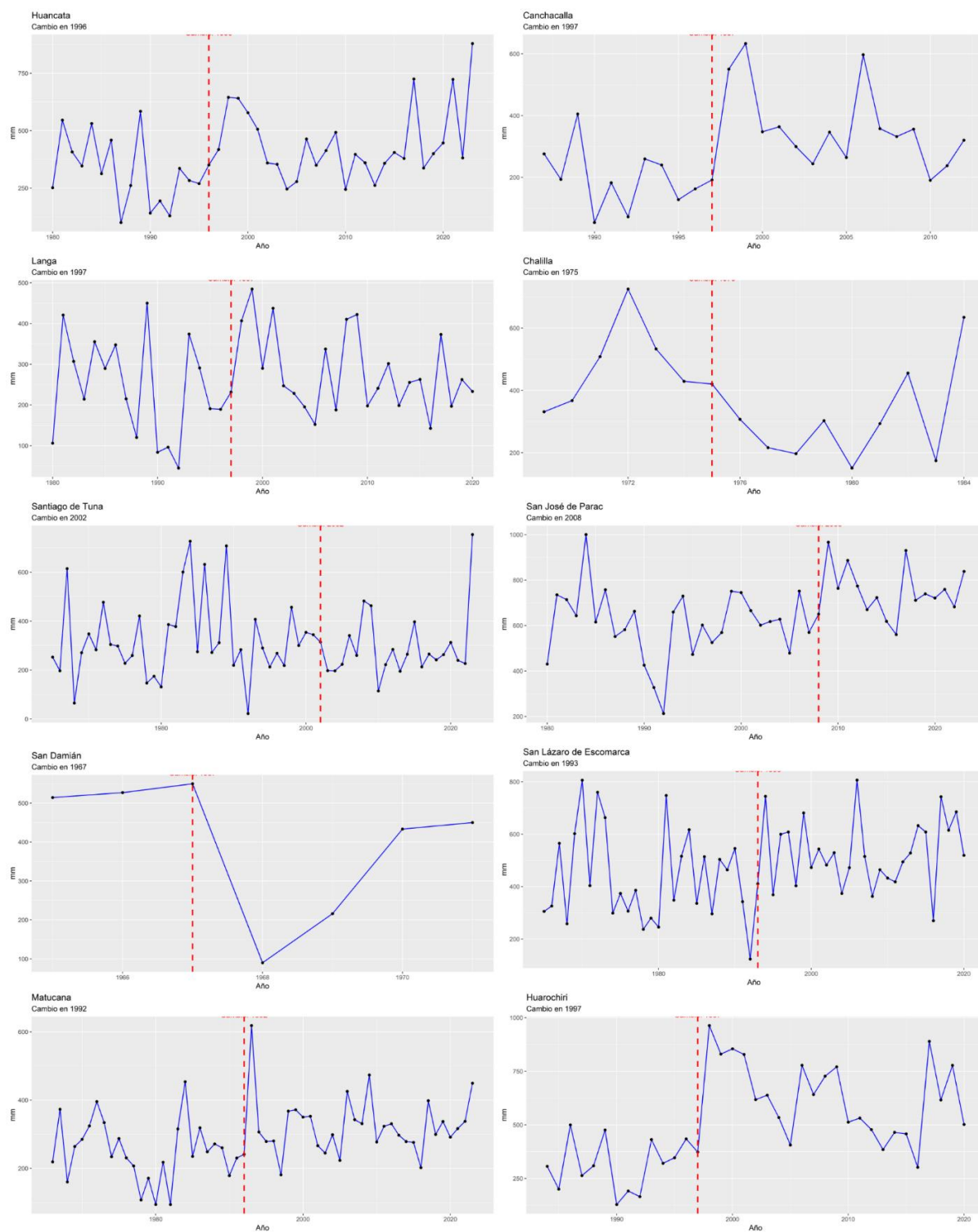
Prueba de Pettitt aplicado a la serie anual de precipitaciones del grupo 2



En base al análisis realizado con la prueba de Pettitt en el grupo 2 se definieron los saltos de las estaciones pero que no son significativos a excepción de la estación Santa Eulalia. En la estación de Antioquía el salto es en 1992, de Santa Eulalia en 1976 y de Chosica en 1993.

Figura 44

Prueba de Pettitt aplicado a la serie anual de precipitaciones del grupo 3



Con el análisis realizado mediante la prueba de Pettitt en el grupo 3, se determinaron los años en que ocurrieron los saltos en cada estación. Los resultados evidencian saltos

estadísticamente significativos en Canchacalla en 1997, San José de Parac en 2008, Matucana en 1992 y Huarochirí en 1997.

B. Análisis de tendencias. Para evaluar la existencia de tendencias en las series de precipitación de la cuenca, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Kendall, la cual permite identificar si existe un cambio significativo en el comportamiento de los datos a lo largo del tiempo sin necesidad de asumir una distribución específica. Los resultados muestran que, en la mayoría de estaciones, no se evidencian tendencias significativas; sin embargo, en San José de Parac, San Lázaro de Escomarca, Matucana y Huarochirí sí se identificaron tendencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), lo que indica que en estos puntos de control las precipitaciones han experimentado variaciones sistemáticas en el periodo analizado.

Figura 45

Resultado estadístico de la prueba Mann-Kendall

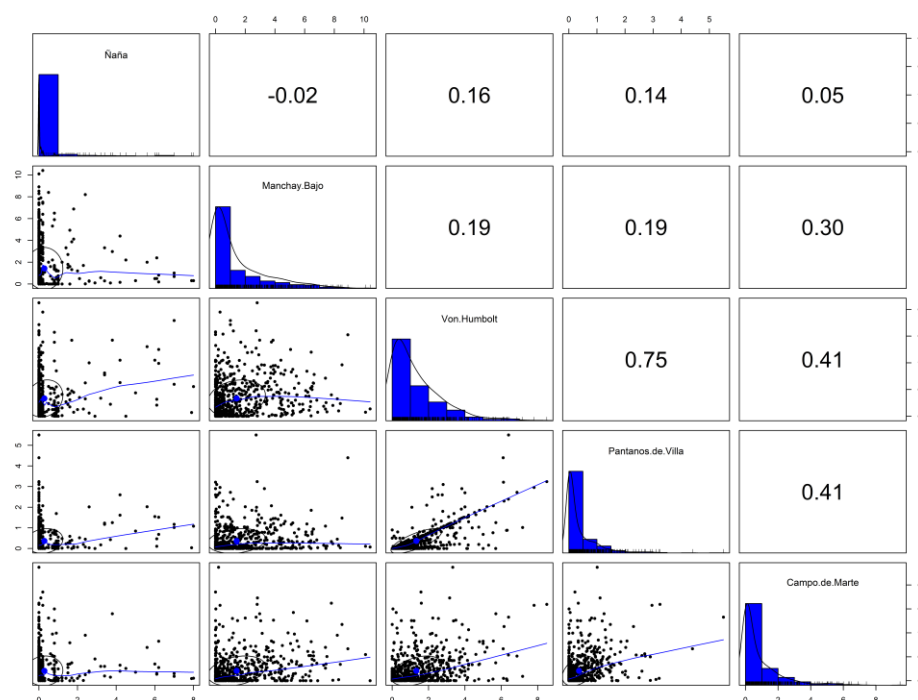
Estación	Mann-Kendall		
	Sen Stope	p-value	Tend
Ñaña	-1.22	0.22	No
Von Humbolt	0.46	0.65	No
Pantanos de Villa	-1.04	0.30	No
Manchay Bajo	-0.68	0.50	No
Campo de Marte	2.36	0.02	No
Antioquía	0.88	0.38	No
Santa Eulalia	-1.74	0.08	No
Chosica	0.45	0.65	No
Huancata	1.83	0.07	No
Canchacalla	1.45	0.15	No
Langa	0.00	1.00	No
Chalilla	-1.49	0.14	No
Santiago de Tuna	-0.47	0.64	No
San José de Parac	2.42	0.02	Si

Estación	Mann-Kendall		
	Sen Stope	p-value	Tend
San Damián	-0.30	0.76	No
San Lázaro de Escomarca	2.01	0.04	Si
Matucana	2.60	0.01	Si
Huarochirí	2.52	0.01	Si

En la presente tabla se identificaron tendencias en las estaciones de San José de Parac, San Lázaro de Escomarca, Matucana y Huarochirí. Las 4 estaciones presentan tendencias positivas que no requerirán algún tipo de cambio con fines de modelamiento hidrológico.

4.2.1.6. Completación de datos faltantes. Para la completación de datos faltantes se utilizó el método de regresión lineal múltiple combinado con el método de CUTOFF, se necesitaron ambos métodos ya que se contaba con grandes vacíos de información en las estaciones que impedía el correcto uso de la herramienta CUTOFF. El método de CUTOFF se tomó con un umbral de 0.7 y considerando el periodo de análisis de 1965 al 2023.

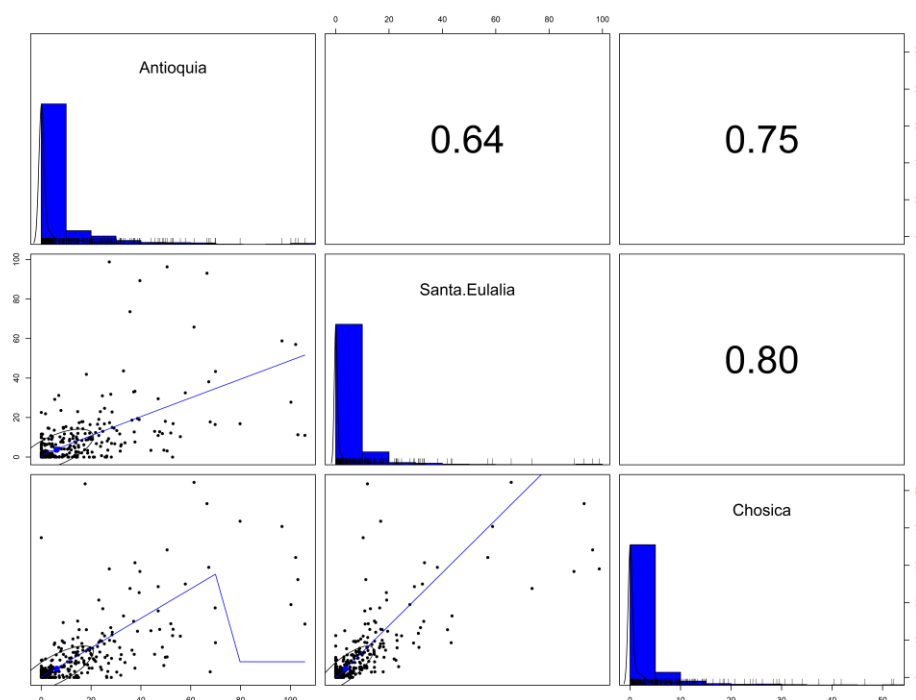
Primero se definió la correlación entre estaciones previamente a la completación y extensión de datos, de acuerdo a los vectores regionales definidos previamente:

Figura 46*Correlación entre cada estación del grupo 01*

En la figura 46 se muestran las correlaciones entre las estaciones pluviométricas consideradas en el estudio. Se aprecia que, en general, las correlaciones entre estaciones cercanas a la costa como Naña, Manchay Bajo, Pantanos de Villa y Campo de Marte son bajas, lo que se debería principalmente a la presencia de numerosos valores ceros en sus registros, característicos de la escasa precipitación en la franja costera del Perú. Por otro lado, la estación Von Humbolt presenta una correlación más significativa ($r = 0.75$), lo que evidencia una mayor coherencia en la variabilidad de sus datos respecto a las demás. Estos resultados reflejan la marcada heterogeneidad espacial de la precipitación en la cuenca y la influencia directa de la ubicación geográfica en la consistencia de los registros pluviométricos.

Figura 47

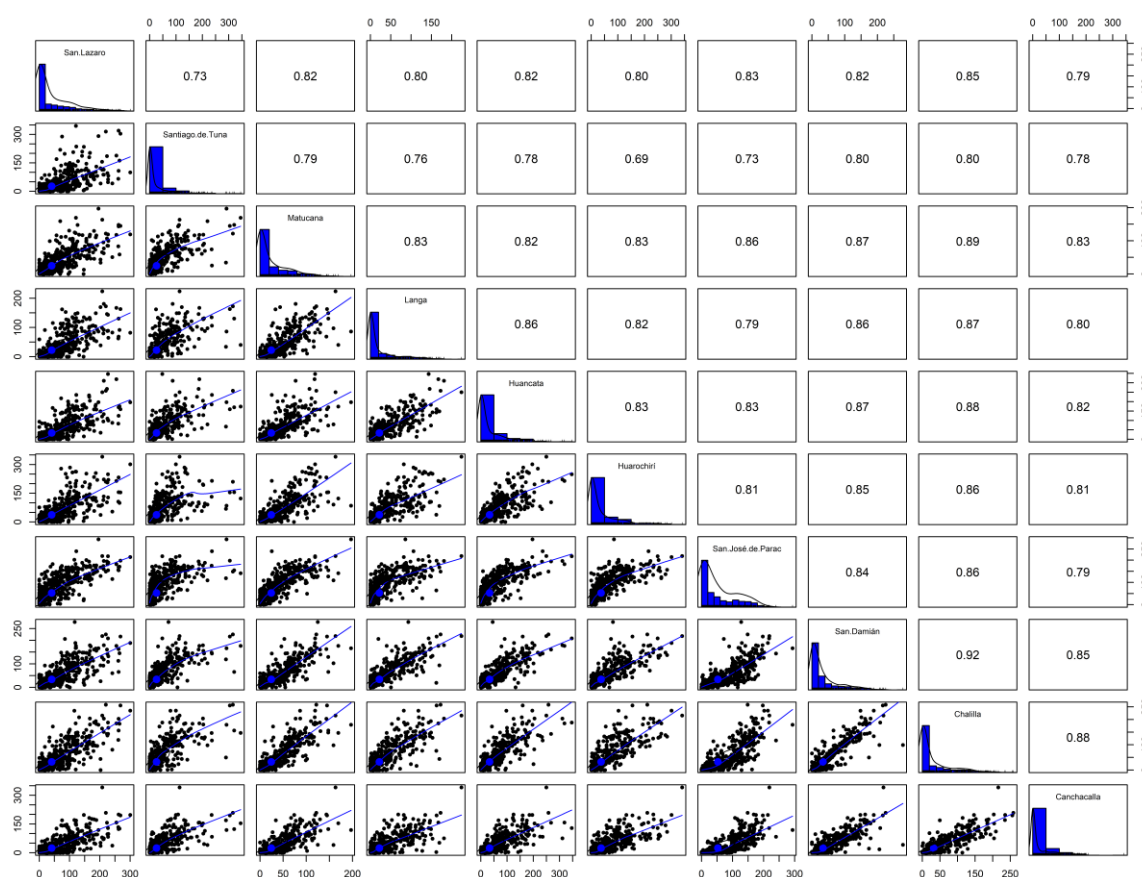
Correlación entre cada estación del grupo 02



En la figura 47 se presentan las correlaciones entre las estaciones de Antioquía, Santa Eulalia y Chosica. A diferencia de las estaciones ubicadas en la zona costera, aquí se observa una mayor coherencia en los registros de precipitación, con coeficientes de correlación que varían entre 0.64 y 0.80. La relación más alta corresponde entre Santa Eulalia y Chosica ($r = 0.80$), lo que refleja un comportamiento pluviométrico más consistente en la zona media y alta de la cuenca del río Lurín. Estos resultados evidencian que, en sectores más alejados de la influencia costera, las precipitaciones presentan una mayor sincronía espacial, lo que permite contar con información más confiable para el análisis hidrológico y el balance hídrico.

Figura 48

Correlación entre cada estación del grupo 03



En la figura 48 se observa la matriz de correlaciones entre un conjunto más amplio de estaciones pluviométricas ubicadas en la zona media y alta de la cuenca del río Lurín. Los coeficientes muestran valores moderados a altos, que van desde 0.69 hasta 0.92. Destaca la fuerte correlación entre San Damián y el resto de estaciones ($r = 0.92$), lo que indica un patrón pluviométrico muy consistente en esta parte de la cuenca. En general, la distribución de correlaciones sugiere que la dinámica de las lluvias en las zonas altoandinas mantiene una sincronía notable, reforzando la confiabilidad de estos datos para el análisis hidrológico.

Posteriormente, se procedió con la completación de datos mediante el método de regresión lineal múltiple con el programa HEC-4 y posteriormente con el método CUTOFF con el programa R-studio con un umbral de 0.7. Este método se realizó con los 3 grupos

formados en el análisis clúster, a continuación, se presentan los resultados de la completación de datos en formato de histogramas:

Figura 49

Histogramas de precipitación mensual completada Grupo 01

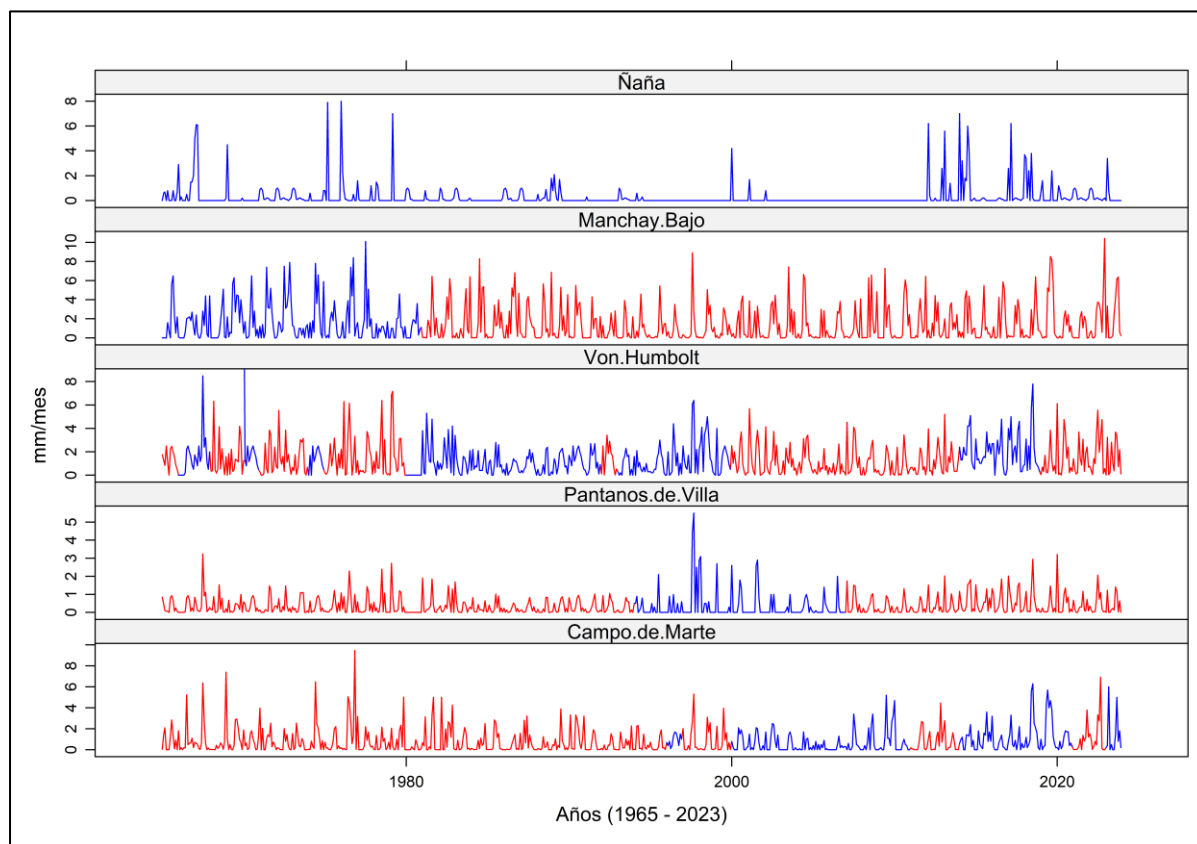


Figura 50

Histogramas de precipitación mensual completada Grupo 02

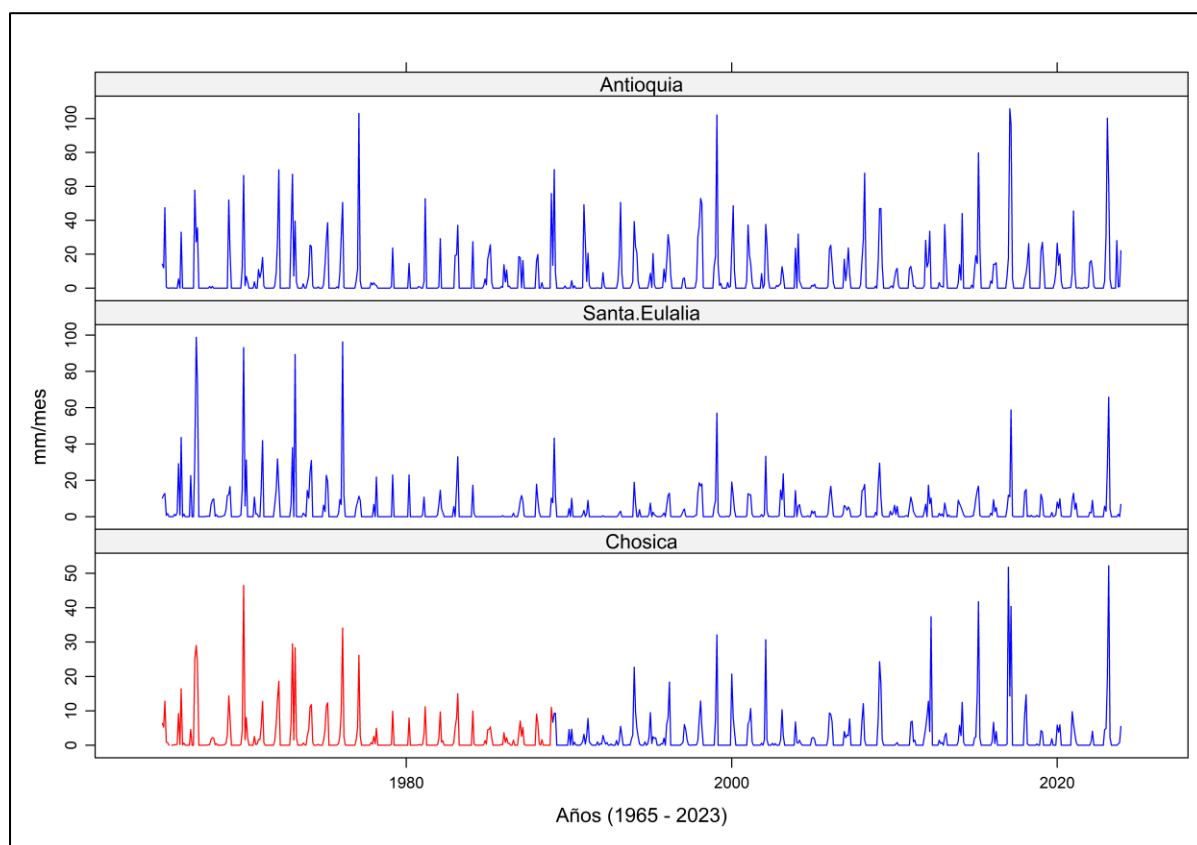
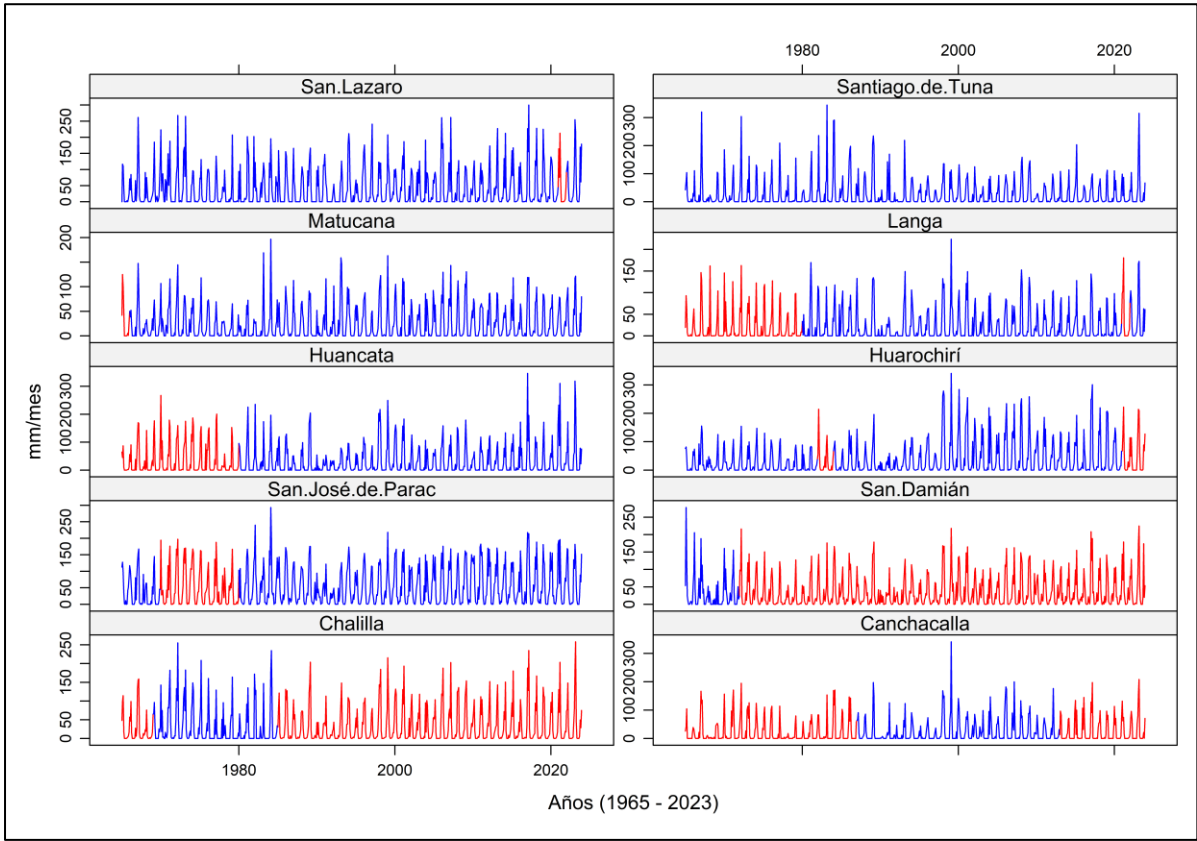


Figura 51

Histogramas de precipitación mensual completada Grupo 03



4.2.1.7. Determinación de años seco, medio y húmedo. Se determinan los siguientes análisis de años:

A. Determinación de año seco. Se analizaron las precipitaciones de años secos de las estaciones:

Tabla 28

Precipitación en año seco, 1994-1995

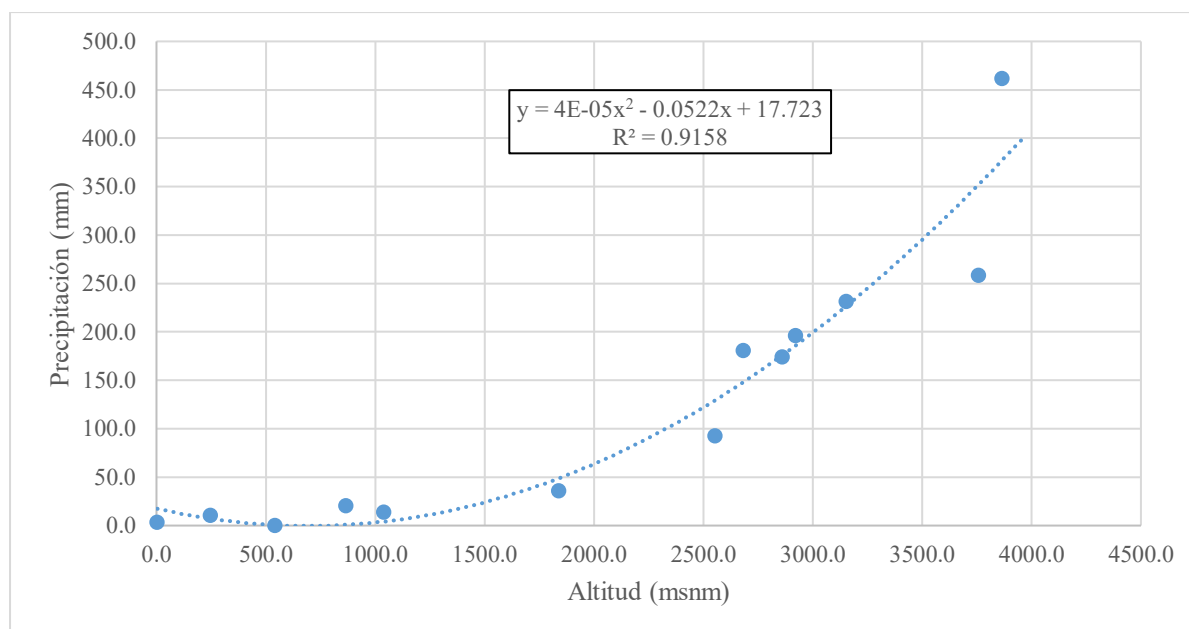
Nº	Nombre	Altitud (m.s.n.m.)	Precipitación año seco (mm)
1	Pantanos de Villa	4.0	2.9
2	Von Humbolt	247.0	10.0
3	Ñaña	543.0	0.0
4	Chosica	867.0	20.4
5	Santa Eulalia	1040.0	13.5

Nº	Nombre	Altitud (m.s.n.m.)	Precipitación año seco (mm)
6	Antioquia	1839.0	35.4
7	Canchacalla	2554.0	92.4
8	Huancata	2684.0	180.3
9	Langa	2860.0	173.6
10	Santiago de Tuna	2921.0	195.7
11	Huarochari	3154.0	231.2
12	San Lazaro de Escomarca	3758.0	258.2
13	San Jose de Parac	3866.0	461.1

Al realizar la correlación entre las altitudes de las estaciones con los valores medios anuales de años secos se obtiene la siguiente gráfica con línea de tendencia polinómica:

Figura 52

Correlación de año seco



Se aplicó el método de isoyetas considerando una ecuación polinómica para estimar la precipitación. Para ello, primero se generó una malla de puntos alrededor de la cuenca del río Lurín mediante la herramienta “Create Fishnet”. Posteriormente, se extrajeron los valores de

altitud de cada punto utilizando un raster obtenido de NASA Earthdata y la herramienta “Extract Values to Point”.

Luego, se calculó la precipitación en las estaciones ficticias aplicando la ecuación polinómica mediante la herramienta “Field Calculator” de la tabla de atributos. Finalmente, se generaron las isoyetas correspondientes al año seco utilizando la herramienta “Spline” de ArcGIS, la cual fue seleccionada por ofrecer superficies más suaves y continuas.

Para el cálculo de la precipitación del año seco de la cuenca se utilizaron las áreas parciales formadas a partir de las isoyetas:

Tabla 29

Cálculo de precipitación en año seco, 1994-1995

Rango de Pp (mm)		Pp media (mm)	Area (km2)	A*Pp
Pp min	Pp max			
0	10	5	303.2	3757.0
10	25	17.5	199.1	3312.4
25	50	37.5	119.7	5660.7
50	100	75	105.9	5458.8
100	200	150	195.8	3171.4
200	300	250	107.9	19215.2
300	400	350	205.2	10799.5
400	500	450	131.4	13115.7
500	600	550	142.2	29282.5
600	700	650	85.9	71935.2
700	800	750	46.2	70617.4
Total			1642.5	373388.8

De la tabla se realizó el cálculo de la precipitación con la siguiente fórmula:

$$Pp_M = \frac{\sum(A * Pp)}{\sum(At)}$$

Donde:

Pp_M = Precipitación media de la subcuenca

A = Área parcial

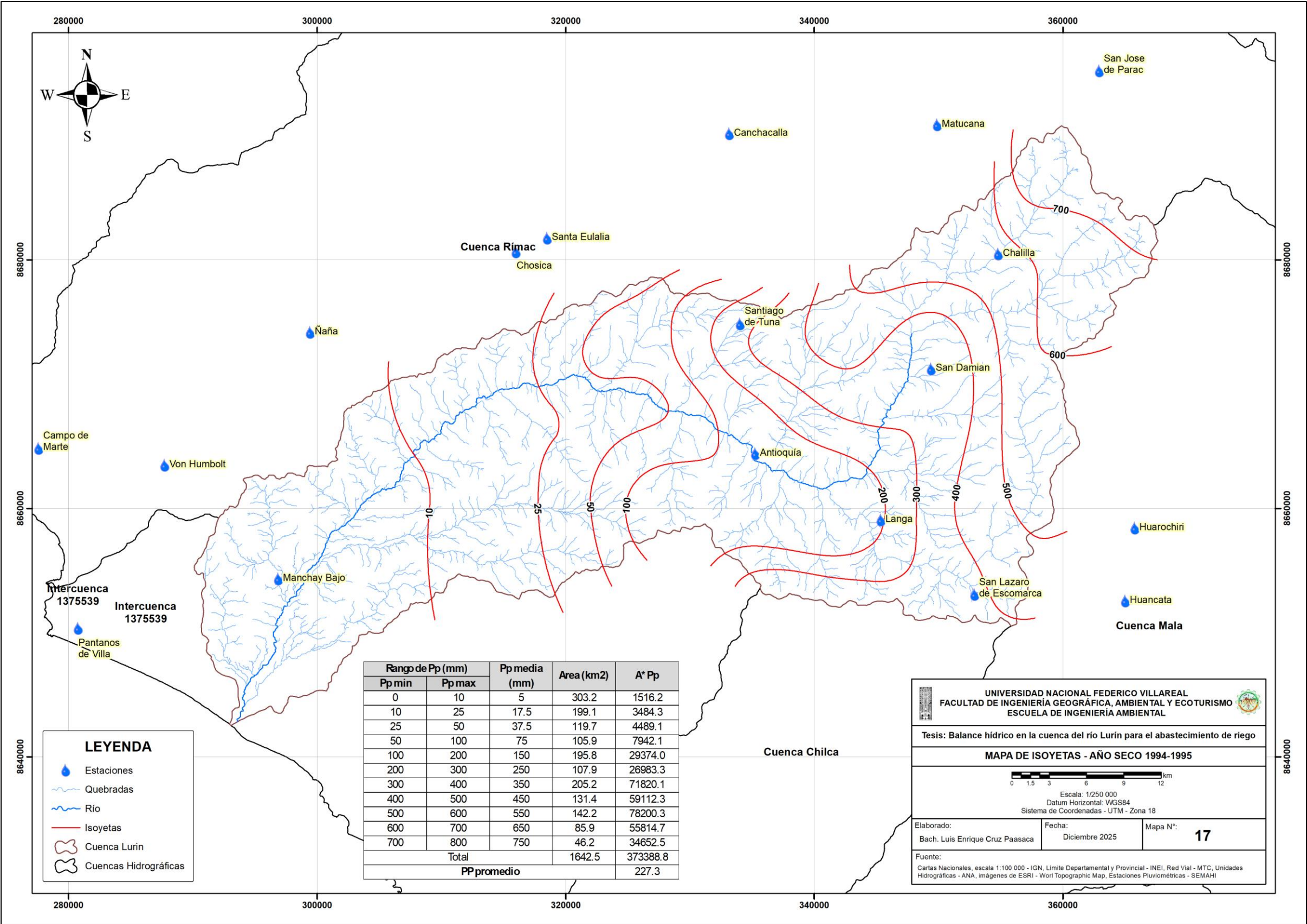
Pp = Precipitación media por rango

At = Área total

$$Pp_M = \frac{373388.8}{1642.5} = 227.3 \text{ mm}$$

Figura 53

Mapa de año seco (1994-1995) en la cuenca del río Lurín



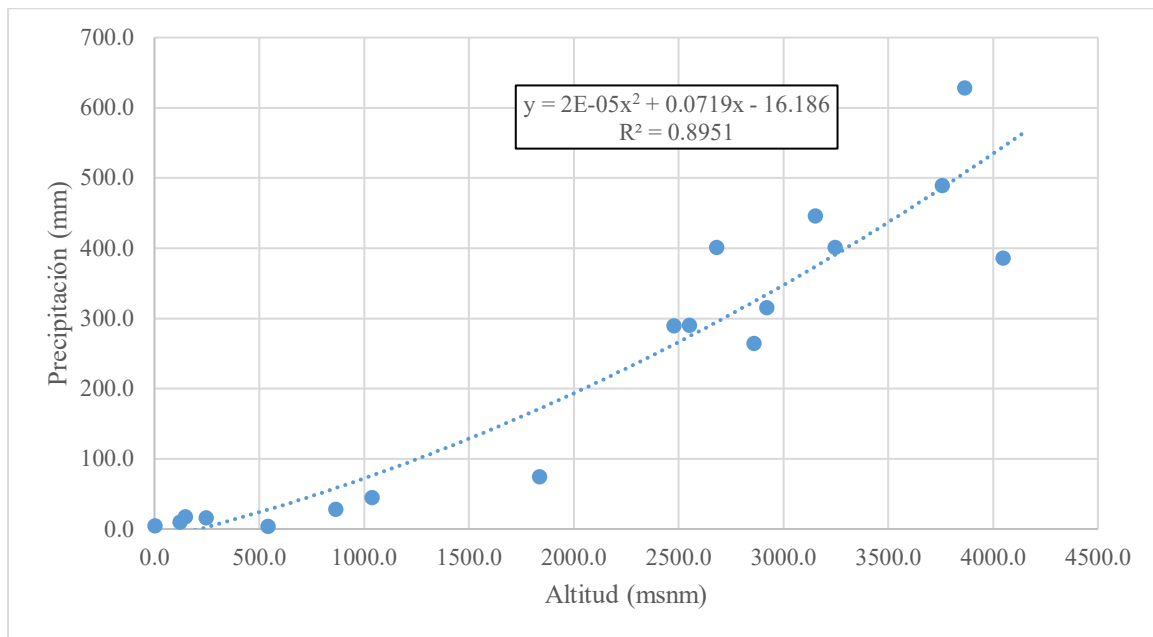
B. Determinación de año medio. Se analizaron las precipitaciones medias de las 18 estaciones, resultando los siguientes valores de la siguiente tabla:

Tabla 30

Precipitación en año medio

Nº	Nombre	Altitud (m.s.n.m.)	Precipitación año medio (mm)
1	Pantanos de Villa	4.0	4.2
2	Campo de Marte	123.0	9.8
3	Manchay Bajo	148.0	17.0
4	Von Humbolt	247.0	15.8
5	Ñaña	543.0	3.6
6	Chosica	867.0	27.8
7	Santa Eulalia	1040.0	44.6
8	Antioquia	1839.0	74.0
9	Matucana	2479.0	289.3
10	Canchacalla	2554.0	289.5
11	Huancata	2684.0	400.7
12	Langa	2860.0	263.8
13	Santiago de Tuna	2921.0	314.7
14	Huarochoiri	3154.0	445.6
15	San Damian	3248.0	400.7
16	San Lazaro de Escomarca	3758.0	488.6
17	San Jose de Parac	3866.0	627.9
18	Chalilla	4050.0	385.3

Al realizar la correlación entre las altitudes de las estaciones con los valores medios anuales se obtiene la siguiente gráfica con línea de tendencia polinómica:

Figura 54*Correlación de año medio*

Se procedió a aplicar el método de isoyetas, teniendo en cuenta la ecuación polinómica.

Se realizó el mismo procedimiento que en el año seco, generando el mapa de isoyetas en base a la ecuación polinómica.

Para el cálculo de la precipitación del año medio de la cuenca se utilizaron las áreas parciales formadas a partir de las isoyetas:

Tabla 31*Cálculo de precipitación en año medio*

Rango de Pp (mm)		Pp media (mm)	Area (km2)	A*Pp
Pp min	Pp max			
0	20	10	117.5	1108.4
20	40	30	52.3	1629.1
40	60	50	71.5	3630.0
60	80	70	79.6	5359.0
80	100	90	98.2	8991.2
100	150	125	111.9	14145.7
150	200	175	148.9	26163.6

Rango de Pp (mm)		Pp media (mm)	Area (km2)	A*Pp
Pp min	Pp max			
200	250	225	60.6	13654.8
250	300	275	133.4	36870.8
300	400	350	96.3	33780.9
400	500	450	174.6	77176.8
500	600	550	175.9	97146.9
600	700	650	171.0	99068.4
700	800	750	105.6	94431.8
800	900	850	45.1	40726.7
Total			1642.5	548842.8

De la tabla se realizó el cálculo de la precipitación con la siguiente fórmula:

$$Pp_M = \frac{\sum(A * Pp)}{\sum(At)}$$

Donde:

Pp_M = Precipitación media de la subcuenca

A = Área parcial

Pp = Precipitación media por rango

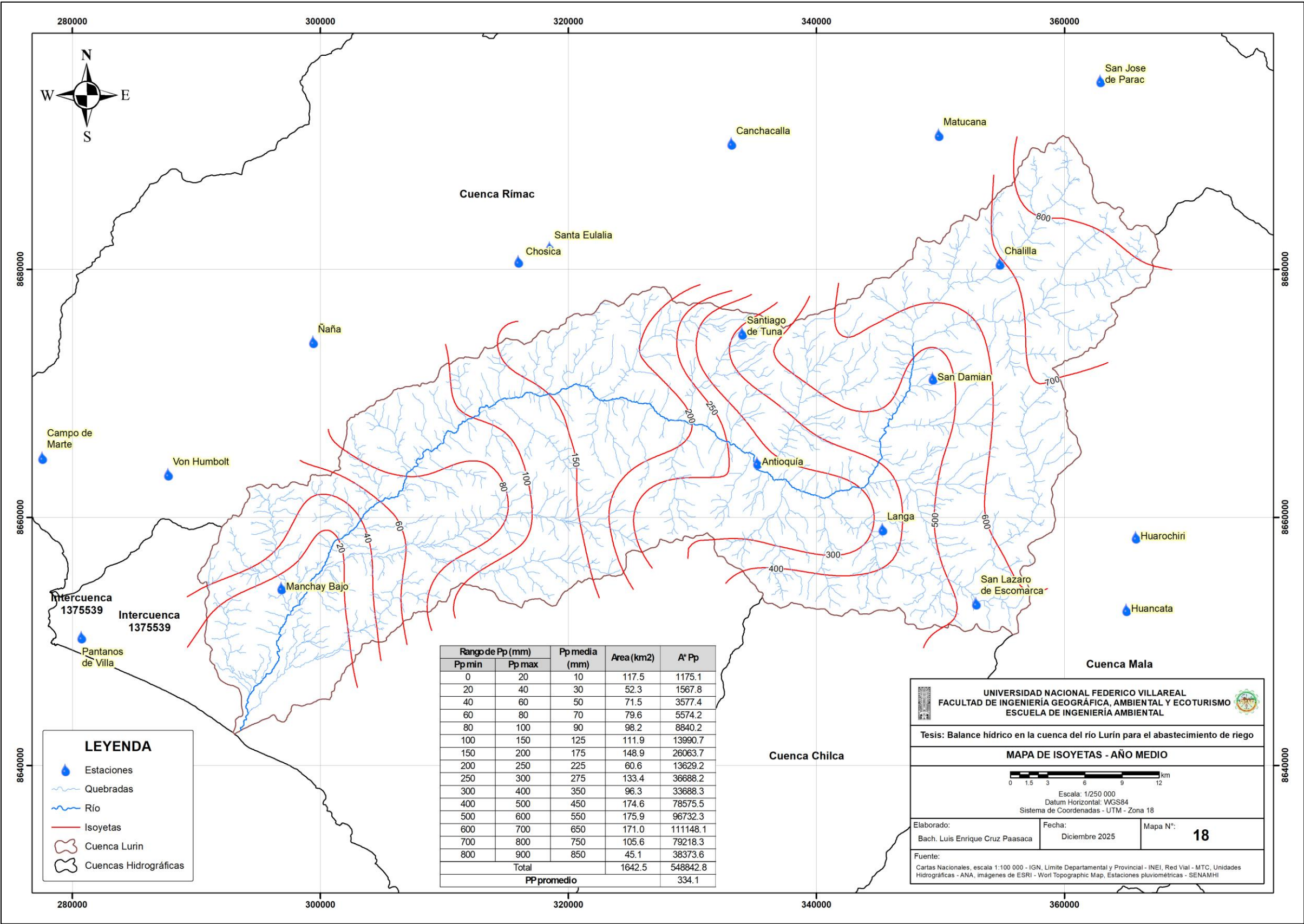
At = Área total

Reemplazando:

$$Pp_M = \frac{548842.8}{1642.5} = 334.1 \text{ mm}$$

Figura 55

Mapa de año medio de la cuenca del río Lurín



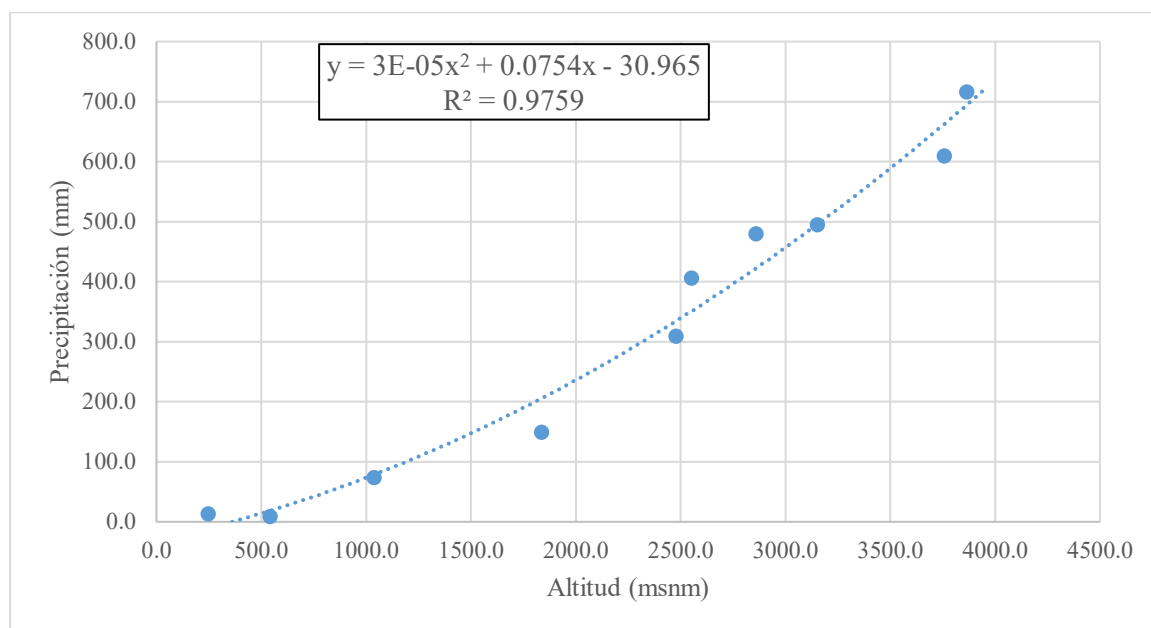
C. Determinación de año húmedo. Se analizaron los años húmedos de las estaciones y se escogió el año hidrológico de 1988-1989 como un año representativo.

Tabla 32

Precipitación en año húmedo, 1988-1989

Nº	Nombre	Altitud (m.s.n.m.)	Precipitación año semihúmedo (mm)
1	Von Humbolt	247.0	12.4
2	Ñaña	543.0	8.0
3	Santa Eulalia	1040.0	73.0
4	Antioquia	1839.0	148.5
5	Matucana	2479.0	308.5
6	Canchacalla	2554.0	405.1
7	Langa	2860.0	479.5
8	Huarochoiri	3154.0	494.1
9	San Lazaro de Escomarca	3758.0	609.3
10	San Jose de Parac	3866.0	715.8

Al realizar la correlación entre las altitudes de las estaciones con los valores de los años húmedos se obtiene la siguiente gráfica con línea de tendencia polinómica:

Figura 56*Correlación de año húmedo, 1988-1989*

Se procedió a aplicar el método de isoyetas, teniendo en cuenta la ecuación polinómica.

Se realizó el mismo procedimiento que en el año medio y seco, generando el mapa de isoyetas en base a la ecuación polinómica.

Para el cálculo de la precipitación del año húmedo de la cuenca se utilizaron las áreas parciales formadas a partir de las isoyetas:

Tabla 33*Cálculo de precipitación en año húmedo 1988-1989*

Rango de Pp (mm)		Pp media (mm)	Area (km2)	A*Pp
Pp min	Pp max			
0	50	25	211.8	5295.3
50	100	75	198.0	14853.0
100	150	125	98.3	12281.3
150	200	175	122.6	21462.3
200	250	225	69.8	15713.5
250	300	275	84.6	23263.9
300	400	350	118.9	41598.5

Rango de Pp (mm)		Pp media (mm)	Area (km2)	A*Pp
Pp min	Pp max			
400	500	450	71.0	31958.7
500	600	550	125.3	68912.5
600	700	650	146.6	95312.2
700	800	750	112.3	84195.7
800	900	850	132.9	112951.4
900	1000	950	80.3	76297.6
1000	1100	1050	70.1	73593.6
Total			1642.5	677689.4

De la tabla se realizó el cálculo de la precipitación con la siguiente fórmula:

$$Pp_M = \frac{\sum(A * Pp)}{\sum(At)}$$

Donde:

Pp_M = Precipitación media de la subcuenca

A = Área parcial

Pp = Precipitación media por rango

At = Área total

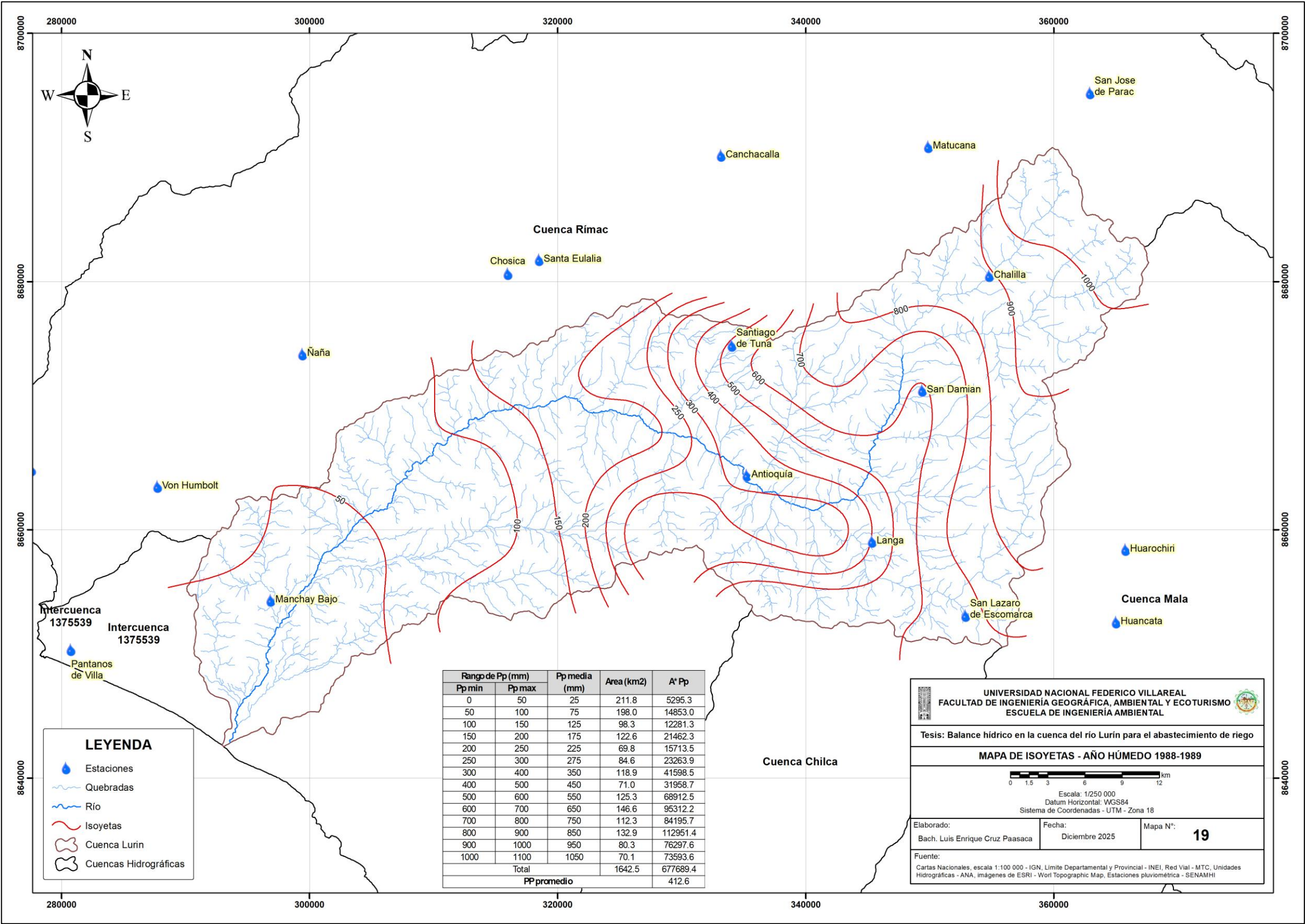
Reemplazando:

$$Pp_M = \frac{677689.4}{1642.5}$$

$$Pp_M = 412.6 \text{ mm}$$

Figura 57

Mapa de año húmedo (1988-1989) de la cuenca del río Lurín



4.2.2. Temperatura

4.2.2.1. Registro de temperatura por cada estación. Para los datos de temperatura, se encontraron 09 estaciones de las 18 mencionadas para realizar el análisis dentro de las cuales están las siguientes:

Tabla 34

Estaciones con datos de temperatura

Nº	Estación	Altitud (m.s.n.m.)
1	Pantanos de Villa	4.0
2	Campo de Marte	123.0
3	Manchay Bajo	148.0
4	Von Humbolt	247.0
5	Ñaña	543.0
6	Antioquia	1839.0
7	Matucana	2479.0
8	Huarochoiri	3154.0
9	San Lázaro de Escomarca	3758.0

Nota. A partir de la información proporcionada por el SENAMHI

Se realizó el análisis de cada estación dando como resultado:

Tabla 35

Temperatura media mensual de las estaciones

Estaciones	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Ma	Abr	Ma	Jun	Jul	Ago
Pantanos de Villa	17.1	17.8	19.1	20.6	22.2	22.9	22.5	20.7	19.2	17.9	17.3	17.1
Campo de Marte	16.3	17.4	18.8	20.6	22.9	24.0	23.7	21.7	19.2	17.4	16.7	16.0
Manchay Bajo	16.7	17.9	19.3	21.1	22.7	23.5	23.1	21.5	19.2	17.4	16.6	16.4
Von Humbolt	16.9	17.8	19.0	20.9	22.8	23.9	23.6	21.7	19.4	17.5	16.8	16.6
Ñaña	16.2	17.3	18.0	19.3	20.6	21.6	21.8	20.6	18.7	16.5	15.8	15.7

4.2.2.2. Temperatura media de la cuenca. De acuerdo con la recopilación de la data de 9 estaciones con datos de temperatura, se realizó la gráfica dando como resultado una ecuación polinómica de segundo grado y con los siguientes datos de temperatura media:

Tabla 36

Temperatura media de la cuenca

Nº	Nombre	Altitud (m.s.n.m.)	Temperatura media (°C)
1	Pantanos de Villa	4.0	19.6
2	Campo de Marte	123.0	19.6
3	Manchay Bajo	148.0	19.7
4	Von Humbolt	247.0	19.8
5	Ñaña	543.0	18.2
6	Antioquia	1839.0	20.3
7	Matucana	2479.0	15.5
8	Huarocharí	3154.0	11.8
9	San Lázaro de Escomarca	3758.0	9.0
Temperatura media			17.3

De los datos de temperaturas se obtuvo una ecuación polinómica de segundo grado cuyo resultado es el siguiente:

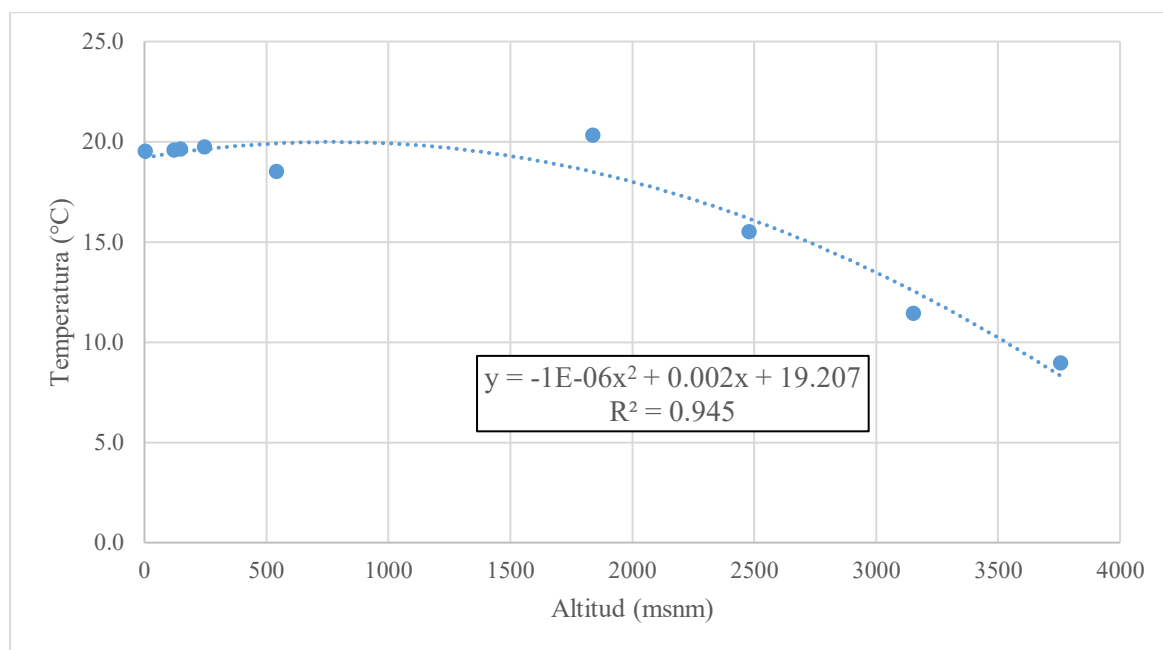
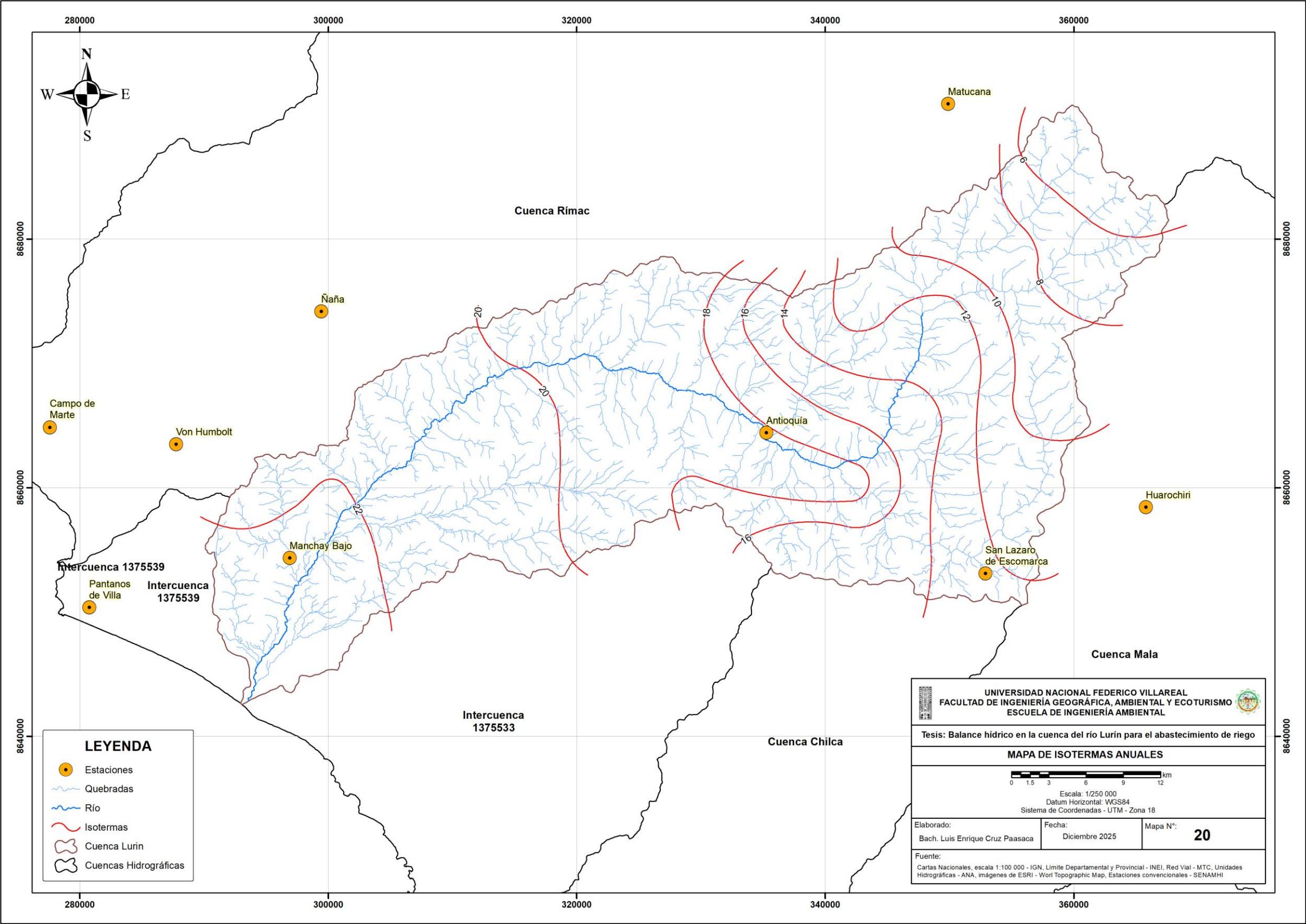
Figura 59*Temperatura media de la cuenca*

Figura 60

Mapa de isotermas anuales de la cuenca del río Lurín



4.2.3. Humedad

4.2.3.1. Registro de humedad por cada estación. Para los datos de humedad, se encontraron 6 estaciones de las 18 mencionadas para realizar el análisis.

Tabla 37

Estaciones con datos de humedad

Nº	Nombre	Altitud (m.s.n.m.)
1	Pantanos de Villa	4.0
2	Manchay Bajo	148.0
3	Von Humbolt	247.0
4	Ñaña	543.0
5	Matucana	2479.0
6	Huarochiri	3154.0

Nota. A partir de la información proporcionada por el SENAMHI

Se realizó el análisis de cada estación dando como resultado:

Tabla 38

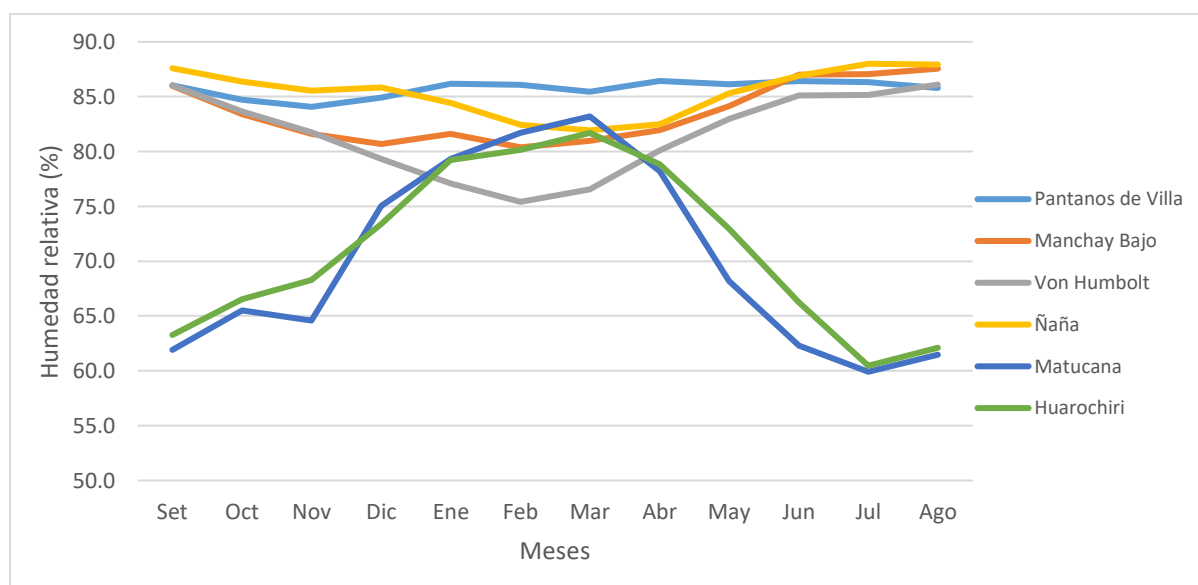
Humedad media mensual de las estaciones

Estaciones	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Pantanos de Villa	86.1	84.7	84.1	84.9	86.2	86.1	85.5	86.4	86.1	86.4	86.3	85.8
Manchay Bajo	86.0	83.4	81.6	80.7	81.6	80.4	81.0	81.9	84.1	87.0	87.1	87.6
Von Humbolt	86.0	83.6	81.8	79.3	77.1	75.4	76.6	80.1	83.0	85.1	85.2	86.1
Ñaña	87.6	86.4	85.5	85.8	84.5	82.4	81.9	82.5	85.3	86.9	88.0	88.0
Matucana	61.9	65.5	64.6	75.0	79.3	81.7	83.2	78.2	68.2	62.3	59.9	61.5
Huarochiri	63.3	66.5	68.3	73.4	79.2	80.2	81.7	78.8	73.0	66.2	60.5	62.1

La humedad relativa presenta un marcado gradiente altitudinal en la cuenca del río Lurín. En las estaciones costeras e intermedias (Pantanos de Villa, Manchay Bajo, Von Humbolt y Ñaña) los valores se mantienen elevados todo el año, superiores al 80 %, debido a la influencia oceánica, lo que atenúa la evapotranspiración. En contraste, en las zonas altoandinas (Matucana y Huarochiri) la humedad es menor y más variable, con valores entre 60 % y 82 %, alcanzando sus máximos en verano y mínimos en invierno.

Figura 61

Humedad relativa media mensual de las estaciones



4.2.3.2. Humedad media de la cuenca. De acuerdo con la recopilación de la data de 6 estaciones con datos de humedad, se realizó la gráfica dando como resultado una ecuación polinómica y con los siguientes datos de humedad media:

Tabla 39

Humedad media de la cuenca

Nº	Nombre	Altitud (m.s.n.m.)	Humedad relativa (%)
1	Pantanos de Villa	4.0	85.8
2	Manchay Bajo	148.0	81.5
3	Von Humbolt	247.0	81.7

Nº	Nombre	Altitud (m.s.n.m.)	Humedad relativa (%)
4	Ñaña	543.0	85.1
6	Matucana	2479.0	69.1
Humedad media			79.0

De los datos de humedad se obtuvo una ecuación polinómica cuyo resultado es el siguiente:

Figura 62

Humedad relativa de la cuenca

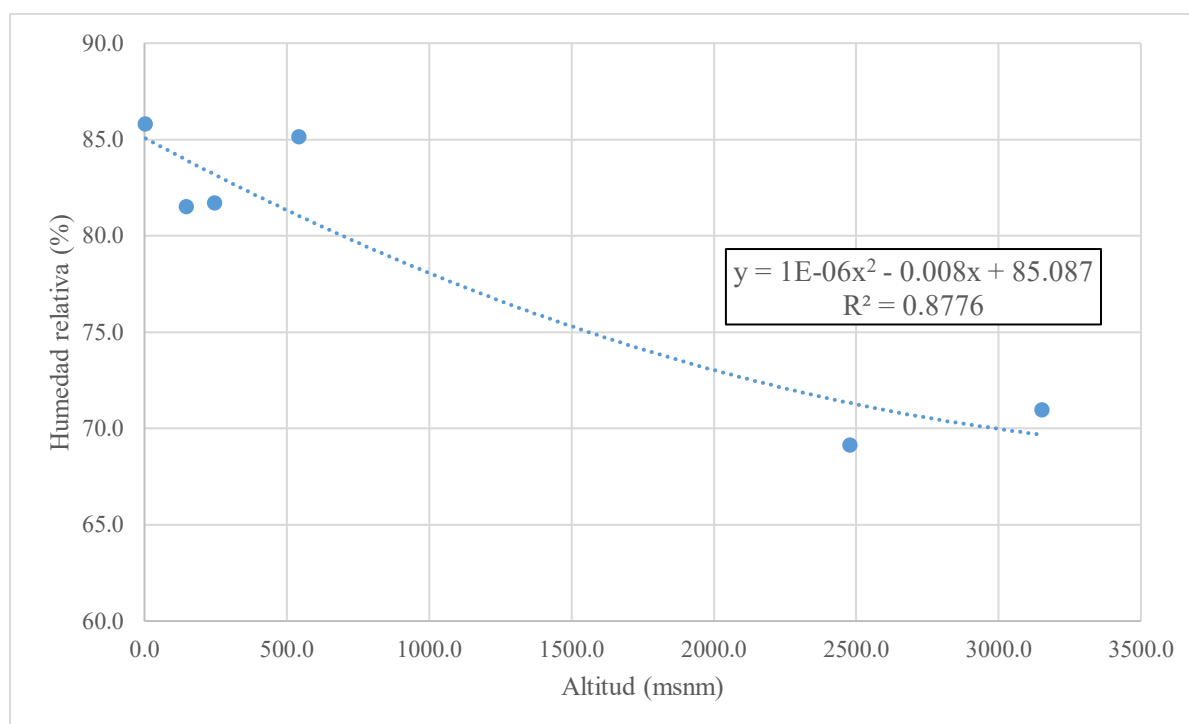
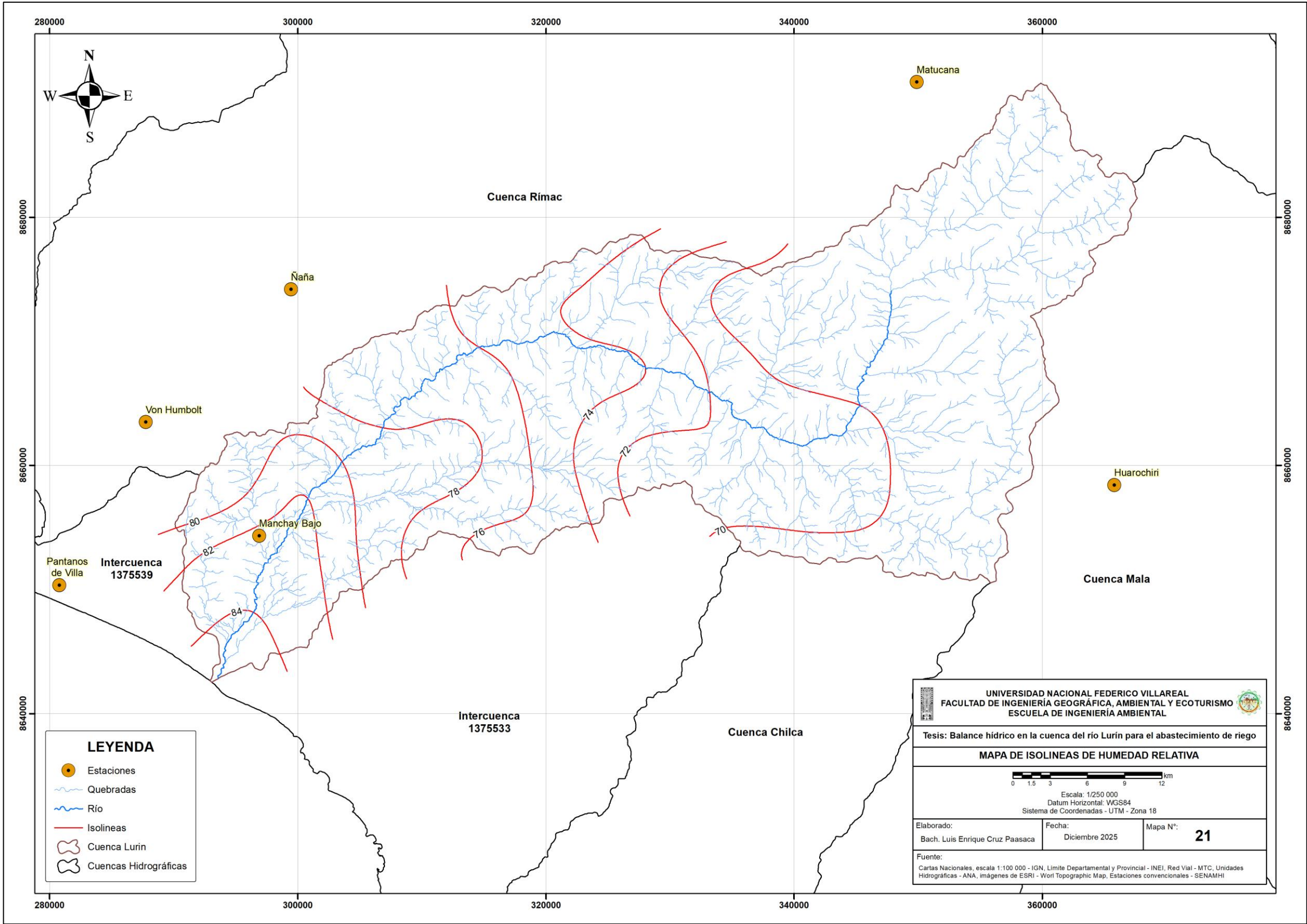


Figura 63

Mapa de isolíneas de humedad relativa de la cuenca del río Lurín



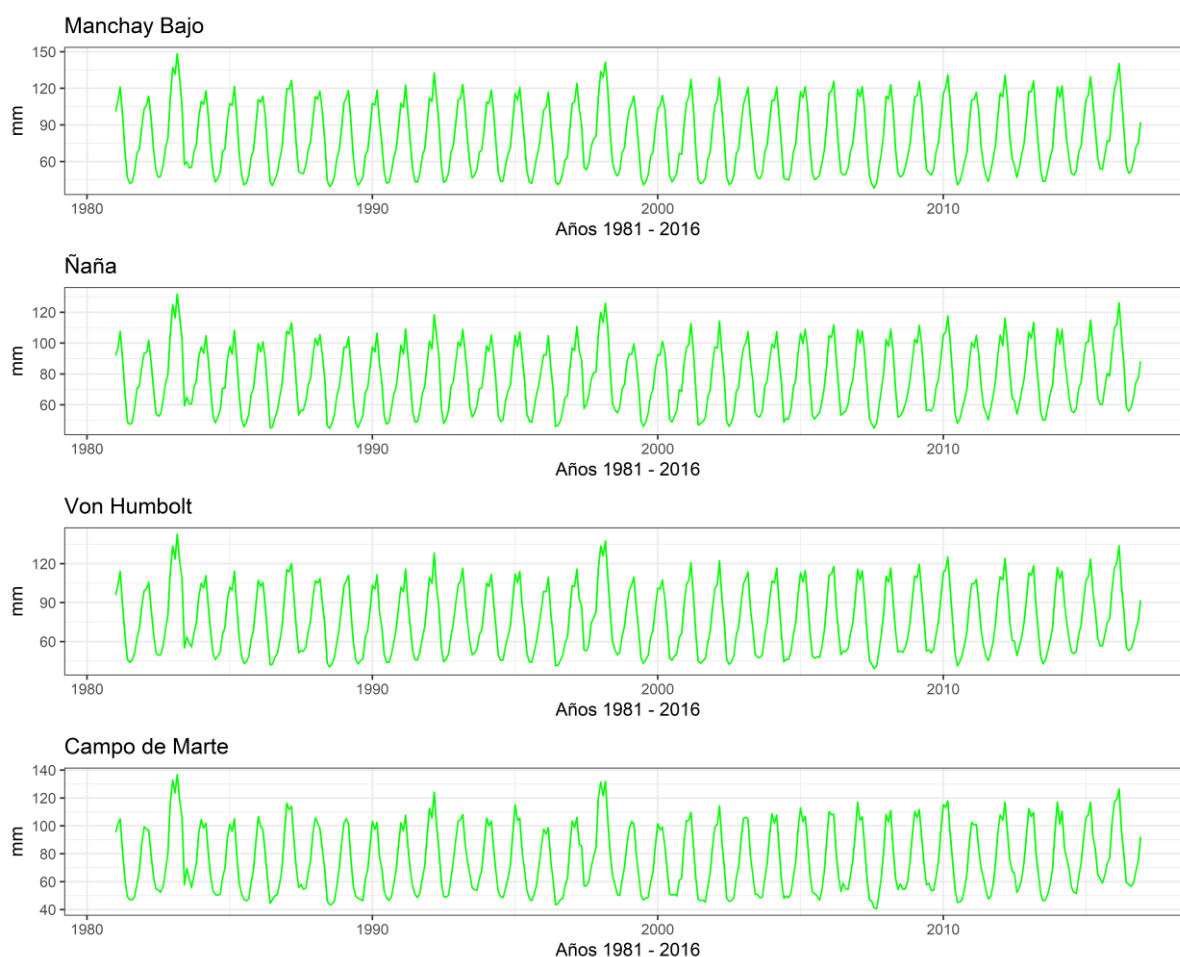
4.2.4. Evapotranspiración potencial

Para hallar la evapotranspiración por cada estación, se procedió a utilizar el programa R-Studio, en el cual se utilizó la data PISCO de la siguiente forma:

- Primero, se colocaron las estaciones requeridas para el cálculo del balance hídrico en formato Excel con su respectiva latitud y longitud.
- Luego, procedemos a calcular la temperatura mínima, máxima y media por cada estación con fechas de 1981 hasta el 2016.
- Con la librería “SPEI”. Calculamos la evapotranspiración mediante el método de thornthwaite para cada estación requerida. De esta forma se calculó la evapotranspiración mensual desde 1981 al 2016.

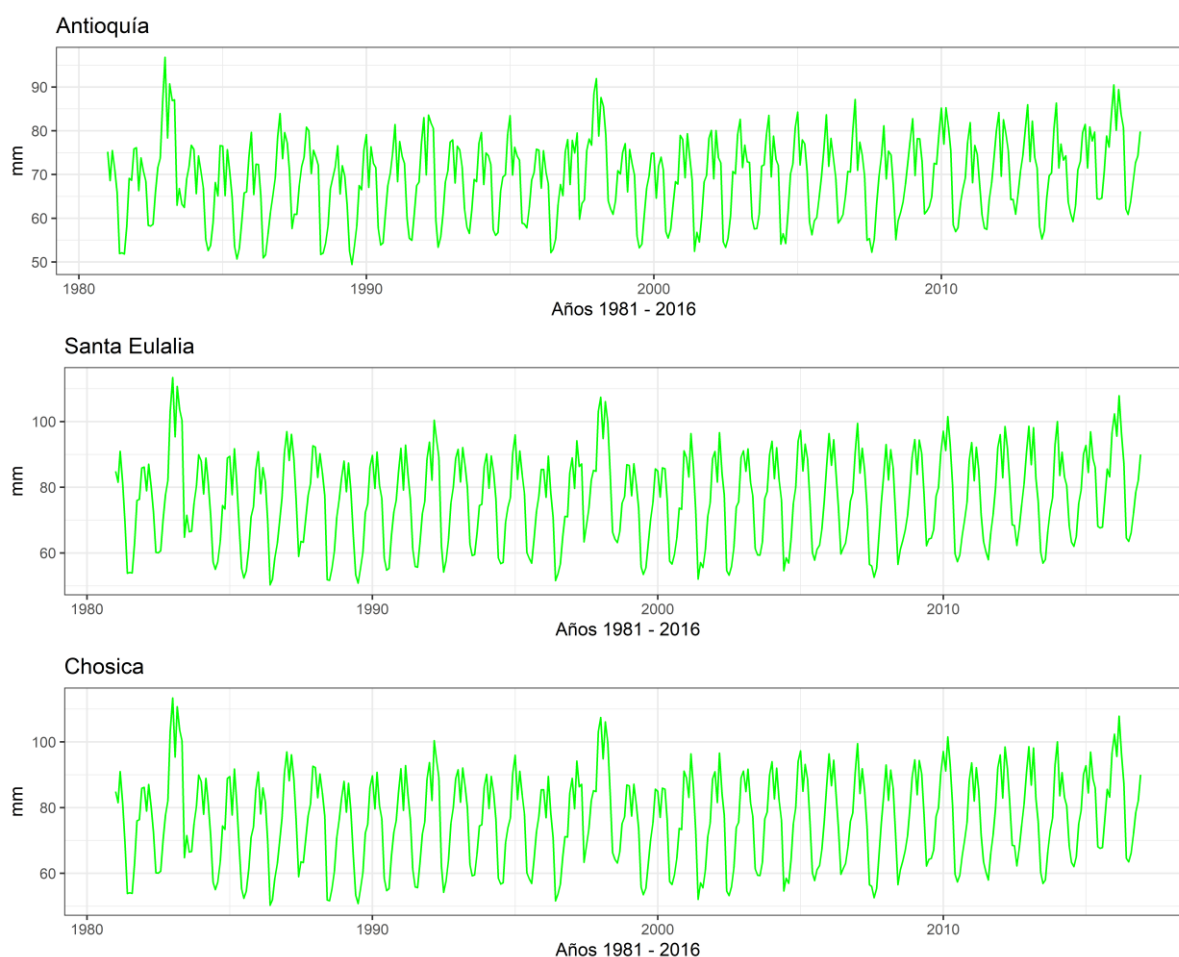
4.2.4.1. Evapotranspiración por cada estación. A continuación, se realizó el análisis de la evapotranspiración potencial resultante de los datos PISCO mediante histogramas de las 17 estaciones ubicadas dentro y fuera de la cuenca del río Lurín.

Primero tenemos la evapotranspiración de las estaciones ubicadas en la parte baja de la cuenca del río Lurín desde 1981 hasta el 2016. Las estaciones empleadas fueron las de Manchay Bajo, Ñaña, Von Humbolt y Campo de Marte.

Figura 64*Evapotranspiración en la cuenca baja del río Lurín*

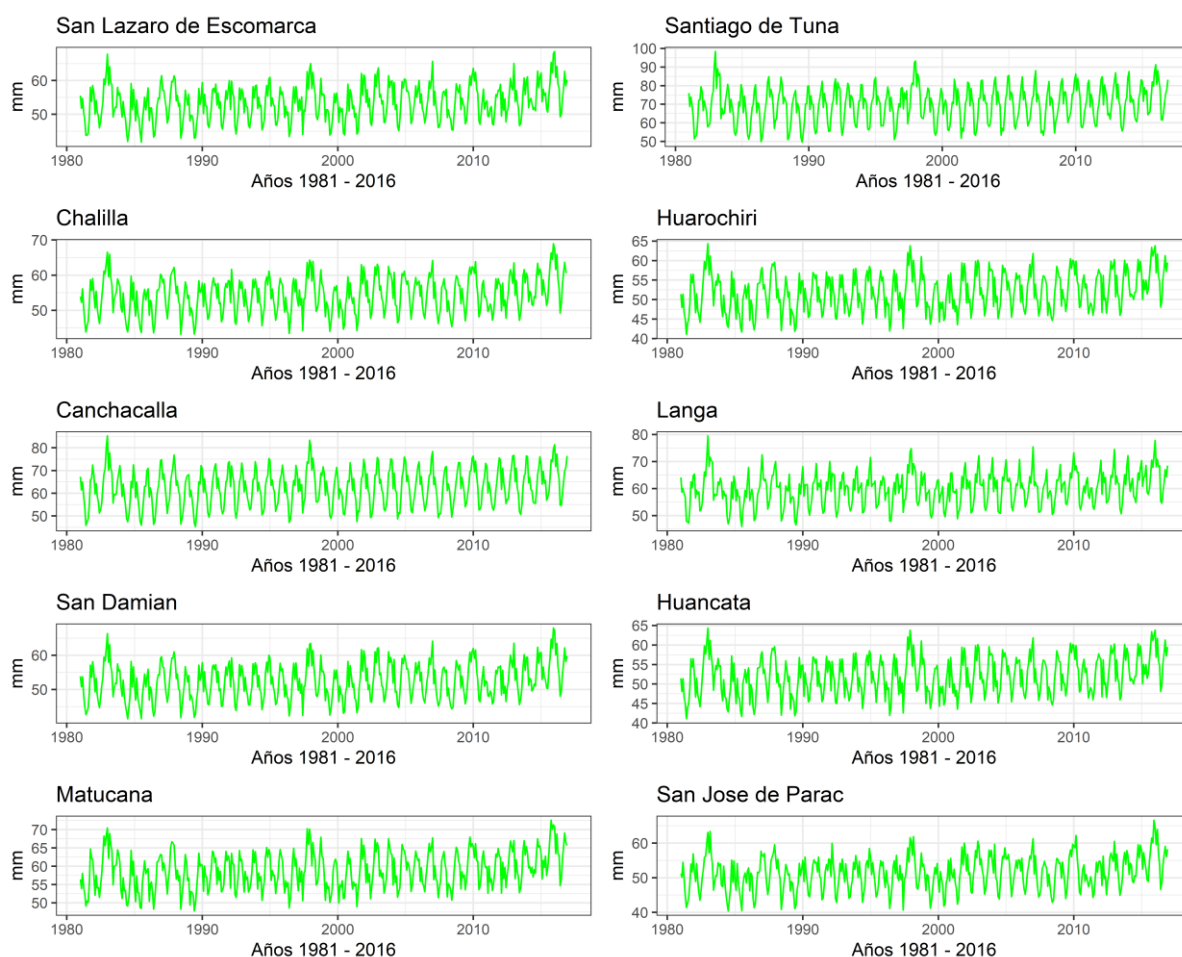
En los gráficos se muestra la evolución de la evapotranspiración potencial mensual entre 1981 y 2016 para las estaciones de Manchay Bajo, Ñaña, Von Humbolt y Campo de Marte. Se observa un comportamiento cíclico y estacional, con valores máximos que alcanzan entre 120 y 150 mm/mes en los meses de verano (diciembre–marzo), mientras que los mínimos se registran en invierno, descendiendo hasta valores cercanos a 50–60 mm/mes. Este patrón refleja la influencia directa de la temperatura y la radiación solar sobre la demanda evaporativa.

Luego, tenemos la evapotranspiración de las estaciones ubicadas en la parte media de la cuenca del río Lurín desde 1981 hasta el 2016:

Figura 65*Evapotranspiración en la cuenca media del río Lurín*

Los gráficos de Antioquía, Santa Eulalia y Chosica muestran la variación mensual de la evapotranspiración potencial durante el periodo 1981–2016. En las tres estaciones se observa un patrón cíclico y estacional, con máximos que alcanzan entre 90 y 110 mm/mes durante el verano (diciembre–marzo) y mínimos que descienden a alrededor de 50–60 mm/mes en invierno. La estacionalidad es más marcada en Santa Eulalia y Chosica, donde se registran picos superiores a los 100 mm/mes, mientras que en Antioquía los valores son ligeramente menores y más estables. En general, la serie no presenta cambios abruptos en su tendencia, lo que evidencia un régimen climático relativamente constante en la zona

Después, tenemos la evapotranspiración de las estaciones ubicadas en la parte alta de la cuenca del río Lurín desde 1981 hasta el 2016:

Figura 66*Evapotranspiración en la cuenca alta del río Lurín*

En las estaciones altoandinas se observa un patrón de evapotranspiración potencial más atenuado en comparación con las zonas bajas de la cuenca, manteniéndose en rangos que fluctúan entre 45 y 80 mm/mes a lo largo del periodo 1981–2016. Los valores máximos se presentan en los meses de verano, alcanzando entre 70 y 80 mm/mes en estaciones como Canchacalla y Langa, mientras que los mínimos se registran en invierno, descendiendo a alrededor de 45–55 mm/mes en estaciones como Huancata, San José de Parac y Matucana.

Se realizó el análisis mensual de la evapotranspiración mensual de las estaciones resumiéndose en la siguiente tabla:

Tabla 40*Evapotranspiración media mensual de las estaciones*

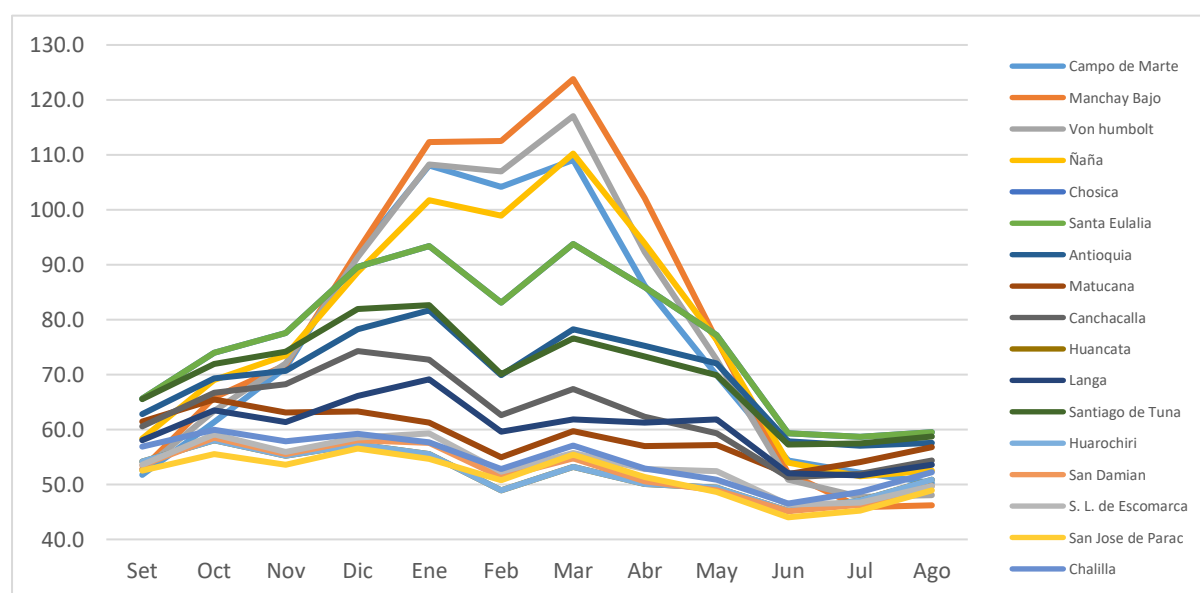
Estaciones	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Campo de Marte	51.7	61.4	71.2	92.1	108	104	109	86.2	69.9	54.4	52.1	50.3
Manchay Bajo	52.8	65.8	71.8	92.5	112	112	123	102	76.3	52.0	45.9	46.2
Von Humboldt	52.7	63.4	72.0	91.3	108	107	117	92.4	72.7	50.9	47.7	48.1
Ñaña	58.4	69.0	73.5	88.6	101	98.9	110	93.9	76.3	53.9	51.5	52.5
Chosica	65.6	74.0	77.6	89.6	93.4	83.1	93.8	86.0	77.2	59.3	58.7	59.5
Santa Eulalia	65.6	74.0	77.6	89.6	93.4	83.1	93.8	86.0	77.2	59.3	58.7	59.5
Antioquia	62.8	69.3	70.6	78.2	81.7	69.9	78.3	75.2	72.0	57.8	57.1	57.6
Matucana	61.5	65.5	63.1	63.3	61.2	54.9	59.7	57.0	57.2	51.9	54.1	56.8
Canchacalla	60.5	66.7	68.2	74.3	72.7	62.6	67.4	62.3	59.3	51.3	51.9	54.4
Huancata	54.1	58.0	55.2	57.3	55.6	48.9	53.2	50.1	49.4	45.2	47.1	50.9
Langa	58.0	63.4	61.4	66.1	69.1	59.6	61.8	61.3	61.9	52.0	51.6	53.6
Santiago de Tuna	65.5	71.9	74.1	82.0	82.6	70.1	76.6	73.3	69.9	57.3	57.4	58.8
Huarochari	54.1	58.0	55.2	57.3	55.6	48.9	53.2	50.1	49.5	45.2	47.1	50.9
San Damian	53.5	58.5	55.5	58.0	57.6	51.3	54.8	50.6	48.9	45.1	46.3	49.7
S. L. de Escomarca	53.6	59.1	55.9	58.5	59.3	52.3	55.7	52.8	52.4	46.3	46.7	49.8
San Jose de Parac	52.5	55.6	53.6	56.5	54.6	50.8	55.4	51.4	48.6	44.0	45.3	48.9
Chalilla	56.9	60.0	57.8	59.2	57.7	52.8	57.1	52.9	50.8	46.5	48.7	52.2

La evapotranspiración en la cuenca del río Lurín presenta un gradiente altitudinal: las zonas bajas (Campo de Marte, Manchay Bajo, Von Humboldt, Ñaña, Chosica y Santa Eulalia) alcanzan los valores más altos, con picos de más de 110 mm/mes en verano y mínimos de 45–55 mm/mes en invierno; en la cuenca media (Antioquia, Santiago de Tuna, Langa, Canchacalla

y Matucana) los valores son moderados, entre 70–80 mm/mes en verano y 50–55 mm/mes en invierno; mientras que en las zonas altoandinas (Huancata, Huarochirí, San Damián, San Lázaro de Escomarca, San José de Parac y Chalilla) se mantienen bajos y estables, alrededor de 45–60 mm/mes, reflejando una mayor demanda evaporativa en la parte baja de la cuenca.

Figura 67

Evapotranspiración media mensual de las estaciones



4.2.4.2. Evapotranspiración media de la cuenca. De acuerdo con la recopilación de la data de estaciones con datos de evapotranspiración, se realizó la gráfica dando como resultado una ecuación polinómica y con los siguientes datos de evapotranspiración media:

Tabla 41

Evapotranspiración media de la cuenca

Nº	Estaciones	Altitud	ETP
1	Campo de Marte	123.0	75.9
2	Manchay Bajo	148.0	79.5
3	Von Humbolt	247.0	77.0
4	Ñaña	543.0	77.4
5	Chosica	867.0	76.5
6	Antioquia	1839.0	69.2

N°	Estaciones	Altitud	ETP
7	Matucana	2479.0	58.8
8	Canchacalla	2554.0	62.6
9	Huancata	2684.0	52.1
10	Langa	2860.0	60.0
11	Santiago de Tuna	2921.0	70.0
12	Huarochiri	3154.0	52.1
13	San Damian	3248.0	52.5
14	San Lazaro de Escomarca	3758.0	53.5
15	San Jose de Parac	3866.0	51.4
16	Chalilla	4050.0	54.4
Evapotranspiración media			63.9

De los datos de evapotranspiración, se formuló la ecuación siguiente:

Figura 68

Evapotranspiración anual de la cuenca

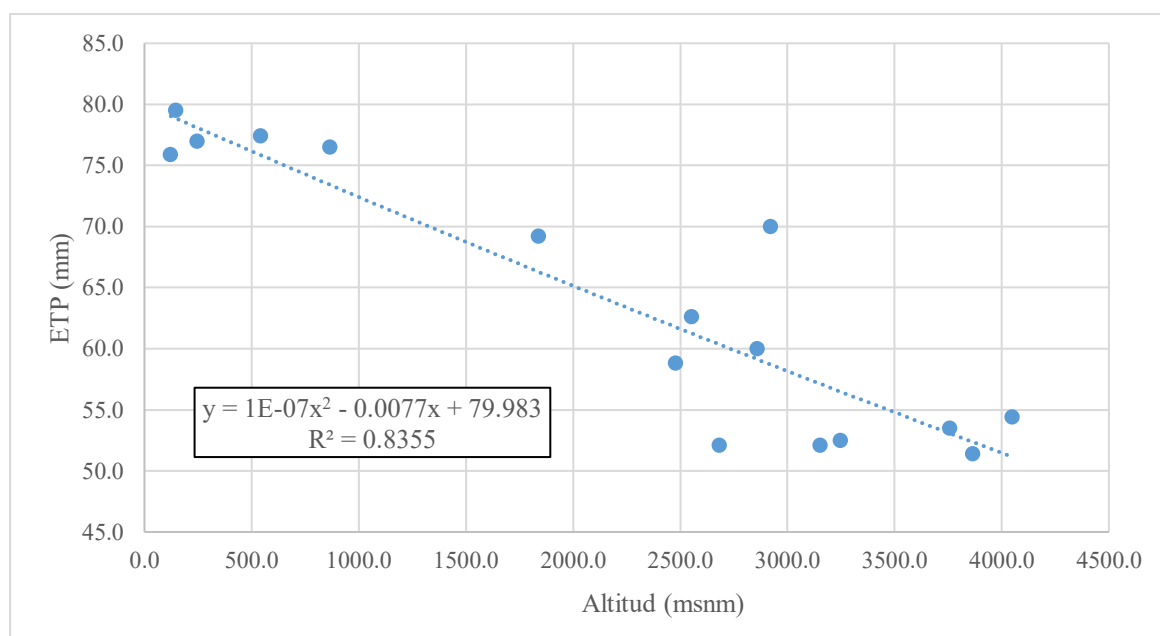
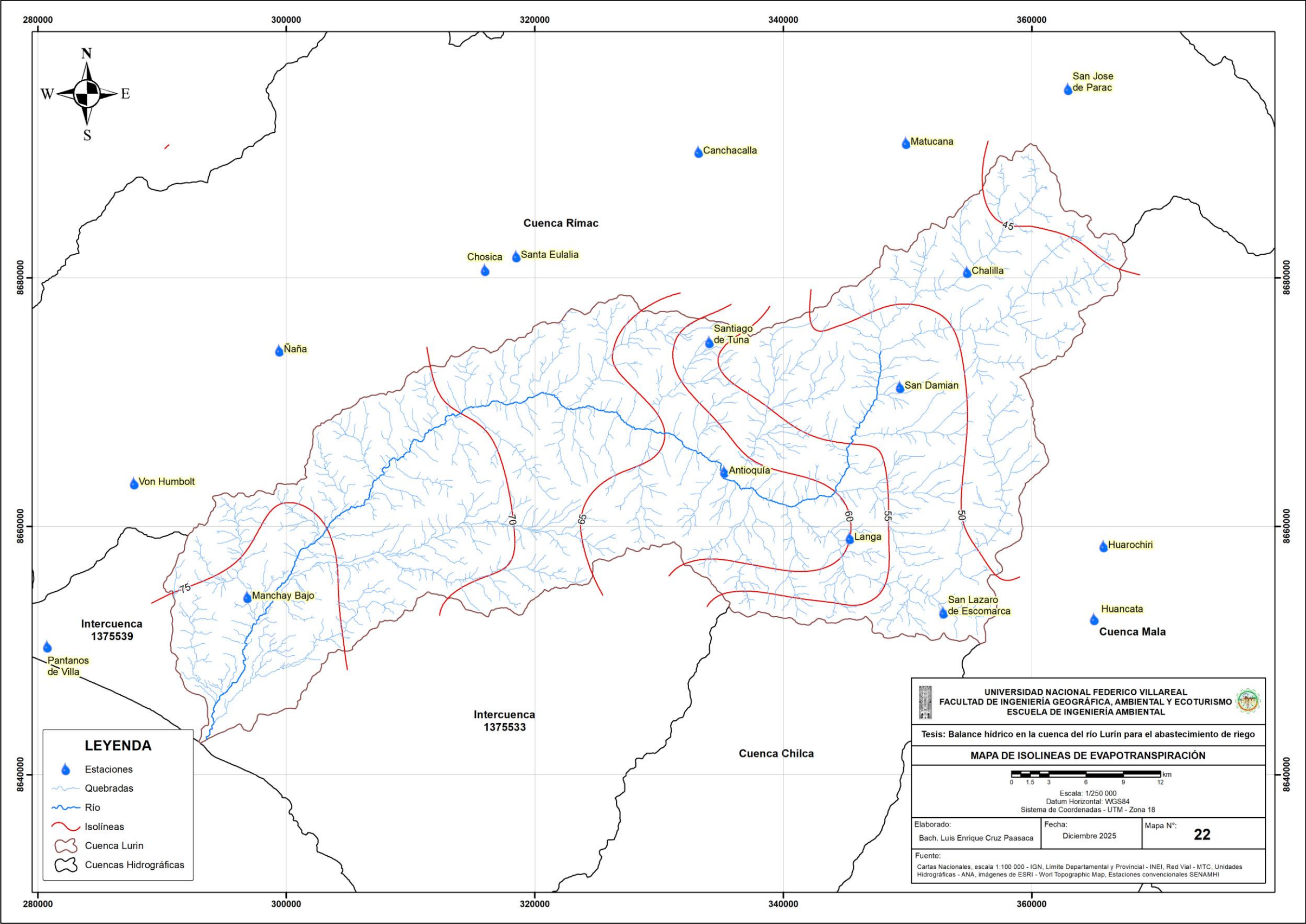


Figura 69

Mapa de isolíneas de evapotranspiración anual de la cuenca



4.2.5. Caudales

4.2.5.1. Análisis Exploratorio de Datos (AED). Se analizaron los caudales del río Lurín registrados en la estación hidrométrica Manchay, aplicando gráficas de histogramas con el propósito de detectar posibles valores atípicos dentro de la serie histórica, los datos de caudales se extrajeron de informe de la ANA del 2018.

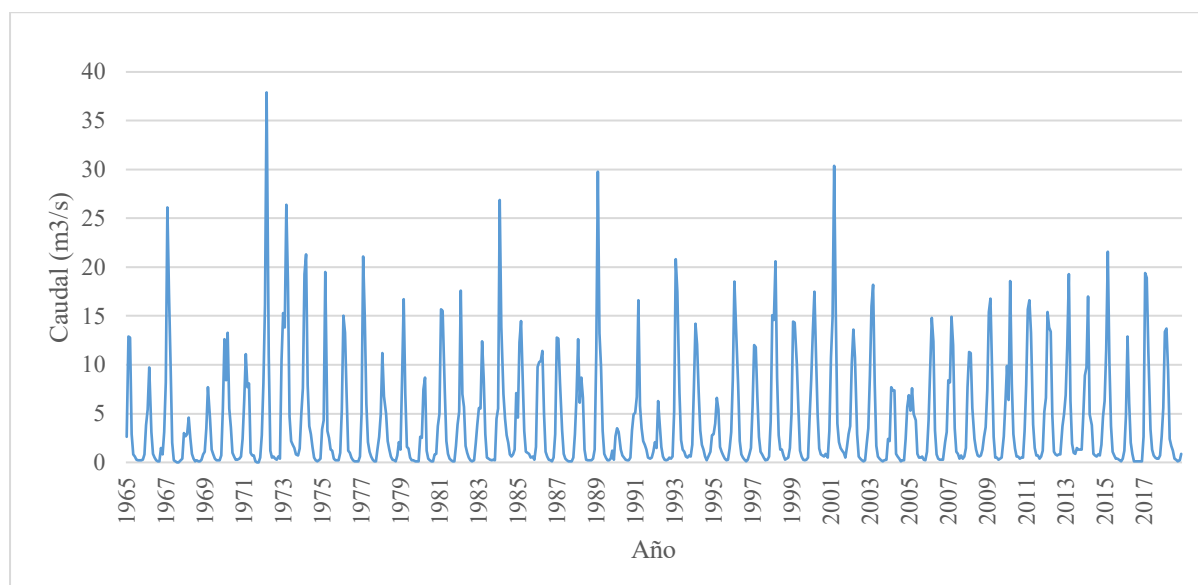
Tabla 42

Estadística de caudales en estación Manchay

Estadist.	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Nº Datos	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Media	0.3	0.4	1.0	3.0	6.4	12.1	14.2	8.0	2.7	1.1	0.7	0.4
Desv.est	0.27	0.33	0.85	2.02	3.32	6.32	6.39	3.32	1.35	0.57	0.45	0.34
Máxima	1.3	1.5	3.7	10.5	15.3	29.8	37.9	18.4	6.6	2.9	2.0	1.5
Mínima	0.0	0.0	0.1	0.1	1.1	1.5	3.1	1.3	0.7	0.2	0.1	0.0

Nota. Adaptado del Estudio Hidrológico de la Unidad Hidrográfica Lurín, por Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2019.

De acuerdo al siguiente gráfico de caudales medios mensuales de la estación Manchay muestra un comportamiento hidrológico marcadamente estacional durante el periodo 1965–2018. Se observa la presencia de picos de caudal en las épocas de avenida que oscilan entre los 10 y 30 m³/s, mientras que las épocas de estiaje cuentan con valores de 0 m³/s. El año que tuvo un mayor caudal fue en 1972 con un valor de 37.9 m³/s.

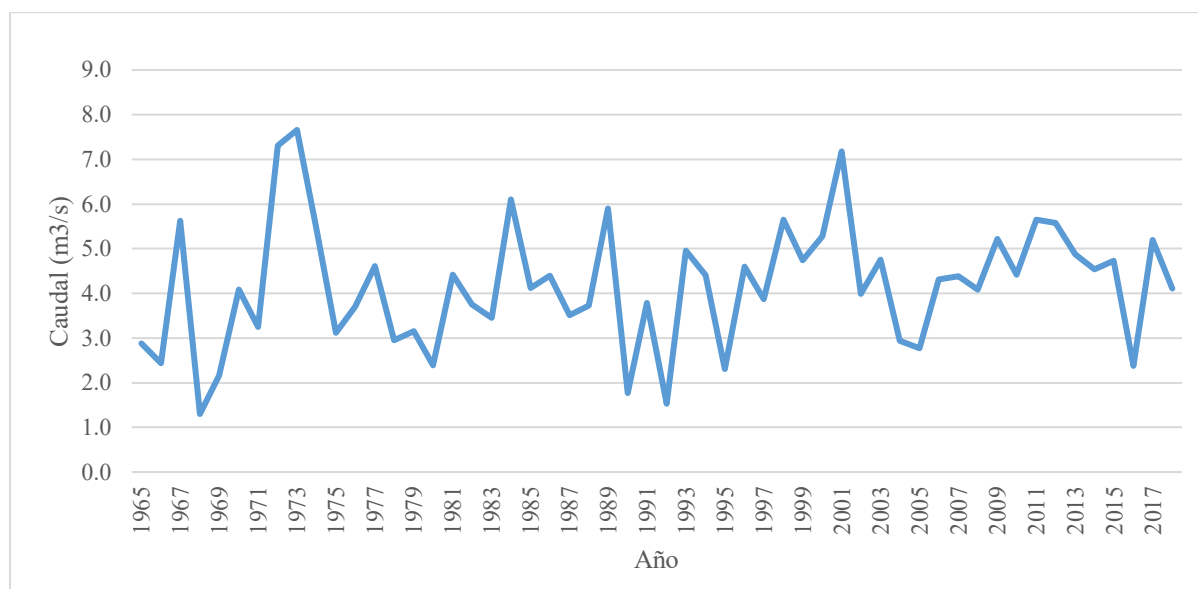
Figura 70*Caudales medios mensuales de la estación Manchay*

Nota. Adaptado del Estudio Hidrológico de la Unidad Hidrográfica Lurín, por Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2019.

Con respecto a los caudales medios anuales, se evidencian valores que oscilan entre los $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ y $7.7 \text{ m}^3/\text{s}$. De acuerdo a la siguiente gráfica no se observan tendencias o saltos que se puedan observar ya que estos caudales anuales se mantienen dentro del rango de 1 a $8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 71

Caudales medios anuales de la estación Manchay



Nota. Adaptado del Estudio Hidrológico de la Unidad Hidrográfica Lurín, por Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2019.

4.2.5.2. Curvas de duración por años. Se presentan las curvas de duración en estación Manchay en año medio, seco y húmedo. A continuación, se presentan las ecuaciones resultantes y las tablas de porcentajes de frecuencias:

Tabla 43

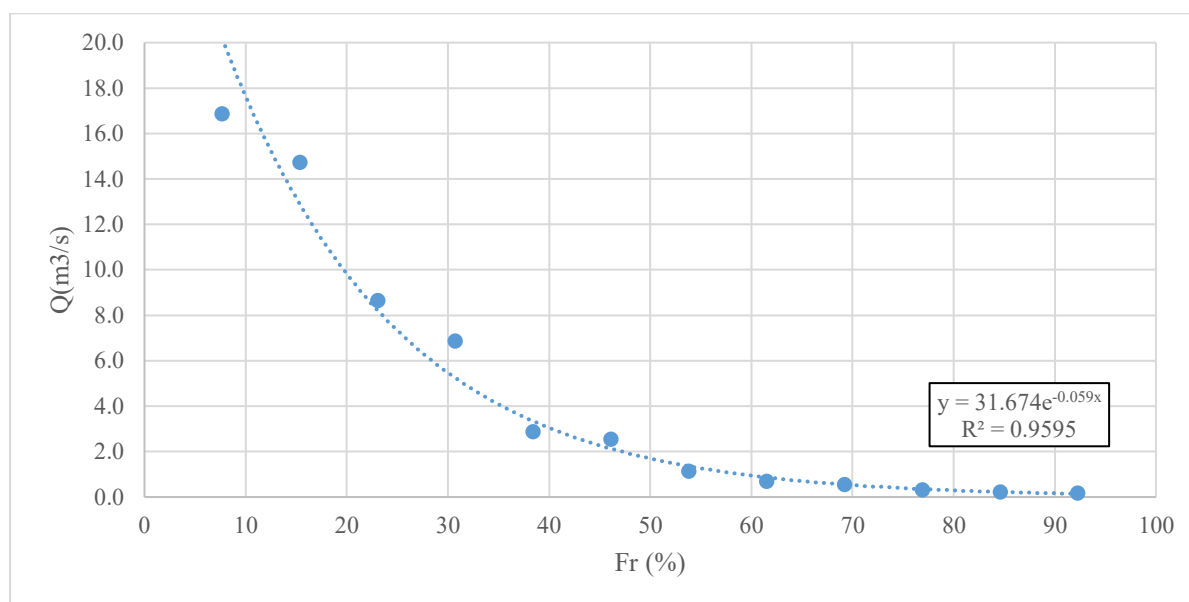
Curva de duración en año medio, Estación Manchay

Nº	Q (m³/s)	Porcentaje de Frecuencias
1	16.85	7.69
2	14.74	15.38
3	8.66	23.08
4	6.88	30.77
5	2.86	38.46
6	2.54	46.15
7	1.13	53.85
8	0.69	61.54
9	0.55	69.23

Nº	Q (m ³ /s)	Porcentaje de Frecuencias
10	0.31	76.92
11	0.21	84.62
12	0.18	92.31

Figura 72

Curva de duración en año medio, Estación Manchay



En la Figura 72 se muestra la curva de duración de caudales del año medio en la estación Manchay. Se observa un comportamiento exponencial decreciente, donde los caudales altos ocurren con baja frecuencia y los caudales bajos predominan la mayor parte del tiempo.

La relación entre el caudal (Q) y la frecuencia de excedencia (Fr%) con un R^2 de 0.9595, indicando un buen ajuste del modelo. Este patrón refleja la marcada estacionalidad del régimen hidrológico en la cuenca, caracterizada por altos caudales en época húmeda y bajos caudales en época seca.

Tabla 44

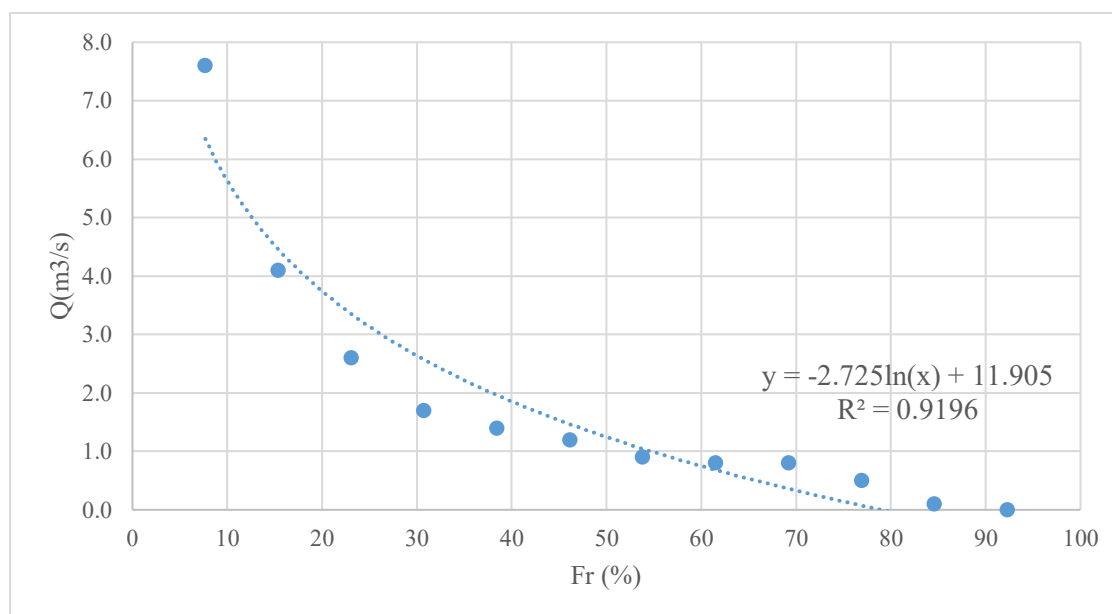
Curva de duración en año seco, Estación Manchay

Nº	Q (m ³ /s)	Porcentaje de Frecuencias
1	7.60	7.69

Nº	Q (m ³ /s)	Porcentaje de Frecuencias
2	4.10	15.38
3	2.60	23.08
4	1.70	30.77
5	1.40	38.46
6	1.20	46.15
7	0.90	53.85
8	0.80	61.54
9	0.80	69.23
10	0.50	76.92
11	0.10	84.62
12	0.00	92.31

Figura 73

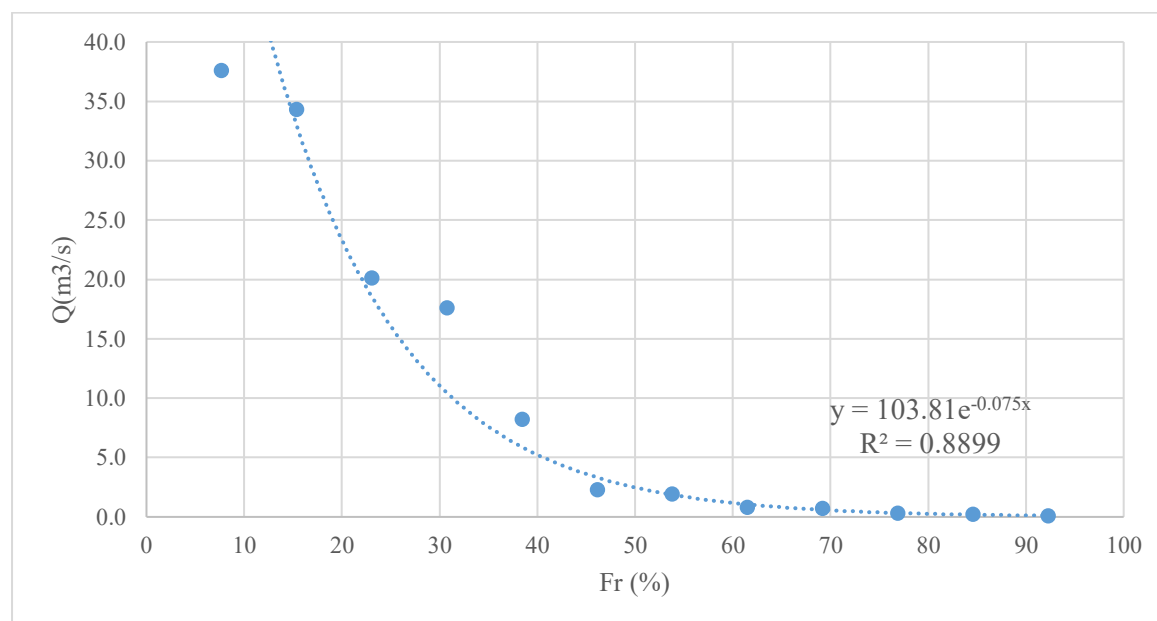
Curva de duración en año seco, Estación Manchay



En la Figura 73 se presenta la curva de duración de caudales correspondiente al año seco en la Estación Manchay. La relación entre el caudal (Q) y la frecuencia de excedencia (Fr%) sigue una tendencia logarítmica decreciente con un coeficiente de determinación R^2 de 0.9196, lo que indica un ajuste adecuado del modelo.

Tabla 45*Curva de duración en año húmedo, Estación Manchay*

Nº	Q (m³/s)	Porcentaje de Frecuencias
1	37.6	7.69
2	34.3	15.38
3	20.1	23.08
4	17.6	30.77
5	8.2	38.46
6	2.3	46.15
7	1.9	53.85
8	0.8	61.54
9	0.7	69.23
10	0.3	76.92
11	0.2	84.62
12	0.1	92.31

Figura 74*Curva de duración en año húmedo, Estación Manchay*

En la Figura 74 se presenta la curva de duración de caudales del año húmedo en la Estación Manchay. La relación entre el caudal (Q) y la frecuencia de excedencia (Fr%) se ajusta

a una función exponencial decreciente con un coeficiente de determinación ($R^2 = 0.8899$), lo que evidencia un buen grado de ajuste del modelo a los datos observados.

4.3. Cálculo de balance hídrico

4.3.1. Cálculo de oferta hídrica

4.3.1.1. Calibración y validación del modelo hidrológico GR2M. Para implementar el modelo GR2M, se procedió a dividir el periodo de registro de los datos de entrada en dos fases. La primera, correspondiente a la calibración del modelo, abarca desde enero de 1981 hasta diciembre de 2004. La segunda, destinada al proceso de validación, comprende el intervalo entre enero de 2005 y diciembre de 2016.

Tabla 46

Periodo de calibración y validación para GR2M

Periodo de calibración	Periodo de validación
24 años	12 años
1981-2004	2005-2016

A. Cálculo de precipitación media areal. Con el objetivo de estimar la precipitación media areal, se empleó el software Hydraccess. Es por ello, se importó un archivo con extensión “shapefile” que delimita el perímetro de la cuenca, junto con la información de precipitación proveniente de 18 estaciones. A través de los métodos de interpolación de polígonos de Thiessen, IDW y Kriging, se determinó la precipitación areal correspondiente a la cuenca en estudio. Finalmente, se calculó el valor promedio a partir de los resultados obtenidos con los tres métodos.

Tabla 47

Precipitación media areal para la cuenca de estudio (mm)

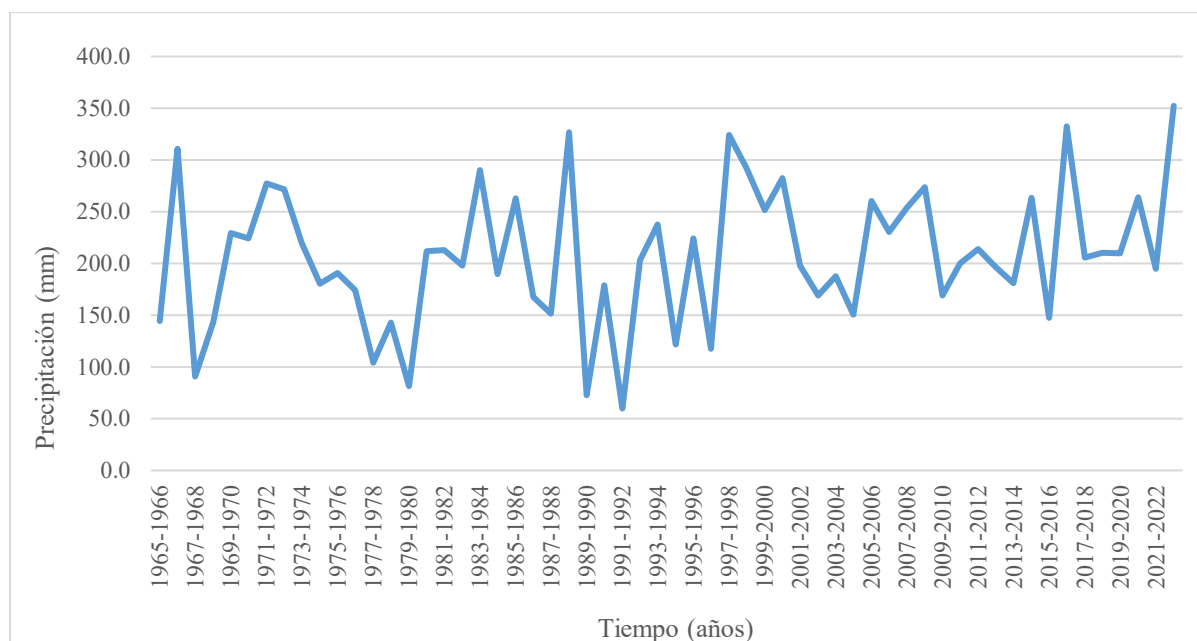
Año	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1965-1966	3.0	3.4	2.2	7.9	28.4	27.6	60.0	10.0	0.9	0.1	0.4	0.4
1966-1967	3.6	22.0	4.2	10.8	84.7	98.4	72.2	7.8	6.1	0.1	0.8	0.3

Año	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1967-1968	2.3	7.4	4.9	11.9	10.5	11.0	34.8	4.5	1.6	0.0	0.2	1.8
1968-1969	0.7	3.8	2.4	5.6	19.4	41.4	58.2	7.2	1.0	1.7	1.5	0.8
1969-1970	1.0	5.7	9.9	29.1	99.6	19.6	36.7	14.7	4.9	0.6	1.2	6.1
1970-1971	9.1	6.1	8.5	25.9	27.6	56.6	75.6	11.3	1.1	1.3	0.6	0.9
1971-1972	2.7	7.8	3.2	16.9	45.8	55.6	130.0	12.4	0.3	0.2	1.5	0.7
1972-1973	1.2	9.2	11.3	38.1	70.1	32.6	90.0	17.2	0.8	0.2	0.4	0.6
1973-1974	7.7	8.8	4.7	24.0	31.9	69.6	59.7	8.5	1.3	1.6	0.7	1.3
1974-1975	1.9	4.8	5.2	9.3	22.3	47.0	81.0	4.8	2.1	0.6	0.4	0.8
1975-1976	2.8	6.4	5.0	23.9	36.2	71.6	40.3	1.4	0.5	0.7	0.2	1.3
1976-1977	1.3	1.9	1.4	12.0	16.3	87.3	45.6	4.7	1.0	1.0	1.8	0.2
1977-1978	1.4	0.9	10.4	11.2	23.2	13.8	31.7	10.3	0.5	0.2	0.4	0.2
1978-1979	0.6	4.4	2.7	9.0	11.4	31.5	77.3	4.2	0.0	0.4	0.4	0.9
1979-1980	0.4	1.1	1.2	4.2	22.2	15.6	31.3	3.9	0.8	0.4	0.3	0.3
1980-1981	2.2	5.8	4.9	4.6	37.7	60.1	79.5	14.0	0.7	0.2	0.0	2.1
1981-1982	4.3	2.9	3.8	25.2	48.9	82.5	35.2	7.7	0.2	0.3	0.9	1.0
1982-1983	1.7	12.3	10.1	6.5	20.9	37.1	92.7	12.4	3.7	0.2	0.0	0.5
1983-1984	2.4	2.9	2.7	28.0	57.2	97.7	71.9	21.6	3.1	0.9	1.4	0.5
1984-1985	1.3	20.5	14.2	16.2	20.4	46.3	57.5	7.7	3.4	0.7	0.3	1.0
1985-1986	3.1	2.5	6.6	21.8	68.1	59.4	64.0	26.7	5.2	0.1	1.2	4.0
1986-1987	1.7	1.5	4.4	33.0	57.0	25.7	32.8	7.0	0.8	0.7	0.8	2.0
1987-1988	1.5	1.7	3.5	15.5	38.4	41.9	27.2	13.9	6.1	1.0	0.7	0.3
1988-1989	1.9	3.1	7.7	33.2	74.9	94.6	92.3	16.0	1.5	0.4	1.0	0.4
1989-1990	2.1	9.7	1.6	1.8	19.0	5.7	22.4	4.7	3.3	1.4	0.4	0.9
1990-1991	0.9	8.0	18.8	39.3	29.7	18.9	54.0	6.8	0.8	0.8	0.2	0.6
1991-1992	1.4	8.7	5.6	3.1	8.6	11.9	15.8	3.4	0.2	0.1	0.2	0.8
1992-1993	0.2	7.2	1.8	5.7	28.7	63.4	74.9	17.3	2.4	0.7	0.6	0.1
1993-1994	1.4	7.8	15.5	20.7	65.1	59.6	46.8	13.2	5.3	0.9	0.3	0.9
1994-1995	4.8	1.3	4.9	16.0	29.6	17.1	37.0	8.6	1.1	0.1	0.2	1.1
1995-1996	3.0	4.5	23.3	20.7	49.7	56.0	50.6	12.4	2.1	0.2	0.7	0.9
1996-1997	0.9	3.0	3.5	10.6	35.0	45.1	10.9	3.7	1.7	0.0	0.1	2.9
1997-1998	6.3	6.3	12.1	47.7	74.9	78.0	86.3	10.0	0.4	0.3	1.0	0.8
1998-1999	3.1	2.9	2.1	31.0	41.0	123.1	50.6	24.2	11.8	0.2	0.7	1.3

Año	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1999-2000	4.8	14.9	6.9	24.5	58.1	75.8	49.2	11.9	3.3	0.5	0.1	1.6
2000-2001	2.9	11.9	5.5	29.5	71.4	53.0	85.2	20.3	1.5	0.5	0.2	0.7
2001-2002	3.4	5.0	25.7	2.1	15.8	59.5	54.0	25.2	5.2	0.7	0.8	0.4
2002-2003	4.6	13.7	21.2	10.9	32.2	29.0	49.0	6.4	0.5	0.3	1.6	0.1
2003-2004	0.7	5.7	1.4	57.9	8.2	57.3	34.9	17.7	0.8	1.4	1.1	0.4
2004-2005	3.6	6.0	7.0	26.3	26.6	27.3	44.3	8.4	0.3	0.0	0.5	0.0
2005-2006	0.8	0.6	0.9	35.0	61.7	62.2	75.1	22.0	0.2	0.3	0.5	0.9
2006-2007	1.6	3.9	9.6	38.3	35.4	29.2	83.8	27.0	0.5	0.2	0.2	0.9
2007-2008	0.6	9.2	2.7	9.5	62.7	75.7	76.8	12.7	0.1	1.1	0.0	2.1
2008-2009	0.9	5.3	8.7	14.5	59.3	79.4	76.5	24.6	1.7	1.3	0.5	1.3
2009-2010	1.1	20.0	16.3	15.0	21.9	37.9	43.5	11.6	0.7	0.1	0.1	1.2
2010-2011	6.5	3.0	5.4	28.4	56.9	32.4	42.4	21.2	1.7	0.0	0.9	0.9
2011-2012	2.4	2.3	11.3	23.8	19.7	56.8	68.3	26.8	1.3	0.1	0.8	0.3
2012-2013	4.4	14.7	8.3	16.3	15.1	61.4	62.8	5.2	5.3	0.7	0.7	1.4
2013-2014	0.9	5.1	5.1	11.9	38.8	26.2	74.2	10.6	2.0	0.9	0.5	4.5
2014-2015	3.0	9.0	13.2	29.0	47.7	38.0	99.2	18.1	1.5	0.5	1.0	3.0
2015-2016	2.4	4.6	4.5	20.3	9.8	49.3	35.2	19.1	0.4	0.8	0.1	0.8
2016-2017	4.5	2.5	1.3	17.7	91.1	83.6	110.5	13.7	5.9	0.6	0.3	0.9
2017-2018	2.2	6.6	4.3	5.5	46.8	39.4	69.6	24.3	2.7	2.3	0.3	1.8
2018-2019	1.3	6.6	3.5	7.6	72.1	64.4	44.3	4.8	2.3	0.9	0.9	1.5
2019-2020	7.1	8.2	4.8	25.7	58.0	36.0	53.0	12.4	3.3	0.5	0.6	0.3
2020-2021	2.3	6.1	7.3	30.5	71.0	37.4	88.0	17.3	2.7	0.4	0.5	0.4
2021-2022	1.2	9.0	7.7	9.3	40.2	42.9	63.8	16.5	2.3	0.7	0.8	0.7
2022-2023	1.1	1.9	3.1	21.1	43.1	114.8	133.3	29.9	2.6	0.1	0.4	0.8
Nº Datos	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
Media	2.6	6.6	7.1	19.5	41.7	51.2	61.1	13.1	2.2	0.6	0.6	1.1
Desv.Std.	1.9	4.8	5.6	12.0	22.8	26.6	25.9	7.3	2.1	0.5	0.4	1.1
Máxima	9.1	22.0	25.7	57.9	99.6	123.1	133.3	29.9	11.8	2.3	1.8	6.1
Mínima	0.2	0.6	0.9	1.8	8.2	5.7	10.9	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0

Figura 75

Hidrograma para la precipitación media areal 1965-2023



De acuerdo con el análisis del histograma de la precipitación areal en la cuenca del río Lurín, se observan que el pico más alto de precipitación anual se da en el año hidrológico 2022-2023 con 352.3 mm mientras que las precipitaciones más bajas se dan en el año hidrológico 1991-1992 con 59.8 mm.

B. Cálculo de la evapotranspiración mensual. Para estimar la evapotranspiración potencial (ETP), se aplicó la fórmula propuesta por Thornthwaite, la cual requiere como insumo las temperaturas medias y el índice de calor registradas en cada estación meteorológica. Asimismo, se utilizó el software Hydraccess para interpolar los datos y obtener el valor areal de la evapotranspiración en la cuenca de estudio. En este proceso se emplearon tres métodos de interpolación: polígonos de Thiessen, IDW y Kriging.

Tabla 48

Evapotranspiración mensual para la cuenca de estudio (mm)

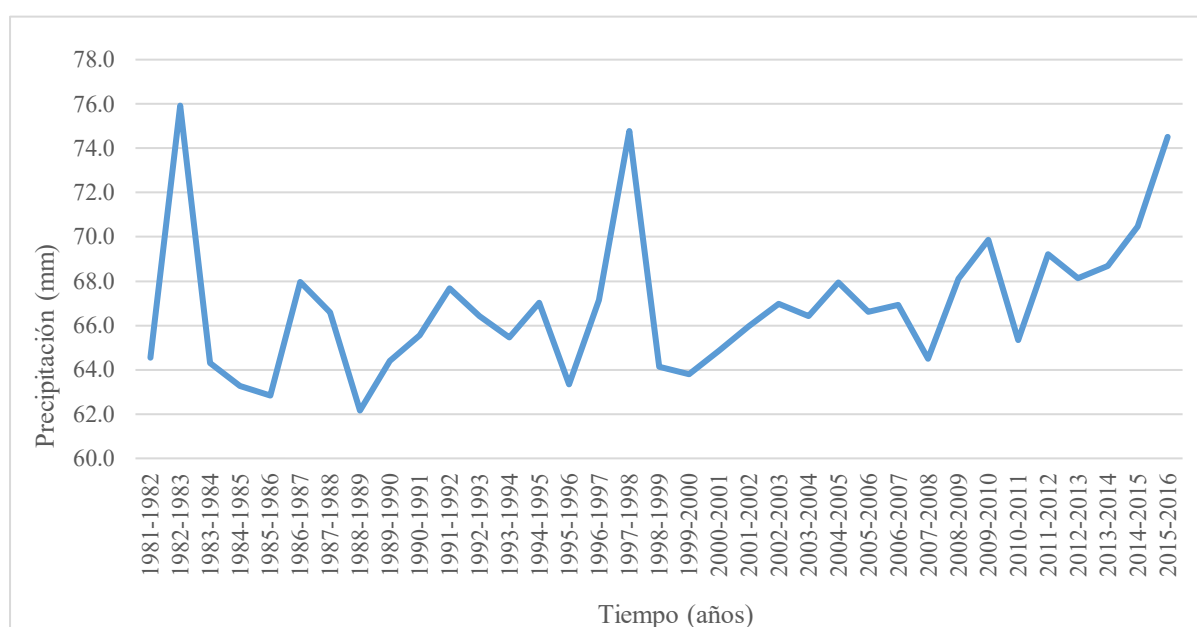
Años	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1981-1982	54.9	65.7	65.2	73.8	76.1	71.1	77.1	69.5	61.9	52.7	52.4	54.1

Años	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1982-1983	60.8	68.5	71.0	85.7	97.3	85.6	96.4	88.2	82.1	56.8	60.4	58.3
1983-1984	58.4	65.9	68.0	75.5	76.1	70.5	78.3	70.1	61.3	50.5	47.3	49.7
1984-1985	54.8	65.8	62.8	75.2	76.4	69.8	80.1	70.0	59.5	49.5	45.7	49.6
1985-1986	55.0	62.3	62.8	72.1	79.9	70.5	75.7	71.4	59.7	46.3	46.6	51.6
1986-1987	56.7	61.5	65.8	77.3	85.3	79.9	83.9	76.3	65.3	52.6	54.8	56.2
1987-1988	62.2	68.0	70.5	78.7	81.8	75.2	79.4	73.1	66.7	46.9	46.8	49.9
1988-1989	54.4	63.0	65.3	69.5	77.4	71.3	76.0	68.5	57.6	47.7	45.6	49.6
1989-1990	53.8	64.3	63.7	72.0	79.5	71.5	80.1	70.9	65.5	52.3	48.8	50.4
1990-1991	56.8	63.8	66.8	72.6	80.3	72.2	81.7	72.6	66.2	53.7	49.5	50.5
1991-1992	56.6	64.0	65.1	74.6	82.2	73.7	87.9	80.3	74.4	54.3	48.1	50.9
1992-1993	56.0	65.5	67.0	74.9	79.0	73.2	80.8	74.3	66.8	55.4	51.5	52.8
1993-1994	57.4	65.8	64.8	74.0	79.6	72.5	79.1	73.1	65.9	51.6	50.2	51.5
1994-1995	61.2	65.5	66.2	77.2	84.0	74.5	80.3	72.8	66.8	53.1	51.3	51.5
1995-1996	57.7	64.4	66.6	72.7	74.8	70.1	78.0	68.6	62.1	46.7	47.6	50.7
1996-1997	58.0	63.5	61.7	72.9	77.5	72.4	81.7	73.8	73.2	53.4	57.6	60.0
1997-1998	68.9	73.7	72.3	87.2	93.3	84.6	92.8	84.9	71.6	57.8	55.2	54.9
1998-1999	58.7	67.2	66.6	73.6	76.1	70.1	76.5	70.6	63.2	49.5	47.6	49.9
1999-2000	55.7	62.8	64.6	72.5	74.6	69.3	75.8	73.0	65.2	50.5	49.0	52.7
2000-2001	56.8	65.3	62.2	75.4	77.9	74.5	82.4	72.9	62.6	47.7	49.6	50.9
2001-2002	55.4	65.0	65.2	76.2	80.3	74.2	84.6	73.2	67.5	50.2	48.5	51.4
2002-2003	56.4	67.1	66.8	77.0	81.9	76.8	80.7	71.3	66.8	53.8	52.0	53.0
2003-2004	56.9	68.0	68.8	76.6	82.1	74.2	82.7	71.7	65.3	49.5	50.6	50.8
2004-2005	57.7	66.7	69.0	79.0	84.4	77.2	81.9	76.6	64.7	52.8	51.3	54.1
2005-2006	56.3	61.5	65.5	73.7	83.8	77.4	82.8	72.3	63.0	53.0	53.9	56.1
2006-2007	60.2	67.0	68.2	77.3	87.9	75.7	81.4	73.7	63.6	50.5	49.4	48.2
2007-2008	52.6	59.4	65.5	71.0	81.1	73.0	79.2	72.9	61.3	50.6	52.1	55.2
2008-2009	59.4	64.5	68.9	75.2	82.2	74.9	82.3	77.0	67.1	54.3	55.0	56.4
2009-2010	60.5	68.3	69.5	77.6	85.4	82.5	89.2	79.9	69.6	53.3	50.1	52.6
2010-2011	58.2	62.5	63.9	73.5	79.3	72.8	77.5	73.2	63.0	55.2	52.4	52.5
2011-2012	59.3	62.9	69.0	77.3	83.5	73.8	86.0	77.6	69.4	58.2	58.4	55.2
2012-2013	60.9	66.7	69.8	76.9	86.8	77.8	85.0	72.8	65.3	53.0	50.2	52.4
2013-2014	59.8	65.8	66.5	78.9	86.6	75.8	80.2	73.1	67.7	59.1	55.9	54.7
2014-2015	59.1	68.0	68.6	77.3	82.1	76.4	85.2	77.7	73.4	60.0	58.0	59.8
2015-2016	67.1	74.6	72.6	83.3	90.3	85.6	93.9	82.7	74.0	56.4	55.1	58.6

Años	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
N°DATOS	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
MEDIA	58.1	65.6	66.8	75.9	81.9	74.9	82.2	74.3	66.3	52.5	51.4	53.0
DESV.STD	3.4	3.1	2.8	3.8	5.1	4.4	5.0	4.5	5.0	3.5	3.8	3.1
MAXIMA	68.9	74.6	72.6	87.2	97.3	85.6	96.4	88.2	82.1	60.0	60.4	60.0
MINIMA	52.6	59.4	61.7	69.5	74.6	69.3	75.7	68.5	57.6	46.3	45.6	48.2

Figura 76

Hidrograma para la evapotranspiración media areal, 1981-2023



De acuerdo con el análisis del histograma de la evapotranspiración areal en la cuenca del río Lurín, se observan que el pico más alto de evapotranspiración media anual se da en el año hidrológico 1982-1982 con 75.9 mm mientras que la evapotranspiración media anual se da en el año hidrológico 1988-1989 con 62.2 mm.

C. Calibración del modelo hidrológico GR2M. En la etapa de calibración, se utilizaron los registros de 1981-2004, donde las variables de entrada para el modelo GR2M son la precipitación media areal, evapotranspiración media areal y los registros de caudales observados en la estación de Manchay en milímetros.

Para correr el modelo GR2M, se utilizó una hoja de cálculo en Excel junto con la herramienta “Solver”. Con esta función se estimaron los parámetros X1 y X2 del modelo, que representan la capacidad de producción y el coeficiente de intercambio, respectivamente. En la primera ejecución se obtuvieron los valores $X1 = 3.97$ y $X2 = 1.13$. Los resultados, que incluyen estos valores optimizados y los mejores obtenidos según el criterio de Nash, se presentan en la tabla.

Tabla 49

Calibración del modelo hidrológico GR2M

Descripción		Resultados
Nombre de la cuenca		Unidad
		Hidrográfica Lurín
Superficie de la cuenca (km²)		1642.5
Parámetros del modelo	Transferencia	Valor
x1: Res. salida (mm)	4.0	52.4
x2: Parámetro de intercambio (mm)	1.1	1.1
Valores iniciales		
Nivel de llenado inicial S0 (máx.: x1 mm)		26.2
Nivel de llenado inicial R0 (máx.: 60 mm)		30.0
Periodo		
Duración del período de puesta en marcha (meses)		12
Duración del período de prueba (meses)		275
Fecha de salida		1/1982
Fecha final		12/2004
Precipitación media observada (mm/mes)		17.3
Promedio de FTE observados (mm/mes)		66.2
Caudales promedio observados (mm/mes)		6.8
Promedio de las raíces de los caudales observados		2.1

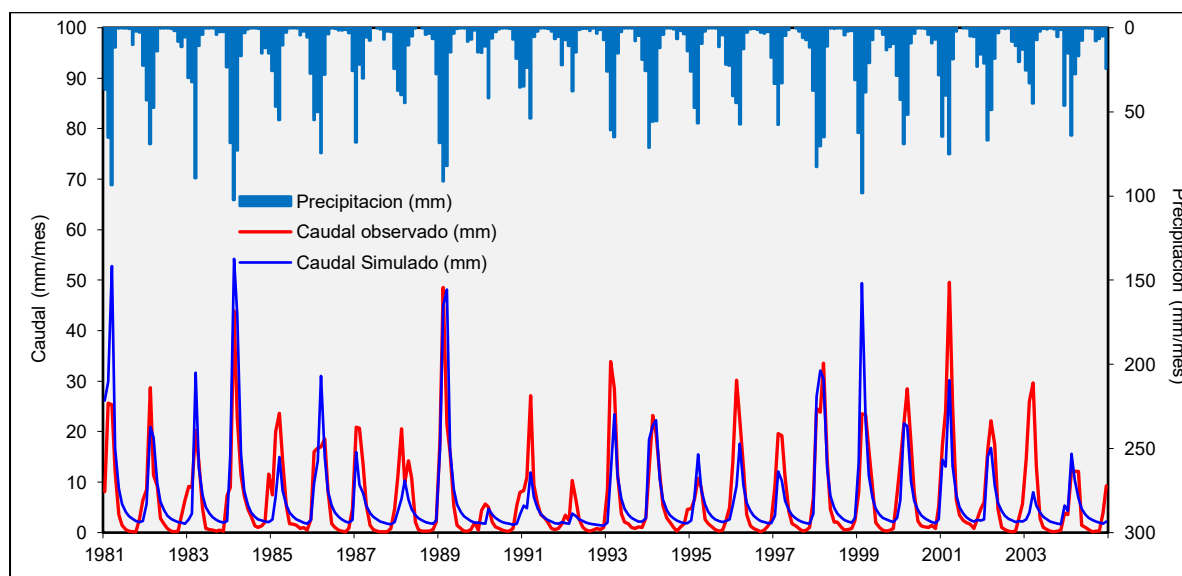
Descripción	Resultados
Promedio de los flujos logarítmicos observados	1.1
Criterios de eficacia (%)	
Nash(Q)	62.2
Nash(VQ)	66.8
Nash(ln(Q))	51.2
Bilan	95.8

De acuerdo con la tabla 49, el criterio de Nash resultante de la etapa de calibración es de 62.2% lo que resulta en un valor muy bueno, de forma que el modelo GR2M simula adecuadamente los caudales medios mensuales del río Lurín.

De la figura 77, se identificaron algunos años en los que el modelo no representó correctamente los caudales observados. En 1991, 1993, 1997, 2001 y 2003, los caudales simulados fueron más bajos de lo que realmente se midió, lo que indica una subestimación. Por otro lado, en 1981, 1984, 1986 y 1999, los valores simulados fueron mayores que los reales, mostrando una sobreestimación. A pesar de estas diferencias en ciertos años, en general se puede decir que los caudales simulados se ajustan bastante bien a los caudales observados, lo que refleja una buena relación entre ambos conjuntos de datos.

Figura 77

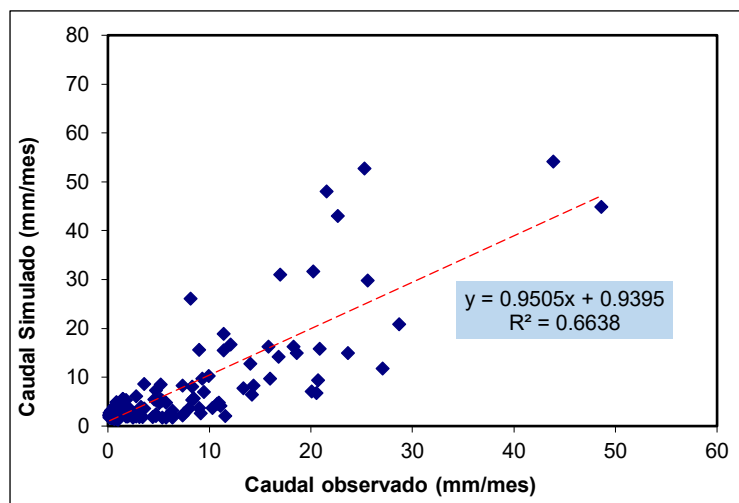
Hidrograma del proceso de calibración del modelo GR2M



La Figura 78 muestra la gráfica de correlación entre los caudales observados y los simulados durante el proceso de calibración. Se obtuvo un coeficiente de determinación R^2 de 0.6638, lo que indica que el modelo GR2M presenta un nivel de ajuste aceptable.

Figura 78

Correlación del proceso de calibración GR2M



D. Validación del modelo hidrológico GR2M. En la etapa de validación, se utilizaron los registros de 2005-2016. En esta fase, se aplicaron los parámetros X1 y X2, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 50

Validación del modelo hidrológico GR2M

Descripción		Resultados
Nombre de la cuenca		Unidad Hidrográfica Lurín
Superficie de la cuenca (km ²)		1642.5
Parámetros del modelo		Tranferencia Valor
x1: Res. salida (mm)		4.0 52.4
x2: Parámetro de intercambio (mm)		1.1 1.1
Valores iniciales		
Nivel de llenado inicial S0 (máx.: x1 mm)		26.2
Nivel de llenado inicial R0 (máx.: 60 mm)		30.0

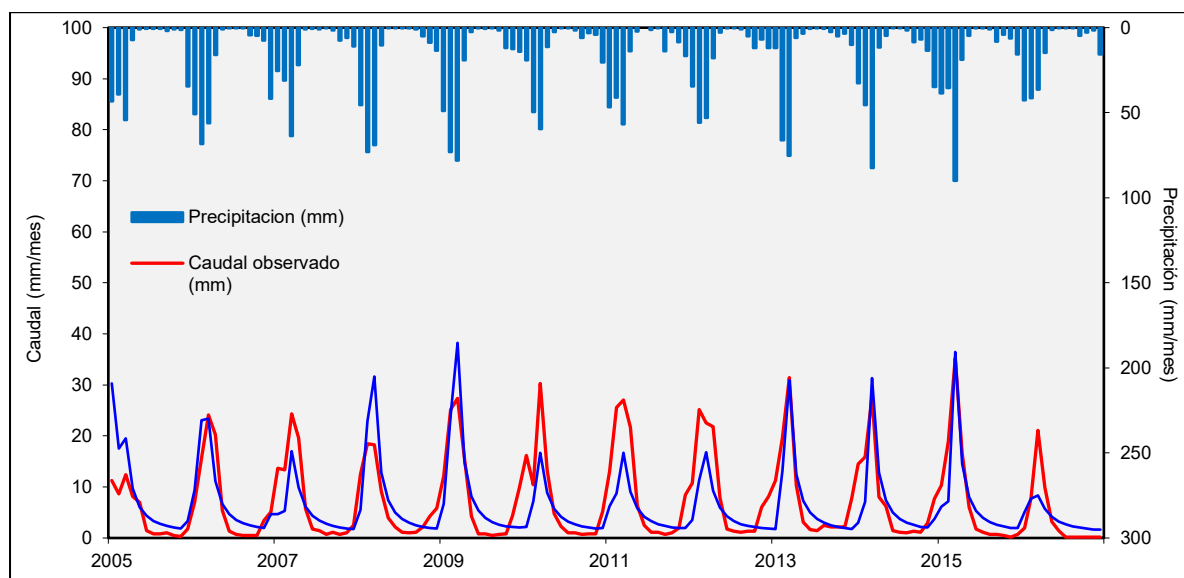
Descripción	Resultados
Periodo	
Duración del período de puesta en marcha (meses)	0
Duración del período de prueba (meses)	143
Fecha de salida	01/2005
Fecha final	12/2016
Precipitación media observada (mm/mes)	17.4
Promedio de FTE observados (mm/mes)	68.4
Caudales promedio observados (mm/mes)	7.2
Promedio de las raíces de los caudales observados	2.3
Promedio de los flujos logarítmicos observados	1.3
Criterios de eficacia (%)	
Nash(Q)	58.6
Nash(VQ)	59.9
Nash(ln(Q))	47.7
Bilan	93.8

De acuerdo con la Tabla 50, el coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE) alcanzó un valor de 58.6% durante la etapa de validación, lo que se considera un desempeño bueno. Este resultado indica que el modelo GR2M reproduce de manera adecuada los caudales medios mensuales del río Lurín.

De la figura 79, se identificaron algunos años en los que el modelo no representó correctamente los caudales observados. En 2010, 2011 y 2012, los caudales simulados fueron más bajos de lo que realmente se midió, lo que indica una subestimación. A pesar de estas diferencias en ciertos años, en general se puede decir que los caudales simulados se ajustan bastante bien a los caudales observados, lo que refleja una buena relación entre ambos conjuntos de datos.

Figura 79

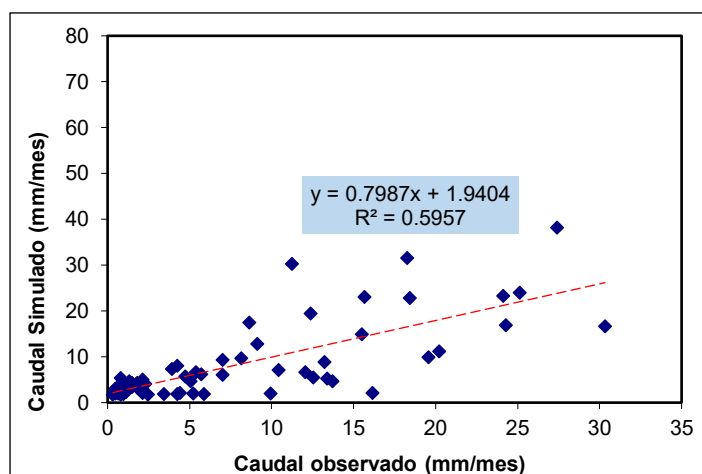
Hidrograma del proceso de validación del modelo GR2M



La Figura 80 muestra la gráfica de correlación entre los caudales observados y los simulados durante el proceso de validación. Se obtuvo un coeficiente de determinación R^2 de 0.5957, lo que indica que el modelo GR2M presenta un nivel de ajuste aceptable.

Figura 80

Correlación del proceso de validación



4.3.1.2. Obtención de caudales medios mensuales de la cuenca. La Tabla 51 presenta los caudales medios mensuales del río Lurín, expresados en m³/s, correspondientes al periodo 1981–2016. Estos valores fueron obtenidos a partir de la simulación realizada con el modelo hidrológico GR2M para la unidad hidrográfica de Lurín. Los resultados del modelo muestran los siguientes caudales promedio mensuales, de enero a diciembre: 5.0, 9.7, 13.5, 6.2, 3.8, 2.7, 2.1, 1.7, 1.4, 1.3, 1.2 y 1.5 m³/s. Estos valores reflejan la distribución mensual del escurrimiento en la cuenca, donde se observan mayores caudales durante los primeros meses del año, asociados a la temporada de lluvias en la parte alta de la cuenca, mientras que en los meses restantes los caudales disminuyen progresivamente. A partir de estos resultados se estima un caudal medio anual de 4.2 m³/s para el periodo analizado.

Tabla 51

Descargas medias mensuales generadas (m³/s) río Lurín

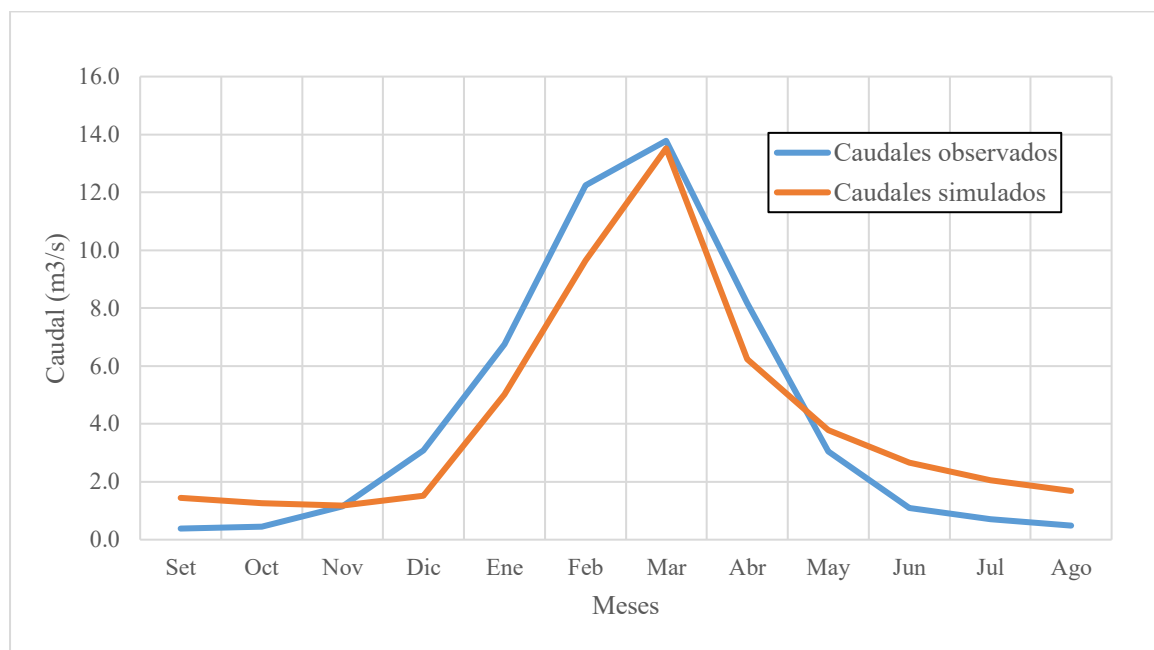
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1981	16.0	18.3	32.4	10.2	5.3	3.5	2.5	2.0	1.7	1.4	1.2	1.4
1982	3.5	12.8	11.6	6.0	3.7	2.7	2.1	1.7	1.4	1.3	1.2	1.1
1983	1.6	2.3	19.4	7.9	4.5	3.1	2.3	1.8	1.5	1.3	1.2	1.4
1984	9.6	33.3	26.4	9.5	5.1	3.4	2.5	1.9	1.6	1.5	1.3	1.3
1985	1.6	4.4	9.2	5.1	3.3	2.5	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1	1.5
1986	6.0	8.7	19.0	9.2	5.0	3.3	2.4	1.9	1.6	1.4	1.2	1.5
1987	9.8	5.8	4.8	3.2	2.4	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.3
1988	2.6	4.1	6.3	4.0	2.8	2.1	1.7	1.5	1.3	1.1	1.1	1.5
1989	10.0	27.5	29.5	10.0	5.3	3.4	2.5	2.0	1.6	1.4	1.2	1.2
1990	1.2	1.1	2.9	2.2	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0	1.1	2.2
1991	3.3	3.0	7.3	4.3	3.0	2.2	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1	1.3
1992	1.1	1.1	2.3	2.0	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8
1993	1.2	7.0	14.4	6.9	4.1	2.9	2.2	1.8	1.5	1.3	1.3	1.7
1994	11.3	13.0	13.7	6.5	4.0	2.8	2.1	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1
1995	1.5	4.3	9.5	5.2	3.4	2.5	1.9	1.6	1.4	1.3	1.4	1.6
1996	3.3	5.7	10.8	5.7	3.6	2.6	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	1.2

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1997	2.0	7.4	6.3	3.9	2.7	2.1	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	2.3
1998	16.5	19.6	18.7	7.7	4.5	3.0	2.3	1.8	1.5	1.3	1.2	1.8
1999	8.5	30.3	13.6	6.9	4.2	2.9	2.2	1.8	1.6	1.4	1.3	1.8
2000	3.9	13.3	13.0	6.3	3.9	2.7	2.1	1.7	1.5	1.3	1.2	1.6
2001	8.9	8.0	18.5	8.1	4.6	3.1	2.3	1.9	1.6	1.3	1.5	1.5
2002	1.6	9.2	10.3	5.7	3.6	2.6	2.0	1.7	1.4	1.3	1.4	1.3
2003	1.6	2.4	4.9	3.3	2.4	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	3.3
2004	2.6	9.5	6.4	4.2	2.9	2.2	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1	1.3
2005	18.6	10.7	12.0	5.9	3.7	2.7	2.1	1.7	1.4	1.3	1.1	2.0
2006	5.7	14.2	14.3	6.9	4.1	2.9	2.2	1.8	1.5	1.3	1.2	2.9
2007	2.9	3.2	10.4	6.1	3.8	2.7	2.1	1.7	1.4	1.3	1.1	1.1
2008	3.4	14.0	19.4	7.9	4.5	3.1	2.3	1.8	1.5	1.3	1.2	1.2
2009	4.1	14.7	23.4	9.2	5.0	3.3	2.4	1.9	1.6	1.4	1.3	1.3
2010	1.3	4.4	10.2	5.5	3.5	2.5	2.0	1.6	1.4	1.2	1.1	1.2
2011	3.8	5.4	10.2	5.6	3.6	2.6	2.0	1.7	1.5	1.3	1.2	1.2
2012	2.2	7.0	10.3	5.7	3.6	2.6	2.0	1.7	1.4	1.3	1.2	1.1
2013	1.1	8.1	18.9	7.7	4.4	3.0	2.3	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1
2014	1.9	4.3	19.2	7.9	4.5	3.1	2.3	1.8	1.6	1.4	1.3	2.3
2015	3.8	4.4	22.4	8.9	4.9	3.3	2.4	1.9	1.6	1.4	1.2	1.2
2016	3.1	4.8	5.1	3.5	2.5	2.0	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
Prom.	5.0	9.7	13.5	6.2	3.8	2.7	2.1	1.7	1.4	1.3	1.2	1.5

La Figura 81 muestra la comparación entre los caudales medios mensuales observados y los simulados mediante el modelo hidrológico GR2M en la cuenca del río Lurín. En general, el modelo reproduce adecuadamente el comportamiento estacional del caudal, observándose un incremento progresivo entre diciembre y marzo, donde se alcanzan los valores máximos, y una disminución gradual entre abril y agosto, correspondiente al periodo de estiaje. En conjunto, los resultados evidencian un ajuste aceptable del modelo para representar la dinámica mensual del caudal en la cuenca.

Figura 81

Comparación de caudales medios mensuales observados y generados



4.3.1.3. Caudales medios a diferentes persistencias. Ahora bien, mediante el uso de la ecuación de Weibull, se procedió a definir los caudales a diferentes niveles de persistencia, en la siguiente tabla se observan los caudales a niveles de persistencia de 50, 75, 90 y 95%.

Tabla 52

Persistencia del caudal medio mensual

Per.	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
50%	1.41	1.28	1.14	1.36	3.65	7.31	11.35	5.95	3.73	2.63	1.99	1.70
75%	1.27	1.19	1.08	1.11	1.49	3.65	7.96	4.30	2.98	2.21	1.71	1.54
90%	1.20	1.14	1.06	1.00	0.52	2.00	6.43	3.54	2.60	1.99	1.56	1.45
95%	1.18	1.12	1.05	0.97	0.24	1.51	5.98	3.32	2.49	1.92	1.52	1.42

En el presente estudio, la oferta hídrica superficial de la cuenca del río Lurín fue evaluada empleando el caudal correspondiente al 75 % de persistencia (Q75), con el fin de representar una condición hidrológica conservadora y técnicamente adecuada para la planificación del uso del agua con fines de riego agrícola. La selección de este nivel de persistencia responde a la necesidad de considerar la variabilidad natural del régimen

hidrológico de la cuenca, caracterizada por una marcada estacionalidad y la ocurrencia de periodos prolongados de caudales bajos, especialmente entre los meses de junio y diciembre.

Tabla 53

Oferta hídrica al 75% de persistencia de la cuenca del río Lurín

Mes	Caudal al 75 % de persistencia (m ³ /s)	Días del mes	Volumen mensual de oferta hídrica superficial (m ³ /mes)
Sep	1.27	30	3,301,017.2
Oct	1.19	31	3,180,528.9
Nov	1.08	30	2,806,965.4
Dic	1.11	31	2,977,455.9
Ene	1.49	31	3,998,752.7
Feb	3.65	28	8,825,670.8
Mar	7.96	31	21,318,207.9
Abr	4.30	30	11,146,559.1
May	2.98	31	7,983,652.7
Jun	2.21	30	5,716,645.3
Jul	1.71	31	4,576,283.2
Ago	1.54	31	4,127,350.1
Volumen anual de oferta hídrica superficial			79,959,089.1

4.3.1.4. Determinación del caudal ecológico. Para determinar la disponibilidad hídrica superficial de la cuenca del río Lurín, se incorporó el caudal ecológico como una restricción previa al aprovechamiento del recurso. De acuerdo con los Lineamientos generales para determinar caudales ecológicos, aprobados mediante Resolución Jefatural No. 267-2019-ANA, la determinación del caudal ecológico puede realizarse mediante métodos hidrológicos considerando las características del régimen hídrico de la fuente.

En la presente investigación se adoptó, con fines de evaluación hidrológica, un caudal ecológico referencial equivalente al 15 % del caudal medio mensual generado mediante el modelo GR2M.

Tabla 54*Caudal ecológico referencial de la cuenca del río Lurín*

Mes	Caudal medio mensual (m³/s)	Caudal ecológico (m³/s)
Septiembre	1.4	0.21
Octubre	1.3	0.20
Noviembre	1.2	0.18
Diciembre	1.5	0.23
Enero	5.0	0.75
Febrero	9.7	1.46
Marzo	13.5	2.03
Abril	6.2	0.93
Mayo	3.8	0.57
Junio	2.7	0.41
Julio	2.1	0.32
Agosto	1.7	0.26

Nota. A partir de los caudales medios mensuales generados mediante GR2M y los lineamientos aprobados mediante R.J. No. 267-2019-ANA

Como se observa, el caudal ecológico presenta un comportamiento estacional asociado directamente al régimen hidrológico del río Lurín. Los mayores valores se obtienen entre febrero y abril, alcanzándose un máximo de 2.03 m³/s en marzo, mientras que los menores valores se presentan durante los meses de estiaje, con un mínimo de 0.18 m³/s en noviembre. El promedio mensual del caudal ecológico referencial determinado fue de aproximadamente 0.63 m³/s.

4.3.2. Cálculo de demanda hídrica

4.3.2.1. Coeficientes de cultivos. Primero, se identificaron los coeficientes de riego de cultivo (K_c) obtenidos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Estos valores de K_c fueron utilizados para estimar la demanda hídrica de los principales cultivos de la cuenca del río Lurín, que fueron considerandos de acuerdo a los estudios de obras de control y medición de agua por bloques de riego en el valle Lurín por parte del Ministerio de Agricultura.

La tabla 55 muestra los coeficientes K_c por cultivo y mes, que corresponden a los principales cultivos agrícolas de la zona de estudio, entre los cuales tenemos al maíz chala, maíz grano, vid, frutales, flores, papa, frejol, alfalfa, tomate y vegetales menores.

Tabla 55

Coeficiente de ajuste K_c de cultivo

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Maíz chala								0.43	0.68	1.02	1.02	0.65
Maíz grano	1.05	0.73							0.40	0.58	0.91	1.05
Vid	0.85	0.72			0.70			0.48	0.56	0.74	0.88	0.90
Frutales	0.71	0.84	0.90	0.90	0.90	0.90	0.86	0.79	0.73	0.50	0.50	0.58
Flores	0.53	0.57	0.62	0.65	0.65	0.65	0.64	0.60	0.57	0.52	0.52	0.52
Papa	0.72	0.88	0.95	0.90	0.41					0.35	0.39	0.55
Frejol								0.55	0.98	0.94		
Alfalfa	0.69	0.77	0.85	0.90	0.90	0.90	0.88	0.85	0.82	0.65	0.65	0.65
Tomate	1.04	1.10	1.10	0.88							0.60	0.73
Vegetales menores	0.75	0.96	1.00	0.94	0.36					0.30	0.32	0.51

Procedemos a identificar el cronograma mensual de áreas bajo riego (en hectáreas) en la tabla 56 para los cultivos más representativos de la cuenca del río Lurín. Esta información es importante para calcular la demanda hídrica agrícola ya que permite identificar las hectáreas de cultivos que se encuentran activas por cada mes a lo largo del año.

Tabla 56

Cronograma mensual de cultivos instalados

Cultivo	AREAS (Has)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Maíz chala								1436	1436	1436	1436	1436
Maíz grano	472	472							472	472	472	472
Vid	22	22			22			22	22	22	22	22
Frutales	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488
Flores	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
Papa	38	38	38	38	38					38	38	38
Frejol								98	98	98		
Alfalfa	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441
Tomate	213	213	213	213							213	213
Vegetales menores	1050	1050	1050	1050	1050					1050	1050	1050
Area Cultiv.	2787	2787	2293	2293	2102	992	992	2548	3020	4108	4223	4223

De esta forma para estimar la demanda hídrica total de los cultivos en la cuenca del río Lurín, fue necesario calcular el coeficiente de cultivo ponderado (K_c ponderado), el cual es el valor medio de los coeficientes K_c según la superficie cultivada de cada especie durante cada mes.

La tabla 57 muestra el Kc mensual de los cultivos, los cuales fueron extraídos de la fuente de la FAO, multiplicado por su área correspondiente. Luego, se suman los productos mensuales de los Kc por el área y se divide entre la superficie cultivada total mensual, obteniendo un valor representativo del requerimiento hídrico relativo promedio para el área agrícola en cada mes de año.

Tabla 57

Coefficiente de cultivo Kc de los cultivos

Cultivo	COEFICIENTE Kc											
	Ene	Feb	Mar	Abr	Ma	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Maíz								0.43	0.68	1.02	1.02	0.65
chala												
Maíz	1.05	0.73							0.40	0.58	0.91	1.05
grano												
Vid	0.85	0.72			0.70			0.48	0.56	0.74	0.88	0.90
Frutales	0.71	0.84	0.90	0.90	0.90	0.90	0.86	0.79	0.73	0.50	0.50	0.58
Flores	0.53	0.57	0.62	0.65	0.65	0.65	0.64	0.60	0.57	0.52	0.52	0.52
Papa	0.72	0.88	0.95	0.90	0.41					0.35	0.39	0.55
Frejol								0.55	0.98	0.94		
Alfalfa	0.69	0.77	0.85	0.90	0.90	0.90	0.88	0.85	0.82	0.65	0.65	0.65
Tomate	1.04	1.10	1.10	0.88							0.60	0.73
Vegetales	0.75	0.96	1.00	0.94	0.36					0.30	0.32	0.51
menores												
Kc												
Pond.	0.80	0.87	0.95	0.91	0.61	0.88	0.85	0.58	0.67	0.67	0.70	0.65

4.3.2.2. Determinación de la evapotranspiración real. De los datos obtenidos de acuerdo a los cálculos de evapotranspiración y el Kc ponderado obtenido previamente, se procede a calcular la evapotranspiración real multiplicando los valores previos mencionados.

Tabla 58

Evapotranspiración real mensual en la cuenca

Mes	Evapotranspiración Potencial (mm/día)	Kc ponderado	Evapotranspiración Real o Uso consuntivo (mm/día)
Set	2.23	0.67	1.50
Oct	2.11	0.67	1.41
Nov	2.23	0.70	1.56
Dic	2.45	0.65	1.60
Ene	2.64	0.80	2.12
Feb	2.67	0.87	2.32
Mar	2.65	0.95	2.51
Abr	2.48	0.91	2.25
May	2.14	0.61	1.31
Jun	1.75	0.88	1.55
Jul	1.66	0.85	1.42
Ago	1.71	0.58	0.99

4.3.2.3. Determinación del déficit de humedad. Se procedió a determinar el déficit de humedad, el cual se obtiene de la diferencia entre la precipitación efectiva y evapotranspiración real. En este caso la precipitación efectiva se determinó por el método del USDA Soil Conservation Service, el cual permite determinar la fracción de la precipitación total.

De acuerdo con el criterio USDA-SCS, cuando la precipitación mensual es menor a 250 mm, la precipitación efectiva corresponde al 80 % de la precipitación total; mientras que, cuando la precipitación mensual supera los 250 mm, la precipitación efectiva se reduce al 75 %.

A continuación, se presenta el cálculo de la precipitación efectiva:

Tabla 59*Precipitación efectiva mensual en la cuenca*

Mes	Precipitación total (mm/mes)	Precipitación efectiva (75%) (mm/mes)	Precipitación efectiva diaria (mm/día)
Set	4.8	0.2	0.0
Oct	6.1	0.7	0.0
Nov	7.2	1.6	0.1
Dic	20.7	12.8	0.4
Ene	40.0	29.6	1.0
Feb	52.7	35.9	1.3
Mar	62.0	41.3	1.3
Abr	11.9	2.5	0.1
May	2.7	0.0	0.0
Jun	0.4	0.0	0.0
Jul	0.4	0.0	0.0
Ago	0.8	0.0	0.0

Ahora con los datos de precipitación efectiva y evapotranspiración real, se procedió a calcular el déficit de humedad, el cual se halló mediante la diferencia.

Tabla 60*Déficit de humedad mensual en la cuenca*

Mes	Evapotranspiración Real o Uso consuntivo (mm/día)	Precipitación efectiva diaria (mm/día)	Déficit de humedad (mm/día)
Set	1.5	0.0	1.5
Oct	1.4	0.0	1.4
Nov	1.6	0.1	1.5
Dic	1.6	0.4	1.2
Ene	2.1	1.0	1.2
Feb	2.3	1.3	1.0
Mar	2.5	1.3	1.2
Abr	2.3	0.1	2.2

Mes	Evapotranspiración Real o Uso consuntivo (mm/día)	Precipitación efectiva diaria (mm/día)	Déficit de humedad (mm/día)
May	1.3	0.0	1.3
Jun	1.5	0.0	1.5
Jul	1.4	0.0	1.4
Ago	1.0	0.0	1.0

4.3.2.4. Determinación del requerimiento de agua. Se procedió a calcular el requerimiento de agua, el cual se obtuvo a partir del déficit de humedad obtenido previamente. En este cálculo se utilizó la eficiencia de riego, el cual en esta ocasión se consideró como 30% en base a trabajos y experiencia en la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico de Lurín. En la tabla 61 se muestra el cálculo realizado:

Tabla 61

Determinación de requerimiento de agua mensual

Mes	Déf. de humedad (mm/día)	Eficiencia de riego (%)	Nº días del mes (días)	Requerimiento de agua (mm/día)	Requerimiento de agua (m3/ha/día)	Requerimiento de agua (m3/ha/mes)
Set	1.5	0.3	30	5.0	49.7	1,490.5
Oct	1.4	0.3	31	4.6	46.3	1,433.8
Nov	1.5	0.3	30	5.0	50.1	1,504.3
Dic	1.2	0.3	31	4.0	39.7	1,229.6
Ene	1.2	0.3	31	3.9	38.8	1,202.1
Feb	1.0	0.3	28	3.5	34.7	972.4
Mar	1.2	0.3	31	3.9	39.4	1,220.3
Abr	2.2	0.3	30	7.2	72.3	2,170.3
May	1.3	0.3	31	4.4	43.6	1,351.4
Jun	1.5	0.3	30	5.2	51.6	1,548.4
Jul	1.4	0.3	31	4.7	47.2	1,464.4
Ago	1.0	0.3	31	3.3	33.1	1,027.2

En la tabla se muestra el resultado del requerimiento de agua por mes y convertido en metros cúbico por hectárea y por mes. Este dato permitió calcular el volumen demandado de la cuenca del río Lurín.

4.3.2.5. Volumen demandado de la cuenca. Se procedió a calcular el volumen demandado con los datos previamente calculados de las áreas totales sembradas mensuales de la siguiente forma:

Tabla 62

Volumen de demanda hídrica agrícola

Mes	Requerimiento de agua (m ³ /ha/mes)	Área total sembrada (has)	Módulo de Riego (l/s/ha)	Caudal (m ³ /s)	Volumen demandado (m ³ /mes)
Set	1,490.5	3,020	0.6	1.74	4,501,309.4
Oct	1,433.8	4,108	0.5	2.20	5,889,924.1
Nov	1,504.3	4,223	0.6	2.45	6,352,821.6
Dic	1,229.6	4,223	0.5	1.94	5,192,506.5
Ene	1,202.1	2,787	0.4	1.25	3,350,224.2
Feb	972.4	2,787	0.4	1.12	2,710,049.1
Mar	1,220.3	2,293	0.5	1.04	2,798,130.5
Abr	2,170.3	2,293	0.8	1.92	4,976,582.3
May	1,351.4	2,102	0.5	1.06	2,840,656.6
Jun	1,548.4	992	0.6	0.59	1,536,006.9
Jul	1,464.4	992	0.5	0.54	1,452,639.9
Ago	1,027.2	2,548	0.4	0.98	2,617,257.4
Demanda hídrica agrícola anual					44,218,108.4

En total el volumen demandado de agua anual da un total de 44,218,108.4 m³/año, equivalente aproximadamente a 44.22 MMC/año.

4.3.2.6. Análisis de otros derechos de uso de agua. Con la finalidad de identificar demandas que podrían afectar la oferta hídrica superficial de la cuenca del río Lurín, se revisaron los derechos de uso de agua reportados por la ANA (2019), correspondientes a los usos poblacional, agrario, acuícola, industrial, pecuario y recreativo.

La revisión evidenció que gran parte de los usos no agrarios se abastece de fuentes subterráneas, principalmente en Cieneguilla, Lurín, Pachacámac y Villa María del Triunfo. Debido a que la oferta determinada en esta investigación corresponde únicamente al recurso hídrico superficial, dichos derechos no fueron descontados de la oferta al 75 % de persistencia. Asimismo, los derechos asociados a quebradas y manantiales se consideraron como información complementaria, debido a la falta de una distribución mensual homogénea para incorporarlos al balance del río Lurín.

Por otro lado, la ANA (2019) señala que las demandas industrial, pecuaria, recreativa y de otros usos son reducidas, por lo que no fueron incluidas en su modelo hidrológico. En concordancia con este criterio, la presente investigación mantuvo la demanda agrícola como componente principal del balance e incorporó el caudal ecológico como restricción ambiental previa al aprovechamiento del recurso.

4.3.3. Cálculo de la disponibilidad hídrica superficial para riego

La disponibilidad hídrica superficial para riego se determinó a partir de la oferta hídrica correspondiente al 75 % de persistencia, considerando previamente el caudal ecológico referencial como una restricción al aprovechamiento del recurso.

En ese sentido, se diferencia la oferta hídrica superficial de la disponibilidad hídrica para riego. La primera corresponde al caudal al 75 % de persistencia (Q75), mientras que la segunda representa el caudal remanente luego de mantener el caudal ecológico correspondiente.

La disponibilidad hídrica superficial previa a la atención de la demanda agrícola se determinó mediante:

$$Q_{disp} = Q_{75} - Q_{eco}$$

Donde:

Q_{disp} = disponibilidad hídrica superficial para riego (m^3/s)

Q_{75} = caudal al 75% de persistencia (m^3/s)

Q_{eco} = caudal ecológico referencial (m^3/s)

Posteriormente, la disponibilidad obtenida fue comparada con la demanda hídrica agrícola, mediante la siguiente expresión:

$$BH = Q_{disp} - D_{agr}$$

Donde:

BH = balance hídrico para riego (m^3/s)

Q_{disp} = disponibilidad hídrica superficial para riego (m^3/s)

D_{agr} = demanda hídrica agrícola (m^3/s)

Los valores positivos representan superávits hídricos después de atender la demanda agrícola, mientras que los valores negativos representan condiciones de déficit.

Tabla 63

Balance hídrico superficial para riego en la cuenca del río Lurín

Mes	Oferta hídrica - Q75 (m3/s)	Caudal ecológico (m3/s)	Disponibilidad para riego (m3/s)	Demanda agrícola (m3/s)	Balance
Sep	1.27	0.21	1.06	1.74	-0.68
Oct	1.19	0.20	0.99	2.20	-1.21
Nov	1.08	0.18	0.90	2.45	-1.55
Dic	1.11	0.23	0.88	1.94	-1.06
Ene	1.49	0.75	0.74	1.25	-0.51
Feb	3.65	1.46	2.19	1.12	1.07

Mes	Oferta hídrica - Q75 (m³/s)	Caudal ecológico (m³/s)	Disponibilidad para riego (m³/s)	Demanda agrícola (m³/s)	Balance
Mar	7.96	2.03	5.93	1.04	4.89
Abr	4.30	0.93	3.37	1.92	1.45
May	2.98	0.57	2.41	1.06	1.35
Jun	2.21	0.41	1.80	0.59	1.21
Jul	1.71	0.32	1.39	0.54	0.85
Ago	1.54	0.26	1.28	0.98	0.30
Promedio	2.55	0.63	1.92	1.40	

Los resultados muestran que la oferta hídrica superficial al 75 % de persistencia presenta un comportamiento marcadamente estacional. Al incorporar el caudal ecológico referencial, la disponibilidad hídrica superficial para riego disminuye respecto de la oferta inicialmente estimada, alcanzando los menores valores durante el periodo de bajos caudales.

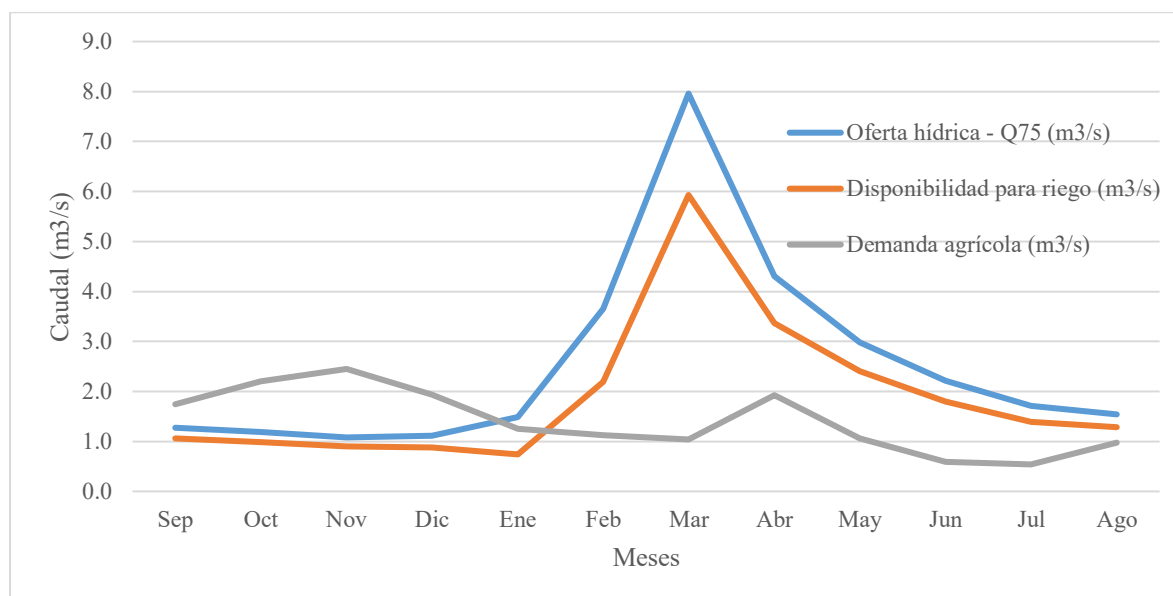
Al comparar la disponibilidad hídrica superficial con la demanda agrícola, se identificaron déficits entre septiembre y enero. El déficit máximo se presentó en noviembre, con aproximadamente 1.55 m³/s, seguido de octubre con 1.21 m³/s y diciembre con 1.06 m³/s. En enero se presentó un déficit de aproximadamente 0.51 m³/s.

Por otro lado, entre febrero y agosto se obtuvieron superávits hídricos, alcanzándose el mayor valor en marzo, con aproximadamente 4.89 m³/s, asociado al incremento estacional de los caudales durante el periodo de mayores aportes hídricos.

En términos promedio, la oferta al 75 % de persistencia fue de aproximadamente 2.55 m³/s, mientras que el caudal ecológico referencial alcanzó aproximadamente 0.63 m³/s. En consecuencia, la disponibilidad hídrica superficial resultante fue del orden de 1.92 m³/s, frente a una demanda agrícola promedio de 1.40 m³/s. Sin embargo, el balance mensual demuestra que un resultado promedio anual positivo no implica disponibilidad suficiente durante todos los meses del año, debido a la marcada variabilidad estacional del recurso.

Figura 82

Disponibilidad hídrica superficial para riego en la cuenca del río Lurín



La Figura 82 muestra la relación entre la oferta hídrica al 75 % de persistencia, la disponibilidad hídrica superficial resultante luego de considerar el caudal ecológico y la demanda hídrica agrícola. Se observa que la incorporación del caudal ecológico reduce la cantidad de recurso potencialmente aprovechable para riego, principalmente durante los meses de menores caudales.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con el análisis de disponibilidad hídrica para riego realizado en la cuenca del río Lurín, se determinó una marcada variabilidad estacional del recurso hídrico. Al considerar el caudal ecológico como una restricción previa al aprovechamiento de la oferta superficial, se identificaron déficits entre los meses de septiembre y enero, mientras que entre febrero y agosto se presentaron condiciones de superávit. Este comportamiento evidencia que la disponibilidad hídrica para riego no depende únicamente de la magnitud promedio anual de la oferta, sino principalmente de su distribución temporal y de las restricciones asociadas al aprovechamiento del recurso. A partir de estos resultados, se contrastaron los principales componentes físicos, hidrometeorológicos y de disponibilidad hídrica con investigaciones desarrolladas previamente en la cuenca del río Lurín.

En principio, se realizó un diagnóstico físico y socioeconómico de la cuenca en el cual se determinaron los parámetros geomorfológicos (superficie, forma, relieve y red de drenaje) así como las condiciones de suelos, capacidad de uso mayor, geología, zonas de vida y ecosistemas. Asimismo, para el diagnóstico socioeconómico se realizó un análisis de la población y las diferentes actividades que se desarrollan en la cuenca, entre las que resalta la actividad agrícola. En la investigación presentada por Vasquez (2003) y el Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA] (2004), se realizó un diagnóstico similar a nivel de cuenca, obteniendo resultados semejantes a los presentados en la actual investigación. Esto se explica porque, con el transcurrir del tiempo, la cuenca no presenta variaciones significativas en su ámbito físico; sin embargo, en el ámbito socioeconómico la población tiende a incrementarse, lo que genera un aumento de las actividades antrópicas dentro de la cuenca.

En relación con las variables hidrometeorológicas, en la presente investigación se determinó una precipitación media anual de 334.1 mm y una temperatura media anual de 17.3 °C. Al comparar estos resultados con los obtenidos por Vásquez (2003), quien reportó una

precipitación media de 236.5 mm, se evidencia una diferencia importante en esta variable. Esta variación podría estar asociada, principalmente, al número de estaciones consideradas, dado que dicho estudio utilizó 13 estaciones, mientras que en la presente investigación se emplearon 18. Asimismo, la diferencia puede estar relacionada con la actualización y mayor extensión temporal de la información analizada, al haberse considerado registros hasta el año 2023. De manera similar, INRENA (2004) reportó una precipitación media de 211.5 mm, valor inferior al obtenido en esta investigación. Estas diferencias pueden atribuirse a los distintos periodos de análisis, así como al número y distribución espacial de las estaciones meteorológicas utilizadas en cada estudio.

En relación con la disponibilidad hídrica para riego, en la presente investigación se obtuvo una oferta hídrica superficial promedio de 2.55 m³/s correspondiente al caudal al 75 % de persistencia. A diferencia del balance inicialmente planteado, se incorporó el caudal ecológico como una restricción previa al aprovechamiento del recurso, obteniéndose un valor medio referencial de aproximadamente 0.63 m³/s. Como resultado, la disponibilidad hídrica superficial para riego alcanzó aproximadamente 1.92 m³/s en promedio, frente a una demanda agrícola media de 1.40 m³/s. Sin embargo, el análisis mensual evidenció déficits entre septiembre y enero, alcanzando el mayor déficit en noviembre con aproximadamente 1.55 m³/s, mientras que entre febrero y agosto se presentaron superávits, con un máximo aproximado de 4.90 m³/s en marzo. Estos resultados confirman que una disponibilidad promedio anual favorable no implica que la demanda agrícola pueda ser atendida de manera continua durante todo el año, debido a la marcada estacionalidad de la oferta hídrica.

Al comparar estos resultados con Vásquez (2003), se mantiene un comportamiento hidrológico semejante respecto a la existencia de periodos deficitarios durante los meses de menores caudales y superávit durante los meses de mayor oferta. No obstante, los valores obtenidos presentan diferencias debido a los periodos de información, las metodologías de

estimación de la oferta y los componentes considerados en el balance. Mientras Vásquez (2003) reportó una oferta media de 1.83 m³/s y una demanda media de 2.02 m³/s, en la presente investigación se adoptó como oferta el caudal al 75 % de persistencia y, adicionalmente, se incorporó el caudal ecológico como restricción ambiental. Esta consideración amplió el periodo deficitario hasta enero, evidenciando la importancia de diferenciar la oferta hídrica de la disponibilidad efectivamente aprovechable para riego.

Por su parte, la Autoridad Nacional del Agua (2019), mediante el Estudio Hidrológico de la Unidad Hidrográfica Lurín, realizó la evaluación de los recursos hídricos superficiales mediante modelamiento hidrológico, incorporando la oferta y las demandas existentes en la cuenca. Las diferencias respecto de la presente investigación responden principalmente al enfoque metodológico empleado, debido a que el estudio de la ANA utiliza caudales medios generados mediante WEAP y evalúa el sistema hídrico a escala de cuenca, mientras que en la presente investigación se adoptó el caudal al 75 % de persistencia como condición de oferta para fines de riego. En consecuencia, los valores absolutos de disponibilidad no son directamente equivalentes; sin embargo, ambos estudios evidencian la fuerte variabilidad temporal del recurso hídrico y las limitaciones existentes durante los meses de menores caudales.

VI. CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico físico de la cuenca del río Lurín, determinándose un área de 1642.5 km² y un perímetro de 252.5 km. Los parámetros de forma, representados por un factor de forma de 0.13, índice de compacidad de 1.70 y radio de elongación de 0.41, evidencian una configuración alargada de la cuenca, característica que favorece una concentración más gradual del escurrimiento y una menor respuesta ante crecidas súbitas. Asimismo, presenta una pendiente media de 0.047 m/m y un marcado gradiente altitudinal, desde 0 hasta 5294 msnm, con una altitud media de 2513.4 msnm. La red de drenaje está constituida por 295 corrientes, predominantemente de primer orden, con una longitud total de 854.2 km y una densidad de drenaje de 0.52 km/km². Territorialmente, en las partes alta y media predominan los relieves montañosos, las tierras de protección y unidades asociadas principalmente a montañas en roca volcánica, mientras que hacia la parte baja se presentan relieves de menor pendiente y depósitos aluviales. En el componente socioeconómico, la mayor concentración poblacional e industrial se localiza en la parte baja, principalmente en Pachacámac, mientras que la actividad agrícola se desarrolla a lo largo del curso del río. Esta configuración evidencia que los principales aportes hídricos se generan en las zonas altas de la cuenca, mientras la mayor demanda se concentra aguas abajo.
- Se calcularon las principales variables hidrometeorológicas de la cuenca del río Lurín, obteniéndose una precipitación media anual de 334.1 mm, con valores de 227.3 mm para el año seco 1994–1995 y 412.6 mm para el año húmedo 1988–1989, evidenciándose un incremento de las precipitaciones hacia las zonas de mayor altitud. La temperatura media anual fue de 17.3 °C, con valores entre 9.0 y 19.6 °C, mientras que la humedad relativa media alcanzó 79 %. Asimismo, mediante el método de Thornthwaite se obtuvo una evapotranspiración potencial media mensual de 63.9 mm,

con valores entre 54.4 y 75.9 mm. Tanto la temperatura como la evapotranspiración potencial presentan valores mayores en las zonas bajas y disminuyen progresivamente hacia las zonas altas de la cuenca. Por su parte, los caudales registrados en la estación hidrométrica Manchay presentaron un caudal medio anual de 4.2 m³/s, alcanzando un máximo mensual de 12.1 m³/s en febrero y un mínimo de 0.3 m³/s en septiembre. En conjunto, estos resultados demuestran que el comportamiento hidrometeorológico de la cuenca está condicionado principalmente por el gradiente altitudinal y por una marcada estacionalidad, con mayores aportes hídricos durante la época de avenida y menores disponibilidades durante el estiaje.

- Se estimaron los caudales medios mensuales mediante el modelo hidrológico GR2M y se evaluaron a diferentes niveles de persistencia, adoptándose el caudal al 75 % de persistencia como referencia para la determinación de la oferta hídrica superficial destinada al riego. Bajo este criterio, se obtuvo una oferta hídrica promedio de 2.55 m³/s. Asimismo, se incorporó un caudal ecológico referencial promedio de 0.63 m³/s como restricción previa al aprovechamiento del recurso, obteniéndose una disponibilidad hídrica superficial para riego de aproximadamente 1.92 m³/s en promedio, frente a una demanda agrícola media de 1.40 m³/s. El balance mensual evidenció déficits entre septiembre y enero, siendo noviembre el mes más crítico con aproximadamente 1.55 m³/s de déficit, mientras que entre febrero y agosto se presentaron superávit, alcanzándose el mayor valor en marzo con aproximadamente 4.90 m³/s. En consecuencia, aunque la disponibilidad hídrica resulta favorable en términos promedio, su distribución temporal no permite atender de manera continua la demanda agrícola durante todo el año, evidenciándose una limitación estacional del recurso hídrico superficial para riego en la cuenca del río Lurín.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar técnica, ambiental y económicamente alternativas de regulación y almacenamiento del recurso hídrico superficial en la cuenca del río Lurín, con la finalidad de aprovechar parte de los superávits identificados entre febrero y agosto y contribuir a reducir los déficits que se presentan entre septiembre y enero. Estas alternativas deberán considerar la variabilidad estacional de la oferta hídrica, la demanda agrícola y el mantenimiento del caudal ecológico.
- Se recomienda realizar estudios específicos para la determinación del caudal ecológico en la cuenca del río Lurín, incorporando criterios hidrológicos, hidráulicos y ecológicos que permitan complementar y validar el valor referencial utilizado en la presente investigación. Esto permitirá contar con una estimación más representativa de la cantidad de agua que debe mantenerse en el cauce antes de considerar su aprovechamiento para otros usos.
- Se recomienda actualizar periódicamente la evaluación de la disponibilidad hídrica superficial utilizando registros hidrometeorológicos recientes, así como información actualizada de las áreas agrícolas, eficiencia de riego y derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional del Agua. Asimismo, se deberá diferenciar el origen superficial y subterráneo de dichos derechos, a fin de evitar incorporar en el balance superficial demandas que son atendidas mediante el acuífero Lurín.
- Finalmente, se recomienda evaluar medidas orientadas al incremento de la eficiencia del uso del agua para riego, principalmente mediante mejoras en los sistemas de conducción, distribución y aplicación. La reducción de pérdidas permitiría disminuir la demanda bruta de agua y contribuir a mejorar la atención de los requerimientos agrícolas durante los m (Decreto Supremo N.º 001-2010-AG. Aprueban el Reglamento

de la Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos, 23 de marzo de 2010)eses en los que la disponibilidad superficial resulta insuficiente.

VIII. REFERENCIAS

Alcantara, G. (2011). *Geomorfología departamento de Cajamarca*. Gobierno Regional Cajamarca.

<https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/GEOMORFOLOGIA.pdf>

Aparicio, F. (1993). *Fundamentos de hidrología de superficie*. Limusa.

Arias, F. (2022). *Estimación del balance hídrico superficial para evaluar la variación de almacenamiento del agua en la cuenca Crisnejas durante el periodo 1985 - 2010*. [Tesis de grado, Universidad San Ignacio de Loyola] Repositorio Institucional USIL.
<https://hdl.handle.net/20.500.14005/12282>

Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2013). *Las condiciones de sequía y estrategias de gestión en el Perú*.
https://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/571/mod_page/content/88/PERU_2_2.pdf

Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2014). *La abundancia de agua y la paradoja del déficit hídrico. Agua y más*.
<https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/2516/ANA0001290.pdf?sequence=1>

Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2015a). *Actualización de Unidades Hidrográficas y Codificación de Fuentes de Agua Superficial en Ámbitos de Administraciones Locales de Agua*.
https://ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/memoria_descriptiva_a_uh_cas_ala_barranca.pdf

Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2015b). *Plan Nacional de Recursos Hídricos*.
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/archivos/paginas/g_anexo_5_0_0.pdf

- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2019). *Estudio Hidrológico de la Unidad Hidrográfica Lurín*. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/4707>
- Bernat, M., & Pérez, A. (2005). Campos de dunas y mantos eólicos de Tierra de Pinares. *Boletín Geológico y Minero*, 116(1), 23-38.
- Buriticá, H. (1984). Un método para la determinación de las demandas de riego. *Ingeniería e Investigación*, 8, 61-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446>
- Cañamás, A. (4 de julio de 2019). *¿Por qué es clave la gobernanza del agua?* Fundación Aquae: <https://www.fundacionaquae.org/por-que-es-clave-la-gobernanza-del-agua/>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED]. (2018). *Informe de Evaluación de Riesgo por Inundación Pluvial por Lluvias Intensas en el Sector 2, Distrito de Casa Grande, Provincia de Ascope, Departamento La Libertad*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/7535_informe-de-evaluacion-del-riesgo-por-inundacion-pluvial-en-el-sector-2-del-distrito-de-casa-grande-provincia-de-ascop-departamento-de-la-libertad.pdf
- Chereque, W. (1989). *Hidrología: para estudiantes de ingeniería civil*. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/28689>
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw-Hill Interamericana.
- Concha, R., Úbeda, J., Iparraguirre, J., Granados, H., Vasquez, P., & Gomez, W. (2023). *El registro geomorfológico glaciar de los cambios climáticos en la Cordillera Blanca. Áncash - Perú*. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). <https://hdl.handle.net/20.500.12544/4429>
- Coria, G., & Espinoza, K. (2024). *Balance hídrico en la parte baja de la cuenca del río Huaura para mejorar su aprovechamiento en períodos de estiaje utilizando el software WEAP*.

- [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/675618>
- Decreto Supremo N.º 001-2010-AG. Aprueban el Reglamento de la Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos. (23 de marzo de 2010). *Presidencia de la República*. <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/4773151-001-2010-ag>
- Decreto Supremo N.º 005-2022-MIDAGRI. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor. (24 de abril de 2022). *Diario Oficial El Peruano*. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/normas-legales/2979424-0005-2022-midagri>
- Decreto Supremo N.º 006-2015-MINAGRI. Decreto Supremo que aprueba la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos. (11 de mayo de 2015). *Presidencia de la República*. <https://www.midagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2015/12601-decreto-supremo-n-006-2015-minagri>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (1993). *Revisión de Bases Técnicas*.
- Gallardo, G. (2022). *Modelación del balance hídrico y propuesta de manejo del recurso agua en la subcuenca del río Toachi*. [Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/28763>
- Gallardo, P. A., & Lino, R. E. (2024). *Modelación Mediante HEC-HMS del balance Hídrico de la cuenca parte baja del Río Jipijapa, de la provincia de Manabí*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Digital UNESUM. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6098>
- García, E. (2024). *Diagnóstico de la Dinámica Hidrometeorológica por Medio del Balance Hídrico en la Cuenca del Río Topo de la Provincia de Tungurahua-Ecuador*. [Tesis de

- maestría, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional de la Universidad de Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/45700>
- Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres. (2021). *Informe de Evaluación de Peligros Geológicos*. Municipalidad Metropolitana de Lima. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/DOC-49652.pdf>
- Giménez, A. (31 de julio de 2023). *Humedad*. Area Cooling Solutions: <https://areacooling.com/es/glosario-de-terminos-hvac/humedad/>
- Gómez, J., & Gallo, V. (2022). *Guía de Hidrología*. Environmental and Hydrologic Engineering S.A.C.
- Gonzales, E., & Acuña, M. (2022). *Balance Hídrico del lago Chinchaycocha usando el software WEAP (Water Evaluation And Planning System) ubicado en las regiones de Junín y Pasco*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <https://hdl.handle.net/10757/661120>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.). McGraw-Hill Education.
- Huaman, F. (2024). *Determinación de la oferta hídrica del río Ayaviri mediante la generación de descargas medias mensuales aplicando el modelo hidrológico GR2M, 1964-2018*. [Tesis de pregrado, Universidad José Carlos Mariátegui]. Repositorio Institucional UJCM. <https://hdl.handle.net/20.500.12819/3102>
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET]. (2021). *Hidrogeología en la cuenca del río Lurín*. (Boletín Serie H: Hidrogeología, n.º 11). <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3297>
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET]. (2022). *Evaluación de peligro geológico por lahares (huaycos) en el distrito de Yura. Provincia Arequipa*,

departamento Arequipa. Informe técnico N.º A7325.

<https://hdl.handle.net/20.500.12544/4268>

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET]. (2023). *GEOCATMIN: Catastro Minero del Perú*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2012). *Resultados definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario 2012*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/906>

Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA]. (2004). *Estudio hidrológico de la cuenca del río Lurín: Informe final*. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/1691>

Ley N.º 24031. Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI. (14 de diciembre de 1984). *Congreso de la República del Perú*. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/ley-n-24031/>

Ley N.º 28611. Ley General del Ambiente. (13 de octubre de 2005). *Congreso de la República del Perú*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>

Ley N.º 29338. Ley de Recursos Hídricos. (31 de marzo de 2009). *Congreso de la República del Perú*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29338.pdf>

Loayza, J., Mendoza, J., & Gutierrez, L. (2024). Determinación de balance hídrico en la Cuenca Sulloma Caranguilla. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 7910-7926. <https://doi.org/https://doi.org/10.37811>

Marín, E. A. (2021). *Determinación del balance hídrico superficial de la cuenca del río Santa para satisfacción de la demanda existente, 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27202?show=full>

- Martines, E. (2007). *Definiciones de humedad y su equivalencia*. Centro Nacional de Metrología, División de Termometría. <https://www.cenam.mx/dme/pdf/tm02.pdf>
- Mejía, J. (2006). *Hidrología Aplicada*. PUBLIDRAT, FIA-UNALM.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). *Manual del Cálculo de Eficiencia para sistemas de riego*. Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego - DGIAR. <http://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/20.500.13036/956>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2017). *Cálculo de Eficiencia para sistemas de riego*. Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego.
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2020). *Diagnóstico de servicios ecosistémicos*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-servicios-ecosistemas-cuenca-rio-lurin-implementacion>
- Molnar, P. (2011). *Calibration*. Institute of Environmental Engineering, Chair of Hydrology and Water Resources Management.
- Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería* (2 ed.). Alfaomega.
- Mouelhi, S., Michel, C., Perrin, C., & Andréassian, V. (2006). Stepwise development of a two-parameter monthly water balance model. *Journal of Hydrology*, 318, 200-214. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016>
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales [ONERN]. (1976). *Mapa ecológico del Perú: guía explicativa*. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/1052>
- Ordoñez, J. (2011). *Cartilla técnica: balance hídrico superficial*. Sociedad Geográfica de Lima. <https://es.readkong.com/page/balance-hidrico-superficial-lima-per-contribuyendo-al-2580616>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (2024). *Mapa de fiscalización ambiental*. Portal Interactivo de Fiscalización Ambiental (PIFA): <https://pifa.oefa.gob.pe/mfiscamb/>

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación [FAO]. (2007). *Base referencial mundial del recurso suelo*. Recursos Mundiales de Suelos. <https://www.fao.org/4/a0510s/a0510s00.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2023). *Riesgo inminente de una crisis mundial del agua*. <https://www.unesco.org/es/articles/riesgo-inminente-de-una-crisis-mundial-del-agua-unesco/onu-agua>
- Osorio, K., Fernández, L., & Bejarano, T. (2022). Proyección de los impactos del cambio climático en el caudal de la cuenca del río Lurín-Perú, bajo escenarios del CMIP5-RCP. *Idesia (Arica)*, 40(1), 101-114. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292022000100101>
- Pincay, A. (2023). *Análisis del balance hídrico de la cuenca del río Jipijapa parte alta, mediante la aplicación del modelo HEC-HMS*. [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Digital UNESUM. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6118>
- Pokorny, J. (2019). *Evapotranspiration* (2 ed.). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11182-0>
- Resolución Jefatural N.º 007-2015-ANA. Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua y de Autorización de Ejecución de Obras en Fuentes Naturales de Agua. (8 de enero de 2015). *Autoridad Nacional del Agua*. <https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/539001-r-j-007-2015-ana>
- Resolución Jefatural N.º 267-2019-ANA. Lineamientos generales para determinar caudales ecológicos. (4 de diciembre de 2019). *Autoridad Nacional del Agua*. <https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/537631-rj-267-2019-ana>

- Rodriguez, K. (2019). *Modelación del balance hidrológico (Oferta-demanda) en la cuenca del río Guayllabamba, tomando en cuenta parámetros hidrológicos y meteorológicos, utilizando la herramienta WEAP*. [Tesis de pregrado, Universidad de las Américas]. Repositorio Digital Universidad de las Américas. <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10592?mode=full>
- Rojas, P. (17 de mayo de 2024). *¿Qué es la evapotranspiración?* Ingeciv: <https://ingeciv.com/que-es-la-evapotranspiracion/>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI]. (2005). *Escenarios del cambio climático en el Perú al 2050: cuenca del Río Piura*. CONAM/SENAMHI. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/281>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI]. (2017). *Modelamiento hidrológico para pronóstico estacional de caudales del río Jequetepeque*. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-41.pdf>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2018). *Un buen clima: glosario de términos meteorológicos*. Ministerio del Ambiente. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/255>
- Sistema de Información Agroclimática para el Regadío [SIAR]. (2012). *Evapotranspiración*. https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/Evapotranspiraci%C3%B3n_tcm30-82951.pdf
- Thais, A. (3 de marzo de 2024). *Río Lurín: Contaminación, escasez de agua y lucha por la conservación*. Info región: <https://inforegion.pe/rio-lurin-contaminacion-escasez-de-agua-y-lucha-por-la-conservacion/>
- Trezza, R. (2008). Estimación de evapotranspiración de referencia a nivel mensual en Venezuela. ¿Cuál método utilizar? *Bioagro*, 20(2), 89-95. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612008000200002

- UNESCO. (2006). *Balance hídrico superficial del Perú a nivel multianual*. Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe (PHI-LAC).
- Universidad Nacional de la Plata [UNLP]. (2017). *Evapotranspiración potencial*. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/52760/mod_resource/content/1/08%20-%20Evapotranspiracion%20potencial.pdf
- Vaca, C. (2022). *Caracterización Hidrometeorológica y estimación del Balance Hídrico de la cuenca del Río Cutucuchi*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23697>
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas hidrográficas* (1 ed.). Editorial Universitaria Abya-Yala. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19038>
- Vasquez, L. (2003). *Balance hídrico del Valle del río Lurín*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/752>
- Vega, X. (2020). Diferentes soluciones para la delimitación y codificación de cuencas superficiales cubanas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 41(2), 75-84. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382020000200075
- Villacorta, S., Rosado, M., & Nuñez, S. (2014). *Reporte de Zonas Críticas por Peligros Geológicos en la Cuenca del Río Lurín*. INGEMMET. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1506>
- Villón, M. (2003). *Hidrología*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2005-2006	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2006-2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2007-2008	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2008-2009	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2009-2010	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2010-2011	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2011-2012	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	6.8
2012-2013	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	9.6
2013-2014	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	3.2	0.0	1.8	1.6	6.0	4.2	23.8
2014-2015	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.8
2015-2016	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.6
2016-2017	0.1	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	6.2	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	9.5
2017-2018	0.1	0.0	0.1	0.2	3.7	3.4	0.2	2.4	0.0	3.8	0.2	0.0	14.0
2018-2019	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
2019-2020	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.8	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	5.0
2020-2021	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.9
2021-2022	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	6.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5
2022-2023	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2
NºDATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	0.1	0.0	0.1	0.2	0.8	0.8	0.9	0.1	0.0	0.2	0.2	0.1	3.4
DESV.STD	0.3	0.2	0.2	0.5	1.8	1.5	1.9	0.3	0.2	0.6	0.8	0.6	5.0
MAXIMA	2.4	1.5	1.5	2.6	8.0	6.2	7.9	2.4	1.8	3.8	6.0	4.2	23.8
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.2. Estación Manchay Bajo

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	6.5	2.3	0.5	2.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.0	2.1	16.3
1966-1967	2.2	1.8	2.7	1.2	0.3	2.4	0.5	0.0	0.0	0.6	2.8	1.3	15.8
1967-1968	4.4	0.4	0.1	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.7	11.4
1968-1969	3.3	5.1	0.1	0.0	2.2	0.1	0.6	0.5	5.7	6.3	2.7	4.5	31.1
1969-1970	4.4	1.6	4.0	2.4	0.5	1.7	0.0	0.0	0.2	2.9	6.5	1.1	25.3
1970-1971	2.8	0.2	0.9	0.0	1.2	0.0	1.4	0.0	0.5	7.4	3.2	3.1	20.7
1971-1972	5.2	2.6	1.0	0.0	0.0	0.3	1.7	1.4	0.6	0.9	7.5	3.1	24.3
1972-1973	3.3	4.7	7.9	4.0	1.3	1.2	0.3	0.0	0.0	1.0	1.0	0.3	25.0
1973-1974	1.0	0.0	1.1	1.4	0.0	1.6	0.0	1.8	0.6	7.8	3.6	6.6	25.5
1974-1975	2.7	0.5	0.0	5.9	0.3	0.0	0.3	0.0	2.0	2.7	1.8	3.9	20.1
1975-1976	2.1	0.4	0.0	0.0	0.3	1.7	0.0	0.0	2.5	3.9	0.5	7.4	18.8
1976-1977	4.4	8.4	0.2	1.1	1.6	0.0	0.0	0.0	1.0	1.9	10.1	1.0	29.7
1977-1978	5.1	1.2	2.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	1.0	0.6	1.2	1.2	13.8
1978-1979	0.6	0.0	1.7	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	2.0	2.1	4.6	13.0
1979-1980	1.1	1.1	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.9	1.8	1.5	9.8
1980-1981	3.6	0.3	0.9	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	1.9	1.2	0.1	6.4	15.6
1981-1982	3.0	0.3	2.1	0.6	0.0	0.1	1.5	0.0	0.5	1.4	4.3	2.0	15.7
1982-1983	6.2	4.5	0.0	0.2	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0	0.4	0.0	2.9	15.7
1983-1984	5.1	0.9	0.5	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	8.3	0.6	23.5
1984-1985	5.2	5.4	0.0	0.4	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3	3.4	1.3	1.4	17.5
1985-1986	4.0	1.0	2.7	1.1	0.0	0.0	1.3	0.0	2.8	0.4	5.2	4.3	22.9
1986-1987	6.8	2.1	0.2	4.7	0.6	0.4	0.1	0.1	0.1	3.9	4.3	2.2	25.4
1987-1988	1.6	1.1	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	5.7	3.8	0.6	14.3
1988-1989	1.0	0.1	0.4	6.9	0.2	0.5	0.2	0.0	0.0	1.3	5.3	0.8	16.6
1989-1990	2.3	0.2	0.7	4.5	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	5.5	2.4	3.5	19.5
1990-1991	3.7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	1.0	2.0	12.8
1991-1992	2.1	0.2	0.0	2.2	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.8	2.6	9.7
1992-1993	1.2	0.2	2.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.9	2.8	0.1	11.4
1993-1994	0.5	0.1	0.0	2.2	0.0	0.0	0.7	0.1	1.4	4.6	1.1	1.5	12.0
1994-1995	0.6	0.2	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.8	5.4	7.7
1995-1996	2.1	0.4	1.4	1.5	0.2	0.7	0.1	0.0	0.1	0.8	3.5	1.6	12.4
1996-1997	1.1	0.2	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	8.9	11.2
1997-1998	2.7	0.8	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4	0.8	5.1	2.5	12.4
1998-1999	3.4	1.0	0.6	1.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.5	0.3	3.1	2.7	13.0
1999-2000	1.7	0.3	1.4	0.7	0.2	0.5	0.1	0.0	1.7	2.8	0.0	3.7	13.0
2000-2001	4.4	0.4	0.3	0.1	0.1	3.9	0.1	0.0	0.7	2.8	0.0	3.3	15.9
2001-2002	1.2	0.1	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	3.4	3.8	1.5	11.6
2002-2003	4.5	2.3	0.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.2	7.4	0.6	18.0
2003-2004	3.0	0.3	2.7	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.9	6.6	6.1	1.3	21.5
2004-2005	1.6	0.2	0.3	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	3.0	0.1	5.5
2005-2006	2.8	0.0	0.8	0.4	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.9	2.8	2.6	10.5
2006-2007	3.8	0.8	0.7	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.2	0.4	0.9	3.9	11.1
2007-2008	1.5	0.5	0.0	4.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	6.3	0.1	6.6	19.2

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	1.9	0.5	0.7	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	1.1	3.1	19.5
2009-2010	3.5	0.6	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	4.7	9.4
2010-2011	6.1	4.9	1.3	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	2.6	4.1	21.8
2011-2012	1.9	0.6	0.9	6.4	0.0	0.8	0.0	0.0	1.6	0.2	4.4	1.8	18.6
2012-2013	3.7	0.3	0.0	0.3	0.7	2.0	0.0	0.0	0.0	3.3	3.7	0.9	15.0
2013-2014	1.6	0.9	2.4	0.1	0.7	0.1	0.6	0.0	4.1	4.9	0.5	4.4	20.4
2014-2015	2.7	0.4	0.9	1.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	2.2	5.5	0.8	13.8
2015-2016	1.1	0.4	0.5	0.0	0.1	1.2	0.0	0.0	0.2	4.2	0.0	2.4	10.2
2016-2017	5.9	5.2	1.4	0.0	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	3.4	1.5	4.0	22.1
2017-2018	2.9	0.1	0.9	0.0	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	3.0	0.3	2.6	10.3
2018-2019	6.4	3.0	0.8	0.7	0.5	0.0	0.0	0.2	0.0	5.2	4.9	8.5	30.2
2019-2020	8.2	5.8	0.5	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	2.2	2.8	1.3	21.2
2020-2021	2.4	0.6	1.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	2.2	2.7	1.0	10.5
2021-2022	2.2	1.8	0.0	0.0	0.5	0.7	0.0	0.0	0.2	2.9	3.8	3.5	15.7
2022-2023	2.8	0.6	4.7	10.4	0.0	3.3	0.0	0.0	0.1	0.2	2.4	4.2	28.8
NºDATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	3.2	1.4	1.0	1.6	0.2	0.5	0.2	0.1	0.6	2.5	2.8	2.9	17.0
DESV.STD	1.80	1.84	1.39	2.26	0.43	0.83	0.44	0.30	1.06	2.19	2.32	2.07	6.09
MAXIMA	8.2	8.4	7.9	10.4	2.2	3.9	1.7	1.8	5.7	7.8	10.1	8.9	31.1
MINIMA	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	5.5

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.3. Estación Von Humbolt

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	2.0	1.6	0.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	2.2	2.5	9.8
1966-1967	2.0	1.6	0.9	0.5	1.7	1.3	0.8	2.5	1.2	1.6	8.5	2.4	24.9
1967-1968	3.2	1.1	0.5	2.0	0.4	0.4	6.3	0.4	0.2	0.5	4.2	0.5	19.7
1968-1969	2.3	1.0	0.0	1.6	0.0	1.8	0.1	2.2	0.3	0.5	1.4	1.3	12.5
1969-1970	1.1	4.2	3.3	0.1	1.2	1.3	0.8	2.5	1.2	1.6	2.2	2.5	22.0
1970-1971	2.0	1.6	0.9	0.5	0.3	0.0	0.0	0.1	2.7	0.5	0.2	3.9	12.7
1971-1972	3.5	0.2	0.5	2.4	0.8	0.6	5.5	1.5	0.9	1.6	0.3	3.9	21.7
1972-1973	1.1	1.8	0.8	0.1	0.7	0.4	1.8	0.1	0.6	1.9	3	2.8	15.1
1973-1974	3.2	0.3	0.0	0.7	0.0	1.7	0.0	2.5	1.2	1.6	2.2	2.5	15.8
1974-1975	2.0	1.6	0.9	0.5	0.2	0.1	0.3	1.0	2.7	0.8	1.6	3.2	14.9
1975-1976	1.4	0.0	1.8	0.6	2.2	0.5	6.3	0.0	0.1	3.5	6.2	2.9	25.5
1976-1977	0.0	1.0	3.3	0.2	1.2	0.0	0.4	0.3	0.4	0.2	0.3	3.7	11.0
1977-1978	3.3	2.1	1.6	0.1	1.2	0.2	2.0	0.6	0.6	3.1	6.4	0.1	21.3
1978-1979	3.0	0.3	0.0	0.1	0.0	6.9	7.2	1.6	1.4	0.3	0.5	3.1	24.4
1979-1980	3.2	0.8	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1
1980-1981	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.2	0.1	5.3	2.8	1.2	1.1	4.8	19.3
1981-1982	1.2	0.8	0.0	1.2	0.5	1.0	0.5	1.0	3.2	2.0	0.6	3.9	15.9
1982-1983	1.8	0.2	4.2	0.0	3.4	1.5	0.8	0.2	0.0	0.0	1.6	1.5	15.2
1983-1984	1.0	0.1	0.7	2.1	0.4	2.2	0.5	0.8	0.7	2.1	0.4	0.4	11.4
1984-1985	0.4	1.2	2.2	0.3	0.1	1.1	1.3	0.0	0.0	0.9	2.8	0.7	11.0
1985-1986	2.6	0.7	0.9	0.2	0.5	0.0	1.0	0.0	0.3	0.4	0.8	1.4	8.8
1986-1987	1.2	1.2	0.8	0.3	0.2	0.4	0.2	0.5	0.7	1.6	1.4	2.2	10.7
1987-1988	1.1	1.9	1.1	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.2	0.9	0.1	2.2	8.5
1988-1989	2.4	0.0	0.0	0.3	0.1	1.4	1.1	0.1	0.7	1.9	2.1	2.3	12.4
1989-1990	1.6	0.7	0.8	0.1	0.9	1.3	0.0	0.1	0.1	1.6	1.8	2.8	11.8
1990-1991	0.3	0.1	1.1	1.3	0.4	0.0	0.1	0.5	2.7	1.7	1.9	2.7	12.8
1991-1992	0.6	1.1	0.1	0.9	0.1	2.5	0.0	1.5	3.4	1.9	2.9	1.9	16.9
1992-1993	1.7	0.6	0.0	0.5	0.3	0.0	0.2	0.0	1.3	1.6	2.3	1.6	10.1
1993-1994	1.7	0.0	0.5	0.0	1.6	0.0	2.1	0.7	1.1	0.5	0.3	0.7	9.2
1994-1995	0.3	1.0	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.5	0.5	1.5	1.9	3.0	10.0
1995-1996	1.8	1.4	0.2	0.0	0.0	2.0	0.0	0.1	0.3	4.4	2.6	0.8	13.6
1996-1997	1.9	0.0	1.0	0.1	2.5	1.3	0.7	0.5	1.7	0.2	0.2	6.1	16.2
1997-1998	6.4	0.2	2.2	0.1	2.2	2.8	4.1	0.3	3.5	4.0	5.0	3.4	34.2
1998-1999	1.4	1.2	0.3	0.1	0.0	4.0	0.0	0.0	0.2	1.6	2.2	2.5	13.5
1999-2000	2.0	1.6	0.9	0.5	2.5	1.0	2.0	1.0	0.2	0.6	2.8	3.7	18.8
2000-2001	1.0	0.4	0.0	0.2	0.2	5.7	2.8	1.0	0.3	0.0	2.8	3.8	18.2
2001-2002	2.4	0.0	0.1	0.2	0.3	4.1	0.8	0.3	0.1	1.1	1.3	3.7	14.4
2002-2003	0.8	2.6	1.0	0.1	0.1	0.3	1.2	0.1	2.3	1.4	1.0	2.8	13.7
2003-2004	0.7	1.4	0.4	0.6	0.0	0.7	1.1	0.2	1.2	3.1	1.5	3.2	14.1
2004-2005	3.4	1.3	1.0	0.5	0.2	0.5	0.3	0.1	1.2	0.3	0.6	0.5	9.8
2005-2006	2.3	0.4	0.8	0.1	0.7	0.4	0.2	1.0	0.0	0.4	1.1	2.7	10.0
2006-2007	0.1	1.0	0.3	0.3	0.0	4.5	0.1	0.2	0.4	1.1	4.1	3.8	16.0
2007-2008	1.4	0.6	1.6	0.1	0.0	0.7	0.0	0.3	1.2	1.5	1.4	2.5	11.2

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	3.0	0.3	0.5	0.2	0.4	0.1	0.0	0.0	0.2	0.8	2.5	2.1	10.0
2009-2010	1.2	0.0	1.2	0.1	0.0	0.5	2.4	0.0	0.1	0.0	0.8	3.4	9.8
2010-2011	1.9	0.8	0.1	0.4	0.7	0.7	0.4	0.7	0.1	0.1	0.7	2.3	8.7
2011-2012	1.9	0.5	0.7	0.0	0.8	4.0	0.4	0.4	0.0	1.3	0.5	1.7	12.1
2012-2013	3.2	2.3	1.1	0.2	0.1	5.2	0.4	0.3	1.6	1.1	2.9	1.5	19.9
2013-2014	0.4	0.3	0.3	1.2	2.4	1.3	1.3	2.4	1.8	1.7	4.2	4.2	21.6
2014-2015	5.1	1.2	0.7	0.5	3.1	1.3	1.4	1.0	1.0	1.4	1.6	1.5	19.8
2015-2016	3.7	2.0	2.7	1.8	2.7	2.7	0.0	1.7	3.0	1.8	2.6	4.8	29.5
2016-2017	0.9	0.1	0.0	0.5	4.0	3.0	5.0	0.9	2.1	2.5	1.1	3.8	23.9
2017-2018	4.6	0.3	0.3	0.8	0.9	3.1	0.4	2.5	0.5	5.7	7.8	2.3	29.2
2018-2019	1.1	0.9	0.7	0.3	0.0	0.7	0.3	1.7	0.3	0.2	1.2	3.9	11.3
2019-2020	1.3	0.4	0.8	0.1	6.1	0.1	0.2	0.0	1.1	4.8	3.7	1.4	19.9
2020-2021	2.4	0.2	0.7	0.3	1.4	0.4	0.1	0.2	3.7	1.5	0.9	3.1	14.8
2021-2022	0.3	1.9	2.4	0.7	0.8	0.4	0.0	1.4	1.0	3.5	5.6	2.0	20.0
2022-2023	3.2	4.8	0.1	0.6	0.0	3.2	0.0	0.2	2.8	1.1	0.4	3.7	20.1
NºDATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	1.9	1.0	0.9	0.5	0.9	1.4	1.1	0.8	1.1	1.5	2.1	2.6	15.8
DESV.STD	1.3	1.0	0.9	0.6	1.3	1.6	1.7	1.0	1.1	1.2	1.9	1.3	6.0
MAXIMA	6.4	4.8	4.2	2.4	6.1	6.9	7.2	5.3	3.7	5.7	8.5	6.1	34.2
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.4. Estación Pantanos de Villa

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	0.7	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.9	2.9
1966-1967	0.7	0.1	0.3	0.1	0.9	0.5	0.1	0.1	0.1	0.3	3.3	0.9	7.4
1967-1968	1.1	0.0	0.1	0.3	0.2	0.1	0.9	0.0	0.0	0.1	1.5	0.2	4.5
1968-1969	0.8	0.0	0.0	0.2	0.0	0.7	0.0	0.1	0.0	0.1	0.5	0.5	2.9
1969-1970	0.4	0.2	1.0	0.0	0.6	0.5	0.1	0.1	0.1	0.3	0.8	0.9	5.0
1970-1971	0.7	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	1.5	3.2
1971-1972	1.3	0.0	0.1	0.3	0.4	0.2	0.8	0.0	0.1	0.3	0.1	1.5	5.1
1972-1973	0.4	0.1	0.2	0.0	0.3	0.1	0.2	0.0	0.0	0.4	1.1	1.1	3.9
1973-1974	1.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.6	0.0	0.1	0.1	0.3	0.8	0.9	4.0
1974-1975	0.7	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.6	1.2	3.5
1975-1976	0.5	0.0	0.5	0.1	1.1	0.2	0.9	0.0	0.0	0.7	2.3	1.1	7.4
1976-1977	0.0	0.0	1.0	0.0	0.6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	1.4	3.2
1977-1978	1.2	0.1	0.5	0.0	0.6	0.1	0.3	0.0	0.0	0.6	2.4	0.0	5.8
1978-1979	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	1.0	0.0	0.1	0.1	0.2	1.2	6.4
1979-1980	1.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
1980-1981	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.1	0.0	0.2	0.2	0.2	0.4	1.8	4.8
1981-1982	0.4	0.0	0.0	0.2	0.2	0.4	0.1	0.0	0.2	0.4	0.2	1.5	3.6
1982-1983	0.6	0.0	1.3	0.0	1.7	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	5.5
1983-1984	0.4	0.0	0.2	0.3	0.2	0.8	0.1	0.0	0.0	0.4	0.1	0.1	2.6
1984-1985	0.1	0.0	0.6	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.2	1.0	0.3	2.8
1985-1986	0.9	0.0	0.3	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	2.4
1986-1987	0.4	0.0	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	0.8	2.4
1987-1988	0.4	0.1	0.3	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.8	2.1
1988-1989	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.4	0.8	0.9	3.6
1989-1990	0.6	0.0	0.2	0.0	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.3	0.6	1.1	3.7
1990-1991	0.1	0.0	0.3	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.7	1.0	3.1
1991-1992	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.9	0.0	0.0	0.2	0.4	1.1	0.7	3.7
1992-1993	0.6	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.8	0.6	2.6
1993-1994	0.6	0.0	0.1	0.0	0.5	0.5	0.9	0.0	0.1	0.3	0.8	0.0	3.7
1994-1995	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0	0.0	2.1	0.0	2.9
1995-1996	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.9
1996-1997	0.5	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.1
1997-1998	0.7	0.0	2.5	0.0	2.9	3.1	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.6	10.8
1998-1999	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
1999-2000	0.0	0.0	0.3	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.8	1.4	6.6
2000-2001	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	2.9	5.5
2001-2002	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	2.8
2002-2003	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	1.0	1.4
2003-2004	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.8	1.0	2.1
2004-2005	0.7	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
2005-2006	1.4	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.3	4.5
2006-2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.2	1.5	1.4	4.8
2007-2008	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.9	3.0

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	1.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	0.8	3.3
2009-2010	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	1.3	2.9
2010-2011	0.7	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	2.5
2011-2012	0.7	0.0	0.2	0.0	0.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.6	3.9
2012-2013	1.2	0.1	0.3	0.0	0.0	2.0	0.1	0.0	0.1	0.2	1.0	0.6	5.6
2013-2014	0.1	0.0	0.1	0.2	1.2	0.5	0.2	0.1	0.1	0.4	1.6	1.6	6.1
2014-2015	1.9	0.0	0.2	0.1	1.6	0.5	0.2	0.0	0.1	0.3	0.6	0.6	6.1
2015-2016	1.3	0.1	0.8	0.2	1.3	1.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.9	1.8	8.0
2016-2017	0.3	0.0	0.0	0.1	2.0	1.1	0.7	0.0	0.1	0.5	0.4	1.5	6.7
2017-2018	1.7	0.0	0.1	0.1	0.4	1.2	0.1	0.1	0.0	1.3	3.0	0.9	8.9
2018-2019	0.4	0.0	0.2	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.5	2.8
2019-2020	0.5	0.0	0.2	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.1	1.0	1.4	0.5	7.0
2020-2021	0.9	0.0	0.2	0.0	0.7	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	1.2	4.0
2021-2022	0.1	0.1	0.7	0.1	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.8	2.1	0.7	5.2
2022-2023	1.1	0.2	0.0	0.1	0.0	1.2	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	1.4	4.5
NºDATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	0.6	0.0	0.3	0.1	0.5	0.5	0.1	0.0	0.1	0.3	0.8	0.9	4.2
DESV.STD	0.5	0.1	0.4	0.1	0.8	0.7	0.3	0.1	0.1	0.3	0.8	0.6	2.0
MAXIMA	1.9	0.5	2.5	0.6	3.3	3.1	1.0	0.3	0.5	1.3	3.3	2.9	10.8
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.5. Estación Campo de Marte

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	1.3	0.1	0.9	0.0	1.8	0.0	0.2	0.0	0.2	0.2	5.2	0.5	10.4
1966-1967	0.6	0.7	1.1	0.2	0.7	0.6	0.6	0.1	0.0	0.6	6.4	2.7	14.3
1967-1968	0.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.3	0.7	2.3
1968-1969	0.5	0.0	0.8	7.4	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.4	2.9	2.9	16.4
1969-1970	2.1	1.0	0.7	0.0	1.9	0.4	0.6	0.0	0.2	1.6	1.8	1.0	11.3
1970-1971	0.7	0.0	0.1	1.2	4.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.1	1.4	1.2	11.7
1971-1972	2.6	0.3	0.7	0.5	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	2.0	0.8	7.2
1972-1973	1.5	0.3	0.0	0.0	1.6	0.0	0.2	2.5	1.3	0.4	0.3	1.1	9.2
1973-1974	0.9	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8	0.3	0.1	6.5	2.4	2.1	13.2
1974-1975	1.1	0.0	0.9	0.0	0.7	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	0.8	2.0	6.1
1975-1976	2.2	0.1	0.4	0.1	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	5.1	4.5	2.8	15.6
1976-1977	0.6	1.4	9.5	0.1	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.2	0.9	18.3
1977-1978	1.7	0.5	0.3	0.4	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.2	2.2	0.8	7.5
1978-1979	1.1	0.0	0.2	0.7	0.1	2.1	0.4	0.0	0.1	1.0	0.0	1.8	7.5
1979-1980	2.3	0.3	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	1.0	9.0
1980-1981	0.5	0.0	0.0	0.1	0.7	0.4	3.1	0.0	0.0	0.3	0.1	3.3	8.5
1981-1982	5.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	2.0	0.3	2.7	15.1
1982-1983	2.5	1.2	4.2	0.1	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.2	1.3	2.1	12.5
1983-1984	1.6	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.9	0.1	1.1	4.2
1984-1985	0.4	0.6	2.5	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	2.8	2.6	1.2	10.5
1985-1986	1.6	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.6	1.0	3.6
1986-1987	1.5	0.1	0.1	0.0	1.6	0.0	0.2	2.8	0.7	3.2	0.2	1.4	11.8
1987-1988	0.8	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	1.3	0.2	0.3	3.3
1988-1989	0.8	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4	1.0	0.0	0.4	0.2	3.9	0.8	8.0
1989-1990	0.5	0.0	0.2	0.0	0.4	3.3	0.1	0.1	0.1	3.3	2.9	2.0	12.9
1990-1991	0.6	0.1	1.1	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.9	1.6	9.4
1991-1992	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.4	1.5	3.5
1992-1993	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.7	0.2	0.2	1.0	0.4	5.3
1993-1994	0.9	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	2.3	2.3	0.1	0.2	0.0	1.5	9.6
1994-1995	0.3	0.1	0.4	0.2	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.4	3.6
1995-1996	1.9	0.2	0.2	0.0	0.7	0.4	0.8	0.1	0.4	1.3	1.7	1.6	9.3
1996-1997	1.1	0.4	1.5	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	1.6	2.7	10.7
1997-1998	5.4	0.2	0.3	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.4	3.1	1.7	11.3
1998-1999	2.6	0.1	0.0	0.1	0.1	2.3	0.0	0.0	0.0	0.4	4.0	0.9	10.5
1999-2000	1.6	0.0	0.7	0.0	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	2.1	1.5	1.9	8.8
2000-2001	1.3	0.0	0.0	0.2	0.3	1.5	0.0	0.2	0.0	0.8	2.1	2.0	8.4
2001-2002	0.7	0.0	0.0	0.4	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	1.4	2.5	2.4	9.1
2002-2003	0.8	0.2	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.7	5.5
2003-2004	1.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.7	0.0	1.0	4.2
2004-2005	1.1	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	0.8	0.0	0.5	0.0	0.5	0.2	3.7
2005-2006	0.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.3	2.8
2006-2007	0.2	0.4	0.2	0.3	0.3	0.0	0.6	0.0	0.0	0.3	3.4	2.0	7.7
2007-2008	0.5	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.7	2.1	0.0	2.4	6.7

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	3.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	1.3	5.2	1.1	11.7
2009-2010	1.1	0.4	2.7	3.2	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.0	13.7
2010-2011	0.5	0.4	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	1.6	3.5
2011-2012	2.7	2.6	0.1	0.0	0.2	1.1	1.8	0.0	0.0	0.1	0.0	1.2	9.8
2012-2013	1.7	0.3	4.5	0.7	1.8	2.8	0.0	0.0	0.2	0.2	0.8	1.6	14.6
2013-2014	0.9	0.0	0.0	0.0	0.6	1.0	1.2	0.0	0.0	1.4	1.4	1.3	7.8
2014-2015	2.4	0.3	0.9	0.0	0.0	0.0	1.8	0.5	0.3	0.1	1.6	1.4	9.3
2015-2016	3.6	0.8	1.7	0.8	3.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.7	1.0	1.4	13.5
2016-2017	0.3	0.2	0.0	0.0	0.8	1.5	3.3	0.5	0.3	0.9	0.0	0.7	8.5
2017-2018	2.2	0.0	0.6	0.2	0.3	1.2	0.2	0.5	0.9	5.6	6.3	2.5	20.5
2018-2019	2.1	1.6	0.2	0.0	1.0	0.0	0.3	0.4	4.4	5.7	4.0	4.7	24.4
2019-2020	3.8	1.3	0.6	0.2	0.2	0.0	0.8	0.1	0.4	1.3	1.8	1.7	12.3
2020-2021	1.7	0.4	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	1.1	0.0	1.4	6.0
2021-2022	0.9	1.2	3.8	1.2	1.5	1.0	0.0	0.4	0.8	0.5	3.3	2.8	17.4
2022-2023	6.9	0.1	0.0	0.0	0.2	0.4	6.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.5	15.6
NºDATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	1.6	0.3	0.9	0.4	0.7	0.4	0.7	0.2	0.3	1.1	1.7	1.6	9.8
DESV.STD	1.3	0.5	1.6	1.1	1.0	0.8	1.2	0.6	0.6	1.5	1.7	0.8	4.7
MAXIMA	6.9	2.6	9.5	7.4	4.7	3.3	6.0	2.8	4.4	6.5	6.4	4.7	24.4
MINIMA	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	2.3

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.6. Estación Antioquía

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	0.2	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	33.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	38.7
1966-1967	0.0	0.0	0.0	0.0	57.8	27.3	35.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120.7
1967-1968	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
1968-1969	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.0	22.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	74.6
1969-1970	0.0	0.0	0.0	12.1	66.5	1.5	7.0	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	91.0
1970-1971	3.8	0.0	0.0	11.0	6.2	9.9	18.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	50.3
1971-1972	0.0	0.1	0.0	1.3	8.9	27.9	69.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	108.0
1972-1973	0.2	0.0	0.0	32.1	67.2	7.2	39.6	3.8	0.1	0.0	0.0	0.0	150.2
1973-1974	2.6	0.0	0.1	3.1	7.5	25.4	24.5	1.3	0.0	0.2	0.0	0.8	65.5
1974-1975	0.0	0.0	0.0	2.3	13.9	28.4	38.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	83.2
1975-1976	0.0	0.8	0.0	9.0	29.5	50.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.3
1976-1977	0.0	0.0	0.0	4.1	11.3	103.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	122.6
1977-1978	0.0	0.0	3.3	2.0	3.2	2.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.2
1978-1979	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	23.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.8
1979-1980	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6
1980-1981	0.0	1.0	0.7	0.0	0.0	3.9	52.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.3
1981-1982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	29.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.1
1982-1983	0.0	0.0	0.0	0.0	19.3	19.6	37.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	76.0
1983-1984	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.4
1984-1985	0.0	1.3	5.5	2.0	17.1	21.3	25.6	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	76.2
1985-1986	0.0	0.0	1.0	0.5	13.9	3.7	10.7	0.9	1.2	0.0	0.0	0.0	31.9
1986-1987	0.0	0.0	0.0	18.6	18.0	0.2	16.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.1
1987-1988	0.0	0.0	0.0	0.0	16.3	19.9	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	39.5
1988-1989	0.0	0.0	0.0	55.8	13.5	69.9	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	148.5
1989-1990	0.0	1.3	0.0	0.0	0.1	0.0	4.5	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	7.3
1990-1991	0.0	0.0	0.4	49.2	26.2	4.0	20.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	102.0
1991-1992	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	9.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8
1992-1993	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	18.6	50.5	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	81.8
1993-1994	0.0	0.0	1.7	3.9	39.3	24.3	20.9	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	94.0
1994-1995	0.1	0.0	0.0	3.6	8.8	0.4	20.4	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	35.4
1995-1996	0.3	0.4	11.3	3.7	14.9	31.5	24.7	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	94.1
1996-1997	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	6.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	12.0
1997-1998	0.0	0.4	4.9	30.3	36.4	52.9	49.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	175.1
1998-1999	0.0	0.0	0.0	13.1	18.7	102.1	13.9	1.6	2.8	0.0	0.0	0.0	152.2
1999-2000	0.0	3.3	0.5	1.2	23.1	48.6	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	87.2
2000-2001	0.0	0.0	0.0	4.4	37.3	19.4	14.7	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	79.1
2001-2002	0.0	0.0	8.6	0.0	1.9	37.6	26.7	5.1	0.1	0.0	0.0	0.1	80.1
2002-2003	0.0	1.6	1.0	1.8	2.7	12.7	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.7
2003-2004	0.0	0.0	0.0	23.5	0.0	31.9	4.4	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	61.7
2004-2005	0.0	0.0	0.0	1.7	1.1	2.4	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7
2005-2006	0.0	0.0	0.0	1.1	23.1	25.3	14.6	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	67.1
2006-2007	0.0	0.0	0.2	17.1	4.4	12.0	23.8	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0	65.6
2007-2008	0.0	0.0	0.0	2.0	16.7	28.5	67.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	115.6

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	0.0	0.0	1.2	0.0	16.7	46.9	46.9	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0	125.1
2009-2010	0.0	0.7	1.3	0.1	5.8	10.2	11.7	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	31.4
2010-2011	0.0	0.0	0.0	11.4	12.8	7.8	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	34.4
2011-2012	0.0	0.0	1.7	28.2	12.5	15.2	33.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	91.2
2012-2013	0.0	3.4	1.2	1.0	0.6	37.6	17.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.2
2013-2014	0.0	0.0	0.0	3.0	13.9	4.7	44.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.6
2014-2015	0.0	1.9	0.0	10.9	19.2	14.6	79.8	24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	150.6
2015-2016	0.0	0.0	0.0	4.3	2.9	14.2	14.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.4
2016-2017	0.0	0.0	0.0	7.2	17.6	105.8	96.6	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	232.8
2017-2018	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	8.8	14.5	26.3	0.1	0.0	0.0	0.0	54.9
2018-2019	0.0	0.0	0.0	0.0	21.8	27.0	14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.3
2019-2020	0.0	0.0	3.1	9.0	26.5	13.5	20.2	4.0	0.1	0.0	0.0	0.0	76.4
2020-2021	0.3	0.2	0.5	8.4	45.5	9.2	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	64.7
2021-2022	0.4	0.0	0.1	0.8	15.0	16.2	11.4	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	45.0
2022-2023	0.0	0.0	0.0	4.1	31.7	100.2	61.3	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	202.8
NºDATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	0.1	0.3	0.8	6.9	15.3	24.7	22.9	2.8	0.2	0.0	0.0	0.0	74.0
DESV.STD	0.60	0.72	2.09	11.73	16.08	26.70	21.88	5.35	0.60	0.03	0.00	0.11	49.42
MAXIMA	3.8	3.4	11.3	55.8	67.2	105.8	96.6	26.3	3.3	0.2	0.0	0.8	232.8
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.7. Estación Santa Eulalia

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	0.0	1.3	0.6	2.2	29.2	1.0	43.6	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	79.4
1966-1967	0.0	22.6	0.0	0.0	32.5	98.8	73.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	227.5
1967-1968	0.2	0.2	0.4	0.2	6.7	9.1	9.8	0.3	1.1	0.0	0.0	0.0	28.0
1968-1969	0.2	0.5	0.7	3.9	11.6	12.2	16.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.7
1969-1970	0.0	0.4	0.9	14.6	93.1	5.9	31.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	146.1
1970-1971	10.8	1.5	1.5	0.0	0.0	15.4	41.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.1
1971-1972	0.0	0.0	0.0	6.6	14.5	31.8	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.4
1972-1973	0.0	0.0	0.0	6.3	38.1	0.0	89.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	133.7
1973-1974	2.0	1.0	0.0	14.5	10.2	24.7	31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	83.4
1974-1975	0.0	0.0	0.0	6.4	2.8	22.8	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.5
1975-1976	0.0	0.0	2.0	9.5	6.7	96.3	11.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	126.3
1976-1977	0.0	0.0	0.0	5.3	8.2	11.3	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.8
1977-1978	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	21.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.7
1978-1979	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0
1979-1980	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0
1980-1981	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.8
1981-1982	0.0	0.0	0.0	1.0	6.7	14.6	4.5	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	29.0
1982-1983	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	16.4	33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.0
1983-1984	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.4	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.4
1984-1985	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1985-1986	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.6
1986-1987	0.0	0.0	0.0	3.3	8.7	11.7	8.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	32.5
1987-1988	0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	9.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.4
1988-1989	0.0	0.0	0.0	10.3	7.7	43.3	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.0
1989-1990	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6
1990-1991	0.0	0.0	1.0	3.5	0.0	1.8	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.3
1991-1992	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
1992-1993	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
1993-1994	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	7.4	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	30.3
1994-1995	0.3	0.0	0.0	1.6	7.5	0.0	2.5	1.1	0.5	0.0	0.0	0.0	13.5
1995-1996	0.2	0.7	2.1	0.0	5.9	11.7	13.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	33.8
1996-1997	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	4.3	0.4	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	8.9
1997-1998	0.0	0.6	0.9	13.4	18.7	16.9	18.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.6
1998-1999	0.0	0.0	0.2	5.4	8.8	57.0	2.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	74.1
1999-2000	0.2	0.2	0.0	1.3	19.1	11.9	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.7
2000-2001	0.0	0.0	0.0	0.3	12.7	12.1	12.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	38.4
2001-2002	0.0	0.1	1.2	0.0	1.2	33.3	3.5	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	39.7
2002-2003	0.2	0.0	0.2	0.5	14.7	9.4	23.6	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	49.0
2003-2004	0.0	0.0	0.0	14.4	0.0	5.6	6.7	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	28.8
2004-2005	0.5	0.0	0.0	3.3	1.8	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6
2005-2006	0.0	0.0	0.0	1.7	10.9	16.8	8.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	38.7
2006-2007	0.0	0.2	1.4	6.2	5.3	3.6	5.4	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	26.2
2007-2008	0.0	0.0	0.6	1.0	14.3	15.0	17.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.7

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	0.0	0.0	2.4	0.8	17.9	29.5	10.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	62.3
2009-2010	0.0	3.0	1.0	2.1	6.3	1.2	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.3
2010-2011	0.4	0.6	0.0	5.1	10.8	7.6	2.9	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	28.7
2011-2012	0.0	0.0	3.0	6.9	0.0	17.4	7.2	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	44.8
2012-2013	0.0	1.9	0.5	1.5	0.0	7.6	3.7	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	16.2
2013-2014	0.0	0.0	0.0	9.1	7.2	5.4	3.4	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	26.3
2014-2015	0.0	0.3	0.4	4.2	9.8	14.5	16.9	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	47.0
2015-2016	0.0	0.0	0.0	2.0	0.8	9.4	2.8	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0
2016-2017	0.0	0.0	0.0	4.5	11.9	11.0	58.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	86.7
2017-2018	0.0	0.0	0.0	0.1	13.6	15.0	0.0	0.5	0.0	0.8	0.0	0.0	30.0
2018-2019	0.0	0.8	0.0	0.0	12.4	9.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.3
2019-2020	2.4	0.0	0.4	1.0	8.1	4.7	9.9	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	27.0
2020-2021	0.0	0.0	0.2	8.5	13.0	4.1	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.3
2021-2022	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.1	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.6
2022-2023	0.0	0.0	0.0	5.8	3.0	27.8	65.8	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	106.8
NºDATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	0.3	0.6	0.4	3.4	9.8	14.3	15.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	44.6
DESV.STD	1.46	2.99	0.68	4.14	13.89	19.44	18.97	1.67	0.57	0.11	0.00	0.26	40.39
MAXIMA	10.8	22.6	3.0	14.6	93.1	98.8	89.3	10.3	3.9	0.8	0.0	2.0	227.5
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.8. Estación Chosica

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	0.0	0.2	0.1	0.3	9.2	0.2	16.4	0.1	0.7	0.0	0.0	0.0	27.3
1966-1967	0.0	4.6	0.0	0.0	25.0	29.0	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	82.5
1967-1968	0.0	0.0	0.1	0.2	1.7	2.2	2.0	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	7.0
1968-1969	0.0	0.1	0.2	0.6	3.0	14.4	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.5
1969-1970	0.0	0.0	0.2	4.2	46.5	1.6	8.1	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	62.9
1970-1971	2.6	0.2	0.4	1.7	1.6	5.6	12.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	25.5
1971-1972	0.0	0.0	0.0	1.2	6.2	13.3	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.3
1972-1973	0.0	0.0	0.0	6.1	29.5	1.6	28.4	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	67.8
1973-1974	0.6	0.1	0.0	2.7	4.7	11.1	11.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.3	32.2
1974-1975	0.0	0.0	0.0	1.3	4.4	11.4	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.5
1975-1976	0.0	0.1	0.5	2.9	9.6	34.1	2.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	49.8
1976-1977	0.0	0.0	0.0	1.4	5.1	26.2	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.5
1977-1978	0.0	0.0	0.8	0.3	2.6	0.4	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1
1978-1979	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1
1979-1980	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9
1980-1981	0.0	0.1	0.2	0.0	0.3	3.2	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0
1981-1982	0.0	0.0	0.0	0.1	2.0	9.7	0.9	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	14.1
1982-1983	0.0	0.0	0.0	0.8	5.1	8.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9
1983-1984	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4
1984-1985	0.0	0.2	1.4	0.3	4.5	4.7	5.4	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.4
1985-1986	0.0	0.0	0.2	0.2	3.6	0.8	2.2	0.5	0.5	0.0	0.0	1.5	9.6
1986-1987	0.0	0.0	0.0	3.4	7.1	2.6	5.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	18.5
1987-1988	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	6.4	0.5	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	17.6
1988-1989	0.0	0.0	0.0	11.1	6.7	9.3	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.4
1989-1990	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	4.7	0.0	0.9	0.1	0.0	0.0	10.3
1990-1991	0.0	0.3	1.0	3.2	0.3	2.9	7.8	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	17.0
1991-1992	0.0	1.0	0.0	0.5	0.3	2.9	1.5	0.3	0.8	0.0	0.0	0.4	7.7
1992-1993	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.3	5.5	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0
1993-1994	0.2	0.0	1.8	3.0	22.7	9.7	5.0	2.5	0.4	0.0	0.0	0.0	45.3
1994-1995	1.0	0.0	0.4	2.3	9.5	0.5	2.5	2.0	2.2	0.0	0.0	0.0	20.4
1995-1996	0.5	0.3	2.1	0.0	6.0	8.0	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.3
1996-1997	0.0	0.0	0.0	0.4	0.9	6.0	4.7	1.8	0.2	0.0	0.0	0.1	14.1
1997-1998	0.1	0.1	0.1	1.5	7.3	12.9	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.3
1998-1999	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	32.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.6
1999-2000	0.0	0.0	0.0	0.0	20.7	8.1	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.0
2000-2001	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	7.2	10.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.1
2001-2002	0.0	0.0	0.6	0.0	1.6	30.7	1.6	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	35.1
2002-2003	0.5	0.0	0.0	0.0	1.5	10.3	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2
2003-2004	0.0	0.0	0.0	6.8	0.8	0.6	1.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2
2004-2005	0.0	0.0	0.0	2.1	2.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1
2005-2006	0.0	0.0	0.0	1.9	9.4	9.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.2
2006-2007	0.0	0.0	0.0	4.0	2.2	3.0	2.8	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	19.7
2007-2008	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	12.1	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	24.3	17.8	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	51.9
2009-2010	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
2010-2011	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	7.0	1.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2
2011-2012	0.0	0.0	2.5	5.1	8.4	12.8	4.0	37.4	0.0	0.0	0.0	0.0	70.2
2012-2013	0.0	1.5	0.5	0.8	0.0	2.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8
2013-2014	0.0	0.0	0.0	1.1	5.8	2.8	12.5	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	23.1
2014-2015	0.0	0.0	0.0	2.1	2.5	15.1	41.8	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	63.6
2015-2016	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	6.7	0.5	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.2
2016-2017	0.0	0.0	0.0	0.4	51.8	14.3	40.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	106.9
2017-2018	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	14.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0
2018-2019	0.0	0.4	0.0	0.0	4.3	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5
2019-2020	1.9	0.0	0.0	0.0	5.9	3.8	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.6
2020-2021	0.0	0.0	0.0	9.8	6.2	3.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.1
2021-2022	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3
2022-2023	0.0	0.0	0.0	4.5	4.9	19.5	52.2	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	83.3
NºDATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	0.1	0.2	0.2	1.5	7.1	8.6	8.5	1.4	0.1	0.0	0.0	0.0	27.8
DESV.STD	0.45	0.64	0.53	2.38	10.05	8.67	10.65	4.99	0.40	0.01	0.08	0.21	22.12
MAXIMA	2.6	4.6	2.5	11.1	51.8	34.1	52.2	37.4	2.2	0.1	0.6	1.5	106.9
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.9. Estación San Lázaro de Escomarca

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	3.6	0.0	9.0	25.1	70.9	36.8	84.7	30.6	2.7	0.0	0.0	0.0	263.4
1966-1967	4.8	66.0	2.4	26.8	119.2	261.7	155.1	17.3	5.0	0.0	0.0	0.0	658.3
1967-1968	0.0	0.0	0.0	6.7	91.1	11.5	75.2	34.2	6.2	0.0	0.0	0.0	224.9
1968-1969	0.0	6.0	14.4	19.6	34.1	100.7	185.3	37.0	0.0	10.0	17.5	0.0	424.6
1969-1970	3.8	16.0	65.8	131.6	223.3	33.2	84.9	86.8	28.9	0.0	0.0	69.2	743.5
1970-1971	60.6	4.8	65.0	149.1	50.9	95.5	188.3	20.4	0.0	0.0	0.0	0.0	634.6
1971-1972	0.0	0.0	0.0	48.7	88.2	109.7	268.0	73.0	0.0	0.0	3.9	0.0	591.5
1972-1973	0.0	20.3	39.1	157.3	168.9	77.9	264.9	100.4	0.0	0.0	0.0	0.0	828.8
1973-1974	0.0	0.0	0.0	50.7	55.8	96.6	94.6	35.5	0.0	2.9	0.0	0.0	336.1
1974-1975	0.0	0.0	5.0	8.4	73.5	70.7	131.2	20.0	4.5	0.0	0.0	0.0	313.3
1975-1976	0.0	0.0	6.1	67.9	99.8	100.7	89.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	370.2
1976-1977	0.0	0.0	2.1	8.1	67.2	141.6	95.1	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	329.6
1977-1978	0.0	9.6	11.3	45.5	43.5	31.0	98.1	45.4	0.0	0.0	0.0	0.0	284.4
1978-1979	0.0	7.5	0.0	11.3	8.5	52.7	207.2	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	294.0
1979-1980	0.0	3.0	1.5	0.0	94.3	8.6	116.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	223.9
1980-1981	0.0	10.8	7.3	8.0	18.5	202.2	164.9	146.1	0.0	0.0	0.0	0.0	557.8
1981-1982	0.0	0.0	13.6	202.4	44.8	122.0	33.8	42.7	0.0	0.0	0.0	0.0	459.3
1982-1983	0.0	31.8	59.5	13.7	68.0	78.9	120.9	96.5	30.9	0.0	0.0	0.0	500.2
1983-1984	0.0	0.0	0.0	120.4	75.2	195.5	115.6	33.1	10.3	0.0	0.0	0.0	550.1
1984-1985	0.0	77.9	49.9	59.4	0.0	159.0	97.1	24.6	0.0	0.0	0.0	0.0	467.9
1985-1986	0.0	0.0	0.0	55.4	155.5	141.2	83.8	52.1	12.4	0.0	0.0	0.0	500.4
1986-1987	0.0	0.0	0.0	68.9	166.1	63.2	48.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	346.9
1987-1988	0.0	0.0	0.0	18.1	68.8	108.4	95.1	76.9	8.7	0.0	0.0	0.0	376.0
1988-1989	0.0	0.0	96.2	49.5	112.1	147.1	166.9	37.5	0.0	0.0	0.0	0.0	609.3
1989-1990	0.0	0.0	0.0	0.0	97.3	49.2	110.2	43.9	0.0	0.0	0.0	0.0	300.6
1990-1991	0.0	19.1	114.0	111.7	147.2	97.2	56.8	41.2	0.0	0.0	0.0	0.0	587.2
1991-1992	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	34.1	54.8	21.3	0.0	0.0	0.0	0.0	123.5
1992-1993	0.0	0.0	0.0	0.0	58.9	69.2	126.4	78.5	0.0	0.0	0.0	0.0	333.0
1993-1994	0.0	15.3	27.7	34.7	177.7	211.6	181.2	69.3	25.0	0.0	0.0	0.0	742.5
1994-1995	19.2	0.0	14.6	45.6	67.7	26.8	55.8	23.5	5.0	0.0	0.0	0.0	258.2
1995-1996	0.0	10.5	76.3	103.1	154.6	176.5	112.0	55.0	1.5	0.0	0.0	1.0	690.5
1996-1997	0.2	14.2	11.4	73.0	157.6	241.1	23.0	13.0	2.0	0.0	0.0	0.3	535.8
1997-1998	9.0	22.0	17.0	123.2	121.4	72.1	120.1	24.4	0.0	0.3	0.0	0.0	509.5
1998-1999	0.9	2.5	7.2	54.0	57.5	207.9	115.2	91.5	35.0	0.0	2.4	8.3	582.4
1999-2000	11.4	30.8	22.1	98.8	76.1	101.3	71.0	25.3	6.5	0.0	0.0	0.4	443.7
2000-2001	13.3	44.9	34.3	99.6	142.7	101.2	186.5	51.2	0.5	0.0	0.0	0.0	674.2
2001-2002	3.6	8.4	49.0	0.0	45.6	103.5	96.6	80.7	3.4	0.0	2.3	0.5	393.6
2002-2003	13.8	24.9	91.3	19.5	100.1	58.1	126.3	36.9	3.6	0.0	0.0	0.0	474.5
2003-2004	0.0	9.8	3.0	191.5	27.0	90.4	87.8	71.2	0.0	1.0	0.0	0.0	481.7
2004-2005	13.4	7.1	9.1	66.8	57.8	85.1	91.8	71.6	0.0	0.0	0.0	0.0	402.7
2005-2006	0.0	0.0	4.1	161.6	260.9	164.9	180.8	24.8	0.0	0.0	0.0	0.0	797.1
2006-2007	0.0	17.1	36.5	121.1	119.7	30.9	261.8	63.6	0.0	0.0	0.0	0.0	650.7
2007-2008	0.0	26.9	8.6	3.5	91.7	87.1	127.8	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	353.4

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	0.0	9.2	23.3	15.7	111.0	109.3	98.6	52.7	4.1	0.0	0.0	0.7	424.6
2009-2010	0.0	40.7	26.4	20.8	49.7	101.7	127.2	50.4	0.6	0.0	0.0	0.0	417.5
2010-2011	12.6	3.1	12.5	74.6	119.8	55.3	96.8	76.4	3.2	0.0	0.0	0.0	454.3
2011-2012	1.4	4.9	23.0	37.1	26.4	120.6	173.4	58.0	0.0	0.0	0.0	0.0	444.8
2012-2013	6.1	41.7	21.0	47.2	42.0	162.1	227.2	26.7	5.1	0.0	0.0	0.7	579.8
2013-2014	0.0	13.1	9.6	41.5	134.3	43.6	212.7	40.8	4.2	0.0	0.0	5.0	504.8
2014-2015	6.6	35.4	66.0	83.9	158.6	80.8	167.3	70.7	0.0	0.0	0.0	1.1	670.4
2015-2016	2.1	6.1	13.1	108.3	24.1	121.7	69.0	28.7	0.0	0.0	0.0	0.0	373.1
2016-2017	1.2	2.4	0.0	22.5	226.9	155.4	300.3	18.5	5.3	0.0	0.0	0.0	732.5
2017-2018	5.9	8.4	5.6	16.2	127.1	112.5	228.1	67.0	2.0	7.5	0.0	0.0	580.3
2018-2019	0.2	23.4	16.5	30.7	225.0	150.4	119.7	30.3	25.4	0.0	0.0	0.0	621.6
2019-2020	16.0	15.2	9.6	93.6	139.1	130.0	110.1	49.9	2.9	0.2	0.0	0.2	566.8
2020-2021	5.2	15.6	21.6	44.0	164.4	75.8	213.0	60.3	0.2	0.0	0.1	0.4	600.6
2021-2022	0.3	3.4	8.3	42.7	92.7	109.1	125.8	44.4	3.5	1.9	0.0	0.0	432.1
2022-2023	0.1	10.9	16.2	40.9	111.2	254.6	219.6	53.2	6.4	0.0	0.0	0.0	713.1
NºDATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	3.7	12.8	21.5	58.3	98.7	107.5	133.4	45.9	4.4	0.4	0.5	1.5	488.6
DESV.STD	9.0	16.4	27.0	51.1	59.2	59.8	63.1	28.5	8.2	1.7	2.4	9.1	159.8
MAXIMA	60.6	77.9	114.0	202.4	260.9	261.7	300.3	146.1	35.0	10.0	17.5	69.2	828.8
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	123.5

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.10. Estación Santiago de Tuna

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	0.3	9.6	0.2	0.5	29.6	19.6	110.8	3.3	5.3	0.0	0.0	0.0	179.2
1966-1967	0.0	23.2	0.1	5.1	135.8	320.4	121.2	6.5	1.0	0.0	0.8	0.0	614.1
1967-1968	0.0	9.9	3.4	15.3	0.1	11.6	23.9	14.3	6.2	0.2	0.0	0.0	84.9
1968-1969	0.1	1.3	2.1	5.3	11.9	105.2	101.4	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	235.0
1969-1970	0.0	7.3	9.5	27.6	185.5	86.2	20.4	11.8	0.0	0.0	0.0	0.0	348.3
1970-1971	21.2	5.0	9.7	7.9	33.9	87.1	130.3	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	298.4
1971-1972	0.0	0.2	0.0	27.8	38.7	118.1	304.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	488.8
1972-1973	0.0	2.0	0.0	14.2	78.5	33.2	162.3	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	299.5
1973-1974	5.5	2.3	4.9	8.2	19.0	130.9	121.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	292.1
1974-1975	0.0	0.0	2.8	24.0	10.0	53.0	105.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	195.0
1975-1976	0.0	0.0	0.0	59.3	65.2	149.7	39.6	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	316.8
1976-1977	0.0	0.0	0.0	1.8	34.5	209.5	109.2	17.7	0.0	0.0	0.0	0.0	372.7
1977-1978	0.0	0.0	9.8	40.1	19.1	25.8	93.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	188.6
1978-1979	0.0	3.0	0.8	4.2	2.5	11.5	155.8	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	181.4
1979-1980	0.0	0.0	0.0	1.2	29.4	37.8	42.0	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	123.7
1980-1981	0.0	3.5	2.1	2.9	37.1	121.7	179.8	4.4	0.4	0.0	0.0	0.0	351.9
1981-1982	0.0	0.0	1.7	40.8	37.2	236.1	52.3	22.2	0.0	0.0	0.7	0.9	391.9
1982-1983	0.5	0.4	27.2	0.0	67.8	75.1	345.0	4.3	5.8	0.0	0.0	0.0	526.1
1983-1984	0.0	0.3	18.0	83.9	289.2	291.4	78.9	4.3	0.1	0.0	0.0	0.0	766.1
1984-1985	0.0	1.5	46.2	14.5	29.5	52.4	92.7	4.5	6.5	0.0	0.0	0.3	248.1
1985-1986	0.0	0.0	19.1	69.7	145.3	186.8	197.7	37.9	0.0	0.0	0.0	0.0	656.5
1986-1987	0.0	0.0	0.0	64.3	31.1	21.5	118.7	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	249.7
1987-1988	0.0	0.0	0.9	85.4	106.6	86.7	25.6	16.1	4.8	0.0	0.0	0.0	326.1
1988-1989	0.0	5.5	0.0	66.5	206.4	235.0	202.1	44.3	0.0	0.0	0.0	0.0	759.8
1989-1990	0.0	14.0	0.0	5.4	15.8	5.9	42.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	83.7
1990-1991	0.0	2.1	10.0	142.9	64.9	7.2	169.7	4.8	0.5	0.0	0.0	0.0	402.1
1991-1992	0.0	3.1	32.3	0.6	6.4	3.8	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	54.8
1992-1993	0.0	0.0	0.0	3.3	13.1	219.3	111.3	19.6	1.7	0.0	0.0	0.0	368.3
1993-1994	0.0	0.0	0.3	41.9	84.0	88.0	62.4	6.1	1.2	0.0	0.0	0.0	283.9
1994-1995	0.0	0.0	10.7	37.3	41.6	32.5	63.2	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	195.7
1995-1996	0.0	1.9	40.1	23.0	70.9	92.5	63.1	23.5	7.6	0.0	0.0	0.0	322.6
1996-1997	0.0	0.0	2.4	8.5	40.8	41.4	21.3	10.1	0.0	0.0	0.0	1.5	126.0
1997-1998	9.2	10.6	21.2	62.1	68.4	135.7	135.4	8.2	0.8	0.0	0.0	0.0	451.6
1998-1999	0.0	0.0	1.5	106.3	46.8	113.5	50.0	33.0	6.2	0.0	0.0	0.0	357.3
1999-2000	0.6	13.2	10.0	27.0	74.5	132.0	83.9	20.6	0.0	0.0	0.0	0.0	361.8
2000-2001	1.4	5.7	6.2	29.7	80.7	86.6	102.5	46.2	0.0	0.0	0.0	0.0	359.0
2001-2002	0.0	0.6	26.2	1.3	13.5	124.8	68.3	47.0	6.8	0.0	0.0	0.0	288.5
2002-2003	0.0	12.7	25.3	15.7	24.3	31.3	54.9	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	167.1
2003-2004	0.0	2.2	1.0	80.8	9.5	91.1	31.3	29.2	0.0	0.0	0.0	0.0	245.1
2004-2005	1.9	0.4	2.0	31.4	29.0	54.0	93.8	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	216.8
2005-2006	0.0	0.0	0.0	42.3	65.7	96.6	77.3	60.6	0.6	0.0	0.0	0.0	343.1
2006-2007	0.5	0.8	0.0	38.6	22.4	53.3	107.8	52.2	0.0	0.0	0.0	0.0	275.6
2007-2008	0.0	1.2	4.5	18.4	62.9	142.9	158.7	68.6	0.0	0.0	0.0	0.0	457.2

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	0.0	3.6	5.8	39.6	106.2	134.4	145.9	44.1	0.4	0.0	0.0	0.0	480.0
2009-2010	0.0	9.9	10.4	11.9	15.8	27.1	29.5	13.1	0.0	0.0	0.0	0.0	117.7
2010-2011	1.0	0.0	5.1	22.9	66.9	54.1	55.5	22.9	0.0	0.0	3.2	0.0	231.6
2011-2012	0.0	0.0	10.3	9.2	38.7	99.1	81.4	29.8	2.8	0.0	0.0	0.0	271.3
2012-2013	1.5	11.6	3.6	15.7	12.5	108.2	62.7	1.7	4.2	0.0	0.0	0.0	221.7
2013-2014	0.0	0.0	4.1	1.5	38.1	53.1	114.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	214.4
2014-2015	0.0	1.0	18.8	35.8	56.4	97.8	203.3	20.6	0.0	0.0	0.0	0.8	434.5
2015-2016	0.0	3.2	4.6	10.2	15.2	58.2	51.7	36.6	0.1	0.0	0.0	0.0	179.8
2016-2017	0.0	2.7	8.1	40.4	47.8	85.7	99.5	20.3	2.1	0.0	0.0	0.0	306.6
2017-2018	0.4	2.8	4.6	2.0	52.3	64.1	81.9	21.5	10.0	4.0	0.0	0.0	243.6
2018-2019	0.0	2.2	2.0	3.7	95.6	112.4	25.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	241.6
2019-2020	0.5	12.4	1.0	15.3	110.4	41.7	76.0	18.9	2.0	0.0	0.0	0.0	278.2
2020-2021	0.6	1.5	5.4	56.3	98.5	21.3	87.2	16.1	1.3	0.0	0.0	0.0	288.2
2021-2022	1.0	3.2	5.4	5.6	40.9	36.1	104.3	23.0	1.0	0.0	0.0	0.0	220.5
2022-2023	0.0	0.0	0.0	21.2	47.2	188.3	315.5	91.0	3.6	0.0	0.0	0.0	666.8
NºDATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	0.8	3.4	7.6	28.9	57.3	93.8	103.0	18.2	1.4	0.1	0.1	0.1	314.7
DESV.STD	3.1	4.9	10.4	29.9	52.9	71.4	70.6	19.2	2.5	0.5	0.6	0.3	157.0
MAXIMA	21.2	23.2	46.2	142.9	289.2	320.4	345.0	91.0	10.0	4.0	3.2	1.5	766.1
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.8	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	54.8

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.11. Estación Matucana

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	0.7	5.8	1.2	28.4	50.3	38.7	52.5	22.3	0.2	0.0	0.0	0.0	200.0
1966-1967	0.0	18.0	0.0	37.0	77.3	147.7	97.1	17.2	3.7	0.0	0.0	0.0	398.0
1967-1968	2.1	15.2	4.3	8.4	24.9	24.9	33.3	11.2	7.7	0.0	0.0	0.0	132.0
1968-1969	1.1	8.8	13.5	34.7	11.4	54.6	73.3	26.3	0.0	0.0	0.0	0.0	223.7
1969-1970	0.9	18.1	24.1	55.2	106.9	8.9	35.4	29.1	9.1	0.0	0.0	0.0	287.7
1970-1971	21.8	14.5	5.4	53.8	57.4	72.6	116.0	27.4	0.0	0.0	0.0	0.0	368.9
1971-1972	0.0	6.6	1.2	43.0	63.5	106.2	144.8	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	379.1
1972-1973	1.5	12.6	5.0	48.2	82.3	80.8	58.7	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	294.8
1973-1974	33.9	8.3	7.5	56.9	45.3	76.4	75.8	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	313.5
1974-1975	0.4	0.6	4.6	21.3	33.4	59.0	118.3	8.9	6.2	0.8	0.0	0.0	253.5
1975-1976	1.3	7.0	12.4	40.1	70.3	73.4	58.1	0.5	0.5	0.9	0.0	0.0	264.5
1976-1977	0.8	0.0	0.0	26.2	32.9	69.5	37.8	2.7	5.9	0.0	0.0	0.0	175.8
1977-1978	2.5	0.6	28.7	26.2	29.1	29.8	21.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	143.3
1978-1979	1.5	0.0	7.8	12.6	15.1	43.2	65.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	145.7
1979-1980	0.0	3.2	0.9	42.9	18.0	8.3	21.0	18.8	0.0	0.0	0.0	0.0	113.1
1980-1981	0.0	14.1	0.0	13.7	62.0	43.4	72.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	206.0
1981-1982	0.0	4.2	1.5	33.9	28.2	25.3	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	122.1
1982-1983	0.0	0.0	10.3	0.9	9.5	62.0	169.2	25.9	0.0	0.0	0.0	0.0	277.8
1983-1984	0.0	5.6	10.5	32.7	34.1	196.8	86.5	10.5	1.0	1.8	0.0	0.0	379.5
1984-1985	0.0	20.5	29.2	73.4	17.9	55.7	67.7	8.7	2.2	0.0	0.0	1.6	276.9
1985-1986	2.7	1.7	23.2	53.5	100.8	74.2	60.7	22.8	4.9	0.0	0.0	4.1	348.6
1986-1987	0.0	3.7	10.6	37.1	113.0	48.5	45.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	259.9
1987-1988	0.2	0.0	6.9	32.7	64.7	70.6	44.8	36.8	6.1	0.0	0.0	0.0	262.8
1988-1989	0.0	0.9	0.0	47.5	91.4	73.9	86.9	5.0	2.9	0.0	0.0	0.0	308.5
1989-1990	0.0	0.0	0.0	0.0	52.2	4.9	19.7	1.9	6.1	0.3	0.0	0.6	85.7
1990-1991	0.0	13.4	36.4	43.0	12.7	60.6	116.4	11.7	2.1	0.0	0.0	0.0	296.3
1991-1992	0.0	17.9	4.4	4.4	29.2	25.0	101.8	26.6	0.0	0.0	0.0	0.0	209.3
1992-1993	0.0	32.0	4.4	21.9	98.8	158.9	147.4	50.4	0.0	0.0	0.0	0.0	513.8
1993-1994	0.0	24.0	40.0	98.9	64.9	95.3	45.6	33.2	2.6	0.0	0.0	0.0	404.5
1994-1995	0.5	0.3	12.4	51.6	62.6	31.5	61.5	35.9	0.0	0.0	0.0	0.0	256.3
1995-1996	4.5	8.9	34.0	39.8	72.5	80.6	87.9	27.2	0.0	0.0	0.0	0.0	355.4
1996-1997	0.0	0.0	4.7	7.2	45.9	50.7	9.4	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	121.8
1997-1998	0.0	7.3	14.3	49.4	91.6	111.4	122.9	17.0	0.0	0.0	0.0	2.5	416.4
1998-1999	2.2	0.0	0.0	19.9	57.2	163.3	54.3	24.4	0.0	0.0	0.0	0.0	321.3
1999-2000	4.0	19.1	19.3	30.1	82.5	105.3	67.8	21.9	5.6	0.0	0.0	0.0	355.6
2000-2001	0.0	17.1	0.0	50.0	116.8	65.1	110.2	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	374.1
2001-2002	0.0	1.9	41.4	2.2	17.8	74.3	61.9	32.4	6.2	0.0	0.0	0.0	238.1
2002-2003	1.2	7.4	22.2	42.9	32.3	46.0	64.1	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	231.8
2003-2004	0.0	0.0	0.7	86.1	10.1	74.4	57.8	31.1	0.0	3.6	0.0	0.0	263.8
2004-2005	0.0	6.3	22.5	92.7	69.7	28.9	63.1	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	292.1
2005-2006	0.0	0.0	0.0	52.7	83.1	67.2	129.7	52.2	0.0	0.0	0.0	0.0	384.9
2006-2007	0.0	2.3	16.3	74.8	76.0	60.4	143.4	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	403.2
2007-2008	1.9	4.0	0.0	26.9	75.5	112.2	72.2	14.2	0.8	0.0	0.0	0.0	307.7

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	3.0	3.2	13.3	36.5	105.5	98.9	130.6	32.3	0.0	0.0	0.0	0.0	423.3
2009-2010	0.0	17.7	37.2	51.4	36.5	75.3	67.3	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	306.3
2010-2011	0.0	7.6	12.9	56.7	62.1	65.7	58.3	57.4	0.0	0.0	0.0	0.0	320.7
2011-2012	2.3	0.0	25.5	51.8	22.1	85.4	87.0	53.7	0.0	0.0	0.0	0.0	327.8
2012-2013	4.3	27.4	17.7	32.9	29.1	87.8	84.8	27.6	5.5	0.0	0.0	0.7	317.8
2013-2014	1.4	9.7	13.2	37.4	46.9	37.0	62.4	26.6	0.0	0.0	0.0	2.5	237.1
2014-2015	2.8	11.9	13.9	74.3	53.7	31.3	118.2	22.8	0.8	0.0	0.0	0.1	329.8
2015-2016	2.3	4.0	15.7	27.1	13.9	65.3	53.8	19.0	1.1	0.1	0.0	0.0	202.3
2016-2017	5.6	0.2	0.1	42.8	119.0	106.0	119.0	21.1	3.5	0.0	0.0	0.1	417.4
2017-2018	2.9	10.2	10.0	6.5	67.8	72.1	99.5	37.1	1.1	0.8	0.0	0.0	308.0
2018-2019	0.0	2.9	3.1	14.9	85.1	83.1	70.6	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	267.1
2019-2020	7.7	15.7	14.6	52.9	57.0	55.7	83.6	25.9	1.9	0.0	0.0	0.1	315.1
2020-2021	2.4	6.9	18.1	39.7	55.0	79.1	76.9	26.4	4.6	0.0	0.0	0.0	309.1
2021-2022	3.2	21.1	29.9	20.3	66.1	81.8	98.1	35.4	1.5	0.0	0.0	0.0	357.4
2022-2023	0.0	0.0	0.5	54.4	43.0	117.8	121.6	29.6	2.8	0.0	0.0	0.0	369.7
NºDATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	2.1	8.1	12.2	38.9	56.1	70.7	78.3	20.8	1.7	0.1	0.0	0.2	289.3
DESV.STD	5.29	8.00	11.70	22.18	30.13	37.75	35.89	14.13	2.45	0.55	0.00	0.74	90.43
MAXIMA	33.9	32.0	41.4	98.9	119.0	196.8	169.2	57.4	9.1	3.6	0.0	4.1	513.8
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	4.9	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	85.7

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.12. Estación Langa

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	3.5	0.0	0.0	10.9	38.3	62.5	19.6	7.8	0.2	0.0	0.0	0.0	142.8
1966-1967	0.1	2.7	0.3	10.9	146.4	130.3	69.6	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	365.9
1967-1968	0.0	0.2	6.3	19.8	0.1	10.8	162.1	1.2	0.2	0.1	0.0	0.0	200.6
1968-1969	0.5	0.5	0.7	1.4	16.7	50.5	104.0	1.5	0.2	0.0	0.0	0.0	176.0
1969-1970	0.2	0.0	0.8	5.1	145.7	10.3	79.1	20.5	0.0	0.0	0.0	0.0	261.6
1970-1971	0.0	5.0	2.0	21.4	26.1	125.5	52.7	2.7	6.9	0.0	0.0	0.0	242.2
1971-1972	0.2	3.0	0.4	8.1	64.9	54.8	162.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	294.1
1972-1973	0.0	0.8	2.8	28.4	75.4	51.8	91.3	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	264.8
1973-1974	0.0	0.1	0.0	45.3	31.1	122.6	38.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	238.5
1974-1975	0.2	22.5	1.3	0.7	14.2	113.1	119.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	271.1
1975-1976	0.0	0.4	9.3	24.8	28.2	59.5	127.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	249.5
1976-1977	0.1	0.1	4.4	1.5	3.0	87.6	99.5	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	209.9
1977-1978	0.1	0.2	4.9	11.9	28.5	51.4	54.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	150.9
1978-1979	0.2	7.1	6.3	4.0	6.4	97.2	98.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	220.0
1979-1980	0.1	0.6	9.1	8.4	33.8	2.0	49.3	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	107.7
1980-1981	0.0	16.6	0.0	0.0	91.1	169.6	102.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	379.3
1981-1982	19.7	0.0	0.0	38.5	115.0	105.8	43.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	325.2
1982-1983	0.7	4.9	4.4	30.1	19.7	113.4	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	213.2
1983-1984	0.0	0.0	0.0	41.2	33.8	86.0	118.0	32.1	0.0	0.0	0.0	0.0	311.1
1984-1985	0.0	72.9	0.0	12.6	59.2	82.1	104.0	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	340.7
1985-1986	0.0	10.0	15.0	9.6	67.0	61.0	94.2	39.0	0.0	0.0	0.0	2.3	298.1
1986-1987	0.0	1.5	8.2	74.4	133.2	49.7	11.0	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	293.5
1987-1988	0.0	0.0	3.0	2.5	10.5	40.0	19.7	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	81.2
1988-1989	0.0	0.0	0.0	44.6	131.2	134.8	129.2	39.7	0.0	0.0	0.0	0.0	479.5
1989-1990	0.0	15.1	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	40.6
1990-1991	0.0	5.6	27.0	25.7	20.3	42.7	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	154.6
1991-1992	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	7.3	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.9
1992-1993	0.0	0.0	0.0	19.2	72.1	97.0	149.1	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	346.7
1993-1994	0.0	1.3	22.9	22.3	106.4	79.3	56.3	18.1	1.6	0.0	0.0	0.0	308.2
1994-1995	7.3	0.0	3.1	18.8	44.8	42.0	46.6	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	173.6
1995-1996	5.0	1.4	25.9	14.1	53.3	63.3	63.9	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	231.5
1996-1997	0.0	0.0	0.0	4.3	40.3	82.4	18.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.5	146.1
1997-1998	4.0	0.9	10.9	74.0	132.4	111.1	120.3	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	466.8
1998-1999	0.0	0.2	1.5	28.0	82.6	223.7	70.0	60.3	8.7	0.0	0.0	0.0	475.0
1999-2000	2.1	11.0	3.5	22.7	81.5	105.8	41.3	18.5	0.0	0.0	0.0	0.0	286.4
2000-2001	1.5	0.0	0.0	41.5	121.4	83.2	148.7	40.5	0.0	0.0	0.0	0.0	436.8
2001-2002	0.0	0.9	42.7	0.0	11.4	71.7	87.0	26.2	1.1	0.0	0.0	0.0	241.0
2002-2003	3.7	8.6	32.0	5.4	26.3	44.8	55.5	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0	184.4
2003-2004	0.0	0.7	0.7	92.4	9.2	98.9	38.1	23.5	0.0	0.0	0.0	0.0	263.5
2004-2005	1.2	0.0	3.0	21.5	37.0	33.5	39.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	135.9
2005-2006	0.0	0.1	0.0	41.9	62.4	85.6	82.5	19.7	0.0	0.0	0.0	0.0	292.2
2006-2007	0.3	1.7	14.5	70.6	27.5	33.6	68.5	41.9	0.0	0.0	0.0	0.0	258.6
2007-2008	0.0	6.6	2.9	6.9	110.9	152.7	121.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.3	406.5

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	0.0	0.3	11.0	9.0	82.2	135.2	110.9	40.8	0.0	0.0	0.0	0.0	389.4
2009-2010	0.0	16.7	13.1	23.2	10.2	75.0	57.9	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	209.7
2010-2011	0.4	1.1	4.4	35.1	83.8	37.5	48.3	36.1	0.0	0.0	1.5	0.0	248.2
2011-2012	0.0	0.0	12.9	20.8	19.6	101.5	105.1	32.3	0.0	0.0	0.0	0.0	292.2
2012-2013	0.0	12.3	2.6	28.4	8.4	73.8	88.4	0.7	1.6	0.0	0.0	0.0	216.2
2013-2014	0.5	1.5	6.0	17.6	48.0	31.4	91.9	18.1	1.5	0.0	0.0	0.0	216.5
2014-2015	2.2	9.3	22.5	30.4	44.7	46.4	128.1	21.6	0.0	0.0	0.0	0.0	305.2
2015-2016	0.0	2.0	3.8	16.2	14.8	46.3	46.4	20.8	0.0	0.0	0.0	0.0	150.3
2016-2017	0.0	0.0	0.0	14.3	143.2	128.4	82.0	9.6	2.3	0.0	0.0	0.0	379.8
2017-2018	0.0	1.5	3.8	2.3	57.4	35.7	64.6	26.5	0.0	4.0	0.0	0.0	195.8
2018-2019	0.0	4.7	3.4	0.6	87.8	86.2	43.2	2.0	3.9	0.0	0.0	0.0	231.8
2019-2020	9.0	1.0	0.6	28.6	98.1	25.4	52.8	15.2	0.3	0.0	0.0	0.0	231.0
2020-2021	1.3	5.8	7.3	27.0	98.5	104.0	180.8	20.3	0.0	0.0	0.0	0.0	444.9
2021-2022	0.1	1.1	9.8	14.3	77.7	104.5	86.0	21.3	1.5	0.0	0.0	0.1	316.4
2022-2023	1.0	6.3	8.0	26.0	48.9	167.1	172.5	50.3	1.6	0.0	0.0	0.0	481.7
NºDATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	1.1	4.6	6.5	21.7	56.7	78.1	79.7	14.6	0.5	0.1	0.0	0.1	263.8
DESV.STD	3.06	10.45	8.96	20.11	42.90	45.45	43.00	14.97	1.57	0.53	0.20	0.52	106.27
MAXIMA	19.7	72.9	42.7	92.4	146.4	223.7	180.8	60.3	8.7	4.0	1.5	3.2	481.7
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.9

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.13. Estación Huancata

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	0.7	2.5	1.8	10.6	55.9	30.1	90.9	1.0	0.3	0.0	0.0	0.2	194.1
1966-1967	0.0	38.4	0.2	51.4	126.6	169.9	167.6	31.0	1.1	0.0	0.0	0.5	586.6
1967-1968	0.0	11.7	6.4	33.6	1.6	8.4	142.3	4.6	0.0	0.1	0.0	0.0	208.4
1968-1969	0.2	1.1	25.6	34.8	15.2	132.5	176.9	30.3	0.0	0.0	0.0	0.0	416.7
1969-1970	0.1	0.0	8.9	112.9	267.6	37.6	105.0	11.7	0.1	0.0	0.0	0.0	543.8
1970-1971	0.6	7.6	0.8	55.6	50.4	179.6	157.9	16.9	0.0	0.0	0.0	0.1	469.4
1971-1972	0.0	22.7	0.4	39.3	112.3	121.9	159.6	56.9	0.0	0.0	0.0	0.0	513.2
1972-1973	1.9	2.6	1.3	73.7	93.3	101.7	175.1	64.3	0.0	0.0	0.0	0.0	513.8
1973-1974	0.0	20.0	7.1	128.3	102.7	187.0	160.2	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	606.4
1974-1975	0.0	1.2	4.6	18.2	44.9	136.8	155.8	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	370.1
1975-1976	0.0	93.5	0.8	72.7	71.4	142.0	151.7	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	539.2
1976-1977	0.0	0.0	7.0	38.2	20.4	180.3	200.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	450.2
1977-1978	0.0	0.0	15.0	12.9	13.8	10.0	58.2	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	122.7
1978-1979	0.0	0.0	15.3	14.9	10.5	152.7	120.7	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	318.6
1979-1980	0.0	0.0	4.2	14.6	95.6	84.6	46.6	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	251.8
1980-1981	0.0	0.0	0.0	18.4	84.8	148.1	225.7	52.5	0.0	0.0	0.0	0.0	529.5
1981-1982	0.0	0.0	0.0	35.0	42.3	235.5	49.3	27.5	0.0	0.0	0.0	0.0	389.6
1982-1983	0.0	20.4	29.2	3.4	32.5	13.7	173.8	57.5	2.3	0.0	0.0	0.0	332.8
1983-1984	0.0	0.0	0.0	66.7	67.2	196.9	97.1	28.8	0.4	0.0	0.0	0.0	457.1
1984-1985	0.0	30.0	32.7	78.2	16.6	106.4	119.6	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0	400.2
1985-1986	0.0	1.5	0.0	52.1	119.5	129.1	59.6	75.6	0.0	0.0	0.0	9.8	447.2
1986-1987	0.0	0.0	15.0	50.4	51.5	22.5	24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.3
1987-1988	0.0	0.0	0.0	1.1	72.3	51.5	98.9	7.5	13.4	0.0	0.0	0.0	244.7
1988-1989	0.0	0.0	0.0	17.6	168.2	185.2	204.5	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	593.9
1989-1990	0.0	8.0	0.0	0.0	54.6	0.0	13.8	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	82.2
1990-1991	0.0	8.8	38.0	20.1	15.5	19.0	53.4	32.3	0.0	0.0	0.0	0.0	187.1
1991-1992	0.0	34.1	15.3	24.4	32.4	20.2	34.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	163.8
1992-1993	0.0	10.3	6.9	22.0	21.1	79.0	73.1	59.5	7.4	0.0	0.0	0.0	279.3
1993-1994	1.8	8.0	48.7	37.0	96.1	95.1	44.6	23.0	4.8	0.0	0.0	0.0	359.1
1994-1995	0.0	3.7	2.8	13.1	60.0	19.5	55.4	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	180.3
1995-1996	0.0	2.5	64.5	41.8	117.4	92.5	94.1	16.3	5.6	0.0	0.0	0.6	435.3
1996-1997	1.6	5.1	7.3	10.2	61.6	87.5	2.8	3.7	10.9	0.0	0.0	0.6	191.3
1997-1998	1.9	5.7	39.9	203.4	175.4	217.2	158.0	23.2	0.0	0.0	0.0	0.0	824.7
1998-1999	0.1	0.9	0.6	69.9	75.8	249.6	154.6	27.9	14.6	1.7	0.0	0.0	595.7
1999-2000	7.9	21.7	10.7	76.7	139.1	161.7	137.9	29.1	1.5	0.0	0.0	0.0	586.3
2000-2001	0.0	22.1	6.9	79.9	158.0	105.4	183.3	25.3	1.5	0.0	0.0	0.0	582.4
2001-2002	0.9	6.2	25.0	0.7	6.7	71.5	126.2	62.6	6.5	0.8	0.0	0.0	307.1
2002-2003	0.0	21.7	31.5	31.9	62.2	88.2	83.2	2.7	0.1	0.0	0.0	0.0	321.5
2003-2004	0.0	9.4	1.0	106.8	5.7	71.0	75.9	19.3	0.0	0.5	0.0	0.0	289.6
2004-2005	0.6	2.3	9.7	61.0	56.5	50.7	74.3	18.8	0.0	0.0	0.0	0.0	273.9
2005-2006	0.0	0.0	0.0	77.9	83.0	122.0	158.7	32.3	0.0	0.0	0.0	0.0	473.9
2006-2007	0.0	0.0	15.3	52.5	89.9	50.4	124.7	45.2	0.0	0.0	0.0	0.0	378.0
2007-2008	0.0	20.9	2.5	15.8	152.6	142.7	85.6	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	424.6

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	0.0	2.2	13.7	12.0	105.6	179.3	100.0	45.6	0.0	0.0	0.0	0.0	458.4
2009-2010	0.0	18.2	8.1	36.0	40.3	48.3	66.1	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	231.0
2010-2011	0.0	2.5	0.0	73.2	118.4	64.7	70.4	47.4	0.0	0.0	0.0	0.0	376.6
2011-2012	0.0	0.0	23.0	73.1	20.5	112.4	123.0	44.0	0.0	0.0	0.0	0.0	396.0
2012-2013	0.0	5.0	33.4	22.1	44.2	83.6	101.3	3.5	0.0	0.0	0.0	0.5	293.6
2013-2014	0.0	0.0	4.8	23.8	78.1	47.2	133.7	19.7	0.4	0.0	0.0	0.0	307.7
2014-2015	0.0	10.1	0.0	68.8	95.0	67.1	128.0	14.5	0.0	0.0	0.0	8.7	392.2
2015-2016	0.5	6.1	2.5	82.7	9.1	171.9	51.7	78.1	0.0	0.0	0.2	0.0	402.8
2016-2017	0.0	0.8	0.0	67.3	346.5	103.7	196.1	38.4	4.5	0.0	0.0	0.0	757.3
2017-2018	1.3	5.8	12.1	16.5	119.3	80.3	99.8	10.9	0.0	2.0	0.0	0.0	348.0
2018-2019	0.0	2.9	1.2	21.0	110.1	171.6	56.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	363.1
2019-2020	2.6	6.5	2.9	49.8	60.2	45.4	124.6	33.2	0.0	0.0	0.0	0.0	325.2
2020-2021	0.0	0.0	16.9	166.4	233.1	87.7	310.7	22.9	0.5	0.0	0.0	0.0	838.2
2021-2022	0.0	24.0	19.7	24.6	63.5	64.7	172.9	26.7	0.0	0.0	0.0	0.0	396.1
2022-2023	0.0	0.0	0.0	53.7	64.0	318.7	257.8	59.4	0.0	0.0	0.0	0.0	753.6
N°DATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	0.4	9.1	11.1	47.8	81.2	106.1	118.1	25.1	1.4	0.1	0.0	0.4	400.7
DESV.STD	1.16	14.84	14.03	39.66	65.38	68.37	61.63	20.81	3.28	0.36	0.03	1.70	169.35
MAXIMA	7.9	93.5	64.5	203.4	346.5	318.7	310.7	78.1	14.6	2.0	0.2	9.8	838.2
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	82.2

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.14. Estación Huarochirí

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	6.4	0.0	0.0	21.2	65.3	52.4	74.2	17.9	2.4	0.0	0.0	0.0	239.8
1966-1967	0.0	92.4	19.6	21.4	106.0	155.4	133.0	16.4	18.6	0.0	0.0	0.0	562.8
1967-1968	3.7	34.9	14.2	9.6	47.8	22.0	38.0	10.0	15.6	0.0	0.0	0.0	195.8
1968-1969	0.0	6.6	9.2	11.2	17.5	68.2	125.6	12.6	0.0	0.0	0.0	0.0	250.9
1969-1970	0.0	6.2	25.8	95.6	102.8	29.8	26.7	28.2	7.8	0.0	0.0	0.0	322.9
1970-1971	8.4	6.2	5.6	21.2	25.0	75.2	108.4	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	265.3
1971-1972	0.0	0.4	0.0	29.0	49.0	93.2	154.8	11.8	2.0	0.0	0.0	0.0	340.2
1972-1973	0.0	7.8	3.0	25.2	85.6	39.4	99.7	54.6	0.0	0.0	0.0	2.6	317.9
1973-1974	11.4	9.4	0.0	28.6	57.6	95.8	147.6	29.6	0.0	0.0	0.0	0.0	380.0
1974-1975	3.8	0.0	2.8	16.2	24.0	28.2	130.2	22.4	5.6	3.6	0.0	0.0	236.8
1975-1976	2.8	0.0	10.2	54.4	106.4	91.0	65.2	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	345.0
1976-1977	0.0	0.0	1.0	10.0	39.6	96.8	110.8	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	260.4
1977-1978	0.0	0.0	10.0	5.2	29.4	39.2	37.4	38.4	0.0	0.0	0.0	0.0	159.6
1978-1979	2.0	1.0	2.2	31.3	11.6	73.4	88.4	52.2	0.0	0.0	0.0	0.0	262.1
1979-1980	0.0	2.2	0.0	5.6	88.7	3.2	55.2	22.8	0.0	0.0	0.0	0.0	177.7
1980-1981	4.2	5.0	0.0	0.0	78.9	83.8	81.1	5.0	2.8	0.0	0.0	0.0	260.8
1981-1982	3.1	13.8	17.0	36.6	54.4	214.8	82.0	10.0	0.1	0.0	0.0	0.1	431.9
1982-1983	0.6	13.1	10.2	48.1	9.6	87.1	122.6	31.5	4.7	0.0	0.0	0.1	327.4
1983-1984	0.0	14.5	0.5	38.4	68.5	85.2	102.3	28.0	1.8	0.0	0.0	0.0	339.1
1984-1985	2.1	7.8	10.8	0.0	13.2	58.4	74.8	16.6	4.8	0.0	0.0	0.0	188.5
1985-1986	0.0	0.0	2.0	30.0	140.2	96.4	57.3	121.2	18.6	0.0	0.0	0.0	465.7
1986-1987	0.0	0.0	12.4	53.6	144.7	61.2	10.4	30.4	0.0	0.0	0.0	0.0	312.7
1987-1988	0.0	3.4	3.4	9.6	50.3	100.8	56.8	29.8	18.4	0.0	0.0	0.0	272.5
1988-1989	0.0	2.4	0.0	50.4	81.3	131.9	196.5	26.2	5.4	0.0	0.0	0.0	494.1
1989-1990	3.0	14.5	15.3	1.9	29.1	0.0	24.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	88.5
1990-1991	0.0	24.8	30.5	18.9	46.7	8.1	59.6	8.0	0.0	0.0	0.8	2.0	199.4
1991-1992	7.1	35.6	2.9	20.4	48.2	42.3	20.2	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	178.7
1992-1993	0.0	13.3	12.4	26.4	43.1	90.8	105.4	24.6	10.1	0.0	0.0	0.0	326.1
1993-1994	4.1	19.9	79.2	54.0	114.9	113.9	57.6	5.5	2.0	0.2	0.0	0.1	451.4
1994-1995	1.5	2.0	2.7	20.2	60.2	46.2	87.4	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	231.2
1995-1996	6.3	10.7	53.8	71.0	115.0	116.3	129.1	16.5	1.6	0.0	0.0	3.5	523.8
1996-1997	0.0	5.7	14.6	32.3	59.7	54.2	29.8	9.3	6.6	0.0	0.0	0.0	212.2
1997-1998	6.0	7.3	45.2	154.9	262.7	278.8	263.1	49.1	1.5	0.8	0.0	0.6	1070.0
1998-1999	2.2	0.6	7.2	96.6	86.5	341.1	162.5	48.8	21.1	1.8	0.0	0.0	768.4
1999-2000	9.8	40.1	11.0	107.3	146.3	284.5	159.1	48.6	1.4	0.0	0.0	0.0	808.1
2000-2001	3.6	41.2	16.3	154.0	186.1	205.1	255.3	37.9	3.8	0.0	2.5	0.0	905.8
2001-2002	11.2	18.5	100.8	7.1	57.8	182.5	149.4	75.5	7.5	0.0	0.0	0.0	610.3
2002-2003	6.3	29.9	66.2	42.5	160.6	89.3	146.4	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	552.4
2003-2004	0.0	9.8	1.3	219.8	24.5	189.6	116.9	31.1	0.6	1.8	0.0	0.0	595.4
2004-2005	5.9	8.6	31.1	124.0	58.0	62.0	130.0	22.0	2.2	0.0	0.0	0.0	443.8
2005-2006	1.2	0.0	0.0	130.4	106.4	179.3	234.5	78.0	0.0	2.1	0.0	2.7	734.6
2006-2007	1.5	4.9	37.0	131.4	137.1	112.8	232.9	70.4	3.6	3.0	0.0	0.0	734.6
2007-2008	0.0	32.3	9.0	40.4	232.4	251.6	139.2	13.8	0.0	0.0	0.0	4.0	722.7

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	0.0	6.4	42.7	37.2	122.4	258.7	141.6	65.8	0.0	0.0	0.0	0.0	674.8
2009-2010	0.2	49.7	71.3	61.0	84.8	121.2	138.6	30.2	0.3	0.0	0.0	0.0	557.3
2010-2011	5.2	4.7	20.3	107.5	186.3	83.2	144.9	27.3	0.0	0.0	0.6	0.0	580.0
2011-2012	0.2	2.7	33.1	53.4	44.3	116.1	124.8	69.3	4.0	0.5	0.0	0.0	448.4
2012-2013	11.1	35.3	31.4	41.3	44.3	135.1	127.8	12.5	6.3	0.0	1.7	1.3	448.1
2013-2014	0.0	10.1	10.1	35.5	95.9	63.8	133.5	38.3	0.4	0.0	0.0	0.0	387.6
2014-2015	0.0	11.0	24.6	97.3	96.1	85.9	193.4	33.2	1.2	0.0	0.0	3.5	546.2
2015-2016	0.9	9.5	7.4	26.9	5.2	143.6	73.4	40.3	0.4	0.0	0.0	2.6	310.2
2016-2017	1.3	1.4	0.0	33.6	249.2	252.6	301.3	38.5	11.6	0.0	0.0	0.7	890.2
2017-2018	1.8	12.2	12.2	9.5	137.0	125.1	220.0	67.3	0.0	6.0	0.6	0.0	591.7
2018-2019	0.0	10.8	4.6	44.7	206.0	207.5	200.4	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	687.9
2019-2020	6.8	16.9	22.3	103.9	98.4	148.7	127.2	26.7	2.4	0.2	0.0	0.3	553.8
2020-2021	3.0	13.2	15.0	66.6	67.3	123.3	222.4	67.8	4.7	0.0	0.0	0.0	583.3
2021-2022	1.8	29.4	10.5	13.7	114.5	48.8	114.5	27.4	0.2	0.0	0.0	0.0	360.8
2022-2023	0.2	0.0	0.2	45.3	130.2	214.3	210.3	56.5	0.5	1.0	0.0	0.0	658.5
N°DATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	2.6	13.1	17.3	49.7	88.9	114.8	123.4	31.5	3.5	0.4	0.1	0.4	445.6
DESV.STD	3.27	16.27	21.47	45.85	60.39	77.16	66.13	23.72	5.40	1.05	0.42	1.01	217.05
MAXIMA	11.4	92.4	100.8	219.8	262.7	341.1	301.3	121.2	21.1	6.0	2.5	4.0	1070.0
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	88.5

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.15. Estación San José de Parac

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	1.2	41.8	51.2	84.1	117.3	101.3	71.8	37.5	0.0	0.0	0.0	0.0	506.2
1966-1967	9.1	80.9	13.6	87.6	129.8	154.4	167.9	4.9	2.0	0.0	3.2	0.0	653.4
1967-1968	4.0	90.9	14.9	4.2	44.0	64.0	64.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	287.0
1968-1969	0.0	10.1	2.0	53.5	31.0	116.7	145.1	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	375.4
1969-1970	0.0	12.0	45.9	45.0	194.3	28.5	29.1	42.6	4.4	1.0	0.1	3.8	406.6
1970-1971	4.6	43.1	20.8	117.1	43.9	137.7	176.3	33.0	0.0	0.0	0.2	2.8	579.4
1971-1972	2.5	32.5	33.9	101.2	167.3	149.2	197.5	30.3	0.0	2.9	0.3	0.1	717.6
1972-1973	2.3	26.6	54.8	136.0	169.1	124.5	170.8	73.7	2.5	0.1	4.4	1.8	766.3
1973-1974	26.6	78.8	108.2	105.7	142.9	167.9	156.7	71.0	15.8	0.2	0.7	0.1	874.5
1974-1975	17.7	36.8	38.1	76.7	109.6	163.2	161.1	25.5	6.3	0.0	0.0	1.1	636.1
1975-1976	33.6	37.6	43.0	52.1	95.9	127.0	28.7	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	418.2
1976-1977	8.6	7.5	20.2	136.6	56.1	188.0	129.6	8.2	6.2	37.5	0.8	0.0	599.3
1977-1978	1.9	1.8	19.2	86.8	51.2	20.2	110.2	64.9	4.1	0.0	0.0	0.2	360.3
1978-1979	3.8	55.4	42.6	63.4	49.7	97.2	167.2	42.7	0.0	0.3	0.5	0.3	523.1
1979-1980	2.9	8.0	1.5	11.7	103.7	20.3	108.7	20.6	8.1	4.8	0.9	0.0	291.2
1980-1981	2.5	33.4	64.2	63.4	144.5	167.2	140.1	19.3	0.0	0.0	0.0	15.2	649.8
1981-1982	14.2	36.4	69.7	128.9	143.5	239.9	90.2	62.0	0.0	0.0	2.4	1.0	788.2
1982-1983	7.6	61.4	70.4	35.6	85.7	75.0	141.1	90.7	5.3	5.4	0.0	0.0	578.2
1983-1984	24.7	32.7	20.1	162.5	118.9	293.3	201.9	38.1	28.8	33.5	0.0	4.4	958.9
1984-1985	3.1	50.2	86.5	141.6	79.7	123.2	143.6	49.3	18.6	7.4	0.0	6.3	709.5
1985-1986	28.7	13.9	28.9	115.8	172.3	160.4	133.6	67.6	19.3	0.0	18.3	16.6	775.4
1986-1987	7.0	12.4	50.4	99.9	126.8	128.7	67.9	33.0	8.3	0.0	3.8	16.2	554.4
1987-1988	15.6	15.7	55.0	80.7	114.2	108.7	105.8	74.1	10.0	0.0	0.0	0.9	580.7
1988-1989	21.8	33.9	27.7	84.8	153.0	175.3	175.4	27.7	8.3	5.7	0.0	2.2	715.8
1989-1990	19.0	66.8	17.6	11.7	94.6	35.4	46.0	31.3	20.1	22.7	0.4	2.2	367.8
1990-1991	3.1	41.1	62.8	65.8	24.9	50.2	122.1	32.8	6.2	1.7	1.0	0.0	411.7
1991-1992	6.0	33.9	17.2	31.3	19.9	39.6	49.2	19.3	1.2	0.1	0.0	1.2	218.9
1992-1993	0.0	49.1	9.1	24.1	96.5	109.2	126.8	52.0	6.0	0.0	0.6	0.0	473.4
1993-1994	10.8	53.3	96.4	107.9	137.7	173.5	144.2	51.2	26.4	3.2	2.4	7.0	814.0
1994-1995	28.8	15.0	42.8	97.2	79.1	56.8	103.3	32.7	3.0	0.7	0.0	1.7	461.1
1995-1996	12.2	29.7	58.8	94.9	133.3	154.6	123.5	48.0	2.4	0.5	0.7	1.4	660.0
1996-1997	7.5	22.2	35.7	72.1	115.9	114.9	33.3	18.6	1.1	0.0	0.0	9.2	430.5
1997-1998	29.1	27.1	49.8	126.2	118.8	136.7	123.3	34.3	0.0	2.8	1.0	0.4	649.5
1998-1999	27.8	40.2	19.6	64.3	107.9	218.5	101.6	63.3	39.9	1.7	0.0	1.7	686.5
1999-2000	23.6	47.3	51.9	93.8	154.5	156.7	167.1	23.2	21.5	0.0	2.7	10.4	752.7
2000-2001	8.5	54.2	26.6	119.6	158.6	97.7	166.2	29.2	5.6	0.0	0.6	0.9	667.7
2001-2002	24.7	25.3	117.2	39.7	102.4	105.0	112.4	48.9	17.3	4.5	0.6	0.0	598.0
2002-2003	18.5	45.2	63.9	83.1	122.3	92.7	140.8	40.7	2.2	0.0	0.0	0.0	609.4
2003-2004	2.0	56.1	10.8	150.0	37.4	130.7	88.4	44.8	6.7	6.7	1.1	2.0	536.7
2004-2005	16.3	63.6	81.1	149.0	100.3	71.7	143.3	23.9	0.7	0.0	0.0	0.3	650.2
2005-2006	2.3	6.3	11.2	118.9	155.5	107.6	176.2	70.0	0.9	4.3	0.0	2.2	655.4
2006-2007	9.5	30.9	63.9	130.5	103.7	112.3	168.3	47.9	1.5	0.0	0.0	1.8	670.3
2007-2008	2.9	42.4	19.6	69.4	133.6	154.8	101.0	32.3	0.3	0.0	0.0	6.0	562.3

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	4.3	54.9	45.9	117.3	161.9	150.1	156.5	62.3	16.5	0.0	14.2	7.2	791.1
2009-2010	5.9	111.8	150.3	130.3	139.5	122.5	146.5	51.4	7.9	2.8	0.0	3.4	872.3
2010-2011	52.4	15.6	47.9	174.0	182.5	147.6	157.8	79.1	17.4	0.0	0.0	1.7	876.0
2011-2012	24.0	28.0	78.2	170.4	85.9	167.0	114.8	127.5	2.8	0.0	2.5	0.0	801.1
2012-2013	25.1	61.4	66.3	120.8	85.6	170.8	154.5	32.3	33.2	1.5	1.4	10.5	763.4
2013-2014	6.2	41.8	45.7	86.6	120.2	106.5	159.6	40.5	7.6	0.0	5.7	30.0	650.4
2014-2015	20.2	51.4	56.3	125.0	126.8	98.3	127.4	36.7	11.2	6.9	0.0	15.6	675.8
2015-2016	22.4	34.7	40.5	97.9	37.1	161.9	119.6	53.0	2.1	4.5	0.0	0.5	574.2
2016-2017	38.0	15.7	3.4	124.7	217.6	200.3	213.9	97.0	33.1	0.3	0.0	1.2	945.2
2017-2018	10.2	58.8	39.2	58.5	143.8	106.0	188.8	105.3	10.3	6.6	3.7	14.9	746.1
2018-2019	3.0	39.3	33.9	55.5	181.2	133.1	123.5	37.8	2.0	0.0	1.2	0.0	610.5
2019-2020	22.7	34.0	46.6	157.4	100.3	118.1	155.4	24.9	26.6	2.5	3.4	0.3	692.2
2020-2021	10.7	43.8	52.6	182.4	193.3	62.7	196.4	81.5	16.4	0.7	0.6	2.0	843.1
2021-2022	2.9	52.9	79.7	70.1	118.1	169.0	165.8	59.8	17.9	0.0	1.7	0.0	737.9
2022-2023	5.1	3.1	7.1	135.0	108.4	181.9	148.5	53.9	12.7	0.0	0.0	0.0	655.7
N°DATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	12.9	38.8	45.4	95.3	114.5	126.7	131.9	45.2	9.1	3.0	1.4	3.6	627.9
DESV.STD	11.45	22.23	29.95	42.84	46.01	53.49	44.06	25.59	9.96	7.14	3.15	5.87	166.69
MAXIMA	52.4	111.8	150.3	182.4	217.6	293.3	213.9	127.5	39.9	37.5	18.3	30.0	958.9
MINIMA	0.0	1.8	1.5	4.2	19.9	20.2	28.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	218.9

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.16. Estación San Damián

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	8.3	8.0	0.0	8.7	53.4	90.7	206.0	41.8	0.0	0.0	0.0	0.0	416.9
1966-1967	23.4	74.6	19.9	17.1	188.7	65.8	112.3	31.7	44.1	0.0	0.0	0.0	577.6
1967-1968	11.3	22.2	21.4	52.0	6.0	36.9	19.3	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	181.1
1968-1969	0.0	15.8	0.0	0.0	55.4	0.0	66.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	137.2
1969-1970	0.0	7.3	10.4	76.9	160.6	42.1	101.8	37.8	22.6	0.0	0.0	2.3	461.8
1970-1971	9.9	32.8	12.8	10.5	69.9	88.2	155.5	32.1	0.0	0.0	0.0	0.0	411.7
1971-1972	16.1	50.7	15.3	22.3	98.4	96.1	216.3	20.0	1.1	0.0	0.0	0.0	536.3
1972-1973	3.5	32.6	11.3	39.4	119.6	64.8	144.9	32.1	3.5	0.0	0.0	2.3	453.9
1973-1974	39.4	43.4	13.3	34.9	75.5	119.8	122.9	19.8	8.4	0.0	0.0	0.0	477.5
1974-1975	9.3	18.7	7.8	14.8	45.4	81.7	150.9	11.1	10.1	0.0	0.0	0.4	350.3
1975-1976	16.2	43.4	8.8	29.1	79.5	103.9	74.7	3.3	0.7	0.0	0.0	0.1	359.6
1976-1977	3.9	2.3	3.0	20.3	28.0	122.3	101.6	6.1	6.5	0.0	0.0	0.0	294.0
1977-1978	3.8	0.8	13.0	13.7	38.2	20.9	54.8	19.6	2.3	0.0	0.0	0.1	167.2
1978-1979	3.1	20.4	7.4	12.6	22.8	65.8	127.4	12.9	0.1	0.0	0.0	0.1	272.5
1979-1980	1.3	4.3	1.5	7.2	54.2	31.4	51.3	10.7	4.3	0.0	0.0	0.0	166.2
1980-1981	6.2	22.4	9.7	8.5	93.0	93.7	138.6	19.6	1.7	0.0	0.0	6.4	399.8
1981-1982	15.7	16.7	9.6	26.1	96.4	143.7	66.4	15.2	0.1	0.0	0.0	2.1	391.9
1982-1983	3.9	43.1	14.8	8.9	32.1	51.2	176.5	27.5	9.8	0.0	0.0	0.0	367.8
1983-1984	10.4	16.3	4.6	35.0	119.1	166.1	148.2	32.3	17.6	0.0	0.0	2.1	551.6
1984-1985	2.5	59.7	21.2	27.8	40.2	74.8	107.2	15.1	19.9	0.0	0.0	3.9	372.3
1985-1986	15.2	9.5	9.6	31.8	146.7	99.4	115.2	62.3	26.9	0.0	0.0	16.9	533.3
1986-1987	3.3	6.1	10.3	36.7	108.6	51.1	56.7	15.9	5.6	0.0	0.0	8.5	302.7
1987-1988	7.7	8.8	8.4	19.1	80.4	70.0	57.9	25.1	33.4	0.0	0.0	0.4	311.2
1988-1989	10.5	14.9	2.9	25.9	144.2	147.9	178.9	24.6	10.2	0.0	0.0	1.0	560.9
1989-1990	10.6	42.0	3.5	1.6	40.0	6.0	26.5	6.1	22.5	0.0	0.0	1.3	159.8
1990-1991	1.5	34.2	23.9	28.2	31.7	26.6	105.0	12.7	5.3	0.0	0.0	0.9	269.9
1991-1992	6.2	48.5	9.0	6.7	23.2	23.5	35.6	7.3	0.7	0.0	0.0	0.9	161.6
1992-1993	0.0	41.3	3.5	10.0	66.2	102.8	129.5	31.0	15.6	0.0	0.0	0.0	399.8
1993-1994	8.0	38.2	32.1	32.5	113.7	92.4	70.6	22.7	24.1	0.0	0.0	3.3	437.6
1994-1995	18.5	7.3	8.0	20.4	60.6	30.3	70.9	18.1	5.0	0.0	0.0	0.8	239.9
1995-1996	13.5	19.4	31.5	26.5	99.7	86.8	91.4	19.5	10.5	0.0	0.0	2.6	401.4
1996-1997	4.4	11.6	6.9	11.8	62.6	60.1	18.6	6.5	11.4	0.0	0.0	5.6	199.5
1997-1998	27.9	22.5	22.2	64.8	168.1	148.0	167.0	23.7	1.4	0.0	0.0	1.6	647.3
1998-1999	15.6	14.6	3.2	38.0	89.8	218.2	105.3	37.3	59.6	0.0	0.0	0.8	582.5
1999-2000	23.5	63.1	11.4	37.0	134.5	137.4	107.9	25.5	18.6	0.0	0.0	4.9	563.9
2000-2001	7.2	50.0	7.6	42.0	147.7	91.7	165.1	35.4	9.6	0.0	0.0	0.4	556.6
2001-2002	17.9	25.2	44.8	4.7	36.7	92.3	103.8	48.7	30.8	0.0	0.0	0.0	404.8
2002-2003	17.8	59.9	29.5	19.0	72.7	53.5	99.2	11.8	1.4	0.0	0.0	0.0	364.8
2003-2004	0.9	27.5	1.6	71.1	17.8	103.9	75.7	31.6	4.4	0.0	0.0	0.9	335.5
2004-2005	14.1	31.2	16.1	44.6	65.3	48.4	90.2	11.7	1.8	0.0	0.0	0.1	323.5
2005-2006	1.8	3.3	1.2	46.3	112.8	108.8	160.7	47.7	0.9	0.0	0.0	2.3	485.8
2006-2007	5.6	14.2	16.1	49.7	83.0	58.0	162.6	50.0	3.1	0.0	0.0	0.8	443.1
2007-2008	2.3	39.5	4.1	16.0	148.3	134.1	117.0	22.5	0.7	0.0	0.0	4.9	489.3

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	3.5	24.8	15.1	22.5	126.5	135.9	139.5	43.5	10.4	0.0	0.0	3.4	525.1
2009-2010	2.9	88.6	34.4	27.6	55.3	70.9	84.9	20.5	5.0	0.0	0.0	1.6	391.7
2010-2011	29.2	11.0	9.7	43.4	126.6	65.4	89.5	41.8	10.7	0.0	0.0	0.8	428.0
2011-2012	12.8	10.7	20.8	34.7	39.4	96.0	125.7	56.0	5.8	0.0	0.0	0.0	402.0
2012-2013	20.5	55.8	17.7	24.3	38.3	97.7	108.4	11.2	32.1	0.0	0.0	6.2	412.3
2013-2014	4.1	22.8	9.0	18.0	72.3	52.2	118.5	21.3	6.0	0.0	0.0	16.7	340.8
2014-2015	12.1	33.4	14.7	44.0	98.9	56.5	155.1	21.6	9.9	0.0	0.0	14.5	460.8
2015-2016	12.6	21.3	8.0	30.7	20.4	102.5	69.0	36.5	2.3	0.0	0.0	1.4	304.7
2016-2017	22.0	7.2	1.3	28.4	208.4	125.8	188.8	32.6	36.4	0.0	0.0	0.9	651.8
2017-2018	7.9	33.0	8.7	11.0	103.1	69.4	132.1	41.6	13.2	0.0	0.0	7.2	427.2
2018-2019	1.4	23.3	5.1	12.7	141.8	111.6	92.6	8.7	3.6	0.0	0.0	0.0	400.9
2019-2020	24.3	30.7	9.4	37.9	104.1	62.0	106.6	21.1	20.7	0.0	0.0	0.3	417.0
2020-2021	8.6	25.2	13.2	53.0	144.3	69.5	179.2	36.4	17.0	0.0	0.0	0.9	547.4
2021-2022	4.3	47.0	16.9	12.7	80.8	74.2	129.6	37.9	13.6	0.0	0.0	0.0	417.1
2022-2023	3.0	3.3	1.7	32.3	84.5	176.6	225.1	50.8	13.0	0.0	0.0	0.0	590.2
N°DATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	10.2	27.7	12.1	27.3	85.8	84.8	113.8	25.3	11.3	0.0	0.0	2.5	400.7
DESV.STD	8.52	19.39	9.32	16.89	46.76	43.01	48.06	14.64	12.36	0.00	0.00	4.03	128.09
MAXIMA	39.4	88.6	44.8	76.9	208.4	218.2	225.1	62.3	59.6	0.0	0.0	16.9	651.8
MINIMA	0.0	0.8	0.0	0.0	6.0	0.0	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	137.2

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.17. Estación Chalilla

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	1.5	4.2	6.5	16.9	57.1	46.5	99.1	15.2	0.3	0.0	0.0	0.0	247.5
1966-1967	2.3	27.7	5.9	26.2	133.9	156.3	159.1	13.3	2.5	0.0	0.0	0.1	527.4
1967-1968	1.3	13.3	8.7	12.1	23.5	19.2	76.1	7.0	1.3	0.0	0.0	2.3	164.7
1968-1969	0.4	3.1	6.9	16.4	65.2	65.9	96.4	31.2	0.0	0.0	0.0	0.0	285.5
1969-1970	0.0	25.0	17.5	30.3	142.8	18.4	74.7	3.1	4.9	0.0	0.0	16.7	333.4
1970-1971	5.8	2.0	16.3	82.6	81.0	134.0	182.4	42.3	3.1	0.0	0.0	2.7	552.2
1971-1972	0.0	7.2	6.8	48.7	133.2	101.2	255.6	46.2	0.0	0.0	0.0	0.0	598.9
1972-1973	0.9	26.0	53.1	108.9	135.9	73.9	183.0	23.2	4.0	0.0	0.0	1.3	610.2
1973-1974	11.6	19.7	7.5	73.0	94.6	148.7	128.1	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	500.2
1974-1975	0.0	0.0	28.8	11.9	55.7	82.4	208.9	13.1	0.8	0.4	0.0	0.0	402.0
1975-1976	0.5	1.1	17.2	40.4	20.2	160.3	76.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	316.1
1976-1977	0.0	0.0	0.0	50.3	10.9	129.6	23.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	214.1
1977-1978	0.0	0.0	51.1	1.3	95.9	7.6	17.0	34.7	0.0	0.0	0.0	0.0	207.6
1978-1979	0.0	0.0	0.0	41.6	62.7	61.0	164.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	329.8
1979-1980	0.0	0.0	0.0	14.7	6.4	65.9	37.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	124.9
1980-1981	8.1	0.0	18.3	14.2	91.6	43.7	135.5	22.5	0.0	0.0	0.0	0.0	333.9
1981-1982	0.0	0.0	0.0	0.0	172.2	117.1	128.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	418.2
1982-1983	0.0	32.5	4.8	0.0	1.1	16.5	146.9	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	209.7
1983-1984	0.0	0.0	0.0	2.1	49.7	179.1	234.8	113.6	0.4	0.0	0.0	0.7	580.4
1984-1985	0.9	5.0	16.2	34.2	30.7	83.8	121.7	13.5	1.2	0.0	0.0	1.7	308.9
1985-1986	2.1	1.9	10.4	39.5	131.6	103.5	127.5	50.6	2.0	0.0	0.1	7.4	476.6
1986-1987	0.5	1.2	11.1	46.2	103.7	52.0	63.8	11.5	0.3	0.0	0.0	3.8	294.3
1987-1988	1.1	1.8	9.0	22.4	69.9	73.8	72.2	26.4	2.3	0.0	0.0	0.2	278.9
1988-1989	1.5	3.0	14.3	32.6	124.0	146.8	204.0	21.8	0.6	0.0	0.0	0.5	549.1
1989-1990	1.5	8.4	3.8	1.7	42.5	10.7	43.1	9.0	1.3	0.2	0.0	0.6	122.8
1990-1991	0.2	8.2	39.6	40.8	42.4	34.3	113.2	13.6	0.3	0.0	0.0	0.4	293.1
1991-1992	0.9	9.7	9.7	7.2	19.3	24.5	43.8	7.5	0.0	0.0	0.0	0.4	123.1
1992-1993	0.0	8.3	3.7	10.9	57.8	98.1	148.4	30.9	0.9	0.0	0.0	0.0	359.0
1993-1994	1.1	8.8	37.9	38.4	109.2	105.4	98.2	23.8	2.3	0.0	0.0	1.5	426.7
1994-1995	3.9	1.5	10.4	26.2	54.6	29.6	79.1	15.6	0.5	0.0	0.0	0.4	221.7
1995-1996	1.9	4.6	43.4	38.2	95.5	96.5	108.2	19.9	0.7	0.0	0.0	1.4	410.3
1996-1997	0.6	3.3	8.7	19.4	67.5	80.3	22.0	6.1	0.7	0.0	0.0	2.6	211.2
1997-1998	4.5	6.1	25.9	81.8	143.5	138.1	184.7	19.8	0.1	0.0	0.0	0.7	605.3
1998-1999	2.3	3.1	4.3	46.2	75.6	215.8	122.6	36.9	4.8	0.0	0.0	2.1	513.8
1999-2000	4.1	14.9	14.9	49.3	112.0	132.2	118.3	21.2	1.3	0.0	0.0	2.3	470.4
2000-2001	1.9	13.3	12.2	54.8	130.7	92.1	193.4	31.1	0.6	0.0	0.0	0.2	530.2
2001-2002	2.8	5.6	54.2	5.1	33.6	92.9	118.2	44.0	1.9	0.0	0.0	0.1	358.4
2002-2003	3.5	13.8	43.0	22.4	68.0	53.5	118.2	12.4	0.2	0.0	0.0	0.0	335.0
2003-2004	0.1	6.2	2.1	95.3	16.9	101.5	88.9	30.5	0.3	0.1	0.0	0.4	342.3
2004-2005	2.9	6.8	18.4	54.5	56.9	52.1	103.9	16.0	0.1	0.0	0.0	0.1	311.7
2005-2006	0.3	0.7	1.7	65.3	119.1	114.5	188.1	37.2	0.1	0.0	0.0	1.0	528.1
2006-2007	0.8	4.1	21.7	65.2	78.3	54.4	202.9	43.1	0.2	0.0	0.0	0.4	471.0
2007-2008	0.3	9.9	5.4	17.6	124.6	127.6	136.2	17.2	0.0	0.0	0.0	2.2	441.0

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	0.5	5.6	19.1	25.8	110.4	131.8	154.0	37.2	0.7	0.0	0.1	1.7	487.0
2009-2010	0.4	20.8	40.2	31.8	48.4	73.9	104.1	20.2	0.3	0.0	0.0	0.7	340.7
2010-2011	5.0	2.4	11.9	54.0	111.7	63.7	103.9	38.5	0.7	0.0	0.0	0.4	392.2
2011-2012	1.9	2.5	25.2	41.0	33.3	98.1	152.0	46.8	0.3	0.0	0.0	0.0	401.2
2012-2013	3.3	14.2	21.6	30.7	34.4	104.4	143.2	10.9	2.0	0.0	0.0	2.9	367.7
2013-2014	0.6	5.5	10.9	23.3	71.9	50.7	151.0	19.8	0.5	0.0	0.0	8.6	342.7
2014-2015	2.2	9.3	23.7	55.5	95.4	58.8	180.4	23.2	0.6	0.0	0.0	6.7	455.6
2015-2016	1.9	4.7	10.2	43.3	18.5	103.9	79.2	29.5	0.1	0.0	0.0	0.6	292.1
2016-2017	3.2	1.6	1.4	32.9	188.1	128.3	235.3	25.6	2.3	0.0	0.0	0.4	619.0
2017-2018	1.5	7.2	10.1	13.5	94.6	73.8	167.1	37.3	0.8	0.2	0.0	3.2	409.3
2018-2019	0.2	6.4	7.5	16.6	136.8	115.3	110.6	9.5	1.1	0.0	0.0	0.0	403.9
2019-2020	4.5	7.3	11.3	49.7	96.9	69.3	123.0	20.6	1.3	0.0	0.0	0.2	384.1
2020-2021	1.6	6.2	16.8	60.9	130.9	69.6	203.6	32.9	1.0	0.0	0.0	0.5	523.9
2021-2022	0.6	9.7	19.2	17.7	73.2	77.6	148.4	32.2	0.9	0.0	0.0	0.0	379.6
2022-2023	0.4	1.4	3.7	38.8	78.4	184.8	258.5	42.5	1.0	0.0	0.0	0.0	609.5
NºDATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	1.7	7.2	15.6	35.2	80.4	88.7	130.4	23.7	0.9	0.0	0.0	1.4	385.3
DESV.STD	2.15	7.49	14.09	24.21	44.23	46.02	57.88	18.16	1.15	0.06	0.03	2.73	132.59
MAXIMA	11.6	32.5	54.2	108.9	188.1	215.8	258.5	113.6	4.9	0.4	0.2	16.7	619.0
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	7.6	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	122.8

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo A.18. Estación Canchacalla

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	0.7	0.2	0.0	22.7	39.3	33.4	17.9	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	116.7
1966-1967	0.0	21.9	2.0	70.2	166.7	123.3	135.3	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	533.6
1967-1968	0.1	8.1	11.0	3.0	0.0	3.2	3.4	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	32.7
1968-1969	4.8	0.0	0.0	45.2	49.7	53.9	46.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	199.8
1969-1970	1.3	4.1	1.3	73.8	156.8	17.5	2.5	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	265.4
1970-1971	0.1	1.5	2.1	97.0	42.4	132.6	170.9	50.1	0.0	0.0	0.0	0.0	496.7
1971-1972	0.0	2.8	3.0	28.5	60.5	104.8	194.8	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	395.4
1972-1973	1.9	27.1	1.0	101.0	113.8	71.3	125.9	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	451.4
1973-1974	0.0	0.9	6.8	30.2	38.9	124.4	79.6	29.6	0.0	0.0	0.0	0.0	310.4
1974-1975	0.0	0.0	0.7	36.2	30.2	88.6	110.9	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	277.8
1975-1976	0.0	0.2	1.2	55.4	102.2	114.0	9.3	0.9	0.6	0.0	0.0	0.0	283.7
1976-1977	0.0	0.0	0.4	15.2	1.9	114.1	42.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	175.0
1977-1978	4.7	0.1	0.0	4.8	4.3	4.3	17.8	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	36.8
1978-1979	0.0	0.0	4.3	2.8	4.1	49.6	80.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	141.1
1979-1980	0.1	0.3	0.7	0.6	8.2	59.6	22.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	92.2
1980-1981	0.0	0.4	19.3	5.8	62.3	51.9	84.4	53.3	0.0	0.0	0.0	0.0	277.3
1981-1982	0.0	0.1	3.7	35.5	83.0	83.3	20.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	225.9
1982-1983	0.0	6.0	0.7	6.1	2.5	14.5	153.7	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	184.1
1983-1984	0.0	0.1	1.0	49.8	169.4	118.4	170.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	509.6
1984-1985	0.0	2.4	1.1	26.0	33.5	102.9	92.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	258.4
1985-1986	0.0	0.0	1.7	49.3	146.5	60.9	142.7	28.5	0.0	0.0	0.0	0.0	429.7
1986-1987	0.0	0.0	0.1	58.3	64.3	66.9	91.2	18.4	0.9	0.0	0.0	0.0	300.0
1987-1988	0.3	6.2	9.4	18.5	76.1	86.2	26.1	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	228.0
1988-1989	0.0	0.0	0.0	0.0	45.1	197.2	152.9	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	405.1
1989-1990	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.7	3.2	7.6	4.0	0.0	0.0	0.0	17.2
1990-1991	0.0	1.0	14.3	21.4	11.9	20.7	126.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	195.4
1991-1992	0.0	11.7	12.2	0.0	0.0	46.6	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.1
1992-1993	0.0	11.8	0.0	4.6	63.7	40.4	123.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	243.8
1993-1994	0.0	1.5	4.2	26.6	91.3	70.3	49.4	21.2	0.0	0.0	0.0	0.0	264.5
1994-1995	0.0	0.0	0.9	7.1	26.0	8.7	44.4	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	92.4
1995-1996	0.0	0.2	9.4	33.9	49.0	73.4	32.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	198.1
1996-1997	0.2	0.3	0.0	7.8	22.7	36.9	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.0
1997-1998	6.4	5.3	23.0	90.3	168.5	143.4	149.8	20.1	0.0	0.0	0.0	0.0	606.8
1998-1999	0.0	0.0	0.0	68.5	94.9	341.2	89.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	594.1
1999-2000	0.0	23.6	0.0	83.8	141.1	108.9	42.3	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	415.2
2000-2001	0.0	0.0	15.2	24.6	76.2	67.3	94.8	50.8	4.8	0.0	0.0	0.0	333.7
2001-2002	0.0	18.2	45.8	5.8	18.1	85.3	68.1	41.1	3.4	0.0	0.0	0.0	285.8
2002-2003	7.0	41.8	27.4	7.3	20.4	25.1	98.8	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	232.2
2003-2004	0.0	0.0	0.0	95.2	14.3	147.0	84.7	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	381.2
2004-2005	3.4	7.4	0.0	49.7	52.4	77.2	41.6	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	236.2
2005-2006	0.4	3.2	0.0	85.1	133.7	181.8	174.5	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	593.4
2006-2007	0.0	0.0	2.6	89.7	54.0	29.6	199.9	54.9	0.0	0.0	0.0	0.0	430.7
2007-2008	0.0	4.2	0.0	15.1	133.3	73.2	79.3	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0	323.8

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	0.0	0.0	8.3	19.3	88.2	87.6	114.6	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	326.2
2009-2010	0.0	19.8	20.6	17.0	15.3	82.3	46.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	201.2
2010-2011	0.0	0.0	0.0	46.8	72.7	56.2	46.2	17.6	0.0	0.0	0.0	0.0	239.5
2011-2012	0.0	0.0	9.2	36.0	13.6	61.4	176.3	25.6	0.0	0.0	0.0	0.0	322.1
2012-2013	0.0	3.1	8.8	31.4	13.4	96.4	83.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	237.0
2013-2014	0.6	1.8	0.7	14.5	18.4	68.1	71.4	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	177.7
2014-2015	0.0	0.0	0.3	91.3	134.2	13.8	99.9	1.4	3.0	0.0	0.0	0.0	343.9
2015-2016	0.0	1.2	0.8	107.0	31.7	145.1	53.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	343.3
2016-2017	0.0	0.0	0.5	18.0	128.6	91.3	197.4	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	436.9
2017-2018	0.0	2.3	0.0	38.6	54.1	56.7	98.5	17.8	0.0	0.0	0.0	0.0	268.1
2018-2019	0.0	3.6	0.3	13.5	96.7	67.4	81.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	263.4
2019-2020	0.2	0.6	0.1	43.6	113.4	48.3	71.1	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	279.8
2020-2021	0.0	0.5	7.6	72.3	131.9	62.2	74.9	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	366.2
2021-2022	0.0	0.4	2.0	5.4	16.7	71.6	95.7	68.1	0.0	0.0	0.0	0.0	260.0
2022-2023	0.0	0.0	0.0	51.0	78.2	157.8	208.2	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	502.0
NºDATOS	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
MEDIA	0.6	4.2	4.9	37.2	63.5	79.7	86.7	12.3	0.5	0.0	0.0	0.0	289.5
DESV.STD	1.54	8.16	8.45	31.40	50.96	56.57	57.20	16.90	1.27	0.00	0.00	0.00	142.36
MAXIMA	7.0	41.8	45.8	107.0	169.4	341.2	208.2	68.1	5.3	0.0	0.0	0.0	606.8
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.2

De color rojo son los valores completados y extendidos con el programa Hec-4

Fuente: SENAMHI

Anexo B. Datos de Temperatura completada

Anexo B.1. Estación San Lázaro de Escomarca

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2005-2006	12.6	12.1	11.6	9.9	9.6	8.9	8.5	10.2	10	11.8	10.5	9.4	10.4
2006-2007	12.5	9.2	8.6	8.2	9.2	9.3	8.8	9.6	10.3	9.4	9.6	10.1	9.6
2007-2008	11	9.1	8.3	8.6	8.9	8.6	6.8	8	8	8.7	9.3	8.5	8.7
2008-2009	8.4	8.6	8.9	7.7	7.7	6.9	7.8	7.9	8.3	7.9	8.4	8.3	8.1
2009-2010	9	8.5	8.4	8.1	8.5	9	8.1	8.8	8.6	8.6	8.1	8	8.5
2010-2011	8.2	8.4	7.6	6.4	6	5.9	6.4	6.6	8	8.1	8.4	7.7	7.3
2011-2012	8	7.4	7.5	7.2	6.8	6.5	6.6	6.7	7.9	7.9	8.7	8.5	7.5
2012-2013	8.2	8.2	9.2	8.2	11.9	13	9	10.1	9.7	9.5	9.3	10.1	9.7
2013-2014	10	9.9	8.8	9.2	9.2	8.7	8.8	9.2	9.1	10.3	10.4	9.3	9.4
2014-2015	9.2	9.2	9.1	8.3	8.3	8.7	8	8.4	8.9	9.7	9.4	9.7	8.9
2015-2016	10.2	10.6	10.4	10.8	10.3	10.3	10.6	10.6	10.5	9.7	10	10	10.3
2016-2017	10.2	10.3	9.3	9.2	8	7.8	7.7	9.3	9.7	9.1	9.3	8.7	9.1
2017-2018	9.6	9.9	9.6	8.9	8.5	8.6	7.9	9.2	9.1	8.7	9.4	10	9.1
NºDATOS	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
MEDIA	9.8	9.3	9.0	8.5	8.7	8.6	8.1	8.8	9.1	9.2	9.3	9.1	9.0
DESV.STD	1.54	1.23	1.10	1.14	1.49	1.78	1.13	1.26	0.90	1.08	0.75	0.86	0.97
MAXIMA	12.6	12.1	11.6	10.8	11.9	13.0	10.6	10.6	10.5	11.8	10.5	10.1	10.4
MINIMA	8.0	7.4	7.5	6.4	6.0	5.9	6.4	6.6	7.9	7.9	8.1	7.7	7.3

De color rojo son los valores completados

Fuente: SENAMHI

Anexo B.2. Estación Antioquía

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2011-2012	19.2	19	19.5	19.7	20.1	19.8	20	20.1	19.9	18.9	18.7	19.9	19.6
2012-2013	19.8	20.2	20.9	20.4	23.8	20.6	21.1	21.6	21.3	19.8	18.9	19.1	20.6
2013-2014	20	20.9	20.5	19.4	19.4	20.7	20.3	21.1	21	19.7	19.3	20.3	20.2
2014-2015	21.7	21.1	20.9	20.9	20.8	21.1	20.3	20.5	19.9	18.8	19.7	19.7	20.5
2015-2016	20.2	21	21.5	21.4	20.8	21.1	21.6	21.1	19.5	19.3	20.2	20.9	20.7
2016-2017	20.8	20.6	20.5	20.4	20.6	20.7	20.9	21	19.9	20.2	20	20.8	20.5
2017-2018	20.8	20.8	20.9	20.3	20.2	20.2	20.1	20	19.3	19.6	19.6	19.8	20.1
NºDATOS	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
MEDIA	20.4	20.5	20.7	20.4	20.8	20.6	20.6	20.8	20.1	19.5	19.5	20.1	20.3
DESV.STD	0.8	0.7	0.6	0.7	1.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.5	0.6	0.6	0.4
MAXIMA	21.7	21.1	21.5	21.4	23.8	21.1	21.6	21.6	21.3	20.2	20.2	20.9	20.7
MINIMA	19.2	19.0	19.5	19.4	19.4	19.8	20.0	20.0	19.3	18.8	18.7	19.1	19.6

Fuente: SENAMHI

Anexo B.3. Estación Manchay Bajo

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	16.3	18.1	20	21.9	23.3	23.7	23.5	21.7	19.2	16.9	16	15.8	19.7
1966-1967	16.8	18.3	18.9	21.4	22.2	23.6	22.9	22	19.8	16.6	15.6	15.4	19.5
1967-1968	15.9	17.6	18.8	20.4	22.6	22.9	22.1	19.9	17.9	16.1	16	16.6	18.9
1968-1969	17.3	17.7	19.2	21.6	23.3	23.7	23.8	22.5	20.8	18.6	16.9	16.6	20.2
1969-1970	18	19.1	20.1	21.1	22.7	23.4	23.2	21.3	19	16.9	15.3	15.8	19.7
1970-1971	16.7	17.9	18.9	20.6	21.9	22.9	22.3	21.1	17.7	16	15.6	14.9	18.9
1971-1972	16.2	17.6	19.6	21.2	23	24.6	24.1	21.8	20.9	20.4	19.2	18.2	20.6
1972-1973	17.6	18.4	19.8	22.1	24.3	25.2	23.9	21.7	19.5	16.8	16	16.5	20.2
1973-1974	16.4	17.4	18.1	19.7	21.9	22.5	21.9	20.6	19.1	16.8	16.8	16	18.9
1974-1975	16.3	17.5	19.4	20.1	21.4	22.3	22.9	21.4	18	16.8	16	15.4	19.0
1975-1976	15.8	17.6	18.6	20.7	22.9	23.7	22.6	21.4	20.3	19.3	18.6	17.3	19.9
1976-1977	16.5	17.9	19.9	22.4	23.5	24	23.5	21.7	19.5	18	17.1	16.6	20.1
1977-1978	17.5	17.9	19.7	21.3	22.3	23.2	22.7	20.7	18.5	17.1	16.1	16	19.4
1978-1979	16.4	18.2	19.9	20.7	22.4	23	23.4	21.4	19.1	17.7	17.1	17.5	19.7
1979-1980	17.5	18	19.3	21.3	22.8	23.4	23.8	22.7	19.2	17.4	16.6	16.7	19.9
NºDATOS	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
MEDIA	16.7	17.9	19.3	21.1	22.7	23.5	23.1	21.5	19.2	17.4	16.6	16.4	19.6
DESV.STD	0.67	0.44	0.59	0.75	0.73	0.76	0.69	0.71	0.97	1.21	1.09	0.88	0.53
MAXIMA	18.0	19.1	20.1	22.4	24.3	25.2	24.1	22.7	20.9	20.4	19.2	18.2	20.6
MINIMA	15.8	17.4	18.1	19.7	21.4	22.3	21.9	19.9	17.7	16.0	15.3	14.9	18.9

De color rojo son los valores completados

Fuente: SENAMHI

Anexo B.4. Estación Huarochirí

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	11.2	11.4	11.4	11.8	11.6	11.2	11.1	11.1	10.8	10.6	10.6	10.9	11.1
1966-1967	11.2	10.7	10.9	10.3	10.2	9.4	9.4	10.1	10.5	9.8	9.8	10.7	10.3
1967-1968	11	11.1	10.3	11.2	10.6	10.4	9.9	9.9	10	9.5	10.7	11.1	10.5
1968-1969	11.4	11.6	11.1	11.2	11.3	11.4	11.2	11.3	11.8	11.2	11.2	10.9	11.3
1969-1970	11.9	11	11.2	10.9	11	11	11	11.4	10.5	11.2	10	10.6	11.0
1970-1971	11.2	11.2	10.9	11.1	10.4	9.9	9.7	9.6	10.4	9.8	10.1	9.9	10.4
1971-1972	10.6	10.8	10.7	10.7	10.1	9.9	9.4	10.2	10.6	10.4	10.9	10.3	10.4
1972-1973	11.1	11.7	11.6	11.1	11.8	11.3	11.5	11.2	10.9	10.4	10.1	10.4	11.1
1973-1974	11	11	11.3	10.1	9.8	9.6	9.6	10.3	10.2	10	9.9	10.3	10.3
1974-1975	10.4	10.5	11.4	11	10.6	10.8	10.2	10.5	10.2	9.9	9.7	10.3	10.5
1975-1976	10.5	11.1	10	10.1	10	9.8	10.5	10.5	10.6	10.7	10.8	10.4	10.4
1976-1977	10.9	10.8	11.4	11.2	11.2	10.6	11.4	11	10.6	10.4	10.5	10.4	10.9
1977-1978	11.4	11.5	11.3	11.7	11.5	11.3	11.2	10.8	11.3	10.2	10.6	10.7	11.1
1978-1979	11	11.4	11.6	11.1	10.9	11.1	10.8	11.4	11	10.5	10.7	10.9	11.0
1979-1980	11	11.4	11.4	11.2	11.4	11.2	11.1	11.4	10.4	9	9.8	9.5	10.7
1980-1981	10.7	10.9	11	10.8	11.4	11.3	11.3	10.8	11.4	10.8	11.0	11.4	11.1
1981-1982	12.0	12.0	11.8	11.7	11.4	11.3	11.3	11.4	11.4	10.8	11.0	11.4	11.4
1982-1983	12.0	12.0	11.8	11.7	11.4	11.3	11.3	11.4	11.4	10.8	11.0	11.4	11.4
1983-1984	12.0	12.0	11.8	11.7	11.4	11.3	11.3	11.4	11.4	10.8	11.0	11.4	11.4
1984-1985	12.0	12.0	11.8	11.1	9.3	8.1	10	10.6	10.4	9.7	8.6	11.4	10.4
1985-1986	11.9	12	11.8	10.8	10.3	10.7	10.5	11.3	11.4	10.8	11.0	11.4	11.2
1986-1987	11.4	11	11.1	11.2	11.4	11.3	10.8	11.5	11.5	11.5	10.8	11.4	11.2
1987-1988	12.0	12.4	12.8	11.7	11.4	11.6	11.6	11.6	11.4	11.3	11	11.3	11.7
1988-1989	11.5	11.9	11.8	11.3	11.6	11.4	11.6	11.4	11.4	10.8	11.0	11.4	11.4
1989-1990	12.0	12.0	11.8	14.2	14.1	13.9	13.9	14.5	13.2	12.9	13.2	13.9	13.3
1990-1991	14.6	12.0	11.8	11.7	12.3	14.1	14.5	13.9	14.1	10.8	15	14.8	13.3
1991-1992	14.7	14.2	14.7	14.4	14.8	15	14.8	14.2	14.4	11	13.4	14	14.1
1992-1993	14.1	14.4	13.5	13.9	12.3	13.3	12.4	13.7	14.3	13.1	12.4	12.7	13.3
1993-1994	14.3	14.1	14.1	11.7	13.7	12.9	12.6	13.2	13.4	10.8	12.8	11.3	12.9
1994-1995	14.8	14.3	14.5	14.1	13.9	13.6	14	13.8	13.7	11.5	11.6	11.6	13.5
1995-1996	12.5	12.6	11.8	11.8	10.3	10.7	10.9	11.1	11.2	9.6	9.5	11.2	11.1
1996-1997	12.1	11.9	11.6	12.2	10.5	11.1	11.3	11.2	11.5	9.8	11.6	11.9	11.4
1997-1998	12.2	13	12.8	13	13.2	12.9	12.8	12.4	12.1	11.5	11.3	11.6	12.4
1998-1999	12.1	13.1	12	11.9	11.3	10.7	10.6	11.1	10.6	10.3	10.9	11.2	11.3
1999-2000	11.4	11.5	11.6	11	9.8	10	10.4	10.7	11.1	10.4	10.5	11.6	10.8
2000-2001	11.7	11.9	10.8	11.8	10.6	11	10.6	10.8	11	10.6	10.4	10.9	11.0
2001-2002	11.3	11.4	10.6	11.4	10.7	10.4	10.7	10.4	10.7	10.7	10.2	11.4	10.8
2002-2003	11	11	10.9	11.6	10.9	10.9	10.5	10.5	10.5	10	10	10.4	10.7
2003-2004	10.9	10.8	10.8	9.9	10.1	9.5	10.5	9.7	10.3	10.4	9.2	10	10.2
2004-2005	10.6	10.7	10.3	10.3	9.7	10.6	9.8	10.4	10.1	9.9	10.1	10.4	10.2
2005-2006	11.5	12.5	14.1	11.3	12.1	11.2	11.6	11.2	11.2	11.4	11.7	12.2	11.8
2006-2007	12.6	12.5	12.2	12.3	12.5	11.9	11.7	11.5	11.3	11.1	10.8	11.3	11.8
2007-2008	12.6	11.7	11.9	11.1	10.7	10.4	10.2	10.8	10.5	10.6	10.3	11	11.0

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	12	12.6	12.1	11.3	11.4	10.9	11	11.6	11.2	11.3	11.1	11.9	11.5
2009-2010	12.9	12.7	12.6	12.5	12.7	13.9	13	12.6	12.3	11.5	11.3	11.8	12.5
2010-2011	12.4	11.6	10.8	10.7	10.2	10.7	10.3	11.1	11	10.7	10.7	11.5	11.0
2011-2012	12.3	11.5	12.2	11.7	11.1	10.9	11.3	11.3	11.5	11	11.4	12	11.5
2012-2013	12.9	12.4	12.3	12.1	12.7	11.8	12	12	11.4	11.1	11.1	12.2	12.0
2013-2014	12.6	12.9	11.8	12.3	11.9	12.5	11	12.2	11.5	12.1	12.6	11.8	12.1
2014-2015	12.5	12.9	12.4	12.1	11.4	11.5	11.5	12	12.6	12.5	12.4	12.9	12.2
2015-2016	13.2	12.9	13.1	14.3	13.4	13.1	13.1	12.5	12.6	11.6	11.7	12.4	12.8
2016-2017	12.8	12.9	12.8	12.7	11.6	10.4	10.7	11.4	11.5	11.1	11.6	11.6	11.8
2017-2018	12.7	12.5	12	12.4	11.5	11.2	11.4	11.3	10.8	10.9	11.3	12.1	11.7
NºDATOS	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
MEDIA	12.0	12.0	11.8	11.7	11.4	11.3	11.3	11.4	11.4	10.8	11.0	11.4	12.4
DESV.STD	1.08	0.96	1.03	1.05	1.19	1.31	1.22	1.10	1.08	0.80	1.10	1.00	0.94
MAXIMA	14.8	14.4	14.7	14.4	14.8	15.0	14.8	14.5	14.4	13.1	15.0	14.8	14.1
MINIMA	10.4	10.5	10.0	9.9	9.3	8.1	9.4	9.6	10.0	9.0	8.6	9.5	10.2

De color rojo son los valores completados

Fuente: SENAMHI

Anexo B.5. Estación Matucana

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	15.5	15.9	15.6	16	16.4	16.3	15.4	15.9	15.4	14.4	14.8	15.4	15.6
1966-1967	15.8	15.4	15.4	14.8	14.6	14.1	13.9	15.1	15.5	14.5	14.6	15.4	14.9
1967-1968	15.6	15.7	15.1	16	15.6	15.2	14.9	15	14.9	15.3	15.1	15.4	15.3
1968-1969	15.8	15.9	15.7	15.6	15.8	15.8	16.2	16.4	16.6	15.6	15.6	15.2	15.8
1969-1970	16.2	15.8	15.7	15.5	15.2	15.6	15.8	16.2	15.1	15.8	14.8	15.1	15.6
1970-1971	15.6	15.7	15.1	15.6	14.6	14.5	14.5	14.9	15.3	14.7	15	14.8	15.0
1971-1972	14.9	15.5	15.4	14.9	15.1	15.1	14.5	15.7	15.6	15.2	15.8	15.5	15.3
1972-1973	16.1	16.4	16.4	16.7	16.8	16.7	16.3	16.4	15.5	15	15	14.1	16.0
1973-1974	13.8	15	15.3	14.1	14.5	13.9	13.9	15.4	15.2	14.9	14.8	14.9	14.6
1974-1975	15	15.4	15.6	15.1	15.2	14.6	14.9	15.1	14.9	14.6	14.1	14.1	14.9
1975-1976	14.2	14.8	14.9	14.4	14.6	14.6	14.8	14.9	15.1	15.3	16.2	15.7	15.0
1976-1977	15.6	15.8	16.2	16.3	16.1	15.8	16.7	16.5	15.8	15.5	15.7	15.6	16.0
1977-1978	15.7	15.9	15.6	16.1	16.1	16.3	16.1	15.9	15.3	14.9	14.5	15	15.6
1978-1979	15	14.9	15.5	15.5	15.7	15.3	15.2	15.5	15.8	15.8	16	15.9	15.5
1979-1980	15.7	15.7	15.6	15.6	15.8	15.7	15.8	15.6	15.7	15.8	15.9	15.8	15.7
1980-1981	16.2	15.8	15.8	15.9	15.6	15.6	15.5	15.7	16	16.2	14.9	14.8	15.7
1981-1982	14.9	14.9	15	15.6	14.6	16.3	14.6	15.2	15.8	15.5	15.1	15.8	15.3
1982-1983	15.3	15.7	15.8	16.1	16.3	15.3	14.9	15.3	15.7	15.9	15.5	15.4	15.6
1983-1984	15.8	15.9	15.7	15.6	14.5	14.5	14.7	14.3	14.5	14.5	14.2	13.9	14.8
1984-1985	15.1	16	14.4	15	14	14.5	14.9	14.4	14.8	15.3	14.1	14.5	14.8
1985-1986	15.5	15.4	14.8	14.9	15.1	14	14.7	15.4	15.1	14.8	15.1	15.4	15.0
1986-1987	16.3	15.8	15.9	15.7	15.7	15.9	15.6	16.3	15.6	15.4	14.8	15.5	15.7
1987-1988	16.2	16.1	15.7	15.3	14.5	15.5	15.1	14.7	14.9	14	13.9	13.6	15.0
1988-1989	14.9	15.5	15.2	14	14.3	14	13.4	14.4	14.3	14.1	14.5	14.5	14.4
1989-1990	14.6	15.3	14.7	14.5	15.4	15.4	15.8	15.8	15.1	15.7	14.5	15	15.2
1990-1991	15.4	15.5	15.5	15.8	16.2	16	15.8	16.3	16.5	16.6	16.2	16.4	16.0
1991-1992	16.3	16.2	16.6	16.6	16.7	16.9	16.7	16.8	17.1	17.2	17	16.7	16.7
1992-1993	16.8	16.6	16.7	16.7	16.1	15.7	16.2	16.2	16.5	16.7	16.5	16.7	16.5
1993-1994	16.6	16.4	16.2	15.7	16.1	15.8	16.2	16.2	16.3	15.1	15.9	15.8	16.0
1994-1995	16.3	16.3	16.2	15.9	16.3	16.2	16.1	15.9	15.7	15.3	15	15.4	15.9
1995-1996	16	15.9	16.3	15.7	14.9	14.9	14.8	15.7	15.7	15.2	14.7	15.2	15.4
1996-1997	16.1	16.4	15.7	15.9	14.9	16	16.5	15.3	15.7	14.5	15.9	15.9	15.7
1997-1998	15.9	16.2	15.7	16.9	16.8	16.5	16.3	16.7	16.5	15.5	14.5	14.3	16.0
1998-1999	15	15.5	14.6	14.6	13.5	12.6	13.2	13.5	13.4	13	13	13.7	13.8
1999-2000	13.9	13.8	14.4	13.4	12.3	12.4	12.8	13.5	14.2	15.1	14.8	15.2	13.8
2000-2001	14.9	16.5	15.3	15.8	14.7	15.5	15	15.6	15.6	15.4	15	15.9	15.4
2001-2002	16	16.8	15.4	16.6	15.8	15.3	15.7	15.4	15.8	15.2	15.2	16.2	15.8
2002-2003	16.2	15.9	16	16.4	15.9	15.9	15.8	16.3	16	15.2	15.1	15.5	15.8
2003-2004	16.1	16.3	16.1	15.4	15.4	15.2	16.3	15.5	15.6	15.5	14.6	14.8	15.6
2004-2005	16	15.6	15.7	15.3	15.4	16	15.7	16.2	15.6	14.8	15.1	15.2	15.6
2005-2006	15.6	15.5	15.3	14.8	15.4	15.6	15.3	15	14.9	15.2	15.2	15.8	15.3
2006-2007	16	16	16	15.8	16.3	15.5	15.5	15.1	15.1	14.8	14.7	15.1	15.5
2007-2008	16.4	15.6	15.7	14.9	14.6	14.3	14.2	14.8	14.5	14.9	14.7	14.8	15.0

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	15.8	16	15.4	14.9	15.1	14.9	14.9	15.1	15.7	15.4	15.2	15.5	15.3
2009-2010	16.2	16.4	16.1	16.1	16.3	16.7	16.5	16.4	16.2	15.3	14.2	14.7	15.9
2010-2011	15.5	15.6	15.3	14.9	15.4	15.6	15.4	15.2	15.3	15.1	15.1	14.6	15.3
2011-2012	16.6	15.7	15.9	15.7	15.9	14.9	15.6	15.3	15.9	15.5	15.7	16.2	15.7
2012-2013	16.6	16.2	15.9	15.8	23.3	15.6	15.8	16	15.3	15.2	15	15.5	16.4
2013-2014	16.3	16.4	15.9	15.9	15.9	16.1	15.3	15.5	15.9	15.9	17.7	15.7	16.0
2014-2015	16.7	16.4	16.3	16.1	16	16	15.8	16.2	17	15.3	15.1	19.8	16.4
2015-2016	17.2	17.3	17.3	18	17.3	17.3	17.1	16.8	17	16	15.4	16.4	16.9
2016-2017	16.6	16.9	16.6	15.7	15.3	15.3	15.5	16	15.8	15.7	15.6	16	15.9
2017-2018	16.7	16.5	16.1	16.1	15.5	15.7	15.8	15.3	15.7	15.6	15.5	16.3	15.9
NºDATOS	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
MEDIA	15.8	15.9	15.7	15.6	15.6	15.4	15.4	15.5	15.5	15.3	15.1	15.4	15.5
DESV.STD	0.7	0.6	0.6	0.8	1.4	1.0	0.9	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	0.6
MAXIMA	17.2	17.3	17.3	18.0	23.3	17.3	17.1	16.8	17.1	17.2	17.7	19.8	16.9
MINIMA	13.8	13.8	14.4	13.4	12.3	12.4	12.8	13.5	13.4	13.0	13.0	13.6	13.8

De color rojo son los valores completados

Fuente: SENAMHI

Anexo B.6. Estación Chosica

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1950-1951	18.4	18.9	19.4	20.7	22.3	22.9	22.7	20.8	18.2	17	16.4	16.6	19.5
1951-1952	17.9	19.1	19.9	21	22.5	23.5	23.9	22.2	20.1	17.6	15.8	17	20.0
1952-1953	18	19.4	19.3	20.9	22.6	23.8	23.1	21.6	18.6	16.3	16.2	17.3	19.8
1953-1954	18.6	18.5	20.1	20.2	22	22.7	23.3	21.7	18.7	17.3	15.9	17.1	19.7
1954-1955	17.7	19.9	22.3	21.5	24.1	23.2	22.4	21.8	18.8	16.9	16.2	17.3	20.2
NºDATOS	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
MEDIA	18.1	19.2	20.2	20.9	22.7	23.2	23.1	21.6	18.9	17.0	16.1	17.1	19.8
DESV.STD	0.4	0.5	1.2	0.5	0.8	0.4	0.6	0.5	0.7	0.5	0.2	0.3	0.3
MAXIMA	18.6	19.9	22.3	21.5	24.1	23.8	23.9	22.2	20.1	17.6	16.4	17.3	20.2
MINIMA	17.7	18.5	19.3	20.2	22.0	22.7	22.4	20.8	18.2	16.3	15.8	16.6	19.5

De color rojo son los valores completados

Fuente: SENAMHI

Anexo B.7. Estación Ñaña

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	14.4	16.8	16.4	16.4	18.6	21.8	20.5	20	16.5	14.4	14.3	14	17.0
1966-1967	16.1	16.7	16.6	18.6	20.8	21.2	22.3	21.5	18.9	15.1	13.1	13.9	17.9
1967-1968	15.6	15.7	15.5	19.4	18.2	18.4	21.3	19.6	18.8	17.6	14.8	15.1	17.5
1968-1969	15.7	15.8	17.7	0.0	18.6	19.7	20	19.7	16.6	16.5	12.8	15.7	15.7
1969-1970	15.6	17.3	16.2	0.0	20.6	8.8	7.9	17.2	17	14.5	13	13.7	13.5
1970-1971	15.2	15.9	16.8	18.5	17.9	18.5	19.9	18.2	14.8	11.8	11.2	11.7	15.9
1971-1972	14.4	12.8	15.9	13.9	16.1	20	21.5	16.1	14.2	13.9	14.2	11.9	15.4
1972-1973	10.8	9.5	11.1	13.2	16.6	17.5	15.8	14.9	12.3	11.8	10.4	14.3	13.2
1973-1974	14.7	16.0	16.7	17.9	20.5	22.1	21.9	19.4	16.5	13.1	14.5	14	17.3
1974-1975	14.8	16.4	18.1	19.3	21.3	22.6	21.4	20.5	17.4	15	13.8	13.6	17.9
1975-1976	14.7	16.7	16.8	18.4	21.8	21.1	22.1	20.5	18	17.6	16	14.1	18.2
1976-1977	15.5	15.4	17.2	19.2	20.4	23.3	23.2	21.7	18.1	16.4	16	15.5	18.5
1977-1978	16.8	17.2	16.8	20.4	21	22.7	22.4	20.2	18.4	14.3	13.8	14.1	18.2
1978-1979	14.1	16.0	18.5	20.1	21.1	21.5	22.5	20.9	16.6	16.3	15.9	16.9	18.4
1979-1980	15.9	16.7	17.5	18.9	21.3	21.8	20.5	21.8	19.4	15.5	16.4	14.5	18.4
1980-1981	14.3	17.8	17.7	17.5	20.6	21.9	23.5	20.4	17.4	14.1	15.8	15.8	18.1
1981-1982	15.6	18.4	18.1	19.4	19.6	21.8	22.1	21.4	17.0	16.5	15.5	15.7	18.4
1982-1983	16.2	16.8	18.0	18.5	20.6	21.6	21.8	20.6	22.3	16.7	21.2	15.7	19.2
1983-1984	15.2	17.8	18.0	18.5	18.5	18.9	18.9	15.9	17.0	18	17.8	16.5	17.6
1984-1985	16.8	17.8	17.9	18.4	22	23.3	23.6	22	19.8	17.6	17.1	16.6	19.4
1985-1986	17.3	16.8	17.2	18.5	20.6	21.6	21.8	20.6	17.0	16.5	16.4	15.8	18.3
1986-1987	15.6	16.0	18.0	18.5	16.6	16.3	21.8	18.4	14.4	13.2	13.8	15.7	16.5
1987-1988	15.8	15.2	17.2	17.7	21.9	23.3	21.5	21.7	17.0	16.5	15.5	14.9	18.2
1988-1989	16.1	0.0	18.4	19.9	21.7	22.3	23.5	20.6	18.3	15.8	15.5	14.8	17.2
1989-1990	16.1	17.8	18.6	19.4	22.2	23.2	23.1	20.4	18.8	15.8	14.4	15.5	18.8
1990-1991	15.9	17.9	18.6	19.7	21.8	22.4	23.1	20.4	17.5	16.8	15.9	15.1	18.8
1991-1992	15.9	17.4	19.0	20.8	22.5	23.1	24.2	21.2	20.1	16.9	16	16	19.4
1992-1993	16.3	17.6	18.6	21.1	21.3	21.6	21.8	20.6	17.0	16.5	15.5	15.7	18.6
1993-1994	16.2	16.8	18.0	19.9	18.7	23.2	23.2	21	18.6	16.4	16.6	16.4	18.7
1994-1995	16.8	17.1	17.2	20.6	22.4	21.6	21.9	20.4	19.3	18.4	15.1	16	18.9
1995-1996	16.8	17.7	18.0	19.5	20	22.8	22.6	21.4	19.5	16.6	15.6	16.1	18.9
1996-1997	16.5	17.7	17.3	18.8	21.2	21.9	21.9	21.5	21.3	20.4	19.8	19.4	19.8
1997-1998	18.9	18.8	19.8	20.8	21.9	24	24.1	20.9	19.6	17.9	17.8	16.2	20.1
1998-1999	17.4	18.4	18.8	18.8	20.6	20.9	21.5	21.6	20.2	17.8	16.7	17.8	19.2
1999-2000	18.3	18.5	17.9	20.4	21.2	22.6	21.3	21	20.4	17.2	16.7	16.7	19.4
2000-2001	16.4	18.6	19.3	20.3	21.3	23.5	24.4	21.8	19.4	15.6	15	15.9	19.3
2001-2002	17.4	17.7	19.7	20.7	21.8	21.1	22.8	21.2	19.9	18.2	2.3	15.7	18.2
2002-2003	16.2	16.8	18.0	18.5	14.7	23.4	22.8	21.3	20	15.1	17.8	18.1	18.6
2003-2004	18.3	18.9	20.1	20.2	22	23	23.2	21.3	18	16.6	17.5	17.8	19.7
2004-2005	17.8	18.7	19.4	20.5	22.3	22	22.7	22	19.1	17.9	17.1	17.3	19.7
2005-2006	17.6	18.7	19.5	20.0	22.1	22.9	22.7	22.1	20.9	20.4	18.8	18.7	20.4
2006-2007	17.2	19.6	20.1	20.7	22.5	22.8	22.4	21.4	19.8	17.8	18.4	18.2	20.1
2007-2008	18.6	19.3	19.7	20.4	21.8	22.8	22.4	21.7	20.5	18.3	17.5	16.7	20.0

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	17.6	18.1	19.7	20.5	21.5	21.6	22.1	21.5	19.7	17.6	16.7	17.7	19.5
2009-2010	18.3	19.1	19.6	20.0	21	22.2	22	20.9	19.2	17.1	16.5	16.3	19.4
2010-2011	17.4	18.5	18.8	19.7	20.7	22	22.2	21.1	18.9	17	15.5	17.2	19.1
2011-2012	17.6	18.2	18.8	19.4	21	22.9	23.2	22.2	20.4	18	16.5	14.9	19.4
2012-2013	15.4	6.8	15.7	19.1	20.5	21.6	20.9	21	18.9	16.6	14.8	14.2	17.1
2013-2014	16.5	18.2	19.3	20.2	21.4	21.6	21.6	20.8	19.6	17.8	15.6	14.4	18.9
2014-2015	15.7	18.1	18.5	19.7	21	22.1	22.1	21.5	19.9	18	15.1	14.4	18.8
2015-2016	15.8	17.9	18.9	20.2	21.7	22.5	22.2	21.4	-62.6	15.8	15.3	16.1	12.1
2016-2017	18.0	19.3	19.8	21.1	22.3	24.5	23.4	22.2	20.5	18.9	17.5	15.7	20.3
2017-2018	15.9	18.6	18.8	20.2	21.2	22.6	23.3	22.8	21.4	16	14.8	16.4	19.3
NºDATOS	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
MEDIA	16.2	16.8	18.0	18.5	20.6	21.6	21.8	20.6	17.0	16.5	15.5	15.7	18.2
DESV.STD	1.4	3.2	1.5	4.0	1.8	2.4	2.4	1.6	11.3	1.8	2.7	1.5	1.7
MAXIMA	18.9	19.6	20.1	21.1	22.5	24.5	24.4	22.8	22.3	20.4	21.2	19.4	20.4
MINIMA	10.8	0.0	11.1	0.0	14.7	8.8	7.9	14.9	-62.6	11.8	2.3	11.7	12.1

De color rojo son los valores completados

Fuente: SENAMHI

Anexo B.8. Estación Von Humbolt

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	15.9	17.2	18.8	20.5	22.2	22.5	22.4	20.4	17.6	15.6	14.8	15.0	18.6
1966-1967	16.0	17.8	17.8	20.0	21.2	23.2	22.4	21.8	18.9	15.3	14.5	14.4	18.6
1967-1968	14.9	16.0	16.7	19.0	21.5	22.1	21.5	19.1	16.6	14.8	14.5	15.2	17.7
1968-1969	15.8	16.6	17.6	20.0	21.5	22.7	22.9	21.3	19.5	17.8	15.7	15.5	18.9
1969-1970	16.9	17.5	18.7	20.4	22.4	22.9	22.6	20.8	18.1	16.0	14.4	14.8	18.8
1970-1971	15.8	16.7	17.6	18.9	21.0	22.1	21.8	20.1	16.2	15.2	14.8	14.4	17.9
1971-1972	15.3	16.2	18.1	20.0	22.0	23.7	23.4	21.0	20.0	19.5	19.0	17.7	19.7
1972-1973	16.8	17.3	19.3	21.5	23.7	24.4	23.1	20.9	18.7	15.9	14.8	15.0	19.3
1973-1974	15.2	16.1	17.1	18.7	21.0	22.6	21.9	19.9	17.9	16.1	15.8	15.4	18.1
1974-1975	15.4	16.2	18.0	19.0	21.5	22.6	22.5	20.5	17.2	15.9	14.7	14.6	18.2
1975-1976	14.9	16.1	16.5	19.2	21.8	22.6	21.8	20.2	19.2	18.7	17.5	17.0	18.8
1976-1977	16.1	17.0	18.5	21.4	22.9	23.1	22.9	21.3	18.5	16.9	16.4	15.7	19.2
1977-1978	16.5	17.0	18.8	20.1	21.5	22.6	22.2	20.2	18.0	15.7	15.0	15.2	18.6
1978-1979	15.5	16.9	18.9	20.0	21.9	22.7	23.0	20.7	18.0	16.7	16.2	16.7	18.9
1979-1980	16.3	17.1	18.5	20.5	22.4	22.7	23.1	22.5	19.4	17.5	16.6	15.8	19.4
1980-1981	16.2	17.5	18.2	19.8	21.4	23.7	23.8	21.6	18.2	16.3	15.7	16.2	19.1
1981-1982	16.5	17.5	18.7	20.9	22.3	23.7	22.8	20.9	18.9	17.2	16.7	16.1	19.4
1982-1983	17.4	18.7	20.7	23.8	25.6	26.3	26.4	25.5	24.3	22.7	19.4	18.1	22.4
1983-1984	17.4	18.5	19.4	21.6	22.7	23.2	23.1	21.2	18.6	17.1	16.4	16.7	19.7
1984-1985	17.0	17.9	19.3	21.5	22.5	22.9	23.5	21.4	17.7	17.0	15.7	15.5	19.3
1985-1986	16.1	17.6	19.1	21.2	23.2	23.8	22.3	21.2	18.1	15.5	15.5	16.4	19.2
1986-1987	16.6	17.1	18.8	21.7	24.0	24.9	24.1	22.2	19.5	17.3	17.5	17.2	20.1
1987-1988	17.0	18.0	19.2	21.0	22.8	23.8	22.9	21.5	19.3	15.5	14.8	14.7	19.2
1988-1989	15.9	17.0	18.7	20.7	22.4	24.6	23.9	20.8	17.7	16.3	15.6	15.7	19.1
1989-1990	15.7	17.8	18.5	20.0	22.8	23.8	23.5	21.7	19.4	17.5	16.8	16.7	19.5
1990-1991	17.0	17.9	19.1	20.9	21.8	22.7	23.6	21.7	18.8	17.4	16.5	16.1	19.5
1991-1992	17.1	18.0	19.3	21.0	22.8	23.8	23.5	21.7	19.4	17.5	16.8	16.7	19.8
1992-1993	17.0	17.9	19.1	20.9	22.9	24.7	24.1	22.2	20.1	19.1	17.4	17.2	20.2
1993-1994	17.5	18.2	18.8	20.9	22.7	23.5	23.6	21.8	19.1	16.0	15.5	15.4	19.4
1994-1995	17.1	17.7	18.7	21.1	23.5	24.4	24.1	21.5	20.1	17.6	16.8	15.9	19.9
1995-1996	16.7	17.5	19.3	20.7	22.9	24.0	23.3	21.1	18.6	15.6	15.3	16.3	19.3
1996-1997	16.5	17.5	18.3	20.9	22.8	23.8	23.5	22.2	21.8	22.0	21.8	21.2	21.0
1997-1998	20.9	20.5	22.2	24.6	26.4	27.3	27.0	24.8	21.2	19.3	17.9	16.8	22.4
1998-1999	17.2	18.1	19.5	21.2	22.8	24.9	24.2	22.2	19.7	17.2	16.3	16.7	20.0
1999-2000	17.1	18.4	19.1	20.7	23.3	24.5	24.1	23.2	23.0	17.0	16.4	16.7	20.3
2000-2001	17.2	18.1	18.7	21.1	23.4	24.9	25.1	22.9	19.1	16.4	15.9	16.1	19.9
2001-2002	16.5	17.6	19.0	20.7	22.5	24.5	24.9	22.8	20.3	16.7	15.7	15.5	19.7
2002-2003	16.7	18.4	19.4	21.0	23.2	25.0	24.1	21.4	19.4	17.0	16.9	16.3	19.9
2003-2004	16.7	18.4	19.9	21.4	23.5	24.5	24.1	22.1	18.6	16.0	16.3	16.2	19.8
2004-2005	17.3	18.4	19.4	22.2	23.8	23.9	23.5	22.2	18.4	16.5	16.2	16.3	19.8
2005-2006	15.6	16.9	18.3	21.1	23.6	25.0	24.4	21.9	18.7	17.3	17.7	17.3	19.8
2006-2007	17.5	18.6	19.5	21.0	23.8	24.2	23.9	22.0	18.7	16.0	15.2	14.7	19.6
2007-2008	15.2	16.3	18.1	20.1	22.8	23.8	23.5	21.7	19.4	17.5	16.8	16.7	19.3

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2008-2009	17.0	17.9	19.1	20.9	22.8	23.8	23.5	21.7	19.4	17.5	16.8	16.7	19.8
2009-2010	17.0	17.9	19.1	20.9	22.8	23.8	23.5	21.7	19.4	17.5	16.8	16.7	19.8
2010-2011	17.0	17.9	19.1	20.9	22.8	23.8	23.5	21.7	19.4	17.5	16.8	16.7	19.8
2011-2012	17.0	17.9	19.1	20.9	22.8	23.8	23.5	21.7	19.4	17.5	16.8	16.7	19.8
2012-2013	17.0	17.9	19.1	20.9	22.8	23.8	23.5	21.7	19.4	17.5	16.8	16.7	19.8
2013-2014	17.0	17.9	19.1	20.9	22.8	23.8	23.5	21.7	19.4	22.2	20.9	20.7	20.8
2014-2015	20.9	21.1	21.9	22.5	23.3	24.8	24.8	23.3	22.5	22.4	21.6	21.3	22.5
2015-2016	21.6	22.0	22.2	23.0	24.2	25.9	25.6	23.7	21.9	21.0	21.1	20.9	22.8
2016-2017	21.1	21.3	21.3	22.6	25.2	26.0	26.0	23.6	22.8	21.7	21.3	20.8	22.8
2017-2018	20.7	20.8	21.2	22.3	23.4	24.2	23.8	22.8	21.5	21.0	21.1	20.8	22.0
NºDATOS	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
MEDIA	16.9	17.9	19.0	20.9	22.8	23.9	23.6	21.7	19.3	17.5	16.8	16.6	19.8
DESV.STD	1.5	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.6	2.0	1.9	1.8	1.2
MAXIMA	21.6	22.0	22.2	24.6	26.4	27.3	27.0	25.5	24.3	22.7	21.8	21.3	22.8
MINIMA	14.9	16.0	16.5	18.7	21.0	22.1	21.5	19.1	16.2	14.8	14.4	14.4	17.7

De color rojo son los valores completados

Fuente: SENAMHI

Anexo B.9. Estación Pantanos de Villa

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1994-1995	17	18.1	18.8	20.7	22.9	22.9	22.5	20.1	19	17.1	16.1	15.9	19.3
1995-1996	16.6	17.2	19.1	19.3	21	21.4	22.5	19.3	17.5	15.8	15.7	16.3	18.5
1996-1997	16.3	17.3	18.5	19.9	21.7	21.8	22.2	21.5	21.9	22.6	22.3	21.6	20.6
1997-1998	21	20.6	21.6	24.7	25.7	26.4	25.4	23.2	20.9	19.5	17.9	16.9	22.0
1998-1999	16.9	17.6	19.1	20.3	21	23.2	21.8	20.3	19.1	17.1	16.2	16.5	19.1
1999-2000	16.8	17.6	19.1	20	21.9	22.4	21.3	20.6	19	17.4	16.7	16.7	19.1
2000-2001	16.9	17.7	18.2	19.2	21.4	22.8	22.2	21.5	18.6	16.5	15.9	15.8	18.9
2001-2002	16.2	16.6	17.8	19.2	20.9	21.9	22.6	20.9	19.4	17.2	16.2	16.2	18.8
2002-2003	16.9	18.2	18.9	20.6	22.7	23.4	22.4	20.3	18.7	17.9	17.2	17.1	19.5
2003-2004	16.7	17.9	19.6	20.6	22.4	22.7	21.8	20.7	19.2	17.9	17.3	17.1	19.5
2004-2005	17.1	17.8	19.1	20.6	22.8	22.1	22.7	20.6	18.5	17.6	16.8	17.1	19.4
2005-2006	16.6	17	19.1	21.8	22.5	23.4	22.2	19.7	18.3	18	19.1	18.3	19.7
NºDATOS	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
MEDIA	17.1	17.8	19.1	20.6	22.2	22.9	22.5	20.7	19.2	17.9	17.3	17.1	19.5
DESV.STD	1.26	0.99	0.93	1.50	1.31	1.29	1.01	1.01	1.17	1.74	1.85	1.56	0.95
MAXIMA	21.0	20.6	21.6	24.7	25.7	26.4	25.4	23.2	21.9	22.6	22.3	21.6	22.0
MINIMA	16.2	16.6	17.8	19.2	20.9	21.4	21.3	19.3	17.5	15.8	15.7	15.8	18.5

De color rojo son los valores completados

Fuente: SENAMHI

Anexo B.10. Estación Campo de Marte

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2004-2005	16.3	17.5	18.9	21	23.2	22.6	22.9	21.1	18.4	16.5	16	16.3	19.2
2005-2006	15.5	16.2	17.9	20.6	22.6	24.2	23	20.5	18.3	16.9	17.8	17.1	19.2
2006-2007	17	17.9	19.4	20.6	23.4	23.7	22.8	21	17.9	15.4	15	14.5	19.1
2007-2008	14.4	15.4	17.3	19.3	22.9	23.6	23.9	21.2	17.6	16.9	17.9	16.7	18.9
2008-2009	16.7	16.9	18.9	21.1	23.2	23.8	23.9	22.3	19.1	17.4	17.5	16.5	19.8
2009-2010	16.4	17.2	19.2	20.7	23.1	24.2	23.6	22.2	19.2	17	15.4	15.2	19.5
2010-2011	15.7	16.5	17.9	19.9	22.1	23.5	23	20.9	19.3	18.8	16.9	15.7	19.2
2011-2012	16.1	17.3	19.2	20.7	22.8	24	23.9	23	20	19.7	18.7	16.5	20.2
2012-2013	16.8	17.4	18.7	20.5	22.8	23.9	23.1	20.8	18.9	16.7	15.1	15.1	19.2
2013-2014	16	18.9	18.5	20.7	23.8	23.9	23.8	20.8	20.1	19.6	16.5	16.1	19.9
2014-2015	16.4	17.7	19.6	20.8	22.4	24.7	24.6	22.6	21.4	20.4	18.3	16.0	20.4
2015-2016	18.4	19.3	19.7	21.3	24.1	25.6	25.1	23.2	20.7	17.9	17.4	16.9	20.8
2016-2017	17.3	18.8	20.4	21.9	24.7	26	26	23.3	20.8	18.7	17.8	16.8	21.0
2017-2018	16.4	17.6	18.9	20.6	22.7	23.7	23	22.3	19.2	16.7	16.8	16.4	19.5
NºDATOS	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
MEDIA	16.3	17.4	18.8	20.6	22.9	24.0	23.7	21.7	19.2	17.4	16.7	16.0	19.6
DESV.STD	0.83	0.95	0.79	0.56	0.73	0.78	0.87	0.95	1.09	1.43	1.14	0.71	0.64
MAXIMA	18.4	19.3	20.4	21.9	24.7	26.0	26.0	23.3	21.4	20.4	18.7	17.1	21.0
MINIMA	14.4	15.4	17.3	19.3	21.7	22.6	22.8	20.3	17.6	15.4	15.0	14.5	18.9

De color rojo son los valores completados

Fuente: SENAMHI

Anexo C. Datos de Caudales completados y extendidos

Anexo C.1. Estación Manchay

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
1965-1966	0.2	0.2	0.3	0.8	3.8	5.4	9.7	3.1	0.9	0.5	0.2	0.1	2.1
1966-1967	0.1	1.5	0.8	3.1	8.2	26.1	17.3	10	2	0.2	0.1	0	5.8
1967-1968	0	0.2	0.4	3	2.7	2.9	4.6	2.5	0.9	0.4	0.1	0.2	1.5
1968-1969	0.1	0.1	0.3	0.8	1.1	3.5	7.7	4.4	1.3	0.8	0.4	0.2	1.7
1969-1970	0.2	0.2	0.7	5.5	12.6	8.4	13.3	5.5	3.6	1	0.6	0.3	4.3
1970-1971	0.3	0.4	0.6	2.4	6.3	11.1	7.7	8.1	1	0.7	0.7	0.1	3.3
1971-1972	0	0	0.5	2.8	8.1	16.2	37.9	11	1.2	0.5	0.6	0.4	6.6
1972-1973	0.3	0.6	0.4	10.5	15.3	13.8	26.4	18.4	4.7	2.2	1.8	1.5	8.0
1973-1974	0.8	0.7	1.4	4.9	7.6	19.3	21.3	7.9	3.7	2.9	1.6	0.5	6.1
1974-1975	0.2	0.1	0.2	0.4	3.4	4.3	19.5	3.2	2.5	1.3	1.2	0.4	3.1
1975-1976	0.2	0.2	0.2	1	5.4	15	13.3	6.9	1.2	1	0.5	0.2	3.8
1976-1977	0.1	0.1	0.1	0.6	5	21.1	14.9	6	2.1	1.1	0.6	0.3	4.3
1977-1978	0.1	0.1	1.4	2.6	4.9	11.2	6.8	5	2.2	1.3	0.6	0.3	3.0
1978-1979	0.2	0.1	0.7	2.1	1.3	8.7	16.7	7	1.6	1.4	0.5	0.2	3.4
1979-1980	0.2	0.1	0.1	0.1	2.6	2.5	7.5	8.7	1.2	0.4	0.2	0.1	2.0
1980-1981	0.1	0.8	0.9	3.7	5	15.7	15.5	7.4	2.2	0.9	0.4	0.2	4.4
1981-1982	0.1	0.1	1.7	3.9	5.2	17.6	7	5.7	1.7	1	0.5	0.2	3.7
1982-1983	0.1	0.2	1.9	3.9	5.6	5.5	12.4	8.6	2.9	0.5	0.4	0.3	3.5
1983-1984	0.2	0.3	0.2	4.5	5.5	26.9	13.9	7	4.5	2.8	2	0.8	5.7
1984-1985	0.6	0.8	1.3	7.1	4.6	12.3	14.5	8.8	3.2	1.1	1	0.9	4.7
1985-1986	0.5	0.6	0.3	1.6	9.8	10.3	10.4	11.4	5.1	1.1	0.6	0.3	4.3
1986-1987	0.2	0.1	0.5	2.9	12.8	12.7	8.2	3.3	0.9	0.4	0.2	0.1	3.5
1987-1988	0.1	0.1	0.5	2.9	6.8	12.6	6.1	8.7	6.6	1.3	0.3	0.2	3.9
1988-1989	0.2	0.2	0.4	1.3	11.2	29.8	13.2	9.7	3.2	0.9	0.5	0.2	5.9
1989-1990	0.2	0.4	1.2	0.3	2.7	3.5	3.1	1.3	0.7	0.5	0.3	0.2	1.2
1990-1991	0.2	0.5	3.3	4.9	5.1	6.7	16.6	5.8	3.5	2.2	1.8	1.3	4.3
1991-1992	0.5	0.4	0.5	1.1	2.1	1.5	6.3	3.9	1.6	0.6	0.3	0.2	1.6
1992-1993	0.3	0.5	0.4	0.6	5.2	20.8	17.5	7.1	2.3	1.3	1.1	0.6	4.8
1993-1994	0.5	0.7	0.6	1.8	7.6	14.2	12.1	7.2	3.3	1.8	1.3	0.6	4.3
1994-1995	0.2	0.7	1.1	2.8	2.9	4	6.6	5.4	1.6	1.1	0.7	0.4	2.3
1995-1996	0.2	0.3	1.4	3.1	8.5	18.5	13.8	7.9	2.2	0.8	0.5	0.3	4.8
1996-1997	0.1	0.3	0.8	1.5	5.7	12	11.8	6.7	2.6	1.1	0.8	0.5	3.7
1997-1998	0.2	0.3	0.6	4.2	15.1	14.6	20.6	8.7	2.8	1.3	1.3	0.7	5.9
1998-1999	0.3	0.4	0.5	1.5	4.9	14.4	14.3	10.1	5.4	1.2	0.6	0.3	4.5
1999-2000	0.2	0.3	0.5	4.7	8.5	13.4	17.5	10.9	4.9	1.4	0.8	0.7	5.3
2000-2001	0.6	0.9	0.5	3.2	10.7	14.8	30.4	15.4	4	2.1	1.5	1.2	7.1
2001-2002	1	0.5	1.6	2.9	3.7	10.1	13.6	10.7	2.9	0.6	0.4	0.2	4.0
2002-2003	0.1	0.2	1.9	3.5	8.9	16	18.2	8.1	1.7	0.6	0.4	0.2	5.0
2003-2004	0.1	0.2	0.3	2.4	2.2	7.7	7.4	7.4	0.9	0.6	0.4	0.1	2.5
2004-2005	0.2	0.2	2.4	5.7	6.9	5.3	7.6	5	4.3	0.9	0.5	0.5	3.3
2005-2006	0.6	0.3	0.2	1.1	4.3	9.6	14.8	12.4	3.3	0.8	0.4	0.3	4.0
2006-2007	0.3	0.3	2.1	3.1	8.4	8.2	14.9	12	3.5	1.1	0.9	0.4	4.6

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Σ TOTAL
2007-2008	0.7	0.4	0.6	1.5	7.7	11.3	11.2	5.6	2.4	1.3	0.7	0.6	3.7
2008-2009	0.7	1.3	2.6	3.6	7.4	15.4	16.8	9.5	2.6	0.5	0.5	0.3	5.1
2009-2010	0.4	0.5	2.7	6.1	9.9	6.4	18.6	8.1	2.9	1.4	0.6	0.6	4.9
2010-2011	0.4	0.5	0.5	3.2	8	15.7	16.6	13.3	3.9	1.5	0.7	0.7	5.4
2011-2012	0.4	0.6	1.2	5.2	6.6	15.4	13.8	13.4	4.8	1.1	0.8	0.7	5.3
2012-2013	0.8	0.8	3.7	5	6.9	12	19.3	6.3	1.9	1	0.9	1.5	5.0
2013-2014	1.3	1.3	1.3	4.8	8.9	9.7	17	4.9	3.8	0.9	0.7	0.6	4.6
2014-2015	0.8	0.7	1.8	4.7	6.3	11.6	21.6	10.2	3.7	1.1	0.7	0.4	5.3
2015-2016	0.4	0.3	0.1	0.4	1.2	4.8	12.9	6.1	2	0.9	0.1	0.1	2.4
2016-2017	0.1	0.1	0.1	0.1	2.6	19.4	18.9	11.3	3.4	1.3	0.7	0.5	4.9
2017-2018	0.4	0.4	0.7	2.7	5.6	13.4	13.7	9.4	2.4	1.7	1.2	0.4	4.3
NºDATOS	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
MEDIA	0.3	0.4	1.0	3.0	6.4	12.1	14.2	8.0	2.7	1.1	0.7	0.4	4.2
DESV.STD	0.27	0.33	0.85	2.02	3.32	6.32	6.39	3.32	1.35	0.57	0.45	0.34	1.44
MAXIMA	1.3	1.5	3.7	10.5	15.3	29.8	37.9	18.4	6.6	2.9	2.0	1.5	8.0
MINIMA	0.0	0.0	0.1	0.1	1.1	1.5	3.1	1.3	0.7	0.2	0.1	0.0	1.2

De color rojo son los valores completados y extendidos

Fuente: Autoridad Nacional del Agua