



**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**

**ZONIFICACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN MARCO DEL FENÓMENO  
EL NIÑO EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO LURÍN**

**Línea de investigación:**

**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y  
geotecnia**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autora:**

Ricapa Marticorena, María Teresa

**Asesor:**

Gómez Lora, Jhon Walter  
(ORCID: 0000-0003-4926-8967)

**Jurado:**

Aylas Humareda, María Del Carmen

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

Reyna Mandujano, Samuel

**Lima - Perú**

**2023**

# ZONIFICACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN MARCO DEL FENÓMENO EL NIÑO EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO LURÍN

## INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

11%

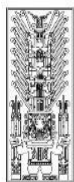
PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://sigrid.cenepred.gob.pe">sigrid.cenepred.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.ana.gob.pe">repositorio.ana.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**

**ZONIFICACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN MARCO DEL  
FENÓMENO EL NIÑO EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO LURÍN**

**Línea de investigación:**

Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autora:**

Ricapa Marticorena, María Teresa

**Asesor:**

Gómez Lora, Jhon Walter  
(ORCID: 0000-0003-4926-8967)

**Jurado:**

Aylas Humareda, María Del Carmen

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

Reyna Mandujano, Samuel

**Lima – Perú**

**2023**

### **DEDICATORIA**

A mis padres Teresa, Raúl y mi hermana Irene quienes me apoyaron y animaron a culminar esta etapa de mi vida profesional. A mis guías desde el cielo Isabel, Eustaquio, Eduardo, Jorge y Eliseo; son mi mayor ejemplo de superación y fortaleza en este corto camino de la vida.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, Señor Todopoderoso, creador de este universo que en su nombre he logrado alcanzar mis metas personales y profesionales; quien me guía en este camino y me fortalece con su palabra para no desmayar ante las adversidades de la vida.

Agradezco de manera especial a mis padres, la Sra. Teresa Marticorena Cuba y el Sr. Raúl César Ricapa Beraún, grandes profesionales que con su demostración de valores de perseverancia y responsabilidad me han guiado en esta etapa de mi vida hasta alcanzar la meta profesional.

A mi abuelita Sebastiana Cuba por su apoyo y motivación incondicional en cada etapa de mi vida, a mi hermana Irene Lucía Ricapa Marticorena, por sus palabras de aliento y su compañía en cada logro personal y profesional.

A mi Asesor Dr. Jhon Walter Gómez Lora, por su apoyo incondicional en el proceso de elaboración de la tesis, recomendaciones y aportes; por su paciencia, amistad y gran ejemplo de profesional para nuestra Universidad.

A mis amigos del Instituto INEIGA por su apoyo desinteresado y sincero en el desarrollo de esta tesis durante la etapa de campo.

Y, finalmente a mis amigos, compañeros y colegas de la Universidad Nacional Federico Villarreal y el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, por el apoyo en la recopilación de información y el apoyo técnico en el desarrollo de esta investigación.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>23</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>24</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>25</b>
<b>1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>28</b>
<b>1.1.1 Descripción del Problema.....</b>	<b>28</b>
<b>1.1.2 Formulación del Problema.....</b>	<b>29</b>
<b>1.2 ANTECEDENTES .....</b>	<b>29</b>
<b>1.2.1 Antecedentes Nacionales .....</b>	<b>29</b>
<b>1.2.2 Antecedentes Internacionales .....</b>	<b>35</b>
<b>1.3 OBJETIVOS.....</b>	<b>36</b>
<b>1.3.1 Objetivo General.....</b>	<b>36</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>36</b>
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>1.4.1 Justificación .....</b>	<b>36</b>
<b>1.4.2 Importancia .....</b>	<b>37</b>
<b>1.5 HIPÓTESIS .....</b>	<b>38</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>39</b>
<b>2.1 BASES TEÓRICAS .....</b>	<b>39</b>

2.1.1 Inundaciones.....	39
2.1.2 Zonificación de Riesgo por Inundación .....	40
2.1.3 Evaluación de Riesgo .....	42
2.1.4 Evaluación de Peligro .....	43
2.1.5 Evaluación de Vulnerabilidad .....	43
2.1.6 Fenómeno El Niño.....	44
2.1.7 Medidas de Control y Protección .....	46
2.1.8 Modelamiento SIG .....	47
2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	47
2.2.1 Desastres .....	47
2.2.2 Cuenca Hidrográfica .....	48
2.2.3 Sistema de Información Geográfica .....	48
2.2.4 Medidas No Estructurales.....	49
2.2.5 Medidas Estructurales.....	49
2.3 MARCO LEGAL .....	50
III. MÉTODO .....	56
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	56
3.1.1 Nivel de Investigación .....	56
3.1.2 Diseño de Investigación .....	56
3.2 ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL .....	57
3.2.1 Ámbito temporal .....	57

<b>3.2.2</b>	<b>Ámbito espacial</b> .....	<b>57</b>
3.2.2.1	Ubicación Geográfica .....	57
3.2.2.2	Ubicación Política.....	58
3.2.2.3	Ubicación Hidrográfica .....	58
3.2.2.4	Vías de acceso .....	61
<b>3.3</b>	<b>VARIABLES</b> .....	<b>63</b>
3.3.1	Variables del Objetivo General .....	63
3.3.2	Variables de los Objetivos Específicos .....	63
<b>3.4</b>	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b> .....	<b>65</b>
3.4.1	Población.....	65
3.4.2	Muestra .....	65
<b>3.5</b>	<b>INSTRUMENTOS</b> .....	<b>66</b>
3.5.1	Materiales .....	66
3.5.2	Equipos.....	67
3.5.3	Programas utilizados .....	67
3.5.4	Instrumentos de Evaluación.....	68
3.5.5	Información Básica y Mapas Temáticos .....	68
<b>3.6</b>	<b>PROCEDIMIENTOS</b> .....	<b>70</b>
3.6.1	Etapa de Pre – Campo.....	70
3.6.2	Etapa de Campo.....	71
3.6.3	Etapa de Gabinete.....	76

<b>3.7 ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>79</b>
<b>3.7.1 Métodos Estadísticos.....</b>	<b>80</b>
<b>3.7.2 Método Espacial.....</b>	<b>81</b>
<b>3.8 CONSIDERACIONES ÉTICAS.....</b>	<b>82</b>
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>83</b>
<b>4.1 DIAGNÓSTICO GENERAL .....</b>	<b>83</b>
<b>4.1.1 DIAGNÓSTICO FÍSICO .....</b>	<b>83</b>
4.1.1.1 Parámetros Geomorfológicos .....	83
4.1.1.2 Climatología .....	98
4.1.1.3 Geología.....	100
4.1.1.4 Suelos.....	107
4.1.1.5 Capacidad de Uso Mayor de Tierras .....	108
4.1.1.6 Geomorfología.....	112
4.1.1.7 Pendientes.....	116
4.1.1.8 Cobertura Vegetal.....	118
4.1.1.9 Ecología y Zonas de Vida.....	122
4.1.1.10 Ecosistemas .....	125
4.1.1.11 Hidrología.....	128
<b>4.1.2 DIÁGNOSTICO ECONÓMICO.....</b>	<b>132</b>
4.1.2.1 Sector Minería .....	132
4.1.2.2 Sector Energía.....	137

4.1.2.3 Sector Producción.....	141
<b>4.1.3 DIAGNÓSTICO SOCIAL Y CULTURAL .....</b>	<b>148</b>
4.1.3.1 Perfil Demográfico .....	148
4.1.3.2 Centros Poblados y Comunidades Nativas .....	149
4.1.3.3 Sitios Arqueológicos.....	151
<b>4.2 EVALUACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA .....</b>	<b>154</b>
<b>4.2.1 ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO .....</b>	<b>154</b>
<b>4.2.2 MÉTODOS HIDROLÓGICOS .....</b>	<b>155</b>
4.2.2.1 Estudio de las Precipitaciones Máximas .....	155
4.2.2.2 Método de Regionalización .....	155
4.2.2.3 Tiempo de Concentración.....	158
4.2.2.4 Determinación del Caudal Máximo.....	159
<b>4.2.3 MÉTODOS HIDRÁULICOS .....</b>	<b>163</b>
4.2.3.1 Identificación de tramos críticos y perfiles transversales .....	163
4.2.3.2 Análisis granulométrico.....	171
4.2.3.3 Análisis de la pendiente en secciones transversales .....	174
4.2.3.4 Determinación del caudal - Manning .....	174
4.2.3.5 Determinación del área hidráulica permisible .....	175
<b>4.3 EVALUACIÓN DE RIESGOS .....</b>	<b>179</b>
<b>4.3.1 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DEL PELIGRO.....</b>	<b>179</b>
4.3.1.1 Análisis de factores desencadenantes .....	181

4.3.1.2	Análisis de factores condicionantes.....	182
4.3.1.3	Análisis de parámetros de evaluación .....	191
4.3.1.4	Determinación de niveles de peligro .....	194
4.3.1.5	Resultados del análisis de peligro.....	196
<b>4.3.2</b>	<b>IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD.....</b>	<b>201</b>
4.3.2.1	Análisis de vulnerabilidad social.....	203
4.3.2.2	Análisis de vulnerabilidad económica.....	214
4.3.2.3	Determinación de niveles de vulnerabilidad .....	238
4.3.2.4	Resultados del análisis de vulnerabilidad.....	242
<b>4.3.3</b>	<b>ZONIFICACIÓN DEL RIESGO .....</b>	<b>244</b>
4.3.3.1	Determinación de niveles de riesgo.....	244
4.3.3.2	Resultados de la zonificación de riesgos .....	247
<b>4.4</b>	<b>PROPUESTAS DE PROTECCIÓN ANTE RIESGO DE INUNDACIONES</b>	<b>255</b>
<b>4.4.1</b>	<b>MEDIDAS ESTRUCTURALES .....</b>	<b>255</b>
<b>4.4.2</b>	<b>MEDIDAS NO ESTRUCTURALES .....</b>	<b>258</b>
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>259</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>261</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>264</b>
<b>VIII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>265</b>
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>271</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Zonificación Territorial de Riesgo ante Inundaciones Fluviales .....	40
Tabla 2. Daños por Sector y Estimados de Riesgo para el Fenómeno El Niño .....	45
Tabla 3. Estaciones Hidrometeorológicas.....	57
Tabla 4. Localización de puntos extremos de la Cuenca Baja del Río Lurín .....	58
Tabla 5. Costo y tiempo de transporte a la Cuenca Baja del Río Lurín.....	61
Tabla 6. Variables del Objetivo General.....	63
Tabla 7. Variables del Primer Objetivo Específico .....	63
Tabla 8. Variables del Segundo Objetivo Específico .....	64
Tabla 9. Variables del Tercer Objetivo Específico .....	64
Tabla 10. Ubicación de estaciones de medición de secciones transversales .....	72
Tabla 11. Características de la encuesta virtual .....	74
Tabla 12. Estructura de la encuesta de vulnerabilidad.....	74
Tabla 13. Ponderaciones para determinar los niveles de peligro.....	78
Tabla 14. Ponderaciones para determinar los niveles de vulnerabilidad.....	78
Tabla 15. Ponderaciones para determinar los niveles de riesgo .....	78
Tabla 16. Orden de ríos.....	87
Tabla 17. Datos de cálculo para el perfil longitudinal del curso principal .....	91
Tabla 18. Cálculo de altura media .....	92
Tabla 19. Cálculo del Índice de Pendiente.....	94
Tabla 20. Resumen de parámetros geomorfológicos.....	96
Tabla 21. Descripción de unidades geológicas .....	100
Tabla 22. Descripción de suelos .....	107
Tabla 23. Descripción de capacidad de uso mayor de tierras .....	109
Tabla 24. Descripción de geomorfología.....	112

Tabla 25. Descripción de pendientes .....	116
Tabla 26. Descripción de cobertura vegetal.....	118
Tabla 27. Tipos de cobertura vegetal.....	119
Tabla 28. Descripción de zonas de vida.....	123
Tabla 29. Descripción de ecosistemas .....	125
Tabla 30. Estaciones hidrométricas en la Cuenca del Río Lurín .....	128
Tabla 31. Concesiones mineras en la Cuenca Baja del Río Lurín otorgadas al 2018.....	132
Tabla 32. Concesiones mineras según estado de trámite.....	135
Tabla 33. Infraestructura de Generación eléctrica .....	137
Tabla 34. Infraestructura de Distribución eléctrica.....	137
Tabla 35. Estaciones de servicios en la cuenca baja del río Lurín.....	139
Tabla 36. Red de distribución de gas natural - CALIDDA.....	139
Tabla 37. Industrias en la cuenca baja del río Lurín .....	141
Tabla 38. Descripción de parcelas por Hectáreas .....	143
Tabla 39. Descripción de pozos en la cuenca baja del río Lurín .....	145
Tabla 40. Descripción de bocatomas en la cuenca baja del río Lurín.....	146
Tabla 41. Descripción de canales por bocatomas en la cuenca baja del río Lurín .....	146
Tabla 42. Población y tasa de crecimiento de principales distritos .....	148
Tabla 43. Población urbana y rural de principales distritos.....	148
Tabla 44. Centros Poblados en la cuenca baja del río Lurín.....	149
Tabla 45. Comunidades campesinas en la cuenca baja del río Lurín .....	151
Tabla 46. Sitios arqueológicos en la cuenca baja del río Lurín .....	152
Tabla 47. Zona arqueológica en la cuenca baja del río Lurín .....	152
Tabla 48. Estaciones Hidrometeorológicas.....	154
Tabla 49. Precipitaciones máximas en 24 horas por método de Gumbel .....	155

Tabla 50. Resumen de ecuaciones de precipitación vs altura .....	157
Tabla 51. Precipitaciones máximas en la cuenca baja del río Lurín .....	157
Tabla 52. Tiempo de concentración en la cuenca baja del río Lurín .....	159
Tabla 53. Coeficiente de Escorrentía en la Cuenca del Río Lurín.....	160
Tabla 54. Intensidades Máximas en 24 horas para Tiempos de Retorno.....	160
Tabla 55. Intensidades Máximas para tiempo de concentración de 1 hora .....	161
Tabla 56. Caudales máximos en la Cuenca Baja del río Lurín .....	161
Tabla 57. Tramos críticos en la cuenca baja del río Lurín.....	163
Tabla 58. Sección Transversal Tramo 1 - Puente Lurín .....	164
Tabla 59. Sección Transversal Tramo 2 – Desagüe.....	165
Tabla 60. Sección Transversal Tramo 3 – Laguna Oxidación.....	166
Tabla 61. Sección Transversal Tramo 4 – Pte. Quebrada Verde .....	167
Tabla 62. Sección Transversal Tramo 5 – Camal de Equinos .....	168
Tabla 63. Sección Transversal Tramo 6 – Pampa de Flores.....	169
Tabla 64. Sección Transversal Tramo 7 – Punto final (Tambo Inga).....	170
Tabla 65. Análisis granulométrico - Tramo 1: Puente Lurín.....	171
Tabla 66. Análisis granulométrico - Tramo 5: Camal de Equinos .....	172
Tabla 67. Análisis granulométrico - Tramo 6: Pampa de Flores .....	172
Tabla 68. Análisis de pendiente en sección transversal .....	174
Tabla 69. Estimación de caudal por método hidráulico.....	175
Tabla 70. Factores que intervienen en el Peligro .....	181
Tabla 71. Matriz de comparación de pares del parámetro Precipitación .....	181
Tabla 72. Matriz de normalización de pares del parámetro Precipitación.....	182
Tabla 73. Consistencia de matrices del parámetro Precipitación .....	182
Tabla 74. Matriz de comparación de pares del parámetro Pendiente .....	183

Tabla 75. Matriz de normalización de pares del parámetro Pendiente .....	183
Tabla 76. Consistencia de matrices del parámetro Pendiente.....	184
Tabla 77. Matriz de comparación de pares del parámetro Geología .....	184
Tabla 78. Matriz de normalización de pares del parámetro Geología .....	185
Tabla 79. Consistencia de matrices del parámetro Geología.....	185
Tabla 80. Matriz de comparación de pares del parámetro Geomorfología.....	186
Tabla 81. Matriz de normalización de pares del parámetro Geomorfología .....	187
Tabla 82. Consistencia de matrices del parámetro Geomorfología .....	187
Tabla 83. Matriz de comparación de pares del parámetro Suelos .....	188
Tabla 84. Matriz de normalización de pares del parámetro Suelos .....	188
Tabla 85. Consistencia de matrices del parámetro Suelos.....	189
Tabla 86. Matriz de comparación de pares del parámetro Cobertura Vegetal.....	189
Tabla 87. Matriz de normalización de pares del parámetro Cobertura Vegetal .....	189
Tabla 88. Consistencia de matrices del parámetro Cobertura Vegetal .....	190
Tabla 89. Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes .....	190
Tabla 90. Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes.....	191
Tabla 91. Consistencia de matrices de factores condicionantes .....	191
Tabla 92. Matriz de comparación de pares del parámetro Tiempo de Retorno.....	192
Tabla 93. Matriz de normalización de pares del parámetro Tiempo de Retorno.....	192
Tabla 94. Consistencia de matrices del parámetro Tiempo de Retorno .....	193
Tabla 95. Matriz de comparación de pares del parámetro Área de inundación del Fenómeno del Niño 1997-1998 .....	193
Tabla 96. Matriz de normalización de pares del parámetro Área de inundación del Fenómeno del Niño 1997-1998 .....	193

Tabla 97. Consistencia de matrices del parámetro Área de inundación del Fenómeno del Niño 1997-1998 .....	194
Tabla 98. Resumen de ponderación para estimar el peligro .....	194
Tabla 99. Niveles de peligro .....	195
Tabla 100. Estratificación de niveles de peligro .....	195
Tabla 101. Áreas por niveles de peligro .....	196
Tabla 102. Cantidad de Manzanas expuestas al peligro .....	198
Tabla 103. Cantidad de Población expuesta al peligro .....	198
Tabla 104. Cantidad de centros educativos expuestos al peligro.....	199
Tabla 105. Cantidad de alumnos expuestos al peligro.....	199
Tabla 106. Cantidad de centros de salud expuestos al peligro .....	199
Tabla 107. Dimensiones y parámetros que intervienen en la Vulnerabilidad .....	203
Tabla 108. Matriz de comparación de pares del parámetro Población por manzanas.....	204
Tabla 109. Matriz de normalización de pares del parámetro Población por manzanas.....	204
Tabla 110. Consistencia de matrices del parámetro Población por manzanas .....	206
Tabla 111. Matriz de comparación de pares del parámetro Grupo etario.....	206
Tabla 112. Matriz de normalización de pares del parámetro Grupo etario .....	207
Tabla 113. Consistencia de matrices del parámetro Grupo etario .....	207
Tabla 114. Matriz de comparación de pares del parámetro Conocimiento de ocurrencia pasada de inundación .....	209
Tabla 115. Matriz de normalización de pares del parámetro Conocimiento de ocurrencia pasada de inundación .....	209
Tabla 116. Consistencia de matrices del parámetro Conocimiento de ocurrencia pasada de inundación.....	210

Tabla 117. Matriz de comparación de pares del parámetro Capacitación en Gestión de Riesgos de Desastres .....	210
Tabla 118. Matriz de normalización de pares del parámetro Capacitación en Gestión de Riesgos de Desastres .....	211
Tabla 119. Consistencia de matrices del parámetro Capacitación en Gestión de Riesgos de Desastres .....	211
Tabla 120. Matriz de comparación de pares de los parámetros de vulnerabilidad social.....	213
Tabla 121. Matriz de normalización de pares de los parámetros de vulnerabilidad social ...	213
Tabla 122. Consistencia de matrices de los parámetros de vulnerabilidad social .....	213
Tabla 123. Matriz de comparación de pares del parámetro Cercanía a la faja marginal .....	214
Tabla 124. Matriz de normalización de pares del parámetro Cercanía a la faja marginal.....	215
Tabla 125. Consistencia de matrices del parámetro Cercanía a la faja marginal .....	215
Tabla 126. Matriz de comparación de pares del parámetro Acceso al servicio de agua .....	216
Tabla 127. Matriz de normalización de pares del parámetro Acceso al servicio de agua .....	218
Tabla 128. Consistencia de matrices del parámetro Acceso al servicio de agua.....	218
Tabla 129. Matriz de comparación de pares del parámetro Acceso a alumbrado eléctrico por red pública.....	220
Tabla 130. Matriz de normalización de pares del parámetro Acceso a alumbrado eléctrico por red pública.....	220
Tabla 131. Consistencia de matrices del parámetro Acceso a alumbrado eléctrico por red pública .....	221
Tabla 132. Matriz de comparación de pares de los parámetros de exposición económica ...	221
Tabla 133. Matriz de normalización de pares de los parámetros de exposición económica .....	221
Tabla 134. Consistencia de matrices de los parámetros de exposición económica .....	223

Tabla 135. Matriz de comparación de pares del parámetro Material predominante en las paredes exteriores.....	223
Tabla 136. Matriz de normalización de pares del parámetro Material predominante en las paredes exteriores.....	224
Tabla 137. Consistencia de matrices del parámetro Material predominante en las paredes exteriores.....	226
Tabla 138. Matriz de comparación de pares del parámetro Material predominante en los pisos .....	226
Tabla 139. Matriz de normalización de pares del parámetro Material predominante en los pisos .....	227
Tabla 140. Consistencia de matrices del parámetro Material predominante en los pisos .....	227
Tabla 141. Matriz de comparación de pares del parámetro Tipo de viviendas .....	229
Tabla 142. Matriz de normalización de pares del parámetro Tipo de viviendas .....	229
Tabla 143. Consistencia de matrices del parámetro Tipos de viviendas .....	230
Tabla 144. Matriz de comparación de pares de los parámetros de fragilidad económica .....	230
Tabla 145. Matriz de normalización de pares de los parámetros de fragilidad económica ...	231
Tabla 146. Consistencia de matrices de los parámetros de fragilidad económica.....	231
Tabla 147. Matriz de comparación de pares del parámetro Situación laboral.....	233
Tabla 148. Matriz de normalización de pares del parámetro Situación laboral.....	233
Tabla 149. Consistencia de matrices del parámetro Situación laboral .....	234
Tabla 150. Matriz de comparación de pares del parámetro Ingreso para cubrir canasta familiar .....	234
Tabla 151. Matriz de normalización de pares del parámetro Ingreso para cubrir canasta familiar .....	234
Tabla 152. Consistencia de matrices del parámetro Ingreso para cubrir canasta familiar.....	235

Tabla 153. Matriz de comparación de pares de los parámetros de vulnerabilidad económica .....	237
Tabla 154. Matriz de normalización de pares de los parámetros de vulnerabilidad económica .....	237
Tabla 155. Consistencia de matrices de los parámetros de vulnerabilidad económica .....	237
Tabla 156. Resumen de ponderación para estimar la vulnerabilidad .....	240
Tabla 157. Niveles de vulnerabilidad .....	240
Tabla 158. Estratificación de niveles de vulnerabilidad .....	240
Tabla 159. Cantidad de manzanas por niveles de vulnerabilidad .....	242
Tabla 160. Matriz de cálculo de riesgos .....	245
Tabla 161. Niveles de riesgo.....	245
Tabla 162. Estratificación de niveles de riesgo .....	245
Tabla 163. Cantidad de manzanas por niveles de riesgo .....	247
Tabla 164. Cantidad de viviendas en riesgo .....	248
Tabla 165. Cantidad de población en riesgo .....	249
Tabla 166. Cantidad de centros educativos en riesgo .....	251
Tabla 167. Cantidad de centros de salud en riesgo .....	253
Tabla 168. Propuesta N° 1: Recolección de residuos y materiales de desmonte.....	255
Tabla 169. Propuesta N° 2: Reforzamiento de defensa ribereña .....	256
Tabla 170. Propuesta N° 3: Implementación de sistema de prevención.....	257
Tabla 171. Propuesta N° 4: Educación Ambiental y Gestión de Desastres.....	258

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica de la cuenca baja del río Lurín .....	59
Figura 2. Ubicación Política de la cuenca baja del río Lurín.....	60
Figura 3. Red vial en la cuenca baja del río Lurín .....	62
Figura 4. Cuenca Baja del Río Lurín .....	65
Figura 5. Cinta y varilla métrica .....	66
Figura 6. Medida de sección transversal en el Río Lurín .....	72
Figura 7. Ubicación de secciones transversales .....	73
Figura 8. Diseño Físico de la Base de Datos .....	77
Figura 9. Modelos Automatizados del Estudio.....	79
Figura 10. Escala de Saaty .....	81
Figura 11. Rectángulo Equivalente de la Cuenca Baja del río Lurín.....	86
Figura 12. Red Hidrográfica en la Cuenca Baja del río Lurín .....	88
Figura 13. Perfil longitudinal del curso principal de la cuenca baja del Río Lurín .....	91
Figura 14. Curva hipsométrica de la Cuenca baja del río Lurín .....	93
Figura 15. Parámetros Geomorfológicos en la Cuenca baja del río Lurín.....	97
Figura 16. Clasificación climática en la Cuenca baja del río Lurín.....	99
Figura 17. Superficies de unidades geológicas en % .....	105
Figura 18. Geología en la Cuenca Baja del río Lurín .....	106
Figura 19. Superficies de suelos en % .....	108
Figura 20. Suelos en la Cuenca Baja del río Lurín .....	110
Figura 21. Capacidad de uso mayor de suelos en la Cuenca Baja del río Lurín.....	111
Figura 22. Superficies de capacidad de uso mayor de tierras en % .....	112
Figura 23. Superficies de geomorfología en % .....	114
Figura 24. Geomorfología en la Cuenca Baja del río Lurín .....	115

Figura 25. Pendientes en la Cuenca Baja del río Lurín.....	117
Figura 26. Superficies de pendiente en %.....	118
Figura 27. Superficies de cobertura vegetal en %.....	119
Figura 28. Cobertura vegetal en la Cuenca Baja del río Lurín .....	121
Figura 29. Superficies de zonas de vida en % .....	123
Figura 30. Ecología y zonas de vida en la Cuenca Baja del río Lurín.....	124
Figura 31. Superficies de ecosistemas en % .....	126
Figura 32. Ecosistemas en la Cuenca Baja del río Lurín .....	127
Figura 33. Caudal máximo mensual – Estación Cruz de Laya .....	128
Figura 34. Caudal máximo mensual – Estación San Damián.....	129
Figura 35. Caudal máximo mensual – Estación Manchay Bajo .....	129
Figura 36. Caudal máximo mensual – Estación Antapucro.....	130
Figura 37. Caudal máximo mensual – Estación Puente Antapucro.....	130
Figura 38. Estaciones hidrométricas en la Cuenca Baja del río Lurín.....	131
Figura 39. Superficie de concesiones mineras según estado en % .....	135
Figura 40. Concesiones mineras en la Cuenca Baja del río Lurín.....	136
Figura 41. Generación y distribución eléctrica en la Cuenca Baja del río Lurín.....	138
Figura 42. Hidrocarburos y gas natural en la Cuenca Baja del río Lurín .....	140
Figura 43. Industrias en la Cuenca Baja del río Lurín .....	142
Figura 44. Número de parcelas en % .....	143
Figura 45. Agricultura en la Cuenca Baja del río Lurín .....	144
Figura 46. Número de pozos por tipo en % .....	145
Figura 47. Número de canales por bocatoma.....	146
Figura 48. Infraestructura hidráulica en la Cuenca Baja del río Lurín .....	147
Figura 49. Centros poblados y comunidades campesinas en la Cuenca Baja del río Lurín ..	150

Figura 50. Santuario Arqueológico de Pachacamac .....	151
Figura 51. Sitios y zonas arqueológicas en la Cuenca Baja del río Lurín .....	153
Figura 52. Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 5 años.....	156
Figura 53. Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 25 años.....	156
Figura 54. Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 50 años.....	156
Figura 55. Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 100 años.....	157
Figura 56. Isoyetas para un periodo de retorno de 5 años en la Cuenca Baja del río Lurín ..	162
Figura 57. Identificación de caminos y viviendas vulnerables en Tramo 2.....	177
Figura 58. Desborde Puente Manchay .....	177
Figura 59. Desmontes y colmatación Tramo Camal de Equinos.....	178
Figura 60. Proceso de Identificación y análisis de Peligro .....	180
Figura 61. Peligro por inundación fluvial en la Cuenca Baja del río Lurín.....	197
Figura 62. Elementos expuestos al peligro por inundación fluvial en la Cuenca Baja del río Lurín.....	200
Figura 63. Proceso de Identificación y análisis de Vulnerabilidad.....	202
Figura 64. Población a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín.....	205
Figura 65. Grupo etario a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín .....	208
Figura 66. Resiliencia social a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín .....	212
Figura 67. Cercanía a la faja marginal a nivel de manzanas.....	217
Figura 68. Acceso al servicio de agua a nivel de manzanas .....	219
Figura 69. Acceso al alumbrado eléctrico a nivel de manzanas .....	222
Figura 70. Material predominante en las paredes a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín.....	225
Figura 71. Material predominante en los pisos a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín.....	228

Figura 72. Tipo de viviendas a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín.....	232
Figura 73. Situación laboral e ingreso familiar a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín.....	236
Figura 74. Resumen de ponderación para estimar la vulnerabilidad social.....	238
Figura 75. Resumen de ponderación para estimar la vulnerabilidad económica.....	239
Figura 76. Vulnerabilidad a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín.....	243
Figura 77. Proceso para zonificación de riesgos.....	244
Figura 78. Riesgo a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín .....	250
Figura 79. Centros educativos por niveles de riesgo en la Cuenca Baja del río Lurín .....	252
Figura 80. Centros de salud por niveles de riesgo en la Cuenca Baja del río Lurín .....	254

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1. Ancho promedio de la cuenca .....	84
Fórmula 2. Ancho promedio de la cuenca .....	84
Fórmula 3. Factor de forma .....	85
Fórmula 4. Rectángulo equivalente .....	86
Fórmula 5. Radio de elongación .....	87
Fórmula 6. Frecuencia de ríos.....	89
Fórmula 7. Densidad de drenaje .....	89
Fórmula 8. Extensión media de escurrimiento superficial.....	90
Fórmula 9. Pendiente media del río principal.....	90
Fórmula 10. Altura media.....	92
Fórmula 11. Pendiente media .....	93
Fórmula 12. Índice de pendiente.....	94
Fórmula 13. Coeficiente de masividad .....	95
Fórmula 14. Coeficiente de torrencialidad.....	96
Fórmula 15. Tiempo de Concentración - Giandotti .....	158
Fórmula 16. Caudal máximo - Método Racional.....	159
Fórmula 17. Intensidades Yarnel y Hatway.....	160
Fórmula 18. Fórmula de Manning .....	174
Fórmula 19. Fórmula de área hidráulica permisible .....	176
Fórmula 20. Fórmula de velocidad de flujo.....	176

## RESUMEN

En nuestro país, las inundaciones fluviales son un problema que se suscita cada año, específicamente la cuenca baja del río Lurín ha tenido acontecimientos de inundación durante eventos como el “Fenómeno El Niño” que ha ocasionado pérdidas materiales y económicas. Esta investigación tiene el objetivo de evaluar las zonas de riesgos por inundación en marco del “Fenómeno el Niño” mediante el uso de la técnica SIG con la finalidad de proponer medidas de protección en la cuenca baja del río Lurín; y los objetivos específicos son realizar un diagnóstico físico, económico, social y cultural identificando peligros y vulnerabilidades, determinar las zonas de riesgo por inundaciones mediante un modelamiento SIG e hidrológico y formular propuestas de protección de cuenca ante inundaciones. Para ello, se realizó trabajos de campo y gabinete que permitieron realizar una evaluación hidrometeorológica obteniendo caudales máximos de 32.26 m<sup>3</sup>/s, 72.21 m<sup>3</sup>/s y 83.99 m<sup>3</sup>/s para tiempos de retorno de 5, 50 y 100 años, respectivamente. Asimismo, se elaboraron modelos de geoprocésamiento y mediante el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) se estimaron niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo teniendo como resultado que 37 (1.56%) manzanas presentan un nivel de riesgo muy alto, 732 (30.91%) tienen nivel alto, mientras que 1,593 (67.27%) tienen nivel medio y 6 (0.25%) tienen nivel bajo debido a la cercanía a la faja marginal del río, zonas de hasta 10 mm de precipitación máxima para un tiempo de retorno de 5 años y localizadas en áreas inundadas por el Fenómeno El Niño 1997-1998, así como material en sus paredes de triplay y madera, entre otros. Para lo cual se han propuesto cuatro medidas de protección de tipo estructural y no estructural para el área de estudio.

**Palabras clave:** inundación, riesgos, Fenómeno El Niño, geoprocésamiento, Cuenca baja Lurín

## ABSTRACT

In our country, river flooding is a problem that occurs every year, specifically the lower basin of the Lurin River has had flooding events during events such as the "El Niño Phenomenon" that has caused material and economic losses. The objective of this research is to evaluate the flood risk zones during the "El Niño Phenomenon" using GIS techniques in order to propose protection measures in the lower Lurin river basin; and the specific objectives are to carry out a physical, economic, social and cultural diagnosis identifying hazards and vulnerabilities, determine the flood risk zones using GIS and hydrological modeling and formulate proposals for flood protection in the basin. To this end, field and office work was carried out to perform a hydrometeorological evaluation, obtaining maximum flows of 32.26 m<sup>3</sup>/s, 72.21 m<sup>3</sup>/s and 83.99 m<sup>3</sup>/s for return times of 5, 50 and 100 years, respectively. Likewise, geoprocessing models were developed and using the Hierarchical Analysis Process (AHP), hazard, vulnerability and risk levels were estimated, with the result that 37 (1.56%) blocks have a very high risk level, 732 (30.91%) have a high level, while 1,593 (67.27%) have a medium level, and 6,632 (30.91%) have a high level, while 1,593 (67.27%) have a low level. 27%) have a medium level and 6 (0.25%) have a low level due to their proximity to the river's marginal strip, areas with up to 10 mm of maximum precipitation for a return time of 5 years and located in areas flooded by the 1997-1998 El Niño phenomenon, as well as plywood and wood wall material, among others. Four structural and non-structural protection measures have been proposed for the study area.

**Keywords:** flood, risks, El Niño Phenomenon, geoprocessing, lower basin Lurin

## I. INTRODUCCIÓN

La cuenca baja del río Lurín, que comprende principalmente los distritos de Lurín, Pachacamac y Cieneguilla, tiene un historial de inundaciones fluviales que han afectado viviendas y zonas agrícolas. Sobre todo, cuando ocurren fenómenos como El Niño o el Ciclón Yacu, que han causado pérdidas materiales y económicas en varias zonas de nuestro país. Debido a esta problemática, el objetivo principal de este estudio es evaluar las zonas de riesgo de inundación en el marco del fenómeno de El Niño utilizando técnicas SIG con el fin de recomendar medidas de protección para la cuenca baja del río Lurín.

La investigación es aplicada y no experimental porque emplea un método para la evaluación de riesgos y no manipula las variables. Además, adapta los lineamientos del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Desastres (CENEPRED), que incluyen la identificación de peligros, el análisis de vulnerabilidad y la estimación del riesgo, añadiendo la evaluación hidrometeorológica mediante el análisis de estaciones pluviométricas. El proceso de evaluación de riesgos también constó de tres etapas: la etapa previa al trabajo de campo, que permitió la recopilación de datos e información de base; la etapa de campo, que permitió la identificación de áreas vulnerables y secciones críticas; la medición de secciones transversales y la aplicación de encuestas; y la etapa de gabinete, que permitió el desarrollo del diagnóstico de la cuenca, la evaluación hidrometeorológica, la evaluación de riesgos, la implementación de modelos y producción cartográfica, así como la formulación de propuestas de protección ante riesgos de inundación.

La investigación se ha estructurado en nueve capítulos:

En el primer capítulo se describe el problema en la cuenca baja del río Lurín, se proporcionan antecedentes a escala nacional e internacional sobre la probabilidad de riesgos

de inundaciones fluviales. Además, se plantean los objetivos generales y específicos, la hipótesis, y se enfatiza la justificación e importancia de la zonificación de riesgos en la zona de estudio.

En el segundo capítulo se abordan los fundamentos teóricos, las definiciones de términos básicos y el marco legislativo de la zonificación de riesgos, la evaluación de peligros y vulnerabilidades, la ocurrencia del fenómeno de El Niño y la modelización espacial mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la estimación de riesgos.

El tercer capítulo presenta una visión general del tipo de investigación, su alcance temporal y espacial, las variables de cada objetivo general y específico, la población, la muestra, los instrumentos utilizados para la recolección, el análisis y el tratamiento de los datos, los procedimientos de zonificación de riesgos, el análisis estadístico y espacial de los datos y las consideraciones éticas.

El cuarto capítulo describe el diagnóstico físico, económico, social y cultural de la cuenca baja del río Lurín. También incluye una evaluación hidrometeorológica que tiene en consideración el análisis pluviométrico y la estimación de caudales máximos mediante métodos hidrológicos e hidráulicos. Además, incluye la evaluación de riesgos, que comprende el análisis de peligros con la caracterización de los factores desencadenantes, los factores condicionantes y los parámetros de evaluación; análisis de la vulnerabilidad a nivel social y económica considerando los parámetros de exposición, fragilidad y resiliencia; y la zonificación de riesgos a nivel de manzanas, población, viviendas, centros educativos y centros de salud. Por último, se formulan recomendaciones para la protección contra los riesgos de inundaciones a nivel estructural y no estructural.

La discusión de los resultados se presenta en el quinto capítulo, en el que se comparan las similitudes y diferencias de los resultados con los de otros estudios del ámbito de estudio.

En el sexto y séptimo capítulo, se describen las conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada.

En el octavo y noveno capítulo, se presenta las referencias bibliográficas utilizadas en esta investigación y los anexos correspondientes que complementan los resultados obtenidos.

## **1.1 Descripción y formulación del problema**

### ***1.1.1 Descripción del Problema***

A nivel mundial, el tema de los desastres naturales está obteniendo gran importancia debido al incremento de eventos hidrometeorológicos y al aumento de pérdidas humanas, pérdidas monetarias y disminución de la calidad de vida de las zonas dañadas.

Las inundaciones son eventos periódicos en el territorio peruano debido al carácter estacional de las lluvias en la Sierra, que tiene una estación de estiaje y una estación lluviosa diferenciadas, en los meses de diciembre a marzo, así como a las lluvias extraordinarias que se producen ocasionalmente, ya sea por el fenómeno de El Niño u otros eventos climáticos, que hacen que los cauces de los ríos aumenten sus caudales extremos, provocando desbordamientos o inundaciones en zonas urbanas y rurales. (CENEPRED, 2015)

Actualmente, las zonas urbanas avanzan aceleradamente hacia los tres valles de Lima, tal es el caso del Valle de Lurín, donde las áreas urbanas ocupan un 16,6% correspondiente a 998 de 6,000 hectáreas de la cuenca (Aquafondo, 2015).

Particularmente en la cuenca baja del río Lurín, los distritos de Cieneguilla, Pachacamac y Lurín ocupan en algunos casos zonas marginales, este constante crecimiento de centros poblados asentados en zonas expuestas a peligros geológicos es causado por una falta de planificación y una gestión desordenada y desequilibrada de las municipalidades.

Esto sumado a la extracción sin control de material de acarreo y al arrojo de desmonte y residuos domésticos que la misma población arroja a la ribera del río y las empresas que laboran en el lugar descargando sus efluentes industriales por la falta de los servicios básicos de agua y alcantarillado modifican las características hidráulicas que provocan la colmatación del cauce, convirtiéndose en zonas de alto nivel de vulnerabilidad que en futuros desastres naturales como inundaciones podrían causar daños importantes en estos lugares y aumentar la

probabilidad de que se pierdan viviendas, cultivos y zonas de interés turístico. (Davila & Valenzuela, 1996)

Debido a ello, esta investigación tiene el propósito de evaluar las zonas de riesgos por inundación en marco del Fenómeno el Niño mediante el uso de la técnica SIG y métodos hidrológicos con la finalidad de formular medidas de protección en la cuenca baja del río Lurín.

## **1.1.2 Formulación del Problema**

### **1.1.2.1 Problema Principal**

¿De qué manera la zonificación de riesgos por inundación permitirá proponer medidas de protección en la cuenca baja del río Lurín en marco del Fenómeno el Niño con la finalidad de contribuir en la disminución de riesgos?

### **1.1.2.2 Problemas Secundarios**

- ¿De qué manera el diagnóstico físico, económico, social y cultural permitirá identificar los peligros y vulnerabilidades del ámbito de estudio?
- ¿Cómo se puede determinar zonas de riesgo por inundación?
- ¿Cuáles son las alternativas de protección ante inundaciones en las zonas de riesgo?

## **1.2 Antecedentes**

### **1.2.1 Antecedentes Nacionales**

Egas (1993) en su tesis titulada “*Estimación de áreas inundables en un tramo del Río Rímac*” tuvo como objetivo evaluar el comportamiento hidráulico del río Rímac, como consecuencia de la variabilidad de los caudales en periodos de avenidas en años normales y en años extraordinarios y concluyendo que las áreas más críticas de inundación se deben a la morfología abierta y su suave pendiente en el tramo del río Rímac, ocasionando las

inundaciones de las áreas en las margen derecha e izquierda del cauce; provocando las pérdidas de terreno de cultivos, infraestructuras hidráulicas, carreteras, viviendas y sobre todo muchas veces vidas humanas.

Gómez (2000) en su tesis de maestría titulada “*Gestión de Inundación del Río Rímac*”, realizó un diagnóstico físico detallado en su geología, geomorfología, topografía e hidrología en toda la cuenca del Río Rímac, además realizó correlaciones de caudal vs escorrentía, área y precipitación, caudal vs volumen, intensidad vs precipitación y tiempo de tormenta; de tal manera que se pueda estimar valores de precipitación, caudales e intensidades para cualquier punto de la cuenca. Asimismo, en este trabajo se realizó un análisis detallado de identificación de peligros potenciales en la zona de estudio como inundaciones que mayormente ocurre en su parte media y baja, complementando este análisis con un estudio de vulnerabilidad de la infraestructura física y de la población a nivel de microcuencas en la cuenca del río Rímac. Finalmente, planteó una política de manejo y gestión del agua en la prevención de desastres por inundación.

Cárdenas (2000) en su tesis titulada “*Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para el Modelamiento de Zonas en Riesgo de Inundación. Caso estudio Río Lurín*”, para evaluar los efectos de posibles inundaciones en una sección de la cuenca baja del río Lurín, utilizó el SIG como técnica de análisis hidráulico y modelización espacial. Para ello combinó el SIG ArcView con el programa de análisis hidráulico HEC-RAS, produciendo como consecuencia un mapa de inundaciones georreferenciado espacialmente. A partir del mapa de inundaciones analizó la influencia de los recursos edáficos, el uso existente del suelo y los recursos geológicos y geomorfológicos.

Esteban (2001) en su tesis titulada “*Predicción de áreas inundables mediante la aplicación del software HecRas 2.1 en un Sector del Rio Lurín*” propuso como objetivo la

predicción de áreas inundables mediante la aplicación del programa HEC-RAS 2.1 entre los puentes de quebrada verde y Lurín, además de formular y simular diferentes planes de inundación utilizando el software HEC-RAS 2.1 para evitar ocurrencia, concluyendo así con la identificación de cinco tramos críticos susceptibles a desbordes entre las progresivas 2604 a 3515 km; 44469 a 4795 km; la longitud total de los tramos a reforzar para caudales de 110,127 y 163,7 m<sup>3</sup>/s.

Vásquez (2003) en su tesis titulada “*Balance Hídrico del Valle del Río Lurín*”, calculó los déficits mediante la estimación de disponibilidad y balance hídrico de demanda para sugerir una solución diferente en la cuenca del río Lurín, formada por 15 distritos que necesitan mejoras, entre ellas mejorar el regadío y ampliar la frontera agrícola del valle. Para ello estimó los parámetros fisiográficos mediante la sistematización de la cartografía de la cuenca, realizó el diagnóstico físico y socioeconómico, calculó los caudales disponibles a diferentes niveles de persistencia y estimó la demanda hídrica del valle. Obteniendo como resultado que, a la disponibilidad media anual al 75% de persistencia es un caudal de 1.83 m<sup>3</sup>/s con tres meses de mayor disponibilidad de febrero a abril, con caudales que varían de 3.1 a 9.7m<sup>3</sup>/s.

Alva (2003) en su tesis titulada “*Plan de Protección de Inundaciones en la Cuenca Baja del Río Chillón*”, formuló una estrategia de protección calculando los caudales máximos de la cuenca baja del río Chillón y su capacidad de conducción en las zonas más expuestas, identificó la variación de niveles entre lecho de río y las urbanizaciones y su influencia con el nivel freático ante la incidencia de inundaciones, determinó las características hidráulicas del cauce en el tramo de riesgo y además evaluó el nivel de contaminación de las aguas superficiales y freáticas en la zona de estudio.

Coral (2007) en su tesis titulada “*Zonificación mediante planos temáticos de áreas con diferente peligro en la parte Baja del Valle de Lurín*” tuvo como principal objetivo realizar una

microzonificación de los peligros naturales para identificar las zonas adecuadas para el uso urbano, fomentando la ocupación prudente de las zonas seguras y desincentivando la ocupación de las zonas clasificadas como alta peligrosidad (inundaciones, corrimientos de tierras), que deberían condicionarse como zonas de protección ecológica medioambiental. Todo ello mediante la evaluación y el análisis de los datos recogidos a través del trabajo de campo y de laboratorio, que sirven de referencia para la gestión de desastres naturales y para la posterior planificación física mediante microzonificación.

Bravo (2012) en su tesis titulada *“Plan de Ordenamiento Ambiental de la Subcuenca Chamacha del Río Lurín”*, con la finalidad de optimizar la calidad de vida de las personas en el contexto de los factores socioeconómicos y culturales, presentó un plan de ordenamiento ambiental basado en un diagnóstico físico y biológico y en la ZEE de la subcuenca. Para ello, consideró un grupo de indicadores ambientales, como clima y ecología, recursos hídricos, suelos, relieve, flora, fauna, aptitud agrícola, peligros naturales y conflicto ambiental e indicadores socioeconómicos como población, salud, educación, vivienda, producción e ingresos económicos.

Pilco (2012) en su tesis titulada *“Evaluación de riesgo de desastre por inundación del centro poblado de San José de Habana - Habana, 2012”* propuso evaluar los riesgos de desastre por inundaciones de la localidad de San José de Habana y, tras realizar un trabajo de verificación sobre el terreno que consistió en georreferenciar y fotografiar los posibles peligros o amenazas de inundación identificados en la reunión de trabajo, determinó que la localidad presenta un riesgo alto, medio y bajo. Con el objetivo de garantizar una el aumento de las inversiones de proyectos públicos, lo que se consigue a través de una planificación integrada a varios niveles: nacional, regional y local, la investigación propone alternativas o acciones para prevenir daños o pérdidas.

Palomino (2012) en su *paper* titulado “*Zonificación de áreas inundables utilizando un sistema de información geográfica. Aplicación al tramo final del río Chillón*” utiliza herramientas de modelamiento como el SIG con ArcView GIS versión 3.2 y HEC –RAS versión 3.1.1., elabora mapas de amenaza de inundación, divide su población objetivo en 3 sectores y usa la zona de inundación correspondiente al tiempo de retorno de 100 años, concluyendo que para ese periodo y con un caudal de  $183\text{m}^3/\text{s}$  se obtiene un área afectada de 157.46 ha con un total de 18 655 habitantes amenazados.

Quincho (2015) en su tesis titulada “*Gestión de Inundación por Caudales Máximos en la Subcuenca Baja de la Quebrada del Río Huaycoloro - Río Rímac*” su objetivo sobre la gestión de inundaciones fue mejorar el nivel de vida de los centros poblados de Cajamarquilla, Jicamarca y Huachipa. Para ello, propone los criterios para la gestión del riesgo, que incluye el estudio de peligros y vulnerabilidades y la identificación de zonas de riesgo de inundación que, en un periodo de 50 años, equivalen a 37 ha de inundación en la zona crítica. Para disminuir los impactos causados por las inundaciones en la subcuenca, desarrolla planes de conservación de los suelos inundados y erosionados, que incluyen intervenciones estructurales (gaviones, neumáticos) y medidas no estructurales (agroforestería).

Cardich (2017) en su tesis titulada “*Modelación de máximas avenidas en la cuenca del Río Lurín utilizando modelos hidrológico e hidráulico*” su objetivo fue modelizar los niveles de crecida más altos en el tramo crítico de 5,6 km del río Lurín. Se utilizan modelos hidrológicos e hidráulicos para calcular los caudales, identificar y cuantificar las zonas propensas a las inundaciones. Como consecuencia, se han determinado caudales máximos de inundación de  $152,6\text{ m}^3/\text{s}$ ,  $127,3\text{ m}^3/\text{s}$  y  $97,4\text{ m}^3/\text{s}$ , así como superficies inundadas de 189 ha, 174 ha y 149 ha para periodos de retorno de 500, 200 y 100 años, respectivamente. Concluye

estimando las pérdidas monetarias causadas por la pérdida de terrenos con valores de 3.7, 3.4 y 2.9 millones de dólares.

Narciso (2018) en su tesis titulada “*Gestión de Inundación por Caudales Máximos en la parte baja de la Quebrada Pedregal - Chosica*” tuvo como objetivo el control de inundaciones para aumentar la calidad de vida de las personas de la subcuenca baja del Pedregal. Para ello utiliza las técnicas de regionalización, caudales máximos, diagnóstico físico y diagnóstico socioeconómico, obteniendo caudales de 23 m<sup>3</sup>/s y 28 m<sup>3</sup>/s para 50 y 100 años de tiempo de retorno, respectivamente. Además, identifica 430 propiedades afectadas en la zona de riesgo muy alto a lo largo de las vías Nicolás Ayllón, Rivera, 28 de Julio y Libertad. La investigación también incluye recomendaciones para la forestación de la zona, la construcción de andenes, la recolección de residuos y materiales rocosos del lecho del río y la instalación de un sistema de alerta de inundaciones.

Roque (2022) en su tesis titulada “*Riesgo de inundaciones fluviales por máximas avenidas en la cuenca baja del río Lurín*” tuvo como objetivo determinar la probabilidad de inundaciones fluviales como consecuencia de las crecidas máximas en la cuenca baja del río Lurín entre 1965 y 2017. Para lograrlo, utiliza la modelización hidrológica HEC-HMS para calcular las crecidas máximas para diferentes periodos de retorno, identifica las zonas propensas a las inundaciones y sugiere formas de reducir el riesgo de inundaciones fluviales. Constata que las inundaciones afectan principalmente a las carreteras y autopistas en mayor medida, seguidas de las superficies de cultivo y las viviendas, y que el nivel de riesgo medio para un tiempo de retorno de 50 años es del 52,77%, es decir, 148,78 ha en los distritos de Pachacamac y Lurín.

### **1.2.2 Antecedentes Internacionales**

Salgado (2005) en su tesis titulada “*Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del Río Gila, Copán, Honduras*” tuvo como objetivo evaluar la probabilidad de inundaciones y deslizamientos en la microcuenca del río Gila como muestra para una estrategia de manejo de riesgos. Entre las fases de organización del estudio figuraba la determinación del alcance de la vulnerabilidad global mediante talleres, dinámicas interactivas y encuestas. Se utilizaron los programas HECHMS y HEC-RAS para la modelización hidrológica e hidráulica con el fin de identificar las regiones importantes en cuanto a deslizamientos e inundaciones. Además, se llevó a cabo una caracterización del peligro de inundaciones y deslizamientos en la microcuenca, así como lineamientos y medidas prácticas para la prevención de desastres.

Marín (2010) en su tesis de maestría titulada “*Zonificación de Riesgo por inundación en el municipio de Chicomuselo, Chiapas - México*”, tiene como antecedente que las comunidades de Piedra Labrada y Lázaro Cárdenas perdieron el 70% de sus viviendas y se propuso como objetivo generar cartografía para establecer zonas de riesgo por inundación del municipio de Chicomuselo - Chiapas para diferentes tiempos de retorno. La conclusión fue que una vez determinados todos los parámetros necesarios para la aplicación de los modelos, se generaron los diferentes mapas de riesgo para diferentes periodos de retorno y una vez generados los mapas de riesgo por inundación, se pudieron utilizar para establecer planes de protección.

Candia (2015) en su tesis titulada “*Análisis de riesgo por inundación en la Zona metropolitana de San Luis Potosí*”, para evaluar los parámetros de diversa índole que se revelaron como indicadores tanto de riesgo como de vulnerabilidad, Candia recurrió al uso del SIG, utilizando técnicas de álgebra de mapas y análisis multicriterio. El resultado fueron zonas

con características y niveles de alto índice de peligrosidad, así como zonas de alta vulnerabilidad.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo General***

Evaluar las zonas de riesgos por inundación en marco del Fenómeno el Niño mediante el uso de la técnica SIG con la finalidad de proponer medidas de protección en la cuenca baja del río Lurín.

#### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

- Realizar un diagnóstico físico, económico, social y cultural identificando peligros y vulnerabilidades de la cuenca baja del río Lurín.
- Determinar las zonas de riesgo por inundaciones mediante un modelamiento SIG e hidrológico.
- Formular propuestas de protección de cuenca ante inundaciones.

### **1.4 Justificación**

#### ***1.4.1 Justificación***

La cuenca baja del río Lurín denominada Valle de Lurín y último pulmón verde de Lima, está formada principalmente por tres distritos que se abastecen de las aguas superficiales de este río, los cuales son Lurín, Pachacámac y Cieneguilla. Económicamente, estos distritos constituyen áreas con potencial agrícola, ganadero y turístico que podrían verse afectadas por una inadecuada planificación y falta de prevención de desastres frente a posibles inundaciones presentadas en temporadas de eventos extraordinarios como el Fenómeno El Niño (FEN).

El manejo de riesgo de desastres es un componente fundamental y básico de la planificación social para el bienestar de los ciudadanos. A nivel metodológico, la presente investigación incorpora nuevas variables en el análisis de riesgos, tales como el Fenómeno El

Niño, cobertura vegetal y cercanía a la faja marginal utilizando ponderaciones y niveles de importancia mediante el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) sumado al análisis hidrológico e hidráulico de la cuenca baja del río Lurín; lo que permitirá establecer zonas de riesgos con mayores criterios y podrá ser aplicado en otros estudios o ámbitos de estudio con características similares.

A nivel teórico, esta investigación se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre zonificación de riesgos por inundación fluvial, permite adoptar estrategias preventivas, paliativas o de reducción de desastres mediante la zonificación. La zonificación, además de ser un componente clave en el diseño y la aplicación de medidas, ayuda a cuantificar la gravedad de los daños y los costos sociales y económicos de un lugar concreto.

A nivel práctico, este estudio se realiza porque existe la necesidad de conocer el riesgo por inundación fluvial en la población asentada en la cuenca baja del río Lurín, por los antecedentes acaecidos durante El Fenómeno El Niño 2017 y el Ciclón Yacu 2023 con la finalidad de formular propuestas de protección contra posibles inundaciones en la zona de estudio, contribuyendo a disminuir los impactos colaterales del evento hidrológico al que están expuestos permanentemente, reduciendo daños físicos a la población, infraestructura, entre otros. Asimismo, se propone la reducción de problemas ambientales que afectan a la población en la salud y calidad de vida.

#### ***1.4.2 Importancia***

Ante la ocurrencia del FEN en la cuenca baja del río Lurín, la zonificación del riesgo de inundación es primordial para la sociedad, ya que nos permitirá sugerir alternativas de protección y prevención ante la probabilidad de inundaciones, minimizando los posibles impactos a las habitantes en el área de estudio.

En lo económico, servirá como fuente de datos para el manejo de iniciativas de prevención de desastres por parte del gobierno y los municipios que políticamente unen la cuenca baja, como Lurín, Pachacamac y Cieneguilla, y ayudará en las decisiones respecto a la seguridad y protección de la población a través de la adecuada ubicación de sus viviendas y servicios.

Asimismo, en el ámbito cultural, esta investigación permitirá que los pobladores asentados en las riberas del río Lurín, conozcan los posibles riesgos que los acarrearán, tomen conciencia y participen en los programas de prevención que pueda realizar alguna entidad.

Promoverá el desarrollo de enfoques novedosos de análisis de riesgos en el ámbito medioambiental utilizando diversas variables hidrológicas y empleando SIG. El último beneficio es que ayudará a otras iniciativas centradas en el manejo integrada de las cuencas hidrográficas.

## **1.5 Hipótesis**

### ***1.5.1 Hipótesis nula ( $H_0$ )***

La zonificación de riesgos por inundación no permitirá proponer medidas de protección en la cuenca baja del río Lurín.

### ***1.5.2 Hipótesis alternativa ( $H_a$ )***

La zonificación de riesgos por inundación permitirá proponer medidas de protección en la cuenca baja del río Lurín.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Bases teóricas

#### 2.1.1 Inundaciones

Según Gómez (2000), las inundaciones se producen cuando las aguas de un río se desbordan y dejan tras de sí rocas, arena, limo y arcilla al desviarse de su cauce. Son el resultado de un aumento excepcional del caudal que supera la capacidad del cauce, invadiendo los terrenos próximos a sus orillas, depositando detritos en la zona cubierta por el agua y afectando negativamente a las actividades agrícolas, las vías de transporte y los centros poblados.

De acuerdo con Cárdenas (2000), las inundaciones son acumulaciones lentas o bruscas de grandes cantidades de agua sobre una superficie determinada. Varios factores contribuyen a su origen, dependiendo de las características locales. Entre las más destacadas están:

- Lluvias torrenciales y huracanadas sobre zonas sin un sistema eficaz de drenaje o evacuación de aguas.
- Roturas o desbordamientos de presas de almacenamiento.
- Desbordamiento de cauces de ríos, rotura y/o derrumbe de muros de contención o canalización para proteger las riberas de inundaciones o carreteras.
- La ocurrencia de flujos torrenciales como huaycos y su rápida ubicación en conos de deyección y planicies de inundación.
- Los tsunamis y las olas de los ciclones oceánicos que se producen cerca de las costas bajas.

Respecto a las inundaciones fluviales, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) indica que este tipo de inundaciones son producidas cuando las “lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes”. (INDECI, Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales, 2011)

### **2.1.2 Zonificación de Riesgo por Inundación**

La zonificación, en general, es el proceso de división regular o irregular de una zona de estudio, que da lugar a la definición de áreas únicas con atributos particulares y un nivel alto de similitud interna en todos o algunas de sus características importantes para fines particulares. Uno de los tipos de zonificación corresponde a las áreas de riesgo y vulnerabilidad (ZRV) y su metodología consiste en la agregación cartográfica manual de los tres factores de riesgo: peligrosidad, vulnerabilidad y exposición. (Bravo Ortiz, 2012)

En una cuenca, según Smith, Vélez, Rave, Caballero, & Botero, 2004 la zonificación del riesgo *“se constituye como uno de los pilares de su ordenamiento ya que condiciona el uso del suelo y ofrece las pautas para encaminar los planes estratégicos de desarrollo en las mismas. Así, una zonificación adecuada del riesgo debe contemplar el estudio de los riesgos específicos que por la acción de cada una de las amenazas naturales identificadas se presentan en la cuenca”*.

Para la zonificación de riesgos por inundación se debe identificar las zonas inundables, definiendo los peligros de inundación, que están condicionadas no sólo por el caudal máximo de la crecida sino por el material de acarreo de las quebradas que desembocan al río modificando la sección hidráulica de los cauces por el proceso de colmatación y erosión produciéndose pérdida de la capacidad de conducción e inundación. (Gómez, 2000)

Los procedimientos de ordenación y uso del suelo se basan en el conocimiento de zonas con distintos niveles de riesgo, por lo que deben reflejar los usos que pueden hacerse de ellas y los posibles daños a los que se expondrían dichos usos. (INDECI, Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales, 2011). En ese sentido, INDECI ha definido criterios de zonificación territorial del riesgo ante inundaciones fluviales, como se muestra a continuación:

#### **Tabla 1.**

*Zonificación Territorial de Riesgo ante Inundaciones Fluviales*

<b>Leyenda</b>	<b>Pérdidas y Daños Previsibles en Caso de Uso para Asentamientos Humanos</b>	<b>Implicancias para el Ordenamiento Territorial</b>
<b>Riesgo muy alto</b>	Las personas están en peligro tanto dentro como fuera de sus casas. Existen grandes probabilidades de destrucción repentina de edificios y/o casas. Los eventos se manifiestan con una intensidad relativamente débil, pero con una frecuencia elevada o con intensidad fuerte. En este caso, las personas están en peligro afuera de los edificios.	Zona de prohibición, no apta para la instalación, expansión o densificación de asentamientos humanos. Áreas ya edificadas deben ser reubicadas, o protegidas con importantes obras de protección, sistemas de alerta temprana y evacuación temporal.
<b>Riesgo alto</b>	Las personas están en peligro afuera de los edificios, pero no o casi no adentro. Se debe contar con daños en los edificios, pero no destrucción repentina de éstos, siempre y cuando su modo de construcción haya sido adaptado a las condiciones del lugar.	Zona de reglamentación, en la cual se puede permitir de manera restringida, la expansión y densificación de asentamientos humanos, siempre y cuando existan y se respeten reglas de ocupación del suelo y normas de construcción apropiadas. Construcciones existentes que no cumplan con las reglas y normas deben ser reforzadas, protegidas o desalojadas y reubicadas.
<b>Riesgo medio</b>	El peligro para las personas es Regular. Los edificios pueden sufrir daños moderados o leves, pero puede haber fuertes daños al interior de los mismos.	Zona de sensibilización, apta para asentamientos humanos, en la cual la población debe ser sensibilizada ante la ocurrencia de este tipo de peligro, a nivel moderado y poco probable, para el conocimiento y aplicación de reglas de comportamiento apropiadas ante el peligro.

<b>Leyenda</b>	<b>Pérdidas y Daños Previsibles en Caso de Uso para Asentamientos Humanos</b>	<b>Implicancias para el Ordenamiento Territorial</b>
<b>Riesgo bajo</b>	El peligro para las personas y sus intereses económicos son de baja magnitud, con probabilidades de ocurrencia mínimas.	Zona de sensibilización, apta para asentamientos humanos, en la cual los usuarios del suelo deben ser sensibilizados ante la existencia de peligros muy poco probables, para que conozcan y apliquen reglas de comportamiento apropiadas ante la ocurrencia.
<b>Riesgo nulo</b>	Los Indicadores del peligro son inexistentes.	Zonas de Asentamientos Humanos e inversiones sociales, económicas entre otros.

*Nota.* Tomado del *Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales*, INDECI, 2011.

### **2.1.3 Evaluación de Riesgo**

El riesgo puede definirse como el resultado de relacionar el peligro y la vulnerabilidad de los elementos expuestos con el fin de evaluar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicos y medioambientales asociados a uno o varios fenómenos peligrosos en un territorio determinado y con referencia a grupos o unidades sociales y económicos específicos. (Lavell Thomas, 2003)

Gómez (2000) en su tesis de maestría, añade al concepto de evaluación de riesgo la estimación cuantitativa de la probabilidad de que se produzca una pérdida de vidas, daños materiales, pérdidas económicas y pérdidas patrimoniales durante un periodo de tiempo definido. Se describe en términos probabilísticos.

INDECI condensa las ideas anteriores, definiendo la evaluación de riesgos como el grupo de actividades "in situ" utilizados para recopilar datos sobre peligros, vulnerabilidad y estimación del riesgo (pérdida de vidas e infraestructuras en términos de probabilidad), con el

fin de sugerir medidas preventivas. (INDECI, Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres, 2006)

#### **2.1.4 Evaluación de Peligro**

Se consideran peligros o amenazas naturales todos los eventos hidrometeorológicos, o geológicos que, por su intensidad y frecuencia, afectan negativamente a las personas, sus estructuras o sus actividades. Los peligros naturales de mayor significancia a nivel nacional son: inundaciones, huaycos, deslizamientos, erosión de suelos, sedimentación de ríos, heladas, sequías, desertificación, contaminación de aguas, salinización, sismos, etc. (Gómez, 2000)

Para determinar la localización y gravedad probables de los eventos naturales, así como la posibilidad de que se produzcan en un momento y lugar determinados, la evaluación de riesgos se lleva a cabo mediante el análisis y la revisión de la información científica disponible en la actualidad (mapas, informes y estudios anteriores). (Cardona, 1991)

Según la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los ríos Negro y Nare (CONARE) de Colombia, pone de manifiesto que la determinación de las zonas afectadas por la elevación del nivel de las aguas en los cursos de agua y áreas de inundación es la base para determinar el nivel de riesgo, y que para ello también es necesario identificar las actividades de las zonas que contribuyen a los caudales que vierten en los ríos de la cuenca. En este sentido, podemos afirmar que como consecuencia del estudio del riesgo de inundación se elaboran dos mapas. El primero muestra los lugares que pueden inundarse en los cauces principales de una cuenca; estas áreas se denominan zonas inundables, mientras que el segundo mapa muestra las áreas que podrían evitar las inundaciones; estas áreas se denominan zonas de control. (CORNARE, 2012)

#### **2.1.5 Evaluación de Vulnerabilidad**

Según Vásquez (2003), la vulnerabilidad es la condición o situación de la población de estar expuesta ante un fenómeno natural o antrópico. Asimismo, Gómez (2000), añade a esta definición *“la susceptibilidad de que una comunidad sea afectada por algún fenómeno, expresada en su capacidad para “absorber”, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea por su “inflexibilidad” o incapacidad para adaptarse a un cambio, que para la comunidad constituye, por las razones expuestas, un riesgo”*.

Según INDECI en el Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales, 2011 *“es posible identificar, evaluar y analizar los diversos indicadores que reflejarán el nivel de susceptibilidad, fragilidad y capacidades que caracterizan una determinada condición espacio-temporal de la vulnerabilidad territorial del área en estudio a través del análisis de los diferentes tipos de vulnerabilidad, los cuales están directa e indirectamente relacionados con la potencial ocurrencia de una inundación”*.

En otras palabras, la evaluación de la vulnerabilidad es el proceso de identificar el nivel de susceptibilidad y propensión a la pérdida o daño de un elemento o grupo de elementos económicos, sociales y humanos expuestos a una amenaza específica, así como los contextos y factores que pueden impedir o dificultar significativamente la recuperación, rehabilitación y reconstrucción con los recursos de que dispone la unidad social afectada. (Lavell Thomas, 2003)

### **2.1.6 Fenómeno El Niño**

El fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur (ENOS), comúnmente conocido por ese término en los círculos científicos, es un fenómeno importante que no sólo afecta al Pacífico Sur. El aumento de la temperatura del mar en el Pacífico se conoce como Fenómeno de El Niño. Además, se produce un descenso de la presión atmosférica a lo largo de la costa del

Pacífico Sur Oriental y un aumento de la presión en Oceanía. (SENAMHI, Estudio Nacional sobre Fenómeno El Niño (ENFEN), 2008)

La ocurrencia del fenómeno “El Niño” en nuestras costas, de efectos mundiales, ha provocado una variación climática que ha puesto en funcionamiento máximo a las cuencas de casi la totalidad de 53 ríos y quebradas principales que forman parte de la vertiente del pacífico, con una extensión superficial aproximada de 279,689 Km<sup>2</sup> o sea el 21.7% del área total del país y en una longitud de 3,000 Km, los otros 956,751 Km<sup>2</sup> (74.5%) de la superficie del país corresponden a la cuenca hidrográfica del Amazonas, donde también se ha producido, aunque en menor grado, las crecientes inundaciones. (Gómez, 2000)

Los últimos eventos del FEN ocurrieron en 1982-1983 y 1997-1998, provocando inundaciones y deslizamientos de tierra que afectaron a personas, ganado y zonas agrícolas. Las aguas estancadas causaron la proliferación de mosquitos, desencadenando enfermedades. Las cálidas aguas de El Niño destruyeron los hábitats típicos que sustentan a los peces de agua fría, lo que acabó con el sector pesquero.

La estimación del daño en pérdidas humanas, personas y viviendas afectadas ocasionado por este evento se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2.**

*Daños por Sector y Estimados de Riesgo para el Fenómeno El Niño*

	<b>1982-1983</b> <b>El Niño</b>	<b>1997-1998</b> <b>El Niño</b>	<b>2017</b> <b>El Niño Costero</b>
<b>Población</b>	512 muertos, 1.27 millones de afectados	366 muertos, 0.53 millón de afectados	114 muertos, 1.08 millón de afectados
<b>Infraestructura de transporte</b>	2600 km de vías, 51 puentes	3136 km de vías, 370 puentes	4931 km de vías, 881 puentes (489 totalmente destruidos)

<b>Vivienda</b>	98 000 casas destruidas: 111 000 dañadas	48 563 casas destruidas; 108 000 dañadas	38 728 viviendas colapsadas, 372 020 dañadas y 27 635 totalmente destruidas
<b>Educación</b>	875 escuelas dañadas	2873 escuelas dañadas	2150 escuelas dañadas
<b>Salud</b>	260 puestos de salud dañados	580 puestos de salud dañados	726 puestos de salud dañados
<b>Pérdidas totales en dólares americanos</b>	3.28 mil millones (en USD de 1998)	3.5 mil millones (1998)	~3.9 mil millones (2017)

Nota. Tomado de *El Niño Costero: Las inundaciones de 2017 en el Perú*, Venkateswaran, MacClune, & Enríquez, 2017.

### 2.1.7 Medidas de Control y Protección

Las medidas de control y protección, según Cárdenas (2000), son un conjunto de medidas tendientes a solucionar problemas generados por la energía erosiva del agua.

Entre las medidas de prevención y control se tiene: las medidas agronómicas (defensas vivas – naturales y defensas vivas – forestadas) y medidas estructurales.

Las medidas de control se emplean para disminuir el riesgo de desastres, según la página web de la Estrategia Internacional para la Reducción de Catástrofes (EIRD). Suelen incluir medidas de ingeniería (estructurales), pero también pueden ser medidas no estructurales e instrumentos utilizados para prevenir o atenuar los efectos negativos de los desastres naturales y las catástrofes tecnológicas y medioambientales subsiguientes. (EIRD, 2004)

La Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - SINAGERD, 2011 menciona que “*en el contexto de la gestión del desarrollo sostenible, también representan actividades destinadas a prevenir la generación de nuevos riesgos en la sociedad y a reducir los que ya existen*”.

### **2.1.8 Modelamiento SIG**

La cartografía, evaluación de peligros y vulnerabilidades, así como la aplicación de estrategias de gestión de riesgos de desastres, utilizan cada vez más los SIG (EIRD, 2004).

Además, facilita el desarrollo participativo de técnicas automatizadas para calcular la variabilidad geográfica de las inundaciones. Una mayor integración de los SIG en los actuales sistemas de evaluación de inundaciones permitirá mejorar las previsiones de inundaciones en un contexto geográfico, teniendo en cuenta la gestión y evaluación de riesgos. (Cárdenas, 2000)

## **2.2 Definición de términos básicos**

### **2.2.1 Desastres**

Los desastres son circunstancias o procesos sociales que resultan del desarrollo de un fenómeno de origen natural, socio-natural o antropogénico que, al entrar en contacto con condiciones de vulnerabilidad en una población y en su estructura productiva e infraestructura, provoca cambios intensos, graves y generalizados en las condiciones normales de funcionamiento del país, región, zona o comunidad afectada. En muchos casos, estos cambios no pueden ser afrontados ni resueltos de forma autónoma. (Lavell Thomas, 2003)

Según Gómez (2000) en su tesis de maestría “Gestión de Inundaciones del Río Rímac”, un desastre puede definirse como “un evento o suceso que ocurre, en la mayoría de los casos, de forma repentina e inesperada, causando sobre los elementos sometidos alteraciones intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o pérdida de los bienes de una colectividad y/o daños severos sobre el medio ambiente”.

Vásquez (2003) afirma que un desastre natural es el conjunto de daños que se producen por una incidencia fenomenológica exclusivamente natural, en la cual requiere de auxilio social o apoyo externo.

Desde este punto de vista, las inundaciones se consideran desastres cuando provocan daños por el desbordamiento o derrame de cursos de agua naturales como consecuencia de la

escorrentía de precipitaciones en cantidades demasiado grandes para caber en los cauces bajos de los ríos. (Córdova Trujillo, 2003)

### **2.2.2 Cuenca Hidrográfica**

Según Bravo (2012), *“la cuenca hidrográfica constituye el ámbito territorial apropiado para el manejo de los recursos naturales, en particular del agua y también del espacio adecuado para organizar y ordenar el territorio según los diferentes usos del suelo”*.

Desde el punto de vista técnico, la cuenca es el área que drena hacia un punto situado en los límites de una región hidrográfica (Gómez L. y Valverde T, 1998). Además, está limitada por líneas divisorias de aguas de los puntos de máximas alturas de las cordilleras, colinas y ondulaciones geográficas, cuyas precipitaciones caen en ellos permitiendo al flujo del agua escurrir en la cuenca y llegar al dren, formando una quebrada, un riachuelo, un río, una laguna o un lago. (Vásquez, 2003)

### **2.2.3 Sistema de Información Geográfica**

El término "sistema de información geográfica" se refiere a un conjunto de procedimientos, instrumentos e información destinados a actuar de forma lógica y coordinada en la recolección, almacenamiento, análisis, transformación y presentación de toda la información geográfica y sus atributos con el fin de satisfacer diversos propósitos.

El SIG provee la habilidad de integrar los resultados de modelos con otras capas de información, incluyendo el proceso de toma de decisiones (Cárdenas, 2000) y a ello se le denomina gestión de base de datos.

Según ESRI, 2016, *“el objetivo actual de un SIG consiste en crear, compartir y aplicar útiles productos de información basada en mapas que respaldan el trabajo de las organizaciones, así como crear y administrar la información geográfica pertinente”*.

Por otro lado, los SIG pueden ser una alternativa de costo efectivo a métodos convencionales de estudio a nivel de planeamiento, dirigido a identificar zonas, por la proyección en pantalla de grandes áreas, requiriendo análisis intensivo. (Cárdenas, 2000)

#### **2.2.4 Medidas No Estructurales**

Las medidas no estructurales son aquellas que no implican obras físicas de construcción y hacen uso de conocimientos, costumbres o acuerdos ya existentes para reducir el riesgo y sus efectos, en particular mediante reglamentos, legislación y una mayor concienciación, educación y formación del ciudadano (ISDR, 2009).

Por ejemplo, según Escuder, Matheu, & Castillo (2010) *“en el caso de inundaciones estas medidas comprenden desde medidas de planeamiento urbano en zonas inundables hasta Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIHs)”*.

Según Cárdenas (2000), existen también medidas agronómicas constituidas por defensas vivas – naturales y defensas vivas – forestadas.

El primero consiste en un conjunto de especies arbóreas y arbustivas densamente plantadas que están presentes en ambas orillas del cauce y mantienen un follaje de 30-40 m de espesor como garantía de la seguridad de la zona. El segundo método se basa en plantas y arbustos de raíces profundas que se plantan una vez identificada la parte estable del río. Las plantas más populares a lo largo de la costa de Perú son "Sauces", "Huacan" y "Huarango", así como arbustos como "Chilca", "Callacas" y "Pájaro Bobo", y caña en su variedad "Guayaquil", "Carrizo" y "Caña brava". (Cárdenas, 2000)

#### **2.2.5 Medidas Estructurales**

El uso de técnicas de ingeniería para producir resistencia y resiliencia frente a peligros, o la construcción física necesaria para mitigar o prevenir los efectos potenciales de los peligros, son ejemplos de medidas estructurales. (ISDR, 2009).

En caso de inundaciones, estas precauciones incluyen la construcción de estructuras de ingeniería para reducir la erosión provocada por la escorrentía superficial. (Cárdenas, 2000)

Algunas medidas estructurales desarrolladas en nuestro país son las presas y los diques (Escuder, Matheu, & Castillo, 2010).

### 2.3 Marco legal

Las leyes, decretos supremos y resoluciones ministeriales relacionados a la gestión de riesgo de desastres e inundaciones a nivel nacional, son las siguientes:

- **Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, publicado el 15 de octubre de 2005.** Según el Artículo 1.- Del derecho y deber fundamental: “toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas (...)”.
- **Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM. Política Nacional del Ambiente, publicada el 23 de mayo de 2009.** El Eje de Política 1. Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica, menciona que se debe: “impulsar la gestión integrada de cuencas, con enfoque ecosistémico para el manejo sostenible de los recursos hídricos y en concordancia con la política de ordenamiento territorial y zonificación ecológica y económica”.
- **Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres. SINAGERD, publicada el 18 de febrero de 2011.** En su Artículo 5, define la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres como el conjunto de orientaciones dirigidas a impedir o reducir los riesgos de desastres, evitar la generación de nuevos riesgos y efectuar una adecuada preparación, atención, rehabilitación y reconstrucción ante

situaciones de desastres, así como a minimizar sus efectos adversos sobre la población, la economía y el ambiente. Los objetivos del SINAGERD se encuentran definidos en el Artículo 8 y son los siguientes: identificación de los peligros, el análisis de las vulnerabilidades y el establecimiento de los niveles de riesgo para la toma de decisiones oportunas en la Gestión del Riesgo de Desastres, prevención y reducción del riesgo, evitando gradualmente la generación de nuevos riesgos y limitando el impacto adverso de los peligros, a fin de contribuir al desarrollo sostenible del país. Y promoción de la participación de diferentes actores locales, de la sociedad civil y del sector privado en general, en la identificación de prioridades y el desarrollo de acciones subsidiarias pertinentes. Asimismo, el Artículo 12 define al CENEPRED como un organismo público ejecutor, con calidad de pliego presupuestal, adscrito a la Presidencia del Consejo de Ministros”, con las siguientes funciones: asesorar en el desarrollo de las acciones y procedimientos que permitan identificar los peligros de origen natural o los inducidos por el hombre, analizar las vulnerabilidades y establecer los niveles de riesgo que permitan la toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres y establecer los lineamientos para la elaboración de planes de prevención y reducción del riesgo, lo que implica adoptar acciones que se orienten a evitar la generación de nuevos riesgos en la sociedad y a reducir las vulnerabilidades y riesgos existentes en el contexto de la gestión del desarrollo sostenible.

- **Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, aprobada el 23 de marzo de 2009.** De acuerdo al artículo 74, “En los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios (...)”. Asimismo, el artículo 119, explica que la Autoridad Nacional, conjuntamente con los Consejos de Cuenca respectivos, fomenta programas integrales de control de avenidas, desastres

naturales o artificiales y prevención de daños por inundaciones o por otros impactos del agua y sus bienes asociados, promoviendo la coordinación de acciones estructurales, institucionales y operativas necesarias. Dentro de la planificación hidráulica se fomenta el desarrollo de proyectos de infraestructura para aprovechamientos multisectoriales en los cuales se considera el control de avenidas, la protección contra inundaciones y otras medidas preventivas.

- **Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades, aprobada el 26 de mayo de 2003.** El artículo 82 de la presente ley establece como competencia de las municipalidades “(...) Fortalecer el espíritu solidario y el trabajo colectivo, orientado hacia el desarrollo de la convivencia social, armoniosa y productiva, a la prevención de desastres naturales y a la seguridad ciudadana (...)” Así como “(...) Coordinar con el Comité de Defensa Civil del distrito las acciones necesarias para la atención de las poblaciones damnificadas por desastres naturales o de otra índole (...)”, según el artículo 85.
- **Ley N° 28221, Ley que regula el derecho por extracción de materiales de los cauces de los ríos por la Municipalidades, aprobado el 07 de mayo de 2004.** Según el Artículo 1, “Las Municipalidades Distritales y las Municipalidades Provinciales en su jurisdicción, son competentes para autorizar la extracción de materiales que acarrear y depositan las aguas en los álveos o cauces de los ríos y para el cobro de los derechos que correspondan (...)” y de acuerdo al artículo 4, “la zona de extracción se ubicará siguiendo el eje central del cauce del río, sin comprometer las riberas ni obras hidráulicas existentes en ellas”.
- **Decreto Supremo 021-2017-PCM, aprueba el Reglamento que establece disposiciones para la conducción y la participación multisectorial de entidades del Estado en la gestión del riesgo de desastres para la atención de emergencias ante la ocurrencia de lluvias y peligros asociados, durante el año 2017.** Según el artículo 5 del reglamento: el Consejo Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres es el órgano de máximo nivel de

decisión política y de coordinación estratégica para el funcionamiento de los procesos de Gestión del Riesgo de Desastres en el país. El Ministro de Defensa lidera y conduce la gestión del riesgo de desastres para la atención de las emergencias ante la ocurrencia de lluvias y peligros asociados, durante el 2017. Según el artículo 6, CENEPRED con la finalidad de elaborar escenarios de riesgo de desastres de manera diaria, centraliza la información técnica y científica proporcionada por SENAMHI, ANA, CONIDA, IMARPE, IGN, IGP y DHNM. Y el INDECI procesa la información correspondiente a los escenarios de riesgo remitidos por el CENEPRED, que deberá ser comunicada a los ministerios, instituciones y entidades de primera respuesta.

- **Decreto Supremo 034-2014-PCM, Plan Nacional de Gestión del riesgo de desastres 2014 – 2021, aprobado el 12 de mayo de 2004.** El PLANAGERD identifica la topología de los proyectos de inversión pública relacionados con la protección física contra los riesgos de inundaciones, aluviones, lluvias torrenciales y corrimientos de tierras, y establece la identificación de las inversiones en la gestión del riesgo de catástrofes.
- **Resolución Ministerial N° 1135-2006-AG** indica que donde se aprueban los lineamientos básicos del financiamiento público para la ejecución de los proyectos del programa de encauzamiento de ríos y protección de estructuras de captación - PERPEC, Período 2007-2009, de fecha 31 de agosto de 2006.
- **Resolución Ministerial N° 334-2012-PCM**, aprueba lineamientos técnicos sobre la estimación del riesgo de desastres con la finalidad que sea útil a los que tienen la obligación de tomar decisiones y contribuya al efectivo funcionamiento del SINAGERD.
- **Resolución Ministerial N° 147-2016-PCM**, aprueba lineamientos para la implementación del proceso de reconstrucción y dispone de mecanismos para implementar la reconstrucción enmarcado en la planificación del desarrollo sostenible, reduciendo el

riesgo y asegurando la recuperación social, la reactivación económica y la recuperación física de las localidades.

- **Resolución Ministerial N° 222-2013-PCM**, que adopta lineamientos técnicos sobre procedimiento de Prevención de Riesgos de Desastres. Las entidades de los tres niveles de gobierno que conforman el SINAGERD reciben directrices de este reglamento, que les permiten incluir acciones que frenen la creación de nuevos riesgos en la sociedad en los instrumentos de ordenamiento territorial y uso del suelo, así como en las normas urbanísticas y de edificación.

Respecto a la normativa internacional relacionada a la gestión de riesgo de desastres e inundaciones a nivel internacional, se tiene los siguientes:

- **Directiva 2007/60/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, aprobado el 23 de octubre de 2007, tiene por objeto reducir y gestionar los riesgos que las inundaciones suponen para la salud humana, el medio ambiente, la infraestructura y la propiedad, evaluando el riesgo en las cuencas hidrográficas y regiones costeras, cartografiando las zonas proclives a inundaciones importantes y diseñando planes de gestión del riesgo de inundación a través de la estrecha cooperación entre los países de la UE.
- **Directiva 2000/60/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, aprobado el 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. La Directiva marco sobre el agua (DMA) establece un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas a fin de prevenir y reducir la contaminación y paliar los efectos de las inundaciones y las sequías.
- **Manual de Gestión de Riesgo de Desastres para el Patrimonio Mundial** de la UNESCO, publicado en el 2014, tiene por objeto concientizar a los administradores y responsables del Patrimonio Mundial sobre el alcance real de los riesgos asociados a los

desastres, y, lo que es más importante, proporcionarles una metodología sólida para identificar, evaluar y posteriormente reducir esos riesgos, con el fin de preservar su patrimonio y velar por que contribuya con todo su potencial al desarrollo sostenible de sus comunidades.

- **Agenda 2030**, aprobada en setiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental de los 193 Estados Miembros que la suscribieron y aborda 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS), que a su vez se disgregan en 169 metas a alcanzar”. El objetivo 11 propone “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, para ello una de sus metas consiste en reducir significativamente el número de muertes causadas por los desastres, incluidos los relacionados con el agua, y de personas afectadas por ellos, y reducir considerablemente las pérdidas económicas directas provocadas por los desastres.

### III. MÉTODO

#### 3.1 Tipo de investigación

El tipo de estudio es **no experimental**, ya que, según Hernández, Fernández y Baptista, (2010, p. 149) en este tipo de investigación no hay manipulación de variables, los fenómenos se estudian en su entorno natural y se observan las circunstancias reales en lugar de generalizarlas. También es **aplicada** debido a que según Murillo (2008) se utiliza un procedimiento. Este procedimiento consistió en la zonificación de riesgos, lo que ha permitido determinar niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo.

Asimismo, de acuerdo con la temporalidad, según Hernández, Fernández y Baptista, (2010) el estudio es **transversal** porque se realiza en un tiempo puntual.

##### 3.1.1 Nivel de Investigación

El presente trabajo presenta los siguientes niveles:

- a. **Descriptivo**, porque observa y describe las características que presenta una variable y presenta el estado actual de un hecho mediante la observación, en este caso el análisis de riesgos en el área de estudio (Danhke, 1989, citado en Hernández et al., 2003, p.117).
- b. **Correlacional**, porque se utiliza para predecir cómo actuará una variable cuando se conoce el comportamiento de la otra. Trata de definir relaciones (correlaciones) entre dos o más variables en un momento determinado.

##### 3.1.2 Diseño de Investigación

El diseño de investigación tiene un **enfoque cuantitativo** debido a que las variables se miden numéricamente, realizando también un análisis estadístico para probar la hipótesis de la investigación que consistió con la aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) para la estimación de peligro, vulnerabilidad y riesgos.

## 3.2 Ámbito temporal y espacial

### 3.2.1 Ámbito temporal

En el ámbito temporal de este estudio se incluye el registro total de datos pluviométricos del SENAMHI para los años 1964-2018, es decir un total de 54 años. Se eligió este período porque incluye seis (06) estaciones con acceso a datos anuales y es adecuado para realizar este tipo de estudio. Las estaciones seleccionadas fueron Antioquia, Manchay Bajo, San Lorenzo de Escomarca, Langa, Chosica y Huarochirí, el detalle se muestra en el Tabla:

**Tabla 3.**

*Estaciones Hidrometeorológicas*

Estaciones	Longitud	Latitud	Altitud	Periodo de Información	
				Inicio	Fin
<b>Manchay Bajo</b>	-76.867	-12.167	148	1964	1980
<b>Chosica</b>	-76.733	-11.933	850	1989	2018
<b>Antioquía</b>	-76.500	-12.083	1839	1965	2018
<b>Langa</b>	-76.400	-12.100	2860	1980	2018
<b>Huarochirí</b>	-76.233	-12.133	3154	1964	2018
<b>San Lázaro de Escomarca</b>	-76.350	-12.183	3600	1964	2018

*Nota.* Tomado del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2019.

### 3.2.2 Ámbito espacial

La cuenca baja del río Lurín, que constituye el 12% de la cuenca total, está incluida en el ámbito espacial.

**3.2.2.1 Ubicación Geográfica.** Geográficamente, la cuenca baja del río Lurín se ubica en el suroeste del Perú, en el departamento y provincia de Lima, y tiene una extensión aproximada de 20,059.63 hectáreas.

La subcuenca de la quebrada Tinajas, la cuenca del río Rímac y el Océano Pacífico forman sus límites norte, noreste y suroeste, respectivamente. Las coordenadas (Zona 18 Sur) de los puntos extremos del área de investigación se muestran en la siguiente tabla. Ver figura 1.

**Tabla 4.***Localización de puntos extremos de la Cuenca Baja del Río Lurín*

<b>Puntos</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
<b>Punto 1</b>	8655300	290113
<b>Punto 2</b>	8642574	293139
<b>Punto 3</b>	8654223	310543
<b>Punto 4</b>	8662864	297792

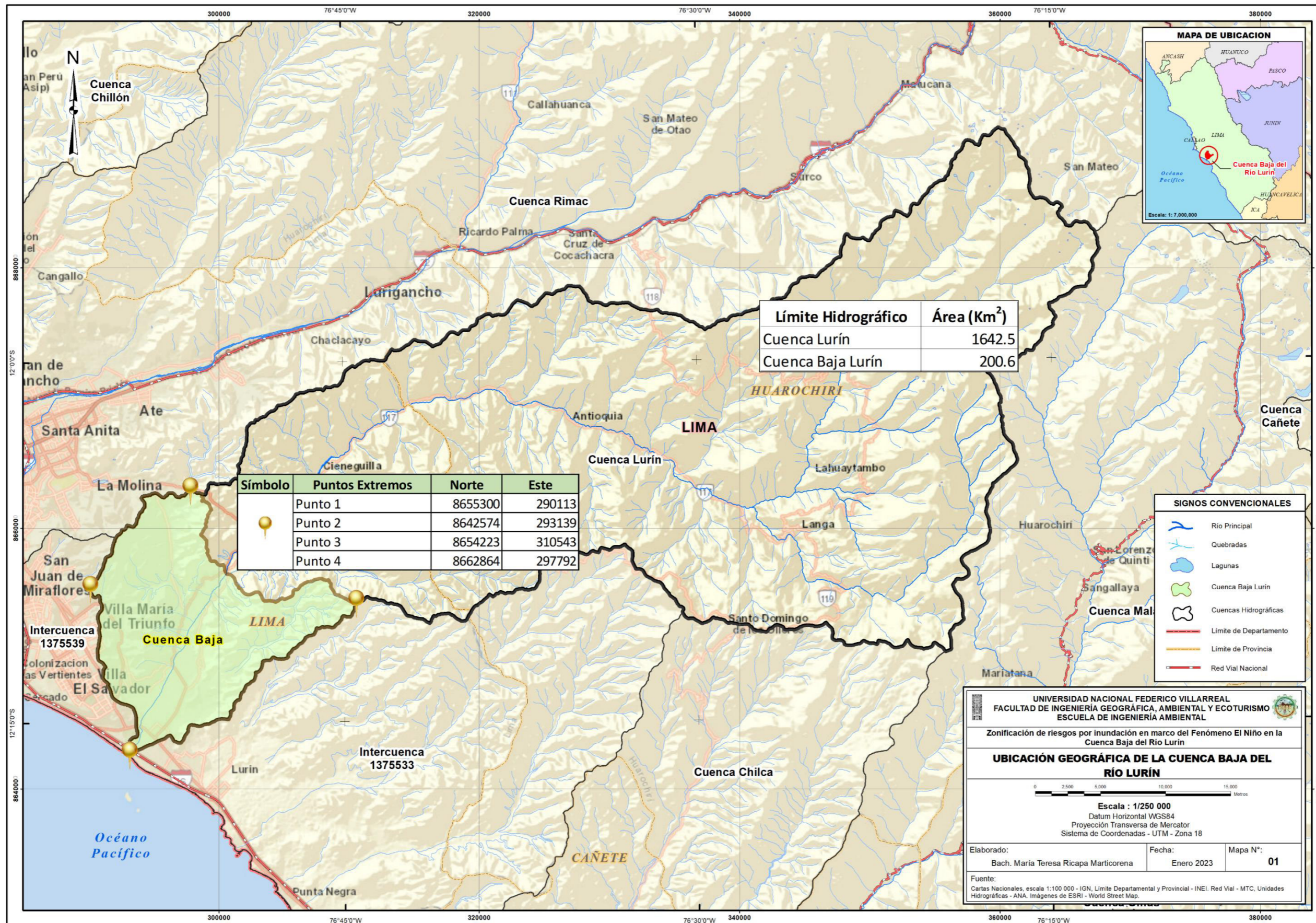
**3.2.2.2 Ubicación Política.** Desde el punto de vista político, la cuenca baja del río Lurín se ubica en el departamento de Lima y está conformada por seis (6) distritos, entre ellos Villa María del Triunfo, Villa el Salvador, La Molina, Cieneguilla, Pachacámac y Lurín, siendo estos tres últimos los principales distritos que se abastecen de las aguas superficiales del río.

La cuenca baja del río Lurín cuenta con dieciséis (16) centros poblados, según los datos más recientes del censo del INEI (2017). Ver Figura 2.

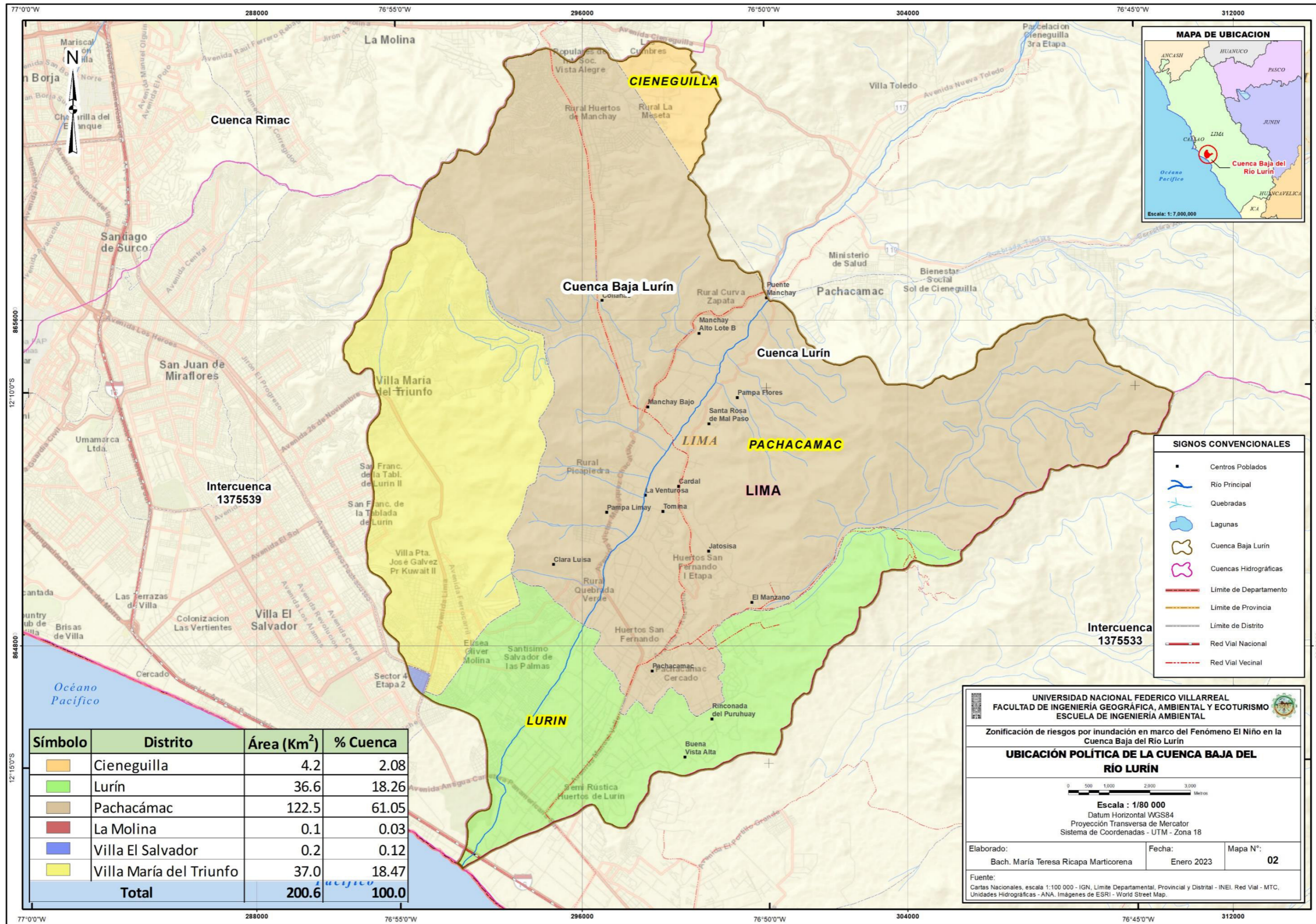
**3.2.2.3 Ubicación Hidrográfica.** Según las delimitaciones hidrográficas revisadas por la ANA en 2017 y el sistema de codificación Pfafstetter, la cuenca baja es una de las subcuencas tributarias del río Lurín.

El área de esta investigación se distingue por el desarrollo de valles significativos para el turismo y la producción de alimentos y es considerada como el último "pulmón verde" de Lima.

**Figura 1.**  
Ubicación Geográfica de la cuenca baja del río Lurín



**Figura 2.**  
Ubicación Política de la cuenca baja del río Lurín



**3.2.2.4 Vías de acceso.** Debido a sus tres principales vías de acceso terrestre, que pasan por los distritos de Pachacámac, Lurín y Cieneguilla, la cuenca baja se considera un lugar accesible.

La primera ruta es mediante un bus que transite por toda la Panamericana Sur e ingrese a la Antigua Panamericana hasta el Puente Lurín, pasando por las chicharronerías del distrito con un recorrido de 37 km. La segunda ruta es tomar un autobús por toda la carretera Panamericana Sur hasta la zona de Lurín, y luego otro bus por la Antigua Panamericana Sur y la avenida Manuel Valle en Pachacámac para recorrer los 38 km hasta Quebrada Verde. Y, la tercera ruta consiste en tomar dos buses, el primero desde la Carretera Central hasta la Av. La Molina con un recorrido de 10 km y el segundo bus hasta la Av. Cieneguilla, haciendo un recorrido de 25 km.

Adicionalmente, existen un conjunto de caminos rurales que se conectan longitudinal y transversalmente a la cuenca baja. Ver Figura 3.

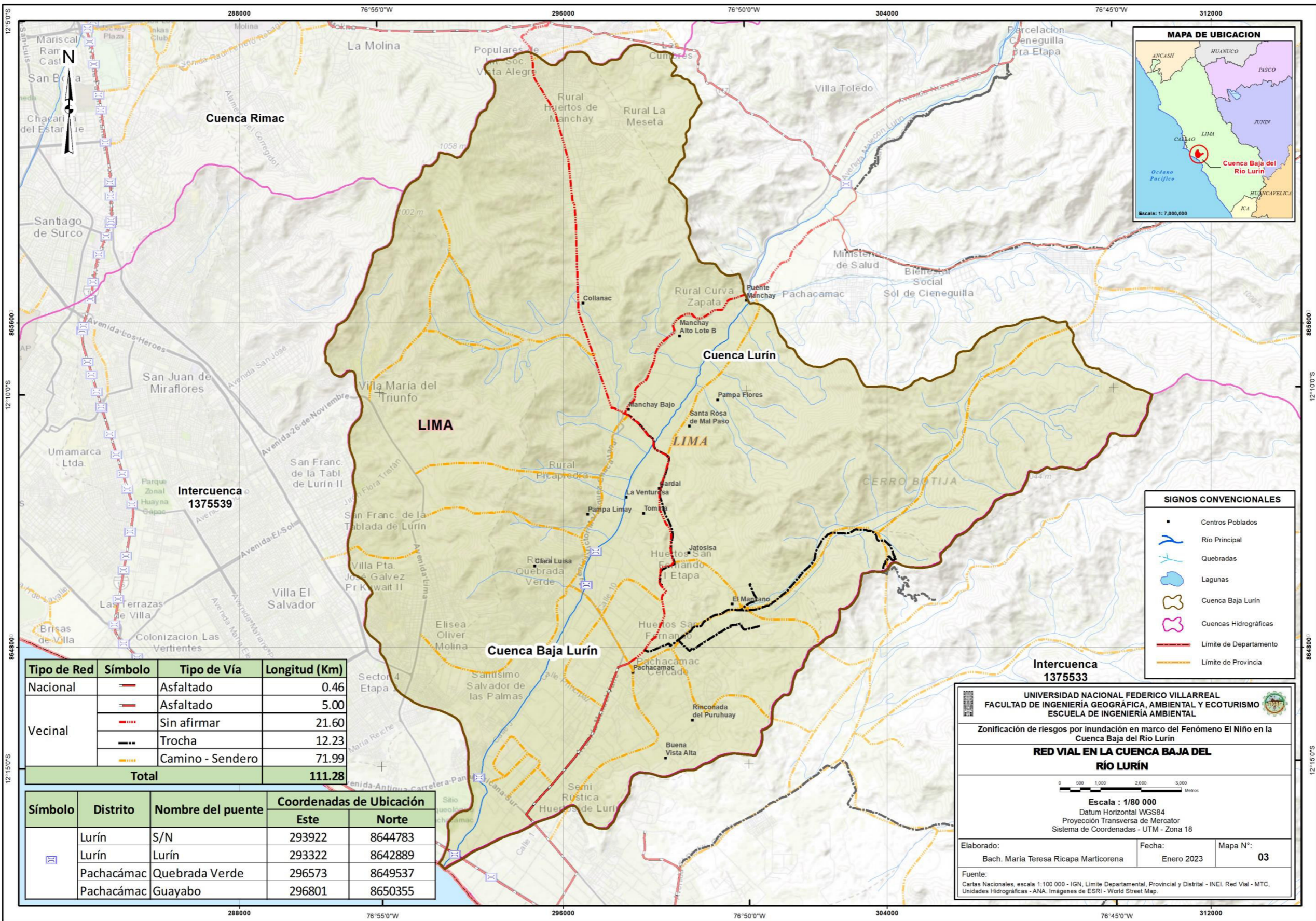
En la siguiente tabla se presentan las rutas de acceso, medio de transporte, tiempo y costo de viaje aproximado hasta el ámbito de estudio:

**Tabla 5.**

*Costo y tiempo de transporte a la Cuenca Baja del Río Lurín*

Ruta	Medio de Transporte	Origen	Destino		Tiempo (Horas)	Costo (Soles)
			Centro Poblado	Distrito		
1	Bus	Centro de Lima	Puente Lurín	Lurín	2	4.00
1	Colectivo		Puente Lurín	Lurín	1.5	10.00
2	Bus y microbús		Quebrada Verde	Pachacámac	2.5	5.00
2	Colectivo		Quebrada Verde	Pachacámac	2	10.00
3	Bus (2)		La Cruz	Cieneguilla	2	5.00
3	Bus y colectivo		La Cruz	Cieneguilla	1.5	6.50

**Figura 3.**  
Red vial en la cuenca baja del río Lurín



### 3.3 Variables

#### 3.3.1 Variables del Objetivo General

**Tabla 6.**

*Variables del Objetivo General*

<b>Variables</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidades</b>
Dependiente: <b>Inundación</b>	Desborde lateral del agua de los ríos, lagos, mares y/o represas, cubriendo temporalmente los terrenos bajos y adyacentes a sus riberas.	Precipitación Máxima Caudal Máximo Pendiente Topografía Tiempo de retorno	mm  m <sup>3</sup> /s % % Años
Independiente: <b>Zonificación de riesgo</b>	Delimitación de zonas que considera un análisis de los elementos expuestos ante un peligro.	Áreas de peligro Áreas de vulnerabilidad Áreas de riesgo  Población Infraestructuras	Km <sup>2</sup> Cantidad de manzanas Cantidad de manzanas  % %
Interviniente: <b>Fenómeno el Niño</b>	Fenómeno climático relacionado con el calentamiento del Pacífico.	-	-

#### 3.3.2 Variables de los Objetivos Específicos

a) Primer Objetivo

**Tabla 7.**

*Variables del Primer Objetivo Específico*

<b>Variables</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidades</b>
Dependiente: <b>Peligros</b>	Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido.	Inundación	Km <sup>2</sup>
Dependiente: <b>Vulnerabilidad</b>	Grado de debilidad o exposición de un conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro.	Infraestructuras  Actividades productivas	%  %

<b>Independiente: Diagnóstico</b>	El diagnóstico es un estudio previo a toda planificación o proyecto y que consiste en la recopilación de información, su ordenamiento, su interpretación y la obtención de conclusiones.	Aspecto Físico	Clima	mm - °C
			Recursos Hídricos	Parámetros
			Suelos	%
			Capacidad de Uso del Suelo	Ha
			Relieve	%
		Aspecto Social	Población	%
			Comunidades	%
		Aspecto Económico	Vivienda	Unidades
			Otras infraestructuras	Unidades

## b) Segundo Objetivo

**Tabla 8.***Variables del Segundo Objetivo Específico*

<b>Variables</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidades</b>
<b>Dependiente: Zonas de riesgo</b>	Zonas que consideran un análisis de los elementos expuestos ante un peligro.	Áreas de peligro	Km <sup>2</sup>
		Áreas de vulnerabilidad	Cantidad de manzanas
		Áreas de riesgo	Cantidad de manzanas
		Población	%
		Viviendas	%
<b>Independiente: Modelamiento SIG</b>	Herramienta de modelamiento y administración de datos espaciales.	Entradas y salidas	shp
		Herramientas	tbx
<b>Independiente: Modelamiento hidrológico</b>	Representación de componentes del ciclo hidrológico.	Precipitación	mm
		Altura	msnm
		Caudal	m <sup>3</sup> /s

## c) Tercer Objetivo

**Tabla 9.***Variables del Tercer Objetivo Específico*

<b>Variables</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad</b>
Dependiente: <b>Medidas estructurales</b>	Cualquier construcción física para reducir o evitar los riesgos.	Presupuesto	S/.
Dependiente: <b>Medidas no estructurales</b>	Cualquier medida que no suponga una construcción física y que utiliza el conocimiento, las prácticas o los acuerdos existentes para reducir el riesgo.	Presupuesto	S/.
Independiente: <b>Propuestas de protección</b>	Conjunto de actividades a implementar para minimizar los posibles impactos.	Perfil de proyectos Presupuesto	Documento S/.

### 3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.4.1 Población

La cuenca del río Lurín en su conjunto, incluidos todos sus atributos desde la parte alta, media y baja, constituye la población objeto de la investigación.

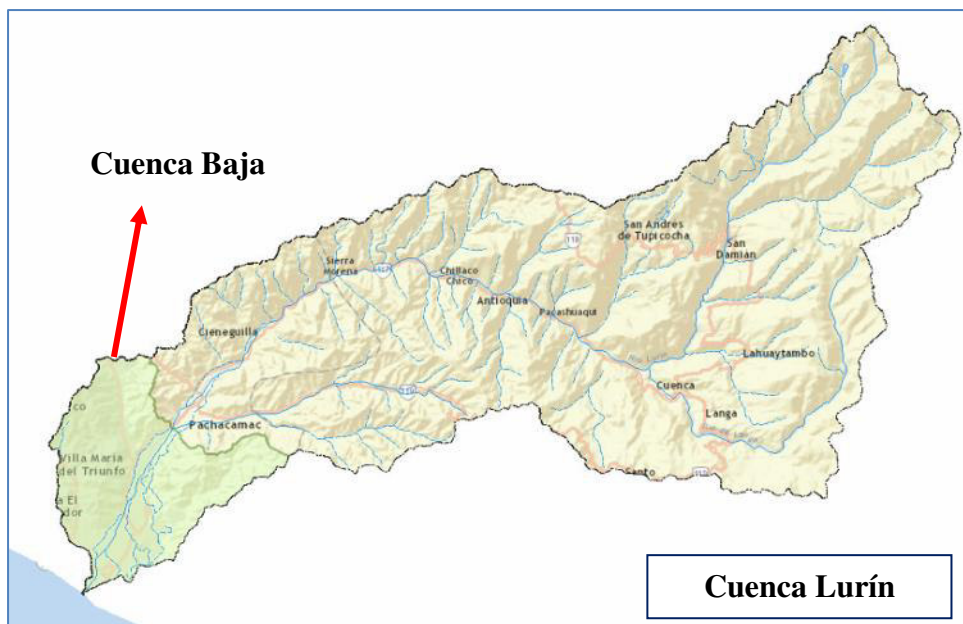
#### 3.4.2 Muestra

La muestra ha sido tomada en forma determinística y está representada por la cuenca baja del río Lurín (con una precipitación <100mm/anual) porque es el lugar donde físicamente se dan las inundaciones como consecuencia del flujo torrencial proveniente de las zonas altas. (Ver Figura 4)

Los distritos de Cieneguilla, Lurín y Pachacamac, alimentados por las aguas superficiales del río, conforman la cuenca baja, según el “Informe sobre Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la Cuenca del Río Lurín” del INGEMMET. (Villacorta, Rosado, & Nuñez, 2014)

#### **Figura 4.**

*Cuenca Baja del Río Lurín*



### 3.5 Instrumentos

Se utilizaron materiales de campo, equipos de gabinete, software, instrumentos de evaluación e información cartográfica para el desarrollo adecuado de la investigación, los cuales se describen a continuación:

#### 3.5.1 *Materiales*

- Cámara Fotográfica. Utilizado para capturar imágenes de las zonas de peligro y vulnerabilidad en los márgenes izquierdo y derecho del río.
- GPS Garmin. Empleado para tomar las coordenadas de los puntos seleccionados para el levantamiento de perfiles transversales en el río.
- Cinta y varillas métricas. Se midieron secciones transversales del lecho del río en los distritos de la cuenca de estudio utilizando cinta de lona.

### Figura 5.

*Cinta y varilla métrica*



*Nota.* Fotografía tomada en trabajo de campo, durante la medición de secciones transversales en el año 2016.

- Mapas de Ubicación. Utilizado para el reconocimiento de la zona de estudio y la localización de los puntos para el levantamiento de secciones transversales.
- Libreta/Tablero de Apuntes. Se utilizó para tomar nota de observaciones en el reconocimiento de campo, coordenadas de puntos, levantamiento de secciones y encuestas realizadas a la población.
- Teléfono celular. Utilizado para la realización de encuestas online para el análisis de vulnerabilidad en la zona de investigación.

### 3.5.2 Equipos

Los equipos fueron utilizados para la redacción e impresión de los diferentes documentos empleados en el estudio:

- Computadora personal
- Scanner
- Impresora

### 3.5.3 Programas utilizados

- ArcMap 10.8. Se utilizaron programas informáticos de SIG para crear mapas y evaluar el riesgo espacial.


- GeoODK. Se utilizó un software gratuito de creación de encuestas para crear cuestionarios de análisis de vulnerabilidades en el ámbito de la investigación.
- AutoCAD 2014. Software empleado para elaboración de perfiles transversales y visualización de catastro distrital.
- Microsoft Office 2016. Empleado para elaboración de documentos (Microsoft Word), cálculos (Microsoft Excel) y presentaciones (Microsoft Power Point).


#### ***3.5.4 Instrumentos de Evaluación***

- Encuestas para análisis de vulnerabilidad. En los distritos del ámbito de estudio, situados en las márgenes derecha e izquierda del río Lurín, se aplicó un formulario (encuesta en dispositivo móvil) para la evaluación de la vulnerabilidad. Ver Anexo A.1
- Mediciones en campo. Se elaboraron formatos para el registro de información respecto al levantamiento de perfiles transversales en estaciones definidas en el reconocimiento de campo y un formato para el registro de los datos de clasificación granulométrica realizada en dichas estaciones. Ver Anexo A.2 y Anexo A.3.
- Instrumentos periodísticos y televisivo. Utilizados como antecedentes para la elaboración de la presente investigación.


#### ***3.5.5 Información Básica y Mapas Temáticos***

- Información de Cartográfica Básica. Para la creación de los siguientes mapas, se recopilaron datos de la cartografía base del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1/100.000:

 Mapa de ubicación geográfica y política


 Mapa de red hidrográfica


El siguiente mapa se ha elaborado a partir de datos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) sobre vías municipales, regionales y nacionales:

 Mapa de acceso y red vial

- Información de análisis de peligro. El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) proporcionó información sobre geología y geomorfología para este análisis. El Ministerio del Ambiente (MINAM) proporcionó datos sobre ecosistemas, suelos y cobertura vegetal. El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) proporcionó datos sobre la capacidad de uso de suelos, permitiendo la elaboración de los mapas:


 Mapa geomorfológico

 Mapa geológico

 Mapa de pendientes


 Mapa de suelos

 Mapa de cobertura vegetal

 Mapa ecológico

 Mapa de capacidad de uso mayor de suelos

Para el estudio hidrometeorológico se recopilaron datos del SENAMHI sobre la precipitación total mensual de varias estaciones, desarrollando el siguiente mapa:


 Mapa de isoyetas por periodos de retorno

- Información de análisis de vulnerabilidad. El INEI, el Instituto Nacional de Cultura (INC), la ANA, el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) y el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) proporcionaron la siguiente información para este análisis:

 Centros poblados y viviendas

 Sitios y zonas arqueológicos

 Infraestructura hidráulica

 Servicios de electricidad (conexiones domiciliarias, postes, subestaciones)

- ✚ Servicios de hidrocarburos líquidos menores y gas natural (grifos)
- ✚ Servicios de actividades industriales
- ✚ Servicios de actividades mineras

Respecto a la información sobre catastro fue solicitada a la Municipalidad de Lurín y se descargó información del Censo 2017 realizada por INEI, respecto a parcelas agrícolas se recolectó información mediante el uso de imágenes de satélite de Google Earth.

- Información de análisis de riesgo. Se obtuvo mediante el análisis de los mapas mencionados anteriormente (peligro y vulnerabilidad), obteniendo la siguiente información:
  - ✚ Mapa de riesgos en la cuenca baja del río Lurín a nivel de manzanas
  - ✚ Mapa de población y viviendas por niveles de riesgo
  - ✚ Mapa de centros educativos por niveles de riesgo
  - ✚ Mapa de centros de salud por niveles de riesgo

### 3.6 Procedimientos

El procedimiento realizado para el presente trabajo se ha desarrollado mediante actividades distribuidas en tres etapas:

#### 3.6.1 *Etapa de Pre – Campo*

Para esta etapa, que involucra la delimitación del área de investigación y la recopilación de materiales bibliográficos que permitieron la elaboración del diagnóstico físico, socioeconómico y cultural, se realizaron las siguientes actividades:

- a) **Búsqueda de antecedentes referentes a la zona de estudio.** Se recopilaron estudios, tesis, artículos periodísticos, artículos de investigación relacionados al área de estudio y la ocurrencia de inundaciones.

- b) **Recolección de datos meteorológicos e hidrológicos.** Se identificaron las estaciones pertenecientes a la cuenca de estudio y las cuencas vecinas, recolectando datos de precipitación y caudales principalmente.
- c) **Delimitación cartográfica del área de estudio.** Con el uso del programa ArcGIS se delimitó el área de estudio que comprende los distritos de Pachacamac, Lurín y Cieneguilla, principalmente.
- d) **Elaboración de un Diagnóstico Preliminar.** A partir de la información encontrada como antecedente, imágenes satelitales y artículos periodísticos se elaboró un diagnóstico preliminar del ámbito de investigación.
- e) **Elaboración de encuestas.** Las encuestas se elaboraron teniendo como referencia la guía del INDECI para estimar el riesgo, la vulnerabilidad y la peligrosidad. Ver Anexo A.1

### **3.6.2 Etapa de Campo**

Consiste en la ejecución, la verificación y corrección de lo planteado en la etapa de pre-campo, considerando:

- a) **Reconocimiento de peligros y vulnerabilidad.** Se realizó una primera visita para identificar de manera visual e in situ los peligros y vulnerabilidad existentes en las zonas más próximos al cauce del río Lurín.
- b) **Mediciones de secciones transversales.** Se realizaron dos visitas para la medición de secciones al cauce del río y conocer el perfil transversal y la morfología del cauce en las zonas más críticas. En la Tabla 10 y Figura 7 se describe la localización de los tramos críticos donde se realizaron las mediciones y en la Figura 6 se observa la medición realizada en una estación.

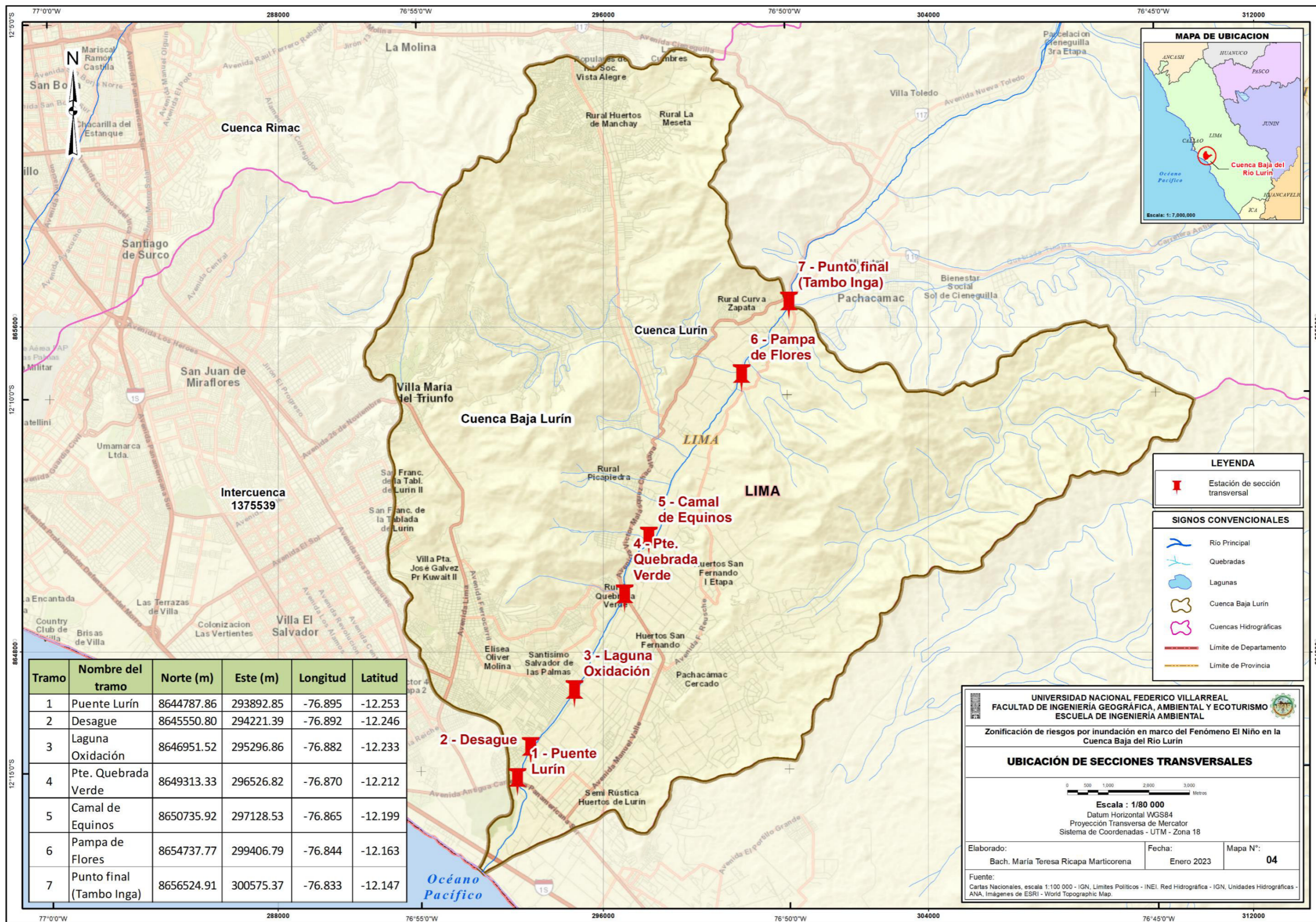
**Tabla 10.***Ubicación de estaciones de medición de secciones transversales*

<b>Tramo</b>	<b>Nombre del tramo</b>	<b>Norte (m)</b>	<b>Este (m)</b>
1	Puente Lurín	8644787.86	293892.85
2	Desagüe	8645550.80	294221.39
3	Laguna Oxidación	8646951.52	295296.86
4	Pte. Quebrada Verde	8649313.33	296526.82
5	Camal de Equinos	8650735.92	297128.53
6	Pampa de Flores	8654737.77	299406.79
7	Punto final (Tambo Inga)	8656524.91	300575.37

**Figura 6.***Medida de sección transversal en el Río Lurín*

*Nota.* Fotografía tomada en medición realizada en campo en el año 2016.


**Figura 7.**  
Ubicación de secciones transversales



c) **Aplicación de encuestas y registro fotográfico.** Se realizó una tercera visita de campo para aplicar encuestas de forma no probabilística y por conveniencia a personas asentadas en la ribera del río Lurín, con el fin de obtener información sobre eventos de inundaciones y los daños ocurridos en la zona. La aplicación de encuestas se realizó utilizando GeoODK Collect, software de acceso gratuito y disponible en sistema operativo Android. Para el uso de la encuesta virtual se descargó la aplicación en el teléfono móvil realizando las configuraciones respectivas de acuerdo a lo descrito en la siguiente tabla:

**Tabla 11.**

*Características de la encuesta virtual*

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ícono de aplicación</b>
Aplicación	GeoODK Collect	
Servidor	<a href="https://odk.ona.io/consulta">https://odk.ona.io/consulta</a>	
Usuario	consulta	
Contraseña	consulta123	

Con el fin de recolectar los datos para la determinación de la vulnerabilidad en las casas construidas en las riberas del río Lurín, la información configurada en el formulario se dividió en seis (06) secciones, incluyendo: información personal, servicios básicos, información del entorno, información económica, conocimiento de la gestión del riesgo de desastres, y el registro de la ubicación y fotografías, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 12.**

*Estructura de la encuesta de vulnerabilidad*

<b>Sección</b>	<b>Campo</b>	<b>Descripción del campo</b>
1. Datos Personales	tEdad	Edad
	tSexo	Sexo
	tCCPP	Centro poblado al que pertenece
	tNino	¿Vive con niños?
	tEdadnino	Especifique edad promedio de los niños
	tAnciano	¿Vive con ancianos?
	tEdadanciano	Especifique edad promedio de ancianos
	tServicios	¿Con qué servicios cuenta en su vivienda?

2. Servicios Básicos	tAgua	¿Cómo se abastece de agua?
	tOtro1	Especifique otra forma de abastecimiento de agua
	tAlumbrado	¿Cuál es el tipo de alumbrado que tiene su vivienda?
	tOtro2	Especifique otro tipo de alumbrado
	tCultivo	¿Cuenta con áreas de cultivo?
	tTipoCultivo	¿Qué tipo de cultivos siembra?
	tOtro3	Especifique qué otro cultivo siembra
	tArea	Especifique el área de cultivo en general
	tUnidad	Especifique la unidad de medida
3. Información del entorno	tInfraestructura	¿Qué infraestructura utiliza para el regadío?
	tOtro4	Especifique qué otra infraestructura utiliza para regadío
	tVias	¿Qué tipo de vías existen cerca de su vivienda?
	tOtro5	Especifique que otra vía existe cerca de su vivienda
	tColegio	¿Existen colegios cerca?
	tNivelColegio	¿Qué niveles de enseñanza tiene el colegio más cercano?
	tDistColegio	Especifique la distancia aproximada del colegio al cauce del río
	tSalud	¿Existen centros de salud cerca?
	tDistSalud	Especifique la distancia aproximada del centro de salud al cauce del río
4. Información económica	tInstruccion	Indique su grado de instrucción
	tLaboral	Situación laboral familiar
	tIngreso	Respecto al ingreso para cubrir la canasta familiar
	tMaterial	Material predominante de la vivienda
	tOtro6	Especifique qué otro material tiene su vivienda
	tAntigüedad	Antigüedad de la vivienda
	tPisos	Número de pisos de la vivienda
5. Conocimiento de la gestión de riesgo de desastres	tDistVivienda	Distancia aproximada de la vivienda al cauce del río Lurín
	tCapacitacion	¿Ha recibido capacitación sobre gestión de riesgo de desastres?
	tTipoCapacitacion	Especifique de qué manera lo han capacitado
	tOtro7	Indique de qué otra forma lo han capacitado
	tEvento	¿Ha ocurrido un desborde o inundación en esta zona?
	tFechaEvento	Especifique cuándo ocurrió este evento
6. Ubicación y Fotos	tMedida	¿Conoce cuáles son las medidas para evacuar ante estos desastres?
	tTipoMedida	Especifique una medida de evacuación
	tUbigeo	Registrar su ubicación
	tReferencia	Indicar una referencia de su ubicación

tImage1	Capture una fotografía
tImage2	Capture una fotografía adicional
end	Fecha y hora que culminó la encuesta

*Nota.* El detalle de la encuesta publicada con GeoODK se puede observar en el Anexo A.1.

### 3.6.3 *Etapa de Gabinete*

En esta fase se realizan los cambios necesarios en relación con el diagnóstico preliminar y la identificación del peligro y la vulnerabilidad. También se analiza, evalúa y procesa la información para formular propuestas. Para ello se realizaron las siguientes acciones:

- a) **Elaboración del diagnóstico físico, económico y social.** Se realizó el diagnóstico de la cuenca baja del río Lurín teniendo en cuenta los factores físico-biológicos y socioeconómicos a partir de los datos recopilados en el pre-campo y campo.
- b) **Diseño de modelos.** En esta etapa se elaboraron modelos para la determinación de zonas propensas a inundación fluvial, realizando una revisión de los aspectos conceptuales que permitan definir la estructura lógica de la información y los algoritmos correspondientes a los procedimientos que se muestran a continuación:

- Modelo de Inundaciones, está definida por la siguiente función:

$$N_i = f(\text{Max24h}, \text{Pend}, \text{Qmáx}, \text{Ap})$$

Donde:

$N_i$  = Nivel de inundación

$\text{Max24H}$  = Precipitación Máxima en 24 horas

$\text{Pend}$  = Pendiente del río

$\text{Qmáx}$  = Caudal máximo

$\text{Ap}$  = Área permisible por sección transversal

- Modelo de evaluación de peligros, está definida por la siguiente función:

$$N_p = f(\text{Fdesc}, \text{Fcond}, \text{Pe})$$

Donde:

Np	= Nivel de peligro
Fdesc	= Factores desencadenantes
Fcond	= Factores condicionantes
Pe	= Parámetros de evaluación

- Modelo de evaluación de vulnerabilidad, está definida por la siguiente función:

$$Nv = f(V_{\text{social}}, V_{\text{económica}})$$

Donde:

Nv	= Nivel de vulnerabilidad
Vsocial	= Vulnerabilidad social
Veconómica	= Vulnerabilidad económica

- c) **Implementación de base de datos.** Los datos recogidos de diversas fuentes se ajustaron al ámbito de la investigación y la estructura de la base de datos se sometió a una revisión a detalle. Se utilizó la *Geodatabase* denominada "BD\_TESIS\_LURIN" para organizar la estructura de la base de datos, que se dividió en *Features Dataset* y *Features Class*. La siguiente figura muestra la estructura física de la base de datos:

**Figura 8.**

#### *Diseño Físico de la Base de Datos*

BD_TESIS_LURIN.gdb	TB_AE_MANZANA_CONOC_CAPACT_GRD
DS_01_CARTOGRAFIA_BASE	TB_AE_MANZANA_ETARIO
DS_02_FENOMENOS	TB_AE_MANZANA_FAJA_MARGINAL
DS_03_AMBITO_ESTUDIO	TB_AE_MANZANA_MATERIAL_PARED
RS_BAS_DEM_CUENCA_BAJA_LURIN	TB_AE_MANZANA_MATERIAL_PISO
RS_BAS_DEM_CUENCA_BAJA_LURIN_100	TB_AE_MANZANA_POBLACION
RS_BAS_DEM_CUENCA_BAJA_LURIN_25	TB_AE_MANZANA_SERV_AGUA
RS_BAS_DEM_PERU_90	TB_AE_MANZANA_SERV_ELECTRICIDAD
RS_BAS_PENDIENTE	TB_AE_MANZANA_SIT_LAB_INGRESO
RS_BAS_PP	TB_AE_MANZANA_TIPO_VIVIENDA
RS_BAS_PP_CUENCA_BAJA_LURIN	TB_AE_MINERIA
RT_BAS_MINAM_DESLIZAMIENTO_2014	TB_AE_PARCELAS
TB_AE_AREAS_PARCIALES	TB_AE_PELIGRO_EDUCACION
TB_AE_CANALES	TB_AE_PELIGRO_MANZANA
TB_AE_COBERTURA_VEG	TB_AE_PELIGRO_SALUD
TB_AE ECOLOGIA	TB_AE_PENDIENTE
TB_AE_ECOSISTEMA	TB_AE_RED_GN
TB_AE_ENCUESTA_TESIS	TB_AE_RED_HIDROGRAFICA
TB_AE_ESTACIONES_HIDRO_CLIMA	TB_AE_RED_TROCHA
TB_AE GEOLOGIA	TB_AE_RED_VECINAL
TB_AE GEOMORFOLOGIA	TB_AE_RIESGO_EDUCACION
TB_AE GRIFOS	TB_AE_RIESGO_MANZANA
TB_AE_INEI_MANZANA_BD	TB_AE_RIESGO_SALUD
	TB_AE_SED
	TB_AE_VULNERABILIDAD
	TB_INEI_CENSO_2017

- d) **Implementación de criterios.** Alude a los criterios establecidos para determinar los niveles de riesgo de inundación en el ámbito de la investigación. Para ello, se clasificó de la siguiente manera:

**Tabla 13.**

*Ponderaciones para determinar los niveles de peligro*

Ponderación susceptibilidad		Ponderación parámetros de evaluación	
<b>Factores condicionantes</b>	<b>Factor desencadenante</b>	0.6	<b>Tiempo de retorno</b>
0.6	0.4	0.25	<b>Área inundada FEN 97-98</b>
			0.4
			0.75

**Tabla 14.**

*Ponderaciones para determinar los niveles de vulnerabilidad*

Vulnerabilidad social		Vulnerabilidad económica		Vulnerabilidad
Valor dimensión social	Peso dimensión social	Valor dimensión económica	Peso dimensión económica	
0.494	0.500	0.468	0.500	0.481
0.263	0.500	0.278	0.500	0.270
0.138	0.500	0.145	0.500	0.142
0.069	0.500	0.073	0.500	0.071
0.035	0.500	0.037	0.500	0.036

**Tabla 15.**

*Ponderaciones para determinar los niveles de riesgo*

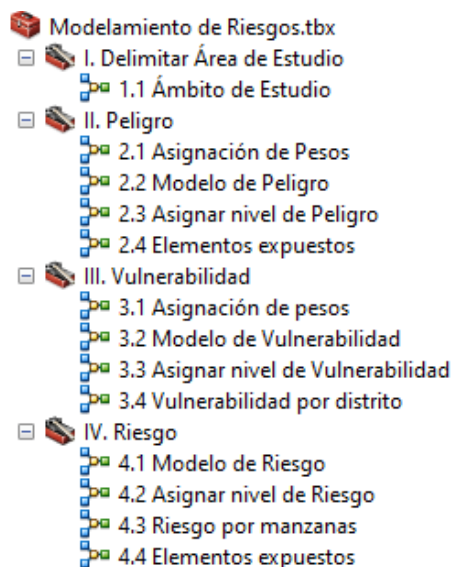
Nivel	Rango				
<b>Muy alto</b>	0.071	≤	<b>R</b>	≤	0.210
<b>Alto</b>	0.023	≤	<b>R</b>	<	0.071
<b>Medio</b>	0.007	≤	<b>R</b>	<	0.023
<b>Bajo</b>	0.002	≤	<b>R</b>	<	0.007

- e) **Automatización de los modelos.** Para la ejecución automatizada de los modelos se elaboró un conjunto de herramientas contenidas en un Toolbox denominada “Modelamiento de Riesgos” y organizadas en Toolsets, haciendo uso del ambiente de ModelBuilder en ArcGIS y utilizando el software ArcMap para el despliegue de

resultados. Los modelos automatizados utilizados para la presente investigación se muestran a continuación:

### Figura 9.

#### *Modelos Automatizados del Estudio*



f) **Producción de mapas y reportes.** Para la elaboración de mapas se ha utilizado como ambiente de despliegue el software ArcMap versión 10.7, disponiendo de una impresora a color. Y, para la elaboración de reportes, se utilizaron los modelos de geoprocésamiento implementados.

g) **Elaboración de propuestas de prevención y protección.** Con el fin de promover la inversión en medidas preventivas y de protección en la cuenca baja objeto de estudio, se elaboraron propuestas de proyectos estructurales y no estructurales a partir de los datos obtenidos.

### 3.7 Análisis de datos

Se utilizaron métodos estadísticos y métodos espaciales, los cuales se describen a continuación:

### 3.7.1 *Métodos Estadísticos*

Se analiza la correspondencia que existe entre 2 variables, así como el análisis de consistencia, frecuencia probabilística y los modelos que determinan los caudales máximos.

Los métodos estadísticos utilizados en esta investigación son los siguientes:

- a) **Análisis de Consistencia.** Los elementos climáticos como la precipitación tienen un comportamiento determinado respecto a la altura y se manifiesta de manera directa, aumentando la precipitación con la altitud. Mediante los datos de las estaciones hidrometeorológicas de la Cuenca Lurín y las cuencas adyacentes se determinó el comportamiento espacial de la precipitación en función de la altura haciendo uso de correlaciones estadísticas.
- b) **Modelo de Caudales.** A partir de los datos sobre caudales máximos e intensidad de las precipitaciones, se determinaron fórmulas que relacionan los caudales con la altura de la cuenca y las intensidades máximas.
- c) **Regionalización.** Permite determinar modelos regionales entre las variables de precipitaciones y caudales de la cuenca y las cuencas adyacentes con características similares, logrando el traslape de información con zonas que carecen de ella, lo que es necesario para la definición de parámetros hidrológicos.
- d) **Proceso de análisis jerárquico (AHP) - Saaty.** Este método permite la toma de decisiones en base a una evaluación multicriterio, jerarquización de procesos y priorización de opciones para la selección de la opción más conveniente. En esta investigación se ha utilizado para establecer los niveles de peligro y vulnerabilidad en la zona de estudio. Para evaluar los parámetros y descriptores se utiliza una escala numérica la cual detalla el nivel de importancia de las variables, tal como se aprecia a continuación:

**Figura 10.***Escala de Saaty*

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

*Nota.* Tomado del *Manual de Evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales v.2* (p.32), CENEPRED, 2015.

### 3.7.2 Método Espacial

**a. Aplicación del SIG.** Se elaboraron modelos de geoprocesamiento que permitieron identificar las zonas con riesgo de inundación. Este análisis geográfico es un proceso natural que permite describir y/o interpretar el ordenamiento y la dinámica de todos los elementos que conforman el área de estudio. El modelamiento constituye una herramienta de análisis bajo el enfoque de sistemas mediante expresiones lógicas, procedimientos analíticos y criterios aplicados a la información.

### **3.8 Consideraciones éticas**

La presente investigación fue estructurada con los criterios éticos, tales como:

- Fuentes bibliográficas citadas: Se citó todas las fuentes bibliográficas según lo establecido en (APA-7 edición).
- Idoneidad de la metodología utilizada: La información utilizada para la evaluación de riesgos está acorde a las características de la cuenca baja del río Lurín considerando aspectos técnicos para la adecuada recopilación y geoprocesamiento de la información cartográfica.
- Veracidad de los datos recopilados: La información básica utilizada para esta investigación corresponde al INEI y fuentes oficiales de cartografía.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Diagnóstico general

#### 4.1.1 Diagnóstico físico

**4.1.1.1 Parámetros Geomorfológicos.** La mayoría de las características hidrológicas que se dan en un área geográfica específica se analizan utilizando una unidad fisiográfica denominada cuenca hidrográfica. La evaporación, la infiltración y el flujo superficial, entre otros elementos del ciclo hidrológico, son algunas de las propiedades físicas de una cuenca hidrográfica cuya comprensión es importante. (Díaz, Mamadou, Iturbe, Esteller, & Reyna, 1999)

En ese sentido, para predecir el comportamiento de la cuenca baja del río Lurín ante el riesgo de inundación resulta necesario el cálculo de parámetros geomorfológicos.

Los parámetros geomorfológicos considerados para esta investigación fueron los siguientes:

**a) Área de la Cuenca Baja (A).** El área de la cuenca, también conocida como área de drenaje, es posiblemente la característica más significativa de la cuenca, ya que establece el volumen potencial de escorrentía y produce tormentas que pueden cubrir una gran región.

Utilizando el software ArcMap 10.8, se calculó el área de la cuenca baja, obtenida de la base de datos de la ANA, quienes realizaron la delimitación y codificación de la cuenca mediante el método de Otto Pfafstetter (1989).

$$A = 200.60 \text{ Km}^2$$

El área calculada representa el 12.2 % de la extensión total de la cuenca del río Lurín.

**b) Perímetro de la Cuenca Baja (P).** El perímetro es la distancia entre el límite exterior de la cuenca y la línea *divortium aquarum*, que viene determinada por el tamaño y la forma del ámbito de estudio.

El perímetro del ámbito de investigación se midió con el programa ArcMap 10.8, obteniendo:

$$P = 75.90 \text{ Km}$$

c) *Longitud del río principal (L)*. Se refiere al camino que realiza el río desde la parte alta de la cuenca baja hasta su desembocadura, siguiendo su dirección o sinuosidad. Dicho parámetro fue calculado con el software ArcGIS 10.8.

$$L = 16.68 \text{ Km}$$

d) *Ancho promedio de la cuenca (Ap)*. Está representado por la relación entre el área de la cuenca baja y la longitud del río más largo.

#### Fórmula 1.

*Ancho promedio de la cuenca*

$$Ap = \frac{A}{L}$$

Dónde:

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

L = Longitud del curso de agua más largo (Km).

El ancho promedio de la cuenca baja del río Lurín obtenido fue:

$$Ap = 20.69 \text{ Km}$$

e) *Índice de compacidad (Kc)*. Se describe como la relación entre el perímetro de un círculo y su área, que es igual al tamaño de la cuenca baja.

#### Fórmula 2.

*Ancho promedio de la cuenca*

$$Kc = 0.282 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dónde:

P = Perímetro (Km).

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

El índice de compacidad de la cuenca baja del río Lurín fue:

$$Kc = 1.51$$

La cuenca baja tiene forma circular y, en consecuencia, es más vulnerable a las inundaciones, ya que el valor de compacidad alcanzado se aproxima a la unidad.

f) **Factor de forma (Ff).** Esta variable establece la relación entre la anchura media y la longitud del curso de agua más largo de la cuenca baja y muestra la tendencia de la crecida en el cauce. Utiliza la fórmula que se muestra a continuación:

### Fórmula 3.

*Factor de forma*

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

Dónde:

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

L = Longitud del curso de agua más largo (Km).

Para el área estudiada, el factor de forma obtenido es el siguiente:

$$Ff = 2.13$$

El valor obtenido es superior a la unidad, se deduce que la cuenca baja no está expandida sino más bien encajonada con tendencia a concentrar un intenso aguacero, formando fácilmente grandes crecidas.

g) **Rectángulo equivalente (Re).** Es una representación geométrica que convierte las cotas de nivel de la cuenca en líneas paralelas al lado menor del rectángulo, dándole el mismo perímetro y superficie que a éste. (Reyes, Ulises, & Carbajal, 2010)

Este parámetro se expresa mediante la siguiente fórmula:

#### Fórmula 4.

*Rectángulo equivalente*

$$Re = \frac{P}{4} \pm \sqrt{\left[\frac{P}{4}\right]^2 - A}$$

Dónde:

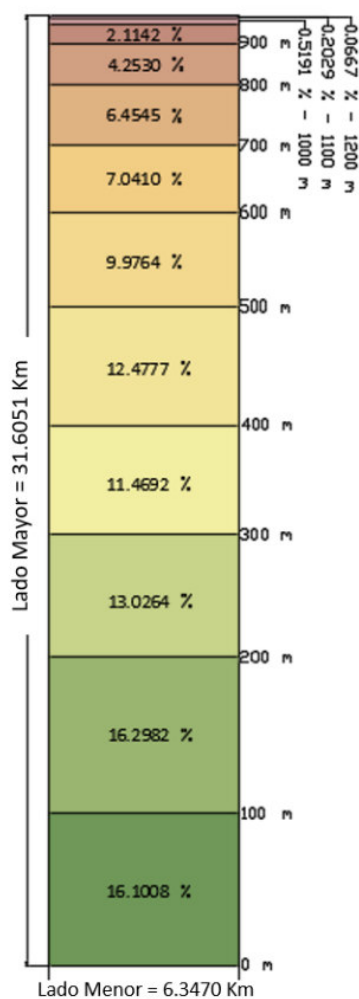
P= Perímetro (Km).

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

Este cálculo da como resultado un rectángulo con una longitud mayor de 31,61 km y menor de 6,35 km para la cuenca baja del río Lurín, como se ilustra en la figura adjunta:

#### Figura 11.

*Rectángulo Equivalente de la Cuenca Baja del río Lurín*



**h) Radio de elongación (R).** Se determina por el cociente entre el diámetro de una circunferencia que tiene la misma área y mayor longitud de la cuenca. Para calcularla se utiliza esta fórmula:

**Fórmula 5.**

*Radio de elongación*

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

Dónde:

D = Diámetro de un círculo en función del área de la cuenca (Km).

L = Longitud del río principal (Km).

El radio de elongación de la cuenca baja del río Lurín es **0.96** y debido a su cercanía a la unidad, se corrobora que la forma de la cuenca es casi circular y plana.

**i) Orden de ríos.** Se considera que un río es de primer orden si no tiene afluentes, de segundo orden si confluyen dos arroyos de primer orden, de tercer orden si confluyen dos arroyos de segundo orden, y así sucesivamente. Este índice se crea agregando arroyos. (Londoño Arango, 2001)

**Tabla 16.**

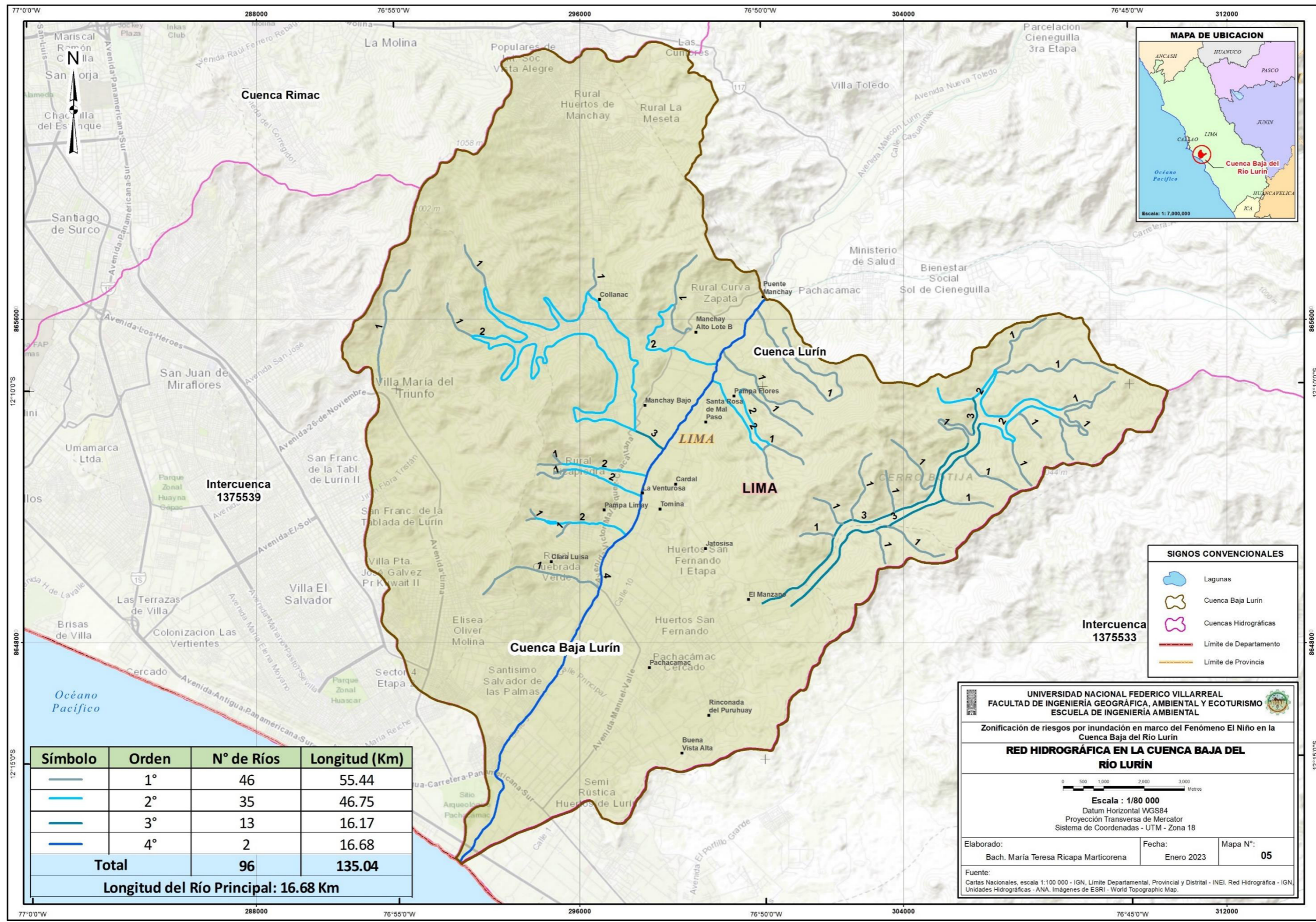
*Orden de ríos*

Orden	Cuenca Baja Lurín	
	N° de Ríos	Longitud (Km)
1°	46	55.44
2°	35	46.75
3°	13	16.17
4°	2	16.68
<b>Total</b>	<b>96</b>	<b>135.04</b>

El área estudiada tiene un orden de ríos de cuarto grado, un grado de ramificación de 96 ríos y la longitud total de sus cauces es de 135.04 Km, tal como se detalla en la tabla 16.

Ver Figura 12.

**Figura 12.**  
Red Hidrográfica en la Cuenca Baja del río Lurín



**j) Frecuencia de densidad de ríos (*Fr*).** Es la cantidad de cursos de agua en relación con la superficie total de la cuenca. Se calcula dividiendo el número total de cursos de agua por la superficie total de la cuenca baja (Quincho, 2015). Para ello se emplea la siguiente fórmula:

**Fórmula 6.**

*Frecuencia de ríos*

$$Fr = \frac{N^{\circ} \text{ de ríos}}{A}$$

Dónde:

N° de ríos = Número total de cursos de agua.

L = Área de la cuenca baja (Km<sup>2</sup>).

La frecuencia de densidad de ríos obtenida es:

$$Fr = 0.48 \text{ Ríos/Km}^2$$

**k) Densidad de drenaje (*Dd*).** Esta métrica es la relación entre la longitud total de sus cursos de agua dividida por la superficie de una unidad hidrográfica. La siguiente fórmula lo describe:

**Fórmula 7.**

*Densidad de drenaje*

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Dónde:

Lt = Longitud total de cursos de agua (Km).

A = Área de la cuenca baja (Km<sup>2</sup>).

El ámbito estudiado tiene una densidad de drenaje de 0,67 Km/Km<sup>2</sup>, lo que demuestra que el drenaje es irregular y expuesto a las inundaciones.

l) **Extensión media del escurrimiento superficial ( $E$ )**. Es la división entre el área de la cuenca y la longitud total de la red hidrográfica. Además, es la distancia típica en línea recta que tendría que recorrer el agua precipitada para llegar al lecho de un curso de agua (Quincho, 2015).

**Fórmula 8.**

*Extensión media de escurrimiento superficial*

$$E = \frac{A}{L_t}$$

Dónde:

$L_t$  = Longitud total de cursos de agua (Km).

$A$  = Área de la cuenca baja (Km<sup>2</sup>).

Para el área de investigación, la extensión media del escurrimiento superficial es de

**1.49 Km.**

m) **Pendiente media del río principal ( $S_m$ )**. La velocidad de la escorrentía superficial depende de la pendiente de los cauces, por lo que cuanto mayor sea la pendiente, mayor será la velocidad de la escorrentía. La pendiente media del río es una métrica utilizada para calcular la declividad de una corriente de agua entre dos lugares extremos (Quincho, 2015). Para su cálculo se emplea la siguiente fórmula:

**Fórmula 9.**

*Pendiente media del río principal*

$$S_m = \frac{C_M - C_m}{L}$$

Dónde:

$C_M$  = Cota mayor máxima.

$C_m$  = Cota menor mínima.

$L$  = Longitud acumulada del río principal.

La cuenca baja del río Lurín presente una pendiente media del curso principal de **7.79%**.

n) **Perfil longitudinal del curso principal.** El perfil longitudinal del río principal es uno de los instrumentos más importantes para la construcción de proyectos hidroeléctricos y la evaluación de riesgos. El perfil del área de estudio se presenta a continuación:

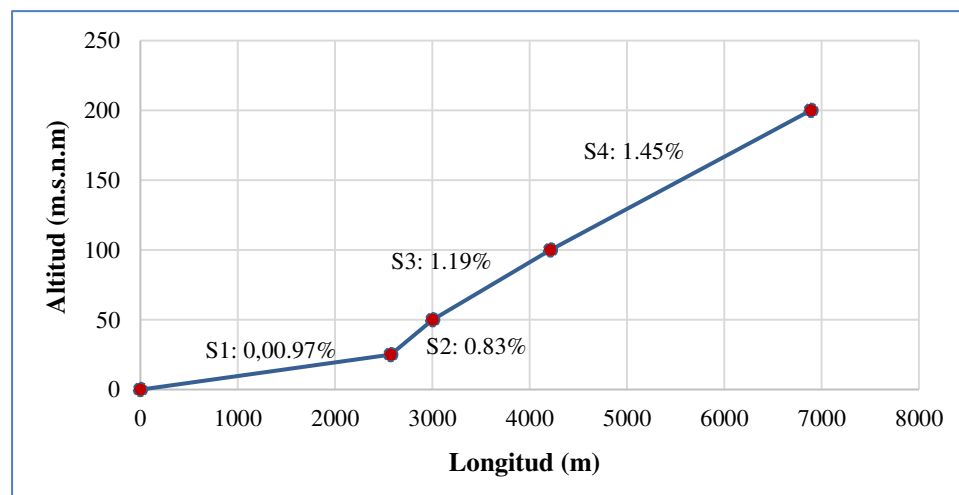
**Tabla 17.**

*Datos de cálculo para el perfil longitudinal del curso principal*

Pendiente	Cota menor	Cota mayor	Diferencia	Longitud (m)	Pendiente (S%)
S1	0	25	25	2571.26	0.97
S2	25	50	25	3002.94	0.83
S3	50	100	50	4213.63	1.19
S4	100	200	100	6890.38	1.45

**Figura 13.**

*Perfil longitudinal del curso principal de la cuenca baja del Río Lurín*



o) **Altura media (Hm).** En particular, los datos de elevación son importantes para comprender cómo afecta la altura al comportamiento de la temperatura y las precipitaciones. (Díaz, Mamadou, Iturbe, Esteller, & Reyna, 1999)

Su cálculo se basa en un promedio ponderado entre la elevación y el área de la cuenca.

**Fórmula 10.***Altura media*

$$Hm = \frac{\Sigma(Ap * Cm)}{At}$$

Dónde:

Ap = Área parcial (Km<sup>2</sup>).

Cm = Cota media (m.s.n.m).

At = Área de la cuenca baja (Km<sup>2</sup>).**Tabla 18.***Cálculo de altura media*

Nº	Cotas m.s.n.m		Altura Media Parcial (hmi)	Área Parcial (ai)	Área * Altitud
1	0	100	50	32.30	1614.88
2	100	200	150	32.69	4904.04
3	200	300	250	26.13	6532.64
4	300	400	350	23.01	8052.35
5	400	500	450	25.03	11263.41
6	500	600	550	20.01	11006.76
7	600	700	650	14.12	9180.54
8	700	800	750	12.95	9710.60
9	800	900	850	8.53	7251.63
10	900	1000	950	4.24	4028.91
11	1000	1100	1050	1.04	1093.32
12	1100	1200	1150	0.41	468.01
13	1200	1300	1250	0.13	167.34
<b>SUMA TOTAL</b>					<b>75274.42</b>
<b>ÁREA TOTAL</b>					<b>200.60</b>
<b>ALTURA MEDIA (m.s.n.m)</b>					<b>375.25</b>

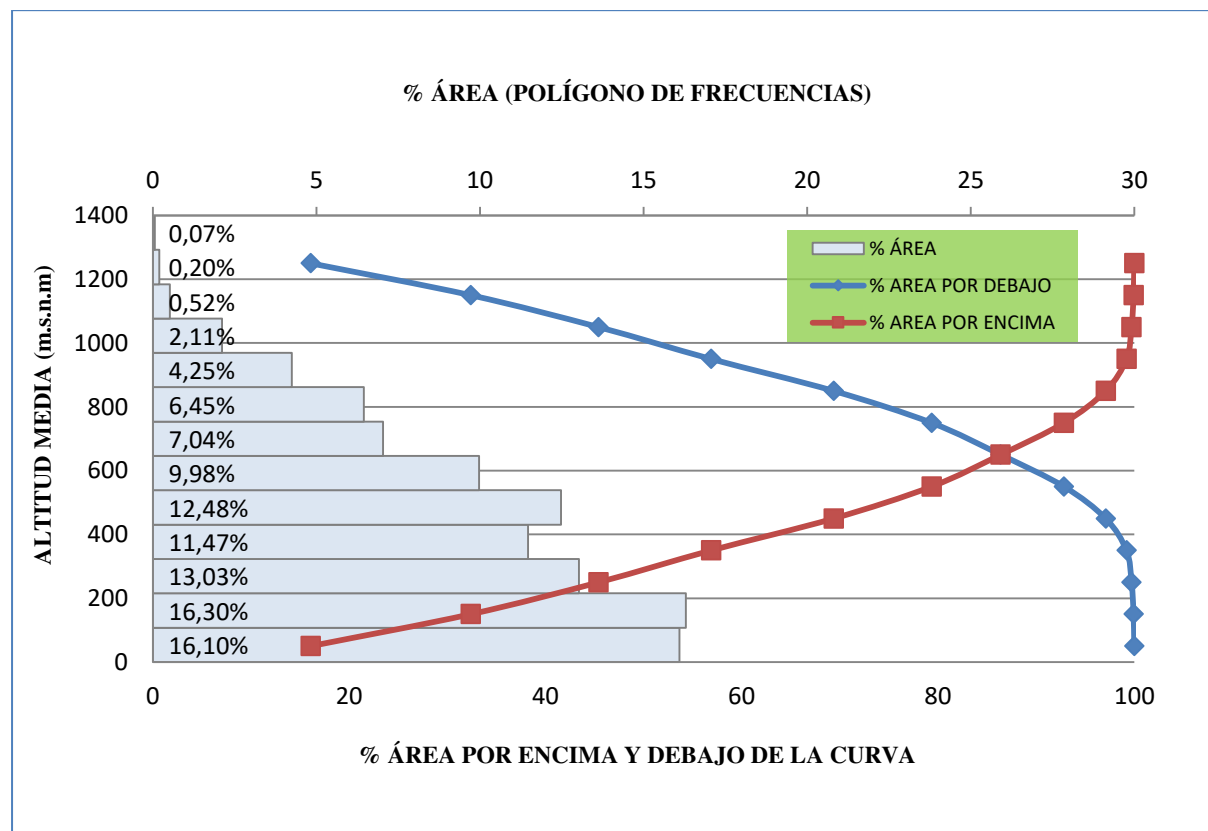
La altura obtenida es de 375.25 m.s.n.m, el cual indica que la cuenca baja del río Lurín se encuentra en una zona propia de la costa de nuestro país. Ver Figura 15.

p) **Curva Hipsométrica (CH).** Las longitudes del eje de abscisas son equivalentes a las superficies del área de estudio en Km<sup>2</sup> o en porcentaje, entre cotas de nivel sucesivas hasta alcanzar el área total, y la elevación de las curvas de nivel se sitúa en el eje de ordenadas para representar gráficamente el relieve medio de la cuenca (Quincho, 2015).

La CH obtenida se muestra en la siguiente figura.

**Figura 14.**

*Curva hipsométrica de la Cuenca baja del río Lurín*



q) **Pendiente (S).** La pendiente es importante debido a su relación con el aspecto hidráulico del drenaje del ámbito de estudio y a su relación directa con las inundaciones. Se determina mediante la siguiente fórmula:

**Fórmula 11.**

*Pendiente media*

$$S = \frac{D * L}{A}$$

Dónde:

D = Desnivel constante entre curvas de nivel (Km).

L = Longitud total de las curvas de nivel de la cuenca baja (Km).

A = Área de la cuenca baja (Km<sup>2</sup>).

La pendiente media del ámbito de estudio es **20.48%**, que define que el tiempo de escurrimiento de la lluvia es considerablemente lento.

**r) Índice de Pendiente (Ip).** Se ha establecido un equilibrio entre las pendientes y la longitud del río. Este número puede utilizarse para determinar el tipo de granulometría presente en el lecho del río (Quincho, 2015).

El índice de pendiente es un promedio de las pendientes de la cuenca. Se deduce a partir del rectángulo equivalente y su expresión es:

#### Fórmula 12.

*Índice de pendiente*

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{i=2}^n \sqrt{B_i (a_i - a_{i-1}) / 1000}$$

Dónde:

L = longitud del lado mayor del rectángulo equivalente (Km).

B<sub>i</sub> = β<sub>i</sub> es la fracción de la superficie total de la cuenca comprendida entre las cotas a<sub>i</sub> y a<sub>i-1</sub>

En la siguiente tabla, se observa el cálculo del índice de pendiente el cual resultó ser **0.67%**.

**Tabla 19.**

*Cálculo del Índice de Pendiente*

Nº	Cotas m.s.n.m	Dif. de H en Km	Área en Km	Dif * Área	Raíz de Dif * Área
1	0 - 100	0.1	32.30	3.2298	1.79715
2	100 - 200	0.1	32.69	3.2694	1.80814
3	200 - 300	0.1	26.13	2.6131	1.61650

Nº	Cotas m.s.n.m	Dif. de H en Km	Área en Km	Dif * Área	Raíz de Dif * Área
4	300 - 400	0.1	23.01	2.3007	1.51680
5	400 - 500	0.1	25.03	2.5030	1.58208
6	500 - 600	0.1	20.01	2.0012	1.41465
7	600 - 700	0.1	14.12	1.4124	1.18844
8	700 - 800	0.1	12.95	1.2947	1.13787
9	800 - 900	0.1	8.53	0.8531	0.92365
10	900 - 1000	0.1	4.24	0.4241	0.65123
11	1000 - 1100	0.1	1.04	0.1041	0.32269
12	1100 - 1200	0.1	0.41	0.0407	0.20173
13	1200 - 1300	0.1	0.13	0.0134	0.11570
<b>TOTAL</b>			<b>200.60</b>		<b>14.27662</b>
<b>LADO MAYOR</b>			31.6051		
<b>Índice de Pendiente (%)</b>			<b>0.6721</b>		

s) *Coefficiente de masividad (Cm)*. La proporción entre la elevación media y la superficie de la cuenca para describir la propensión de una cuenca a la erosión, se expresa con la siguiente ecuación.

### Fórmula 13.

*Coefficiente de masividad*

$$Cm = \frac{Hm}{A}$$

Dónde:

Hm = Altura media de la cuenca baja (m.s.n.m).

A = Área de la cuenca baja (Km<sup>2</sup>).

El coeficiente de masividad obtenido en el área de estudio es **1.87 m/Km<sup>2</sup>**, indicando que el relieve de la cuenca es poco accidentado.

t) *Coefficiente de torrencialidad (Ct)*. Este parámetro muestra la relación entre la cantidad de cursos de primer orden y el tamaño del ámbito de estudio. Para calcularlo se utiliza la siguiente fórmula:

**Fórmula 14.***Coeficiente de torrencialidad*

$$Ct = \frac{N^{\circ} R_1}{A}$$

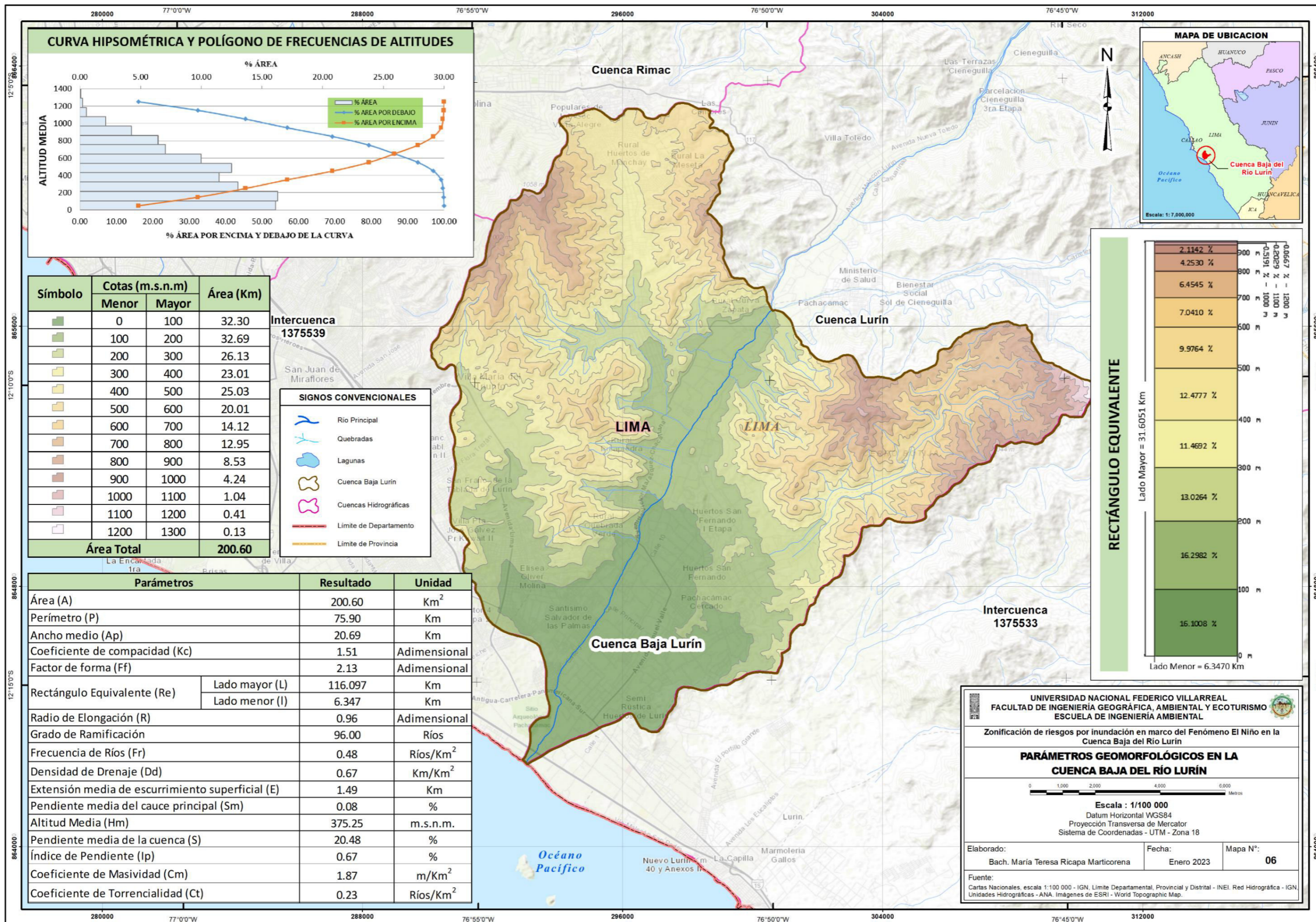
Dónde:

 $N^{\circ} R_1$  = Número de ríos de primer orden.A = Área de la cuenca baja (Km<sup>2</sup>).La cuenca baja del río Lurín tiene un coeficiente de torrencialidad de **0.23 Ríos/Km<sup>2</sup>**.**Tabla 20.***Resumen de parámetros geomorfológicos en la Cuenca baja del río Lurín*

Parámetros		Resultado	Unidad
Área (A)		200.60	Km <sup>2</sup>
Perímetro (P)		75.90	Km
Ancho medio (Ap)		20.69	Km
Coeficiente de compacidad (Kc)		1.51	Adimensional
Factor de forma (Ff)		2.13	Adimensional
Rectángulo Equivalente (Re)	Lado mayor (L)	116.097	Km
	Lado menor (l)	6.347	Km
Radio de Elongación (R)		0.96	Adimensional
Grado de Ramificación		96	Ríos
Frecuencia de Ríos (Fr)		0.48	Ríos/Km <sup>2</sup>
Densidad de Drenaje (Dd)		0.67	Km/Km <sup>2</sup>
Extensión media de escurrimiento superficial (E)		1.49	Km
Pendiente media del cauce principal (Sm)		7.79	%
Altitud Media (Hm)		375.25	m.s.n.m.
Pendiente media de la cuenca (S)		20.48	%
Índice de Pendiente (Ip)		0.67	%
Coeficiente de Masividad (Cm)		1.87	m/Km <sup>2</sup>
Coeficiente de Torrencialidad (Ct)		0.23	Ríos/Km <sup>2</sup>

Figura 15.

Parámetros Geomorfológicos en la Cuenca baja del río Lurín

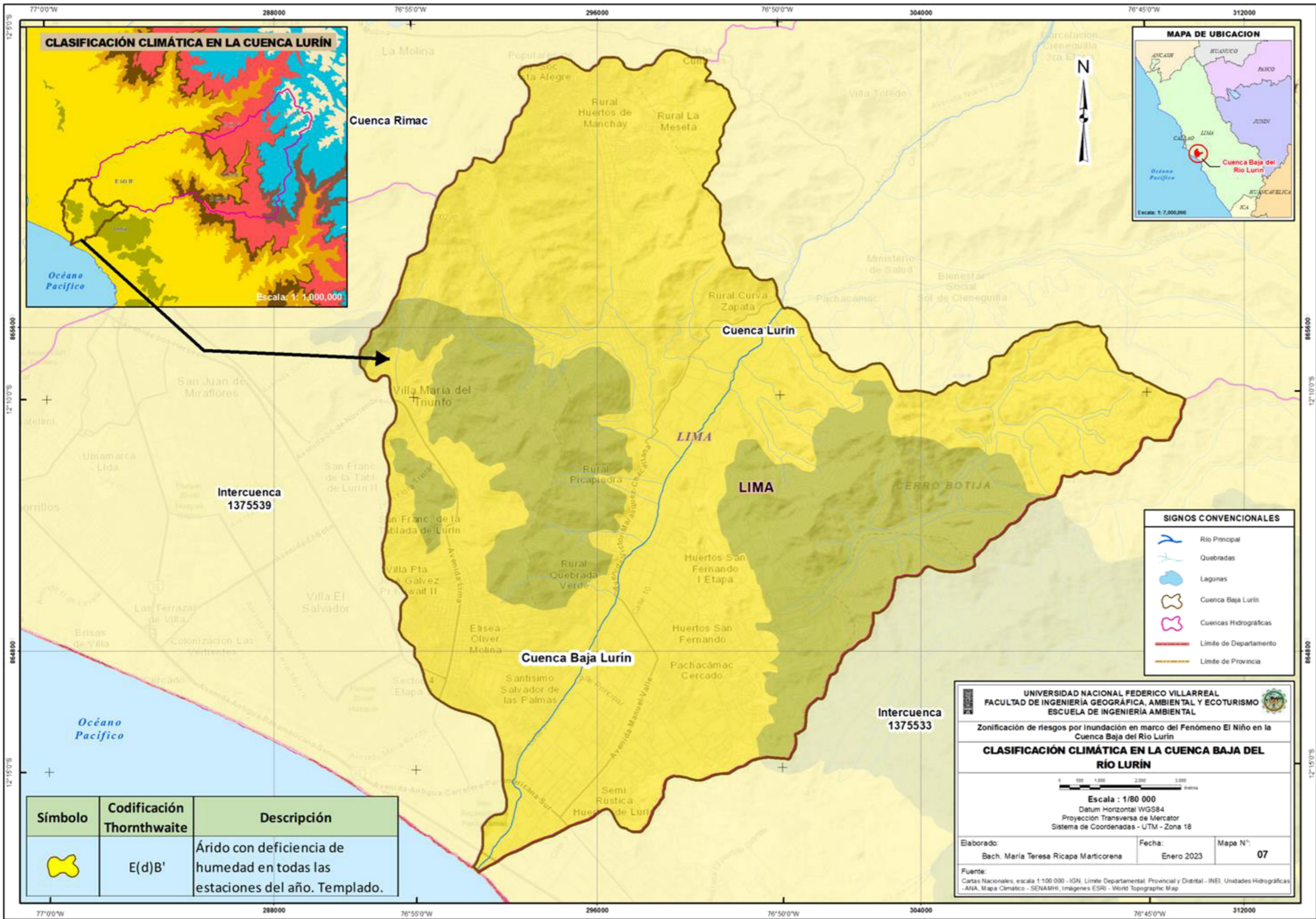


**4.1.1.2 Climatología.** Perú presenta características climáticas inusuales debido a su extensión y relieve físico. Sobre la base de los datos meteorológicos recogidos durante un período de unos 20 años (1965-1984), el SENAMHI elaboró su clasificación de climas "Índices Climáticos" y organizó sus zonas de acuerdo con la clasificación de climas de Werren Thornthwaite. (SENAMHI, Clima / Mapa Climático del Perú, 2019)

A partir del servicio de publicación de mapas (WMS) sobre clasificación climática de 1981 - 2010 que SENAMHI pone a disposición en su página web, se ha visualizado y superpuesto con el área estudiada, obteniendo que el ámbito de estudio está representado por la siguiente clasificación:

- **E(d)B'**: Árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año y templado. Este tipo de clima constituye uno de los eventos climáticos más notables del Perú con una altitud hasta 1700 msnm, ocupa 9% del área nacional y se encuentra distribuido a lo largo de la costa desde Piura hasta Tumbes. En este tipo de clima se encuentran las lomas y se distingue por su precipitación anual que varía entre 0 mm y 5 mm en las partes adyacentes al litoral y la temperatura máxima alcanza 19°C en las partes altas de la zona sur y hasta los 31°C en la zona norte (MINAGRI, 2019). Las lluvias son muy escasas en la mayor parte del año excepto en los años en que hay presencia del Fenómeno El Niño ocasionando lluvias de moderada a fuerte intensidad. Ver Figura 16.

**Figura 16.**  
*Clasificación climática en la Cuenca baja del río Lurín*



**4.1.1.3 Geología.** Según el INGEMMET, el desarrollo de los elementos geológicos y climatológicos que se aprecian en el origen litológico del área estudiada tuvo lugar entre los sistemas Jurásico Superior y Cuaternario Reciente, a lo largo de los periodos Cenozoico y Mesozoico. Ver Figura 17.

La información geológica fue obtenida de la carta “25j – Lurín” del Mapa Geológico del Perú a escala 1 / 100 000, descargada del sistema GEOCATMIN. El detalle de las unidades estratigráficas en el ámbito de estudio, se presenta en el siguiente Tabla:

**Tabla 21.**

*Descripción de unidades geológicas en la Cuenca Baja del Río Lurín*

<b>Era</b>	<b>Sistema</b>	<b>Serie</b>	<b>Unidad Estratigráfica</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Litología</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
<b>CENOZOICO</b>	Cuaternario	Holoceno	Depósito aluvial	Qh-al	Acumulaciones de fragmentos rocosos (arenas, cantos, bolos, etc.) depositados en forma de terrazas.	60.73	30.28
		Pleistoceno	Depósito aluvial	Qp-al	Acumulaciones de fragmentos rocosos (arenas, cantos, bolos, etc.) depositados en forma de terrazas antiguas.	28.52	14.22
			Depósito eólico	Q-eo	Arenas cuarzosas formando dunas y pampas amplias.	0.16	0.08
			Depósito marino	Q-ma	Arenas y cantos bien redondeados. Se encuentran a lo largo del litoral.	0.02	0.01
<b>MESOZOICO</b>	Cretácico	Superior	Súper Unidad Tibaya	Ks-tn	Tonalita	0.25	0.12
				Ks-bc/sr-di	Diorita	2.12	1.06

<b>Era</b>	<b>Sistema</b>	<b>Serie</b>	<b>Unidad Estratigráfica</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Litología</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
			Súper Unidad Santa Rosa	Ks-bc/sr- tn,di	Tonalita, diorita	5.51	2.74
				Ks-bc/sr- tn,gd	Tonalita, granodiorita	5.57	2.78
			Súper Unidad Atocongo	Ks-bc/at- mgr	Monzogranito	17.80	8.87
			Súper Unidad Jecuán	K-bc/j- tn,gd	Tonalita, granodiorita	9.72	4.84
		Inferior	Súper Unidad Patap	Ks-bc/pt-di Ks-bc/pt- gbdi	Diorita Gabrodiorita	1.58 29.81	0.79 14.86
		Superior	Formación Quilmaná	Kis-qui	Piroclastos y derrames andesíticos máficos, con niveles de lavas de estructuras almohadilladas y amigdaloides con intercalación esporádica de areniscas volcánicas.	4.69	2.34
		Inferior	Formación Chilca	Ki-chil	Tobas líticas y vítricas con intercalaciones de brechas volcánicas, calizas bioclásticas y areniscas volcánicas.	11.70	5.83
			Formación Atocongo	Ki-at	Calizas grises clara a beige, presenta silicificación por metamorfismo termal.	7.04	3.51
			Formación Pamplona	Ki-pa	Lutitas intercaladas con areniscas tobáceas, margas, calizas y esporádicos niveles de volcánicos	1.24	0.62
			Formación Lurín	Ki-lu	Calizas micríticas grises con estratos de limolitas.	0.51	0.25

Era	Sistema	Serie	Unidad Estratigráfica	Símbolo	Litología	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
Jurásico		Superior	Formación Marcavilca	Ki-mar	Areniscas cuarzosas de grano fino a grueso de color gris blanquecino con estratificación paralela.	2.31	1.15
			Formación Herradura	Ki-h	Lutitas grises a gris oscuras intercaladas con areniscas de grano fino y raras calizas.	3.87	1.93
			Formación Salto del Fraile	Ki-sf	Areniscas cuarzosas de grano medio a fino, estratos delgados a medianos, con laminación oblicua plana.	0.43	0.22
			Andesita	Ki-and	Andesita.	4.36	2.17
			Grupo Puente Piedra	JsKi-pp	Volcánicos andesíticos, intercalados con areniscas feldespáticas, limolitas pizarrosas, derrames andesíticos y brechoides.	2.68	1.33
<b>Área Total</b>						<b>200.60</b>	<b>100.00</b>

A continuación, se describe la secuencia de la columna estratigráfica, siguiendo el orden del más antiguo al más reciente.

a) *Depósito aluvial.* Las rocas terciarias, mesozoicas, y el Batolito Costanero, que cubren los fondos de los valles, fueron tallados por los ríos que bajaban por la vertiente occidental andina, arrastrando materiales que acabaron convirtiéndose en estos depósitos, que incluyen aluviales pleistocenos (más antiguos) y recientes (Palacios, Caldas, & Vela, 1992), tal como se describe:

**a.1) Aluviales pleistocénicos;** forman los conos de deyección del río Lurín, sobre los que se localizan los centros poblados y parcelas agrícolas. Conglomerados con diversos tipos de formaciones rocosas, sobre todo volcánicas e intrusivas, y en menor medida limos y arcillas, componen la litología de estos yacimientos.

**a.2) Aluviales recientes;** a ambos lados del río Lurín, estos depósitos sólo están presentes en unas franjas estrechas. Los principales elementos que los componen son gravas subredondeadas y cantos, con alguna matriz arenosa.

**b) Depósito eólico.** Este tipo de depósitos puede encontrarse prácticamente en cualquier punto de la costa, a distintas profundidades tierra adentro, siguiendo la topografía de la zona y la dirección predominante del viento.

Las arenas de las playas traídos por los ríos al mar y dispersados por las corrientes marginales a lo largo de la costa son las fuentes de los materiales eólicos.

**c) Depósito marino.** Se trata de depósitos litorales formados por elementos elásticos diseminados por las corrientes marinas de deriva y transportados al mar por los ríos, así como por la acción erosiva de las olas.

**d) Súper Unidad Tiabaya.** Esta super unidad se distingue porque sus cuerpos, que van desde granodioritas hasta tonalitas, son más ácidos que otras unidades. Está situada entre las quebradas Tinajas (Lurín) y Tiabaya (Arequipa), de las que deriva su nombre, en el Segmento de Arequipa.

**e) Súper Unidad Santa Rosa.** Materiales tonalíticos-dioríticos y tonalíticos-granodioríticos conforman este segmento del segmento Lima, que se extiende por los cuadrángulos Chancay y Chosica hasta la quebrada Tinajas (cuadrángulos Lurín).

**f) Súper Unidad Atocongo.** Se extiende entre el río Lurín, la quebrada Manchay y Atocongo (al sureste de Lima). Es un monzogranito mineral, de textura granitoide gruesa y con

mucha moscovita. Los dos minerales más importantes son el cuarzo y las ortosas bien desarrolladas.

**g) Súper Unidad Jecuán.** En comparación con los granitos de las unidades Super Santa Rosa y Tiabaya, el cuerpo ácido es de tipo granodiorítico-tonalítico y está compuesto por monzogranitos o adamelitas.

**h) Súper Unidad Patap.** Esta super unidad, cuyos intervalos pueden oscilar entre 84 y 102 millones de años, comprende formaciones rocosas de gabro y diorita que son las más antiguas del batolito y se encuentran en su cara occidental.

**i) Formación Quilmaná.** Esta unidad está formada por sedimentos volcánicos de tipo andesítico, que presentan estructura porfídica y coloración gris verdosa. Se orienta hacia el noroeste y está en contacto con el Batolito de la Costa; como resultado de la meteorización, presentan colores que van del marrón rojizo al amarillento.

**j) Formación Chilca.** Existe una serie volcánico-sedimentaria al sur de Lurín que está en contacto concordante con la Formación Pamplona. La porción inferior de la secuencia compuesta por formaciones rocosas de calizas y rocas elásticas intercaladas con fundidos volcánicos, mientras que la sección superior casi totalmente volcánica.

**k) Formación Atocongo.** La piedra caliza de la zona de Atocongo, donde está más desarrollada y se encuentran las canteras utilizadas por la industria cementera, es la responsable de su denominación.

**l) Formación Pamplona.** Forma una unidad continua con las calizas debido a su naturaleza muy arcillosa, estableciendo un tercer periodo sedimentario de facies arcillo-calcáreas.

**m) Formación Lurín.** Esta formación está compuesta por calizas micríticas grises con estratos de limolitas.

n) **Formación Marcavilca.** Se encuentra en los sectores de los cerros Flor de Nieve, El Sauce y Rinconada de Lurín, así como en el valle de Lurín, cercano a Pachacamac. Está constituida por areniscas cuarzosas de color gris blanquecino, de grano fino a grueso.

o) **Formación Herradura.** La zona de los Manzanos muestra lutitas arcillosas negras intercaladas con areniscas limosas oscuras en capas delgadas pasando hacia la parte superior a areniscas micáceas grises oscuros de grano medio en capas delgadas que se fracturan en lajas y hacia la parte superior a lodolitas grises oscuras debido a que el valle de Lurín presenta características elásticas finas y oscuras.

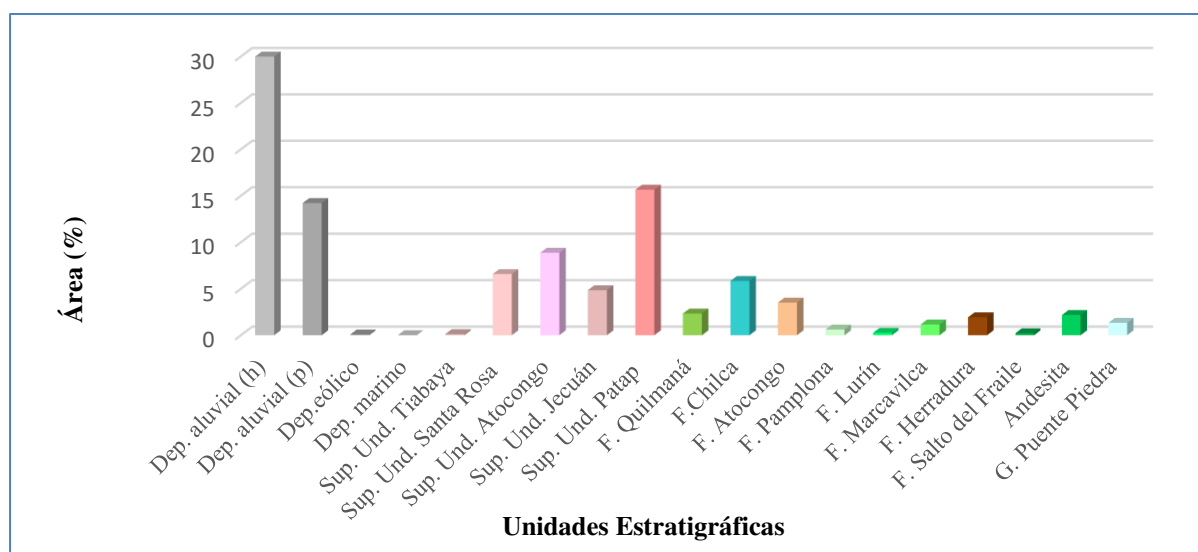
p) **Formación Salto del Fraile.** Las cuarcitas compactas de color blanco grisáceo a gris parduzco de la Formación Salto del Fraile se encuentran en capas medias a gruesas con una fuerte estratificación cruzada, lo que indica un entorno sedimentario costero.

q) **Andesita.** Corresponde a formaciones rocosas ígnea volcánica con presencia de oligoclasa o andesina.

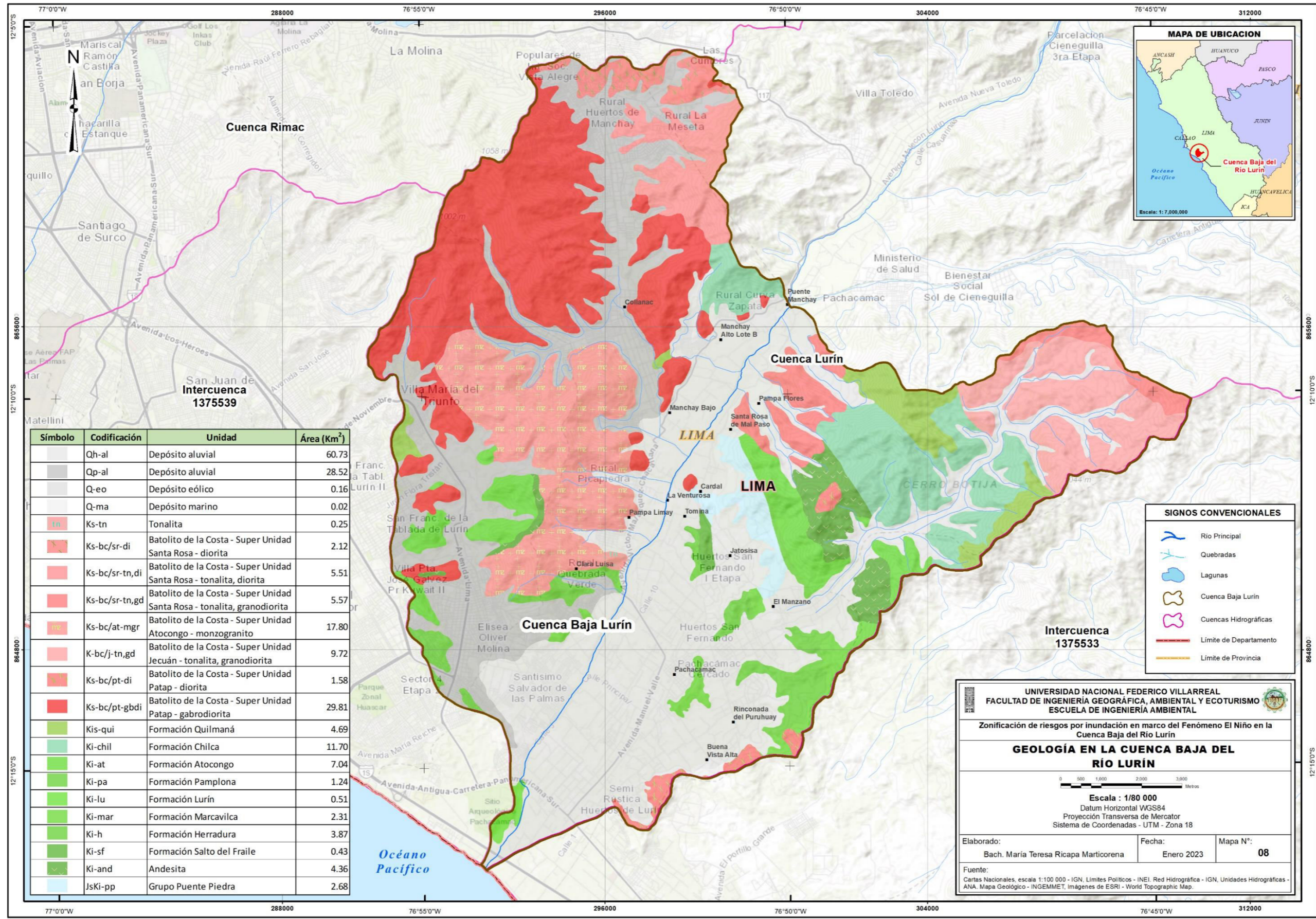
r) **Grupo Puente Piedra.** Alrededor de Puente Piedra hay afloramientos volcánico-elásticos. Está formado por andesitas, brechas, limolitas pizarrosas, areniscas feldespáticas y brechas.

**Figura 17.**

*Superficies de unidades geológicas en %*



**Figura 18.**  
*Geología en la Cuenca Baja del río Lurín*



**4.1.1.4 Suelos.** La cuenca baja del río Lurín se caracteriza por dos tipos principales de suelos Arenosol Háptico - Solonchak Háptico y Leptosol Lítico - Afloramiento Lítico, que ocupan posiciones fisiográficas como terrazas bajas y valles, y cuyo material de base está representado por sedimentos aluviales, según el Mapa de Suelos del Perú a escala 1 / 2 000 000 elaborado por el MINAM. Ver Figura 20.

En el siguiente Tabla se detallan los tipos de suelos por extensión:

**Tabla 22.**

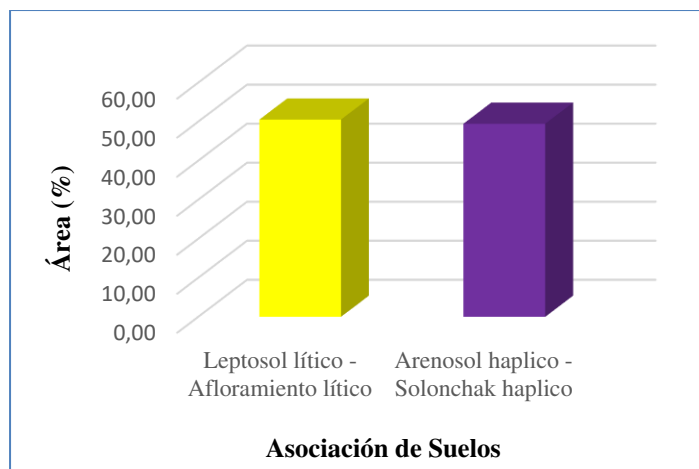
*Descripción de suelos en la Cuenca Baja del Río Lurín*

<b>Símbolo</b>	<b>Asociación de Suelos</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
LPq-R	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	101.38	50.54
ARh-SCh	Arenosol háptico - Solonchak háptico	99.22	49.46
<b>Área Total</b>		<b>200.60</b>	<b>100.00</b>

A continuación, se describe las asociaciones de suelos identificadas en el área de estudio:

**a) *Leptosol lítico - Afloramiento lítico.*** Los leptosoles son suelos muy gravosos y/o pedregosos, muy poco profundos y sobre roca continua. El lítico del orden Entisol (Estados Unidos de América) es uno de sus subgrupos. Hay numerosos tipos de roca continua o materiales no consolidados presentes, y la cantidad de tierra fina es inferior al 20% (en volumen). (FAO, 2007)

**b) *Arenosol háptico - Solonchak háptico.*** Los arenosoles están formados por suelos arenosos, incluidos los creados sobre arenas recién depositadas, como las dunas de los desiertos y las zonas costeras, así como los suelos producidos sobre arenas residuales procedentes de la meteorización in situ de sedimentos o rocas ricas en cuarzo. (FAO, 2007)

**Figura 19.***Superficies de suelos en %*

**4.1.1.5 Capacidad de Uso Mayor de Tierras.** De acuerdo con el Reglamento de Clasificación de Tierras del MIDAGRI (D.S. N° 017-2009-AG), el mapa de capacidad de uso mayor de la tierra creado para este estudio incluye tres categorías: grupo, clase y subclase de capacidad de uso de suelos. Ver Figura 21.

El ámbito estudiado comprende los grupos de cultivo en limpio, cultivo permanente y protección. El detalle de esta clasificación se muestra en el Tabla 23 y la Figura 22.

**a) Cultivo en Limpio - Cultivo permanente, de calidad agrológica Alta y Media, respectivamente. Requieren riego continuo.** Los cultivos se dividen en dos grupos: el cultivo limpio, que incluye tierras con rasgos de climas, topografía y suelos para la producción de cultivos que requieren remover o arar el suelo de forma periódica y continua, y el cultivo permanente, que sólo permite la producción de cultivos como arbustos o árboles (principalmente frutales). También tiene dos categorías de calidad agrológica: alta y media. La primera categoría comprende las tierras con mayor potencial, mientras que la segunda tiene ciertas restricciones y exige métodos de protección moderada del suelo. Por último, necesitan un riego constante.

**b) Protección - Cultivo Permanente, cultivo en Limpio, ambas de calidad agrológica Baja, requiere riego continuo.** Esta clasificación se divide en dos categorías: cultivos permanentes con rasgos inadecuados para la producción de cultivos y zonas de protección que no cumplen los requisitos edáficos, climáticos o de relieve mínimos para la producción sostenible de cultivos limpios, pastos o bosques. También tienen una mala calidad agrológica y escasas posibilidades de aprovechamiento del suelo. Y, por último, necesitan un riego constante.

**c) Protección, en laderas de montaña con afloramiento líticos.** Están situadas en laderas montañosas, pero no cumplen los requisitos edáficos, climáticos y de relieve mínimos necesarios para un cultivo agrícola sostenido.

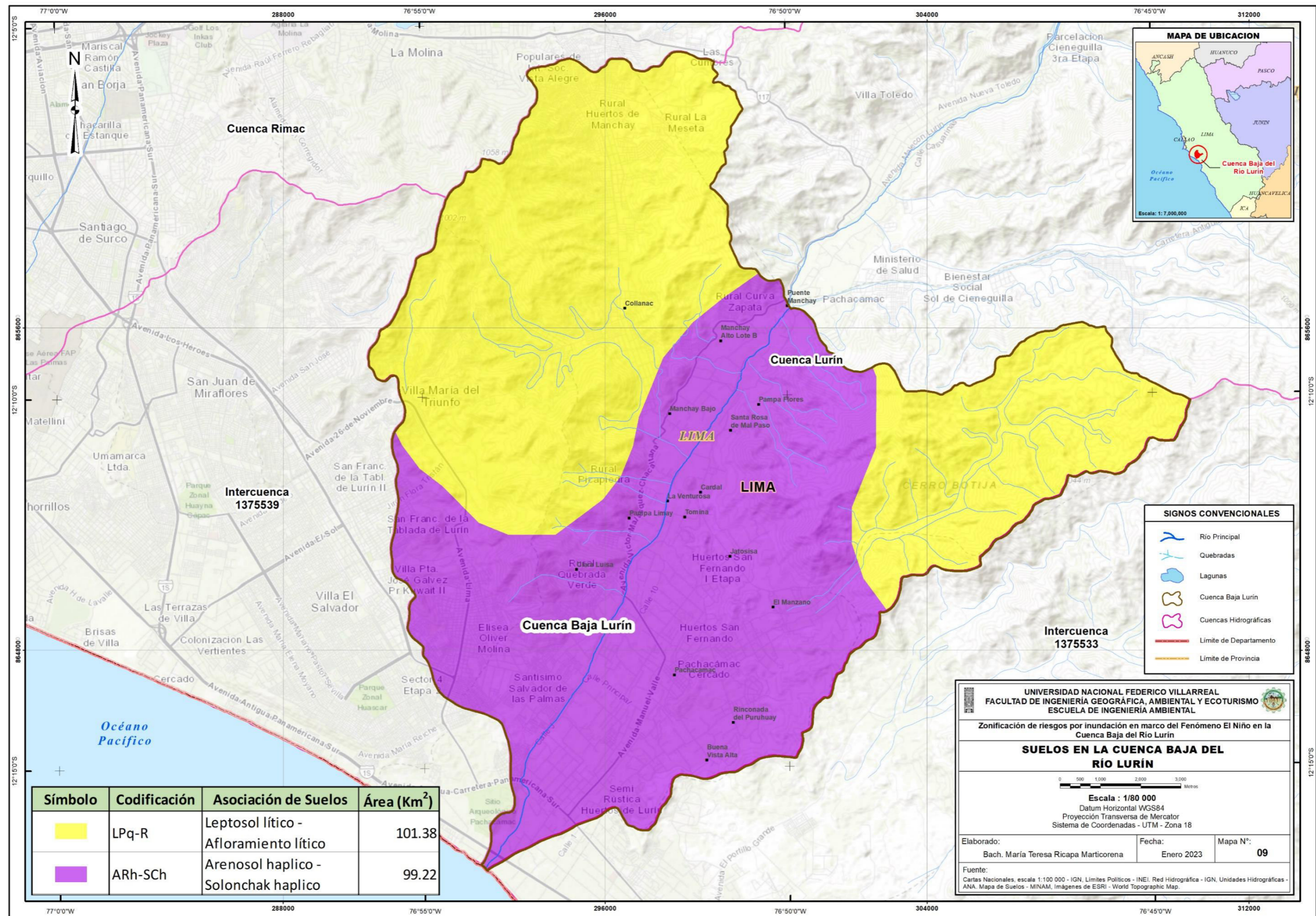
**d) Protección, en zonas de afloramiento líticos y mantos de arena.** Están situadas en lugares con afloramientos líticos, pero no cumplen los requisitos edáficos, climáticos y de relieve mínimos para un cultivo agrícola viable.

### Tabla 23.

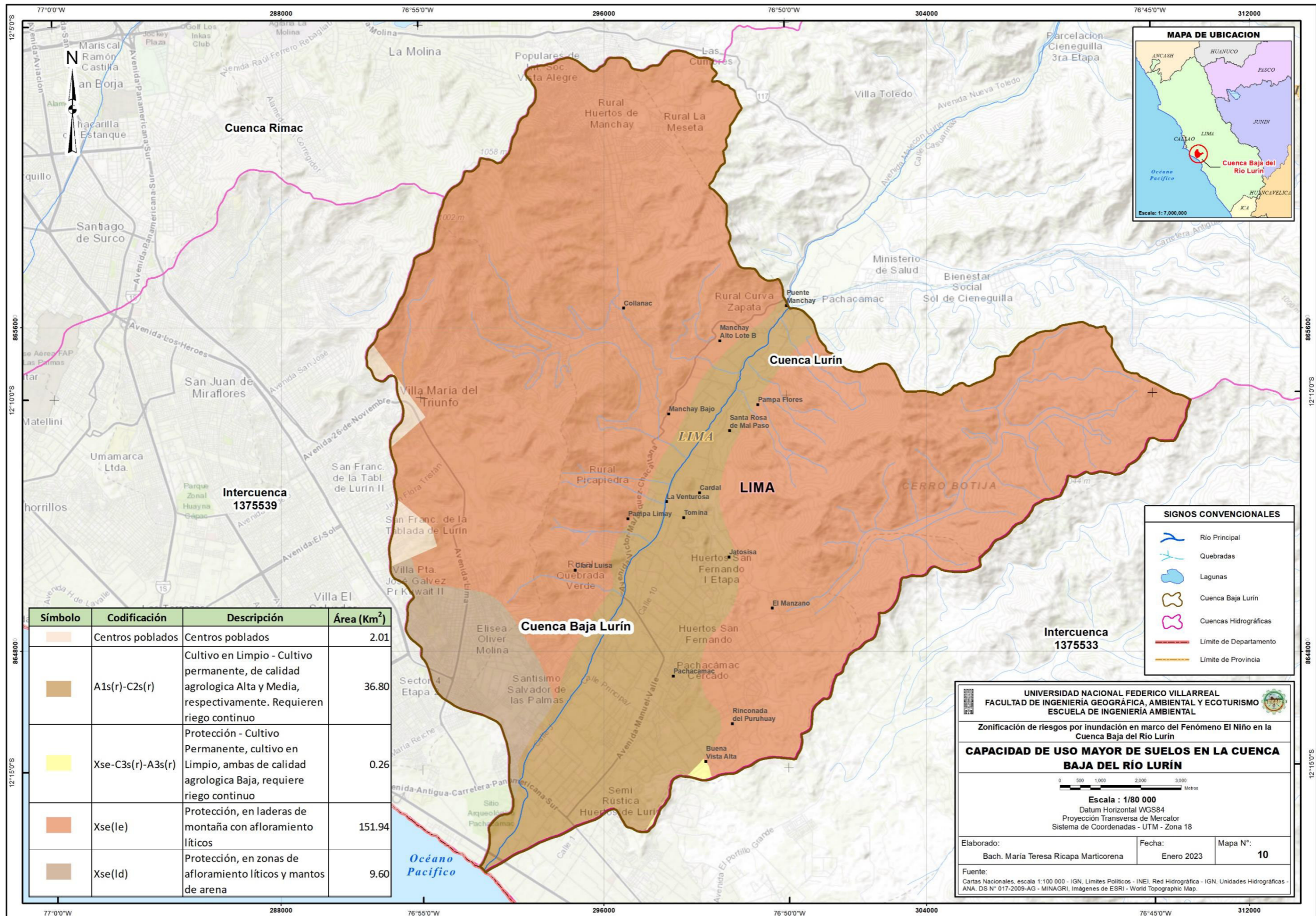
*Descripción de capacidad de uso mayor de tierras en la Cuenca Baja del Río Lurín*

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
<b>Centros poblados</b>	Centros poblados	2.01	1.00
<b>A1s(r)-C2s(r)</b>	Cultivo en Limpio - Cultivo permanente, de calidad agrológica Alta y Media, respectivamente. Requieren riego continuo	36.80	18.34
<b>Xse-C3s(r)- A3s(r)</b>	Protección - Cultivo Permanente, cultivo en Limpio, ambas de calidad agrológica Baja, requiere riego continuo	0.26	0.13
<b>Xse(le)</b>	Protección, en laderas de montaña con afloramiento líticos	151.94	75.74
<b>Xse(ld)</b>	Protección, en zonas de afloramiento líticos y mantos de arena	9.60	4.79
<b>Área Total</b>		<b>200.60</b>	<b>100.00</b>

**Figura 20.**  
Suelos en la Cuenca Baja del río Lurín

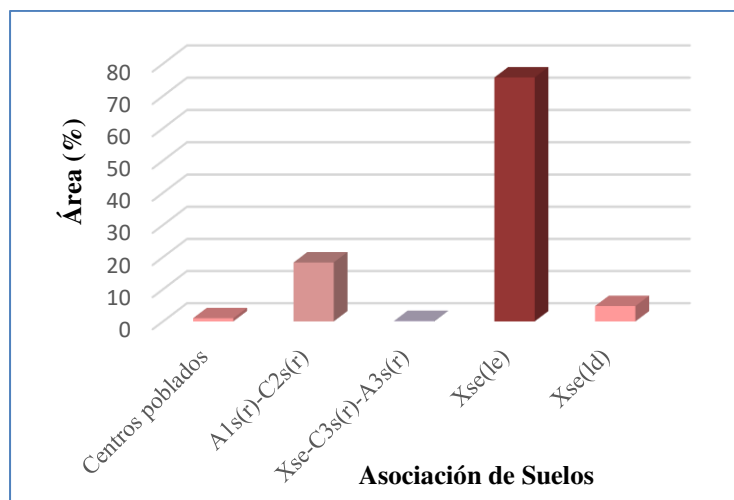


**Figura 21.**  
*Capacidad de uso mayor de suelos en la Cuenca Baja del río Lurín*



**Figura 22.**

*Superficies de capacidad de uso mayor de tierras en %*



**4.1.1.6 Geomorfología.** El área de estudio está formada por la zona costera, en la que las colinas y montañas con laderas de montaña empinadas a extremadamente empinadas, laderas moderadamente empinadas y colinas son el rasgo fisiográfico dominante. Le sigue la formación de tipo llanura, indicada por la existencia de valles, llanuras y llanuras irrigadas. La formación de tipo llanura ondulada a disectada con llanuras onduladas es la última estructura. (SENAMHI, Observatorio del agua - Chillón, Rímac, Lurín, 2019)

Según el mapa geomorfológico publicado por INGEMMET, el ámbito de investigación está compuesto por las unidades descritas en el Tabla 24 y representadas en la figura 23 y 24.

**Tabla 24.**

*Descripción de geomorfología en la Cuenca Baja del Río Lurín*

Símbolo	Descripción	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
C-d	Campo de dunas	0.24	0.12
Dan	Depósito antrópico	2.96	1.47
M-a	Mantos de arena	2.98	1.49
P-at	Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial	34.52	17.21
Pl-al	Vertiente o piedemonte aluvio-lacustre	45.14	22.50
RCL-ri	Colina y lomada en roca intrusiva	27.66	13.79

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
RCL-rs	Colina y lomada en roca sedimentaria	18.68	9.31
RCL-rv	Colina y lomada en roca volcánica	0.65	0.33
Río	Cauce del Río	3.05	1.52
RM-ri	Montaña en roca intrusiva	47.84	23.85
RM-rv	Montaña en roca volcánica	4.60	2.29
RM-rvs	Montaña en roca volcano- sedimentaria	11.66	5.81
V-d	Vertiente coluvial de detritos	0.60	0.30
<b>Área Total</b>		<b>200.60</b>	<b>100.00</b>

a) **Campo de dunas y mantos de arena.** El área estudiada se produce por la deposición, generada por el viento, de capas lisas y homogéneas de arena en la línea de costa. La arena que compone las dunas, también conocida como arena eólica, tiene una granulometría muy concentrada con partículas de 0,2 mm de diámetro.

b) **Depósito antrópico.** Según Hoyos (2019) está formado por la “*acumulación artificial de suelos naturales o de fragmentos de roca o material de desecho, o una mezcla de ellos*”.

c) **Vertiente aluvial.** Según INGEMMET (2007), el depósito de material suelto a semiconsolidado en forma semicircular o abanico con inclinación suave. “*Se originan por corrientes continuas o intermitentes, con grandes fluctuaciones de caudal y gran cantidad de sedimentos, provenientes de zonas altas hacia zonas más bajas y abiertas*”.

d) **Colina y lomada.** En esta unidad geomorfológica se han tenido en cuenta las colinas que bordean las estribaciones de la cordillera occidental, que siguen sirviendo de colinas testigo. El relieve es abrupto allí donde están presentes las rocas calizas y cuarcíticas o intrusivas que componen estos cerros y colinas (Abregu, 2012).

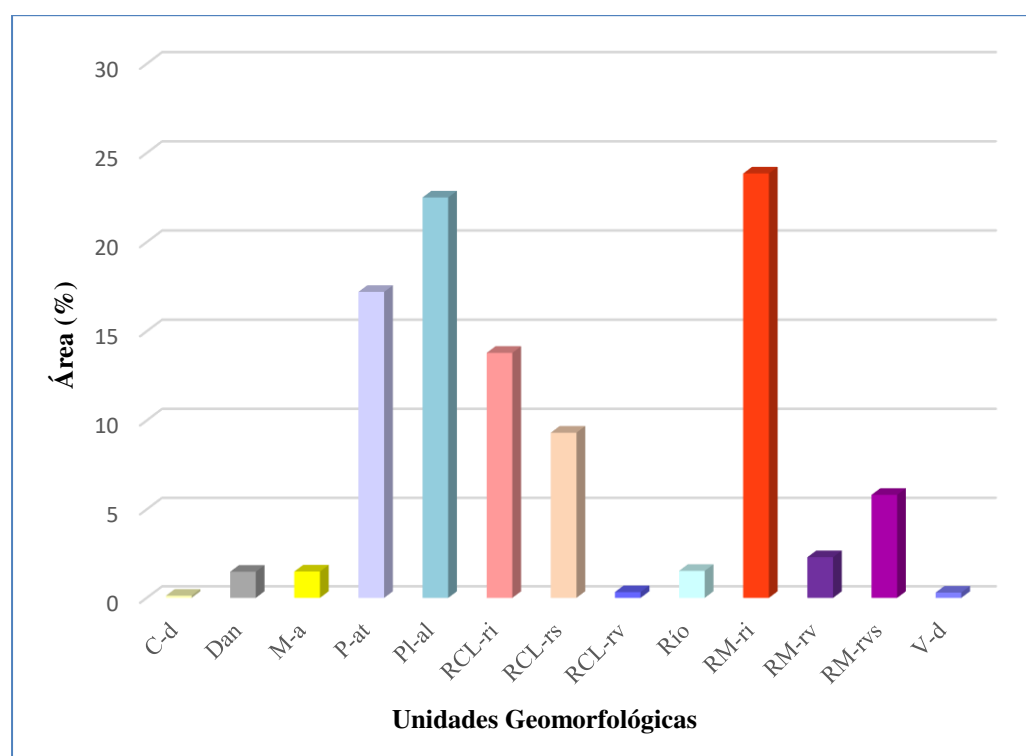
e) **Montañas.** Esta unidad geomorfológica corresponde a las laderas y crestas marginales de la Cordillera de los Andes, que tienen una topografía abrupta creada por los plutones y stocks del Batolito de la Costa. Estos plutones y stocks se ubican en dirección NO-

SE, y el valle de Lurín fue creado por la red hidrográfica que se abren paso hacia la costa.  
(Abregu, 2012)

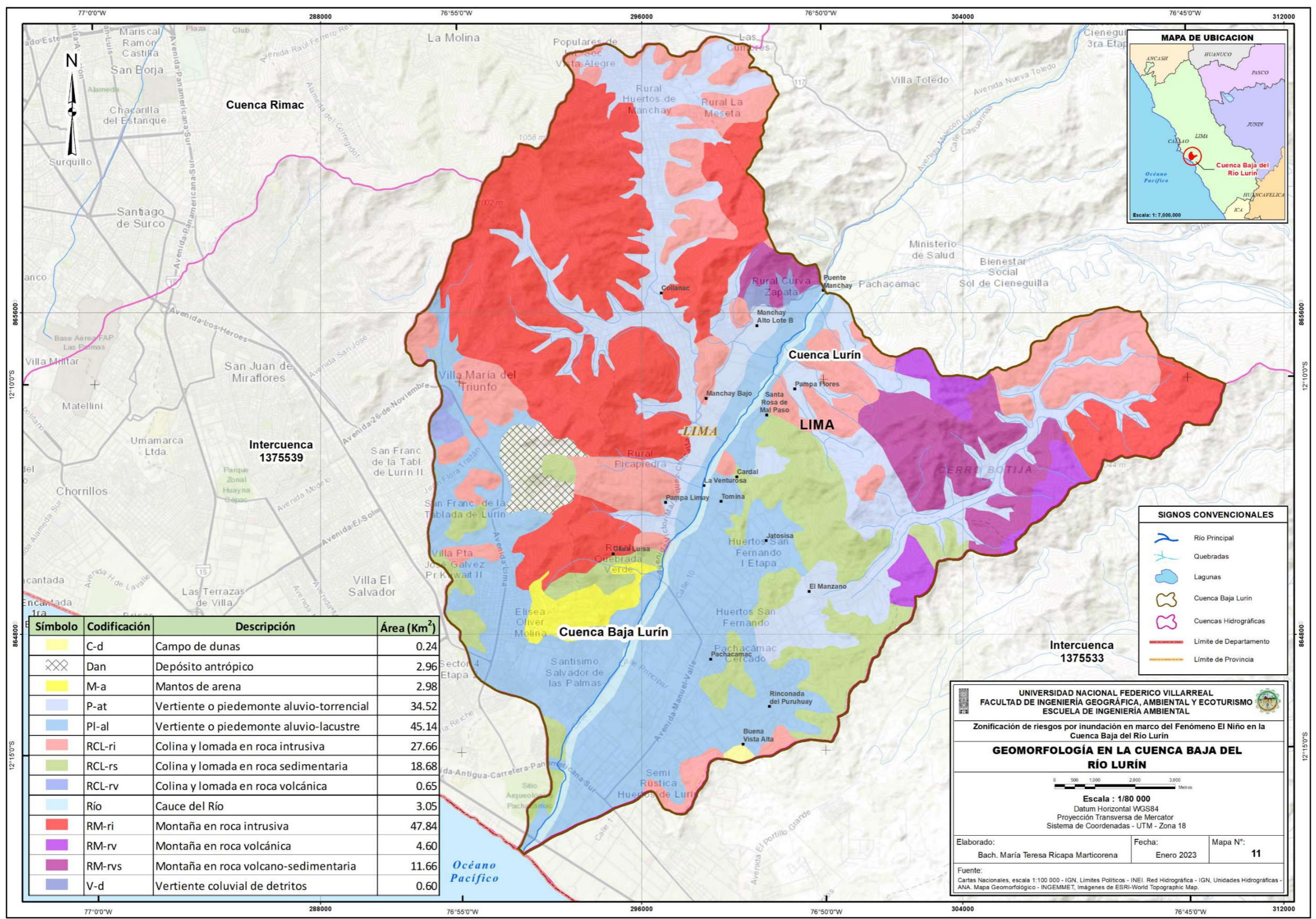
f) *Vertiente coluvial de detritos*. Están relacionados con movimientos en masa (principalmente derrumbes, deslizamientos, desprendimientos y avalanchas de tierra), y suelen localizarse cerca de la base de laderas de montañas, colinas, cerros y escarpes.

**Figura 23.**

*Superficies de geomorfología en %*



**Figura 24.**  
Geomorfología en la Cuenca Baja del río Lurín



**4.1.1.7 Pendientes.** Las pendientes de la topografía del ámbito estudiado se confeccionaron a partir de un modelo de elevación digital (DEM) de 90 m. La pendiente constituye un factor predisponente de remoción de masa como una de las incidencias fenomenológicas de inundaciones en la cuenca.

La fuerte inclinación es un factor preponderante; a mayor pendiente la remoción de masas es más frecuente y adquiere mayor velocidad de flujo. Se consideran 3 aspectos:

- **Inclinación:** se clasifica de acuerdo a la pendiente expresada en porcentaje obtenido en un mapa de pendientes. Ver Figura 25.
- **Forma:** se obtiene de las curvas de nivel y de la visualización de las secciones transversales y del perfil longitudinal de la cuenca.
- **Longitud:** tiene un efecto hidrodinámico.

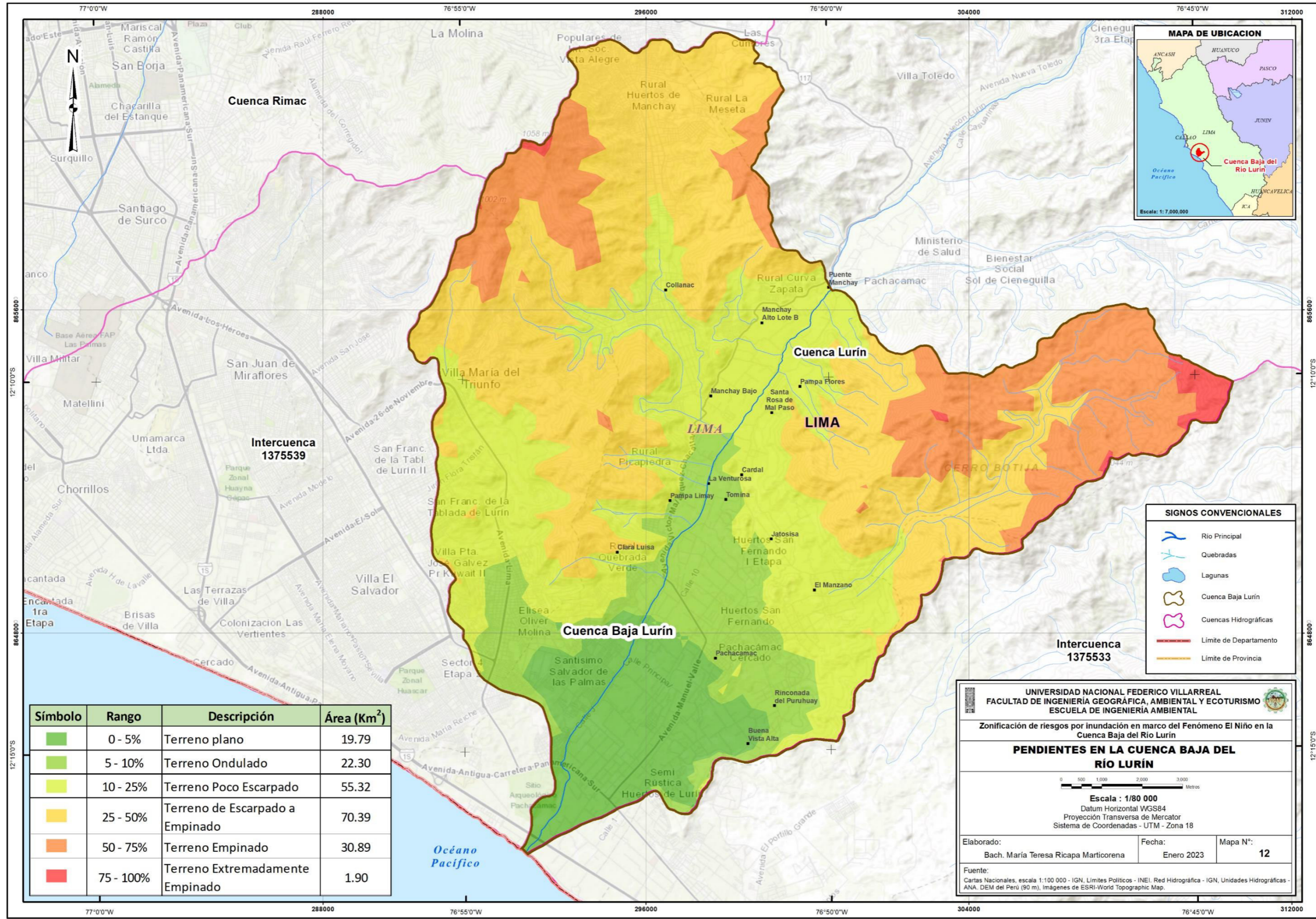
La descripción del rango de pendiente según el tipo de terreno se detalla a continuación:

**Tabla 25.**

*Descripción de pendientes en la Cuenca Baja del Río Lurín*

<b>Símbolo</b>	<b>Rango</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
A	0 - 5%	Terreno plano	19.79	9.86
B	5 - 10%	Terreno Ondulado	22.30	11.12
C	10 - 25%	Terreno Poco Escarpado	55.32	27.58
D	25 - 50%	Terreno de Escarpado a Empinado	70.39	35.09
E	50 - 75%	Terreno Empinado	30.89	15.40
F	75 - 100%	Terreno Extremadamente Empinado	1.90	0.95
<b>Área Total</b>			<b>200.60</b>	<b>100.00</b>

**Figura 25.**  
Pendientes en la Cuenca Baja del río Lurín



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL  
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO  
 ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

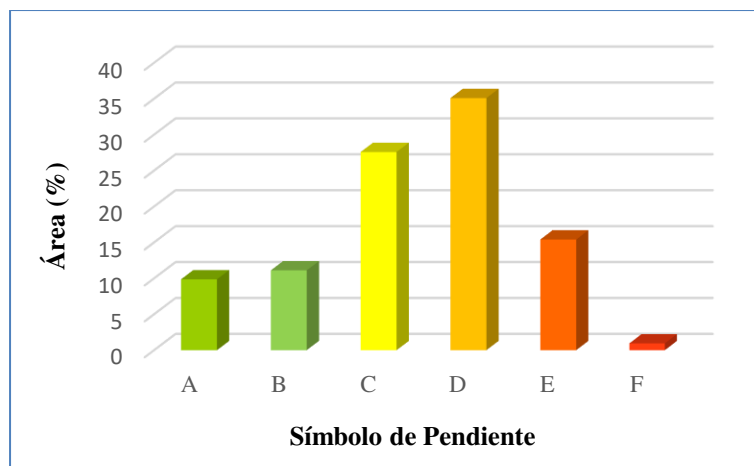
Zonificación de riesgos por inundación en marco del Fenómeno El Niño en la Cuenca Baja del Río Lurín

**PENDIENTES EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO LURÍN**

Escala : 1/80 000  
 Datum Horizontal WGS84  
 Proyección Transversa de Mercator  
 Sistema de Coordenadas - UTM - Zona 18

Elaborado: Bach. María Teresa Ricapa Marticorena      Fecha: Enero 2023      Mapa N°: 12

Fuente: Cartas Nacionales, escala 1:100 000 - IGN, Límites Políticos - INEI, Red Hidrográfica - IGN, Unidades Hidrográficas - ANA, DEM del Perú (90 m), Imágenes de ESRI-World Topographic Map.

**Figura 26.***Superficies de pendiente en %*

**4.1.1.8 Cobertura Vegetal.** En la cuenca baja, los deslizamientos de tierras, en particular las inundaciones, están muy influidos por la falta de cubierta vegetal en las zonas áridas y semiáridas. Es así que, este fenómeno lo provocan las lluvias de los meses de enero a marzo sobre suelos expuestos, perjudicando a la población. Además, en dichos meses, el agua es aprovechada para la agricultura de plantas de raíces cortas como hortalizas, frutales y leguminosas propias del valle de Lurín.

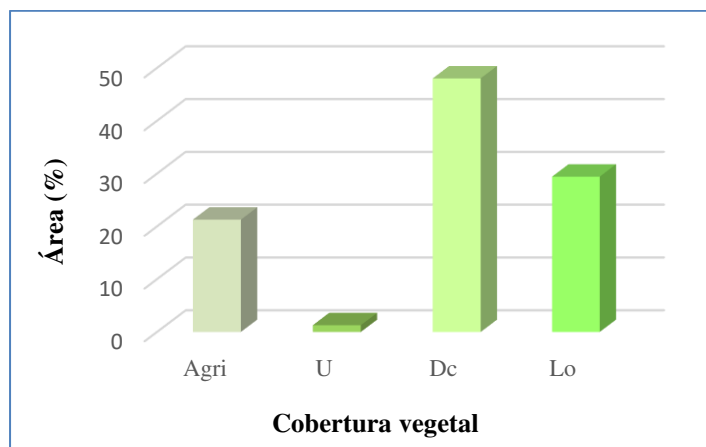
En la siguiente tabla y figura se detalla las áreas identificadas en la cuenca baja. Ver Figura 28.

**Tabla 26.***Descripción de cobertura vegetal en la Cuenca Baja del Río Lurín*

<b>Codificación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
Agri	Agricultura costera y andina	42.69	21.28
U	Área urbana	2.57	1.28
Dc	Desierto costero	96.33	48.02
Lo	Loma	59.01	29.42
<b>Área Total</b>		<b>200.60</b>	<b>100.00</b>

**Figura 27.**






*Superficies de cobertura vegetal en %*












Los productos agrícolas en el ámbito de estudio se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 27.**

*Tipos de cobertura vegetal en la Cuenca Baja del Río Lurín*

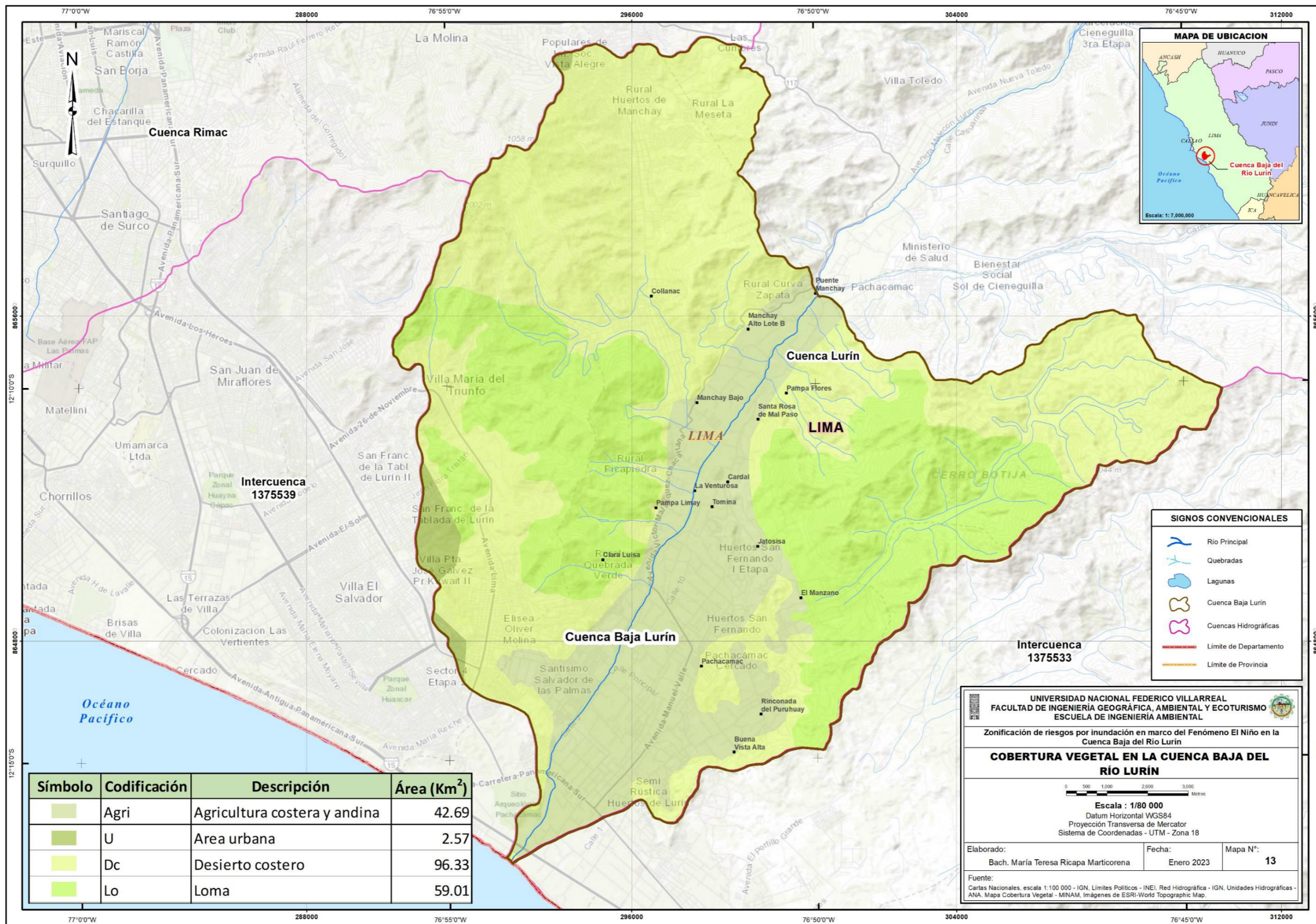
Tipo	Nombre Científico	Nombre Común	Imagen
<b>Frutales</b>	Fragaria vesca	Fresas	
	Prunus persica	Melocontero	
	Opuntia ficus-indica	Tuna	
	Persea americana	Palto	
	Cydonia oblonga	Membrillo	
	Pouteria lucuma	Lúcumo	

---

	<i>Malus domestica</i>	Manzano	
<b>Hortalizas</b>	<i>Zea mays</i>	Maíz chala	
	<i>Solanum tuberosum</i>	Papa	
	<i>Brassica oleracea</i>	Coliflor	
	<i>Solanum lycopersicum</i>	Tomate	
	<i>Ipomoea batatas</i>	Camote	
	<i>Allium cepa</i>	Cebolla	
	<i>Capsicum annum</i>	Ají	
	<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa	

---

**Figura 28.**  
Cobertura vegetal en la Cuenca Baja del río Lurín



**4.1.1.9 Ecología y Zonas de Vida.** Las zonas de vida son conjuntos de relaciones que existen en la naturaleza y agrupan de forma natural ecosistemas o asociaciones vegetales en función de factores como los rangos de temperatura, las precipitaciones y la humedad (Ulate, 2011). En el ámbito de estudio se han encontrado las siguientes zonas de vida. Ver Figura 30.

*a) Desierto desecado Subtropical.* El relieve topográfico, de llano a suavemente ondulado y de variado a abrupto, puede encontrarse en colinas solitarias o en la antigua Cordillera Costera. Presenta una agricultura diversificada en los valles costeros de regadío, tiene un alto potencial en suelos adecuados y depende de un suministro constante de agua.

*b) Desierto perarido Montano Bajo Subtropical.* El paisaje es principalmente montañoso con pendientes pronunciadas que alcanzan el 70%, con pequeñas partes de topografía más suave intercaladas. Hay árboles frutales de hueso y agricultura intensiva. Con el riego en curso, los terrenos ofrecen un alto potencial para la agricultura.

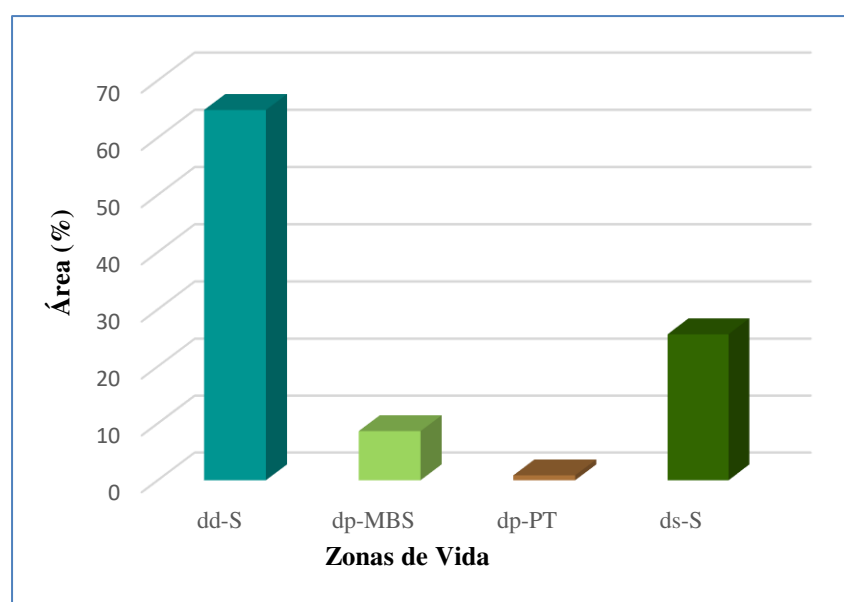
*c) Desierto perarido Premontano Tropical.* Los accidentes geográficos van de suavemente ondulados a accidentados, típicos de las tierras bajas de la llanura costera, a extremadamente accidentados, indicativos de las laderas de las vertientes occidentales andinas. Cuenta con un variado sector agrícola con riego permanente, y sus campos ofrecen un alto potencial para la agricultura y la ganadería.

*d) Desierto superarido Subtropical.* La mayor biotemperatura media anual en el ámbito estudiado es de 20.2° C, mientras que la mínima media anual es de 19.08° C (Chosica). En Chosica, la precipitación total promedio anual oscila entre 18,0 milímetros y 49,0 milímetros. La agricultura y la ganadería son poco activas. Con suelos adecuados y riego permanente, las zonas ofrecen un alto potencial. (ONERN, 1976)

En la Tabla 28 y figura 29 se detallan las zonas de vida encontradas en el ámbito de estudio:

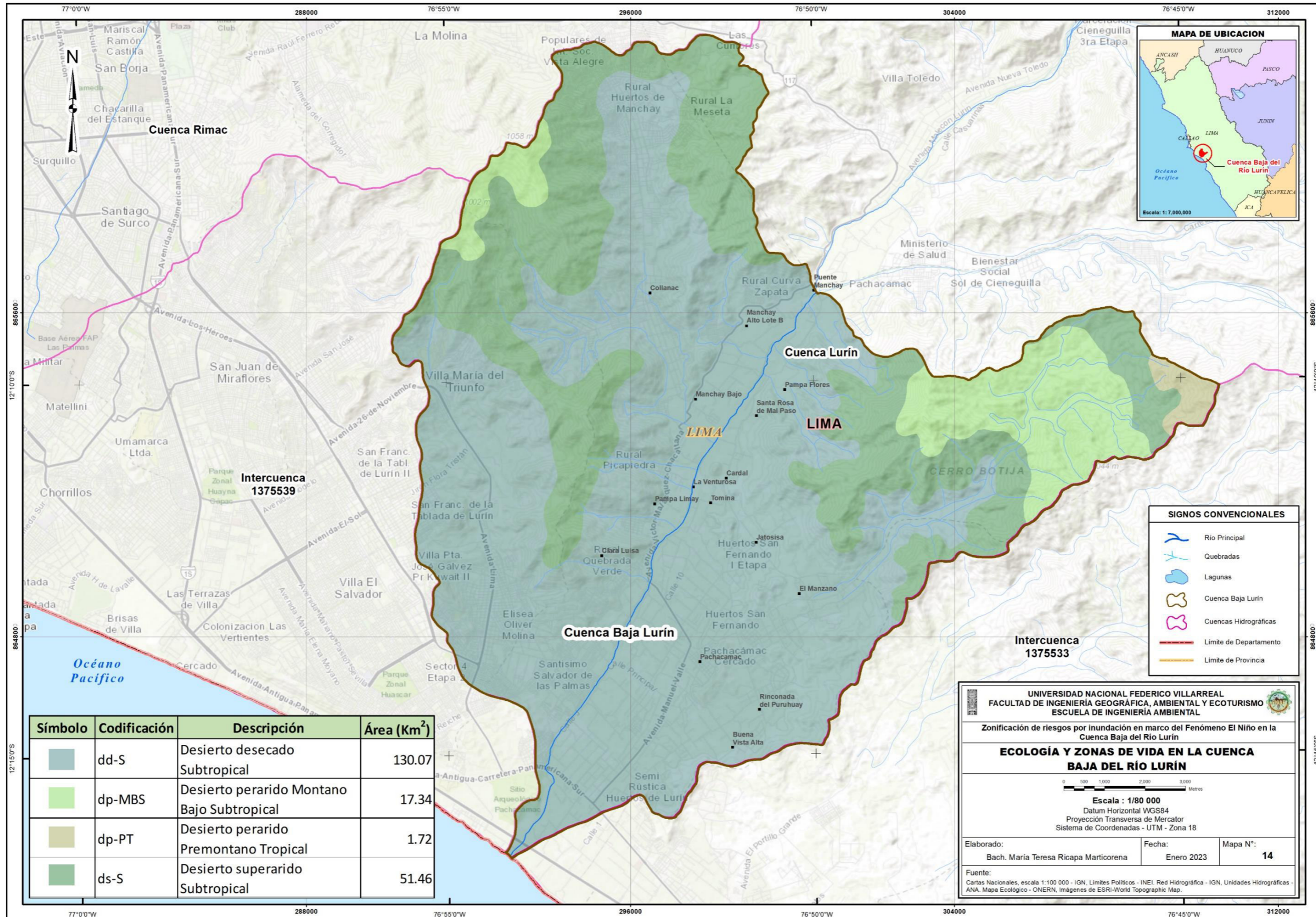
**Tabla 28.***Descripción de zonas de vida en la Cuenca Baja del Río Lurín*

<b>Codificación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
dd-S	Desierto desecado Subtropical	130.07	64.84
dp-MBS	Desierto perarido Montano Bajo Subtropical	17.34	8.64
dp-PT	Desierto perarido Premontano Tropical	1.72	0.86
ds-S	Desierto superarido Subtropical	51.46	25.66
<b>Área Total</b>		<b>200.60</b>	<b>100.00</b>

**Figura 29.***Superficies de zonas de vida en %*

**Figura 30.**

*Ecología y zonas de vida en la Cuenca Baja del río Lurín*



**4.1.1.10 Ecosistemas.** El manejo de la biodiversidad, los recursos naturales renovables y los servicios ecosistémicos se visualizan en el mapa nacional de ecosistemas. El MINAM lo creó y fue aprobado en 2018. A partir de este mapa se han identificado los ecosistemas de la cuenca baja del río Lurín (Ver Figura 32), los cuales se describen con mayor detalle a continuación:

*a) Desierto costero.* Suelos arenosos o afloramientos rocosos que habitan regiones llanas, onduladas y disectadas, vulnerables a la erosión eólica, componen este hábitat árido a hiperárido que carece en gran medida de vegetación. Llega a las primeras estribaciones de las laderas occidentales desde las playas y acantilados marinos.

*b) Loma costera.* El "oasis de vegetación de niebla" o hábitat desértico costero se caracteriza por formaciones vegetales xerófilas efímeras ricas en especies autóctonas y herbáceas con árboles dispersos en algunos casos.

*c) Zona agrícola.* Consiste en regiones sembradas de cultivos. Pueden ser cultivos temporales, que requieren replantación tras la cosecha para seguir produciendo, o cultivos permanentes, que tienen ciclos vegetativos superiores a dos años y pueden producir muchas cosechas sin necesidad de replantación.

*d) Zona urbana.* Las zonas cubiertas por infraestructuras urbanas, así como todos los parques y carreteras conectados a ellas, constituyen esta unidad. (MINAM, 2018)

En la siguiente Tabla y figura se detalla los cuatro ecosistemas encontrados en la cuenca baja:

**Tabla 29.**

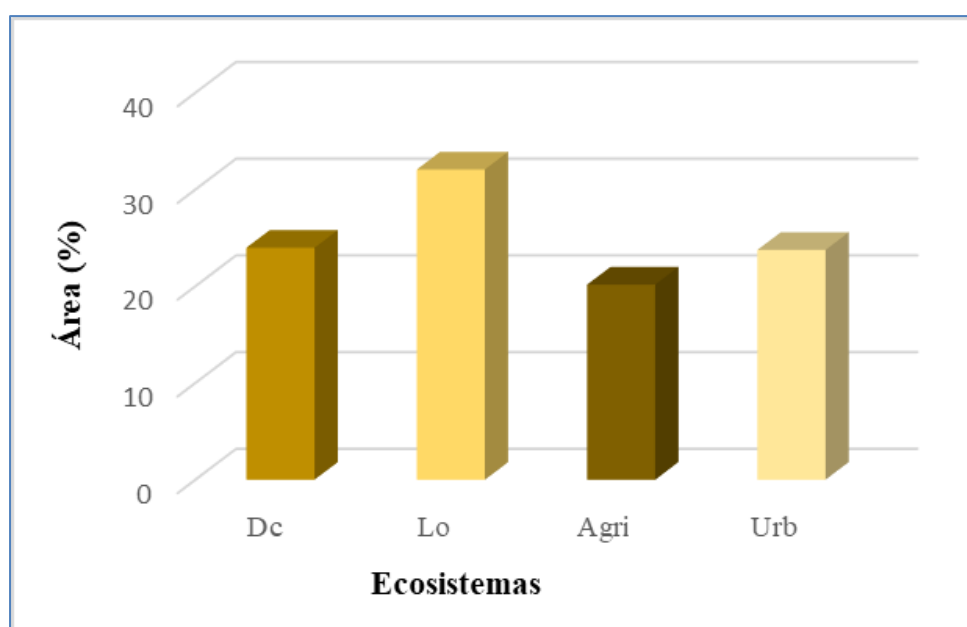
*Descripción de ecosistemas en la Cuenca Baja del Río Lurín*

<b>Codificación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
Dc	Desierto costero	48.12	23.99

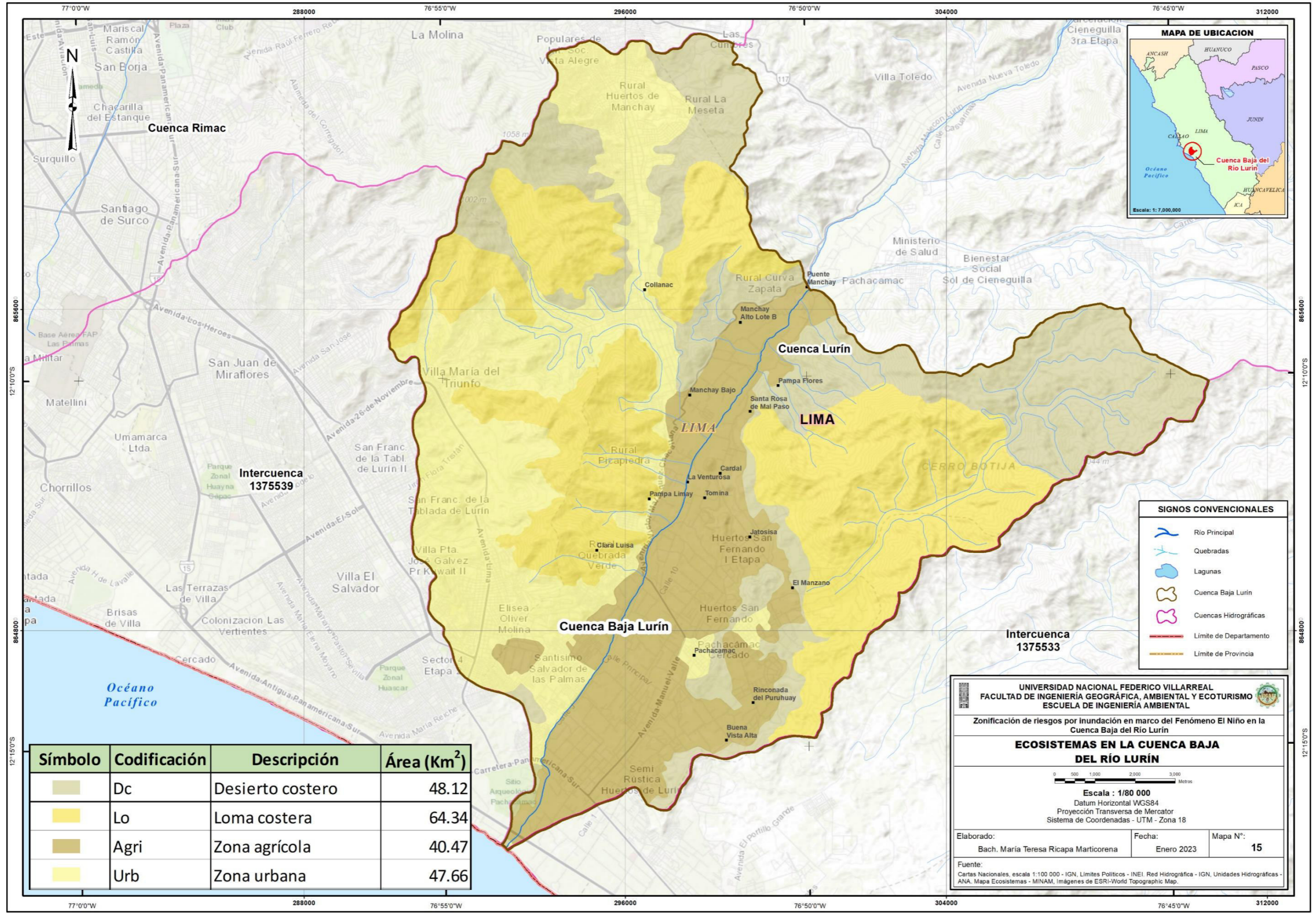
Codificación	Descripción	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
Lo	Loma costera	64.34	32.08
Agri	Zona agrícola	40.47	20.17
Urb	Zona urbana	47.66	23.76
<b>Área Total</b>		<b>200.60</b>	<b>100.00</b>

**Figura 31.**

*Superficies de ecosistemas en %*



**Figura 32.**  
Ecosistemas en la Cuenca Baja del río Lurín



**4.1.1.11 Hidrología.** El SENAMHI tiene a su cargo cinco (05) estaciones hidrométricas en la zona estudiada que proporcionan datos sobre el caudal medio diario en la cuenca, según el Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (SNIRH) (Ver Figura 38). La siguiente tabla muestra los datos específicos a los que se tiene acceso:

**Tabla 30.**

*Estaciones hidrométricas en la Cuenca del Río Lurín*

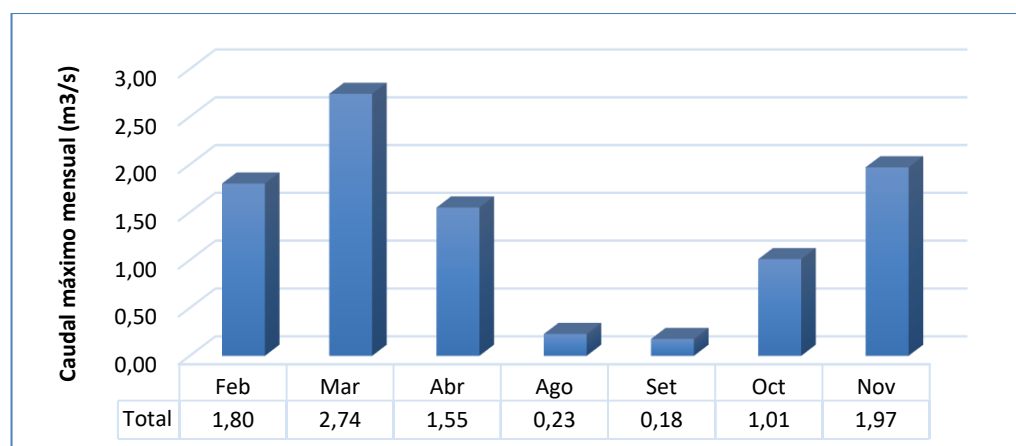
Estaciones	Latitud	Longitud	Altitud	Disponibilidad de datos	
				Inicio	Fin
Cruz de Laya	-12.10	-76.47	1700	07/02/1969	30/11/1969
San Damián	-12.02	-76.40	2700	21/12/1968	31/12/1972
Manchay Bajo	-12.17	-76.85	206	01/01/1939	29/02/1984
Antapucro	-12.03	-76.62	1026	11/10/1968	09/02/2022
Puente Antapucro	-12.03	-76.62	1026	01/01/2020	21/03/2023

*Nota.* Tomado del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (SNIRH).

a) **Estación Cruz de Laya.** Dispone de información solo en 1969 con 206 datos distribuidos en el año. Al analizar los datos se puede observar que los caudales máximos se han presentado en los meses de avenida, siendo el valor máximo 2.74 m<sup>3</sup>/s en el mes de marzo, tal como se aprecia en la siguiente figura:

**Figura 33.**

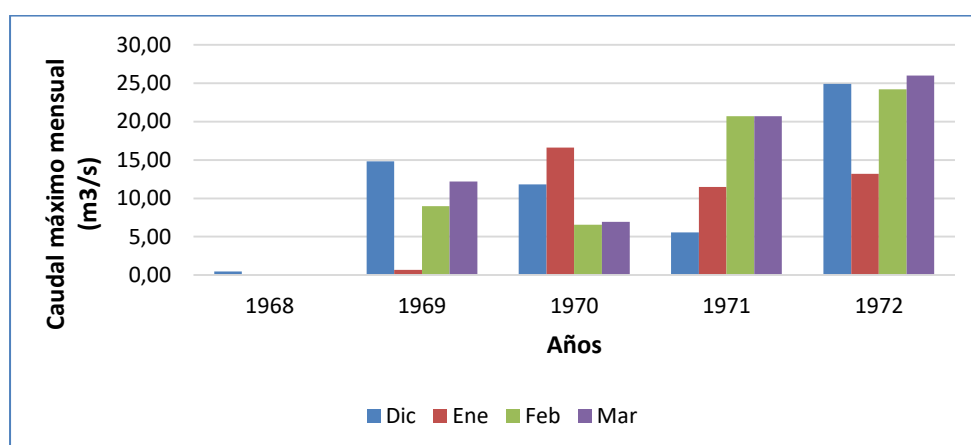
*Caudal máximo mensual – Estación Cruz de Laya*



b) **Estación San Damián.** Dispone de cuatro (04) años de información desde diciembre 1968 a diciembre 1972. Al analizar sus datos se puede observar en la figura 20 que los caudales máximos se han presentado de diciembre a marzo, siendo el valor máximo 26 m<sup>3</sup>/s registrado en marzo de 1972.

**Figura 34.**

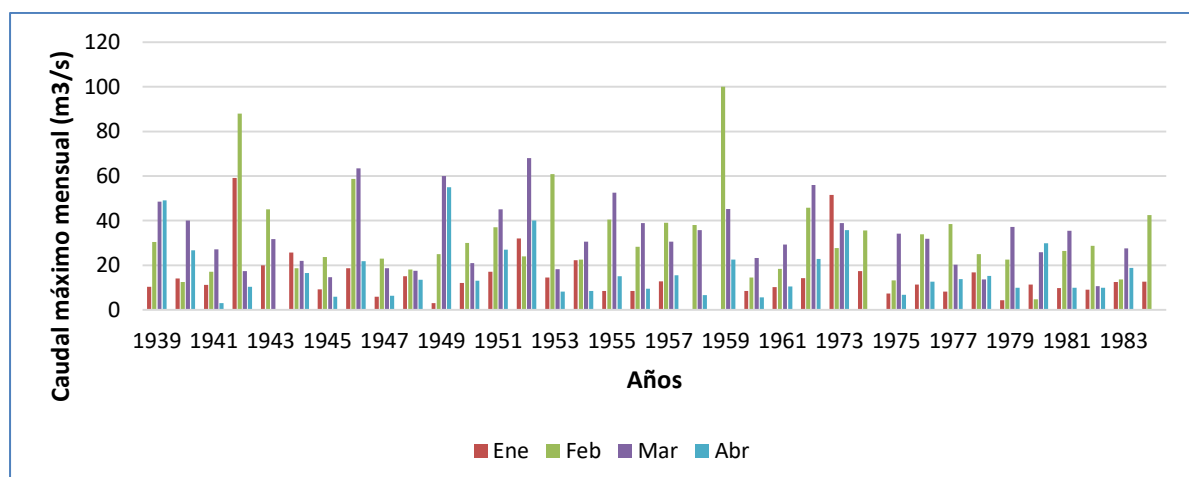
*Caudal máximo mensual – Estación San Damián*



c) **Estación Manchay Bajo.** Dispone de 36 años de información desde enero 1939 a febrero 1984. Al analizar sus datos se puede observar en la figura 21 que los caudales máximos se han presentado en los meses de enero a abril, siendo el valor máximo 100 m<sup>3</sup>/s registrado en el mes de febrero de 1959.

**Figura 35.**

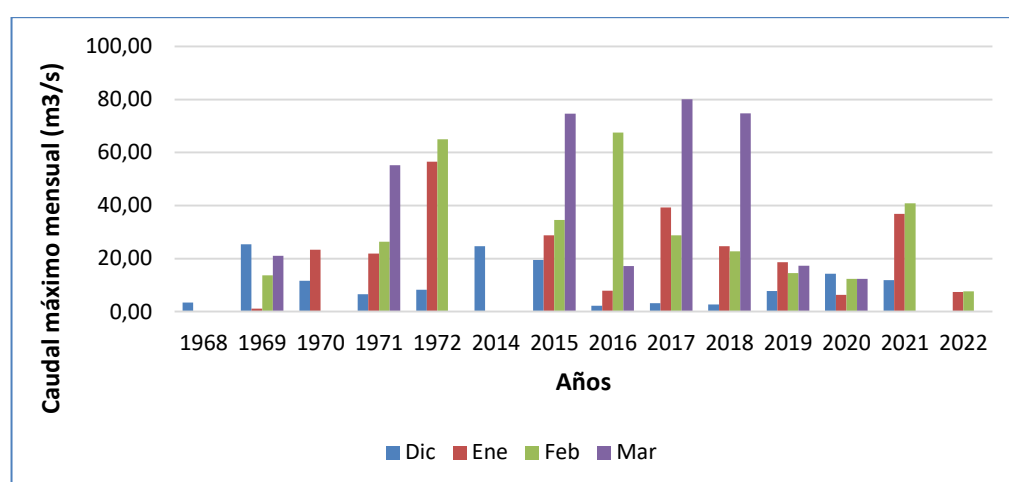
*Caudal máximo mensual – Estación Manchay Bajo*



d) **Estación Antapucro.** Dispone de 14 años de información distribuidos en dos periodos: de octubre 1968 a diciembre 2022 y de setiembre 2014 a febrero 2022. Al analizar sus datos se puede observar en la figura 22 que los caudales máximos se han presentado de diciembre a marzo, siendo el valor máximo 80.07 m<sup>3</sup>/s registrado en marzo de 2017, correspondiente al año del Niño Costero en el Perú.

**Figura 36.**

*Caudal máximo mensual – Estación Antapucro*



e) **Estación Puente Antapucro.** Dispone de cuatro (04) años de información desde de enero 2020 a marzo 2023. Al analizar sus datos se puede observar en la figura 23 que los caudales máximos se han presentado de diciembre a marzo, siendo el valor máximo 32.01 m<sup>3</sup>/s registrado en marzo de 2023, correspondiente al año declarado del Fenómeno del Niño Global.

**Figura 37.**

*Caudal máximo mensual – Estación Puente Antapucro*

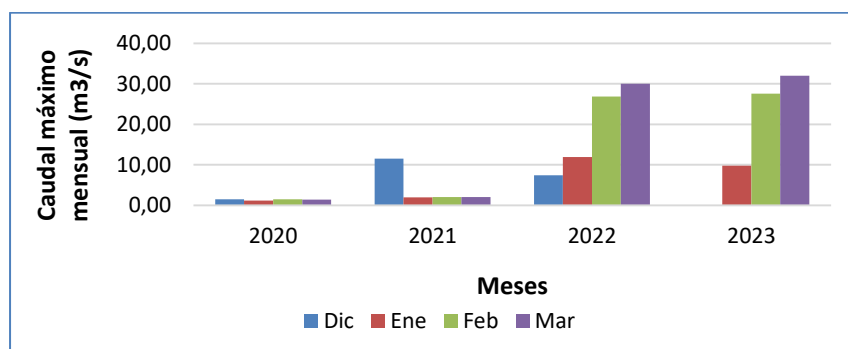
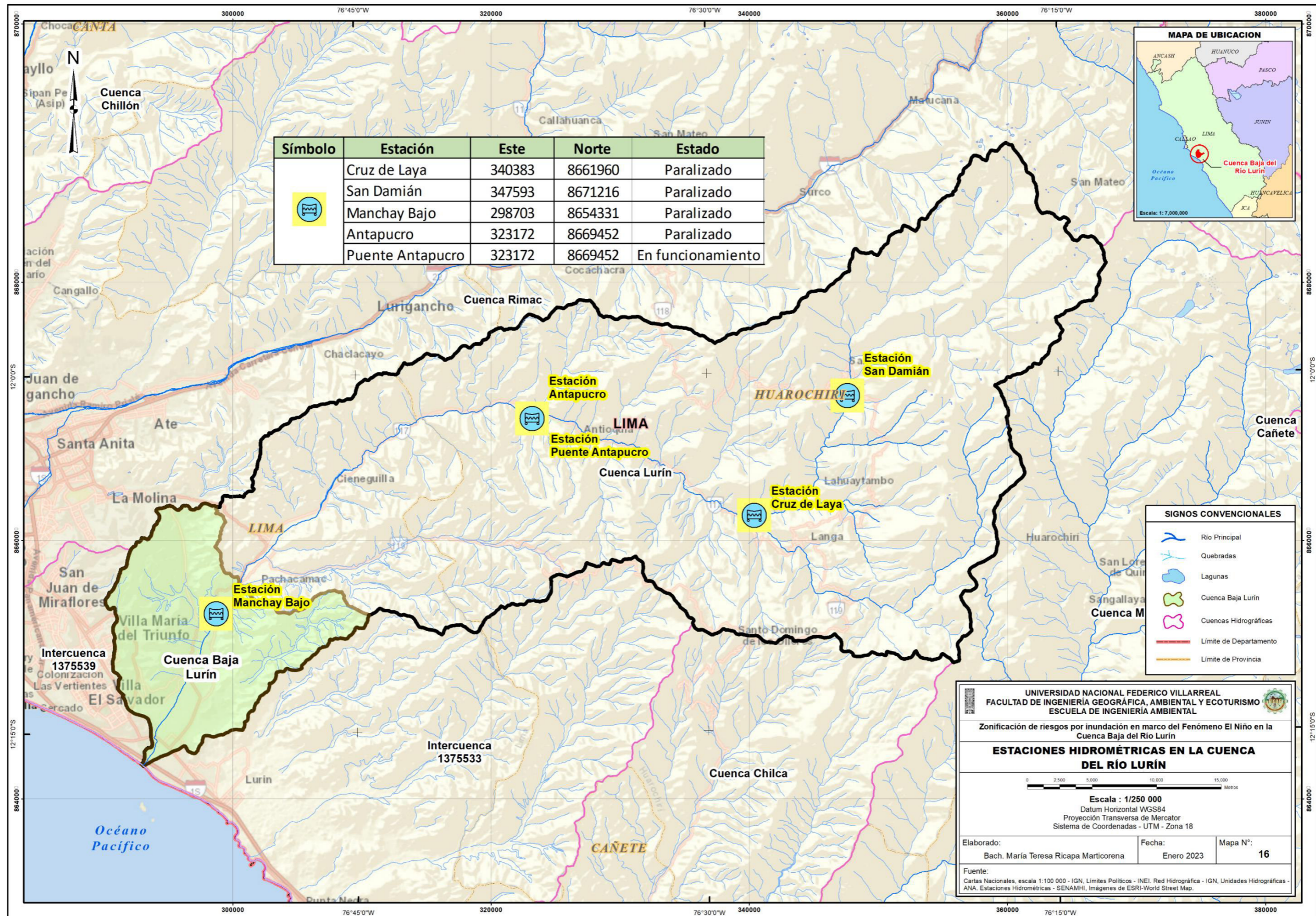


Figura 38.

Estaciones hidrométricas en la Cuenca Baja del río Lurín



#### 4.1.2 Diagnóstico económico

**4.1.2.1 Sector Minería.** Según el catastro minero de INGEMMET, las áreas de concesiones mineras se encuentran organizadas en diferentes sectores de la cuenca baja del río Lurín. Estos recursos se encuentran relacionados con los afloramientos líticos sedimentarios antiguos de origen continental y marino, así como a los depósitos fluviales recientes. En la actualidad existen diversas actividades extractivas en cuanto a minerales, dentro de la cuenca baja existen concesiones metálicas y no metálicas. Ver Figura 40

En el siguiente Tabla y figura se detallan las concesiones mineras localizadas en el ámbito de estudio obtenidas del sistema de información geológico y catastral minero (GEOCATMIN)

**Tabla 31.**

*Concesiones mineras en la Cuenca Baja del Río Lurín otorgadas al 2018*

Código	Titular	Concesión	Estado	Fecha Resolución	Sustancia	Área (Ha)
11013671X01	UNION ANDINA DE	Atocongo Cuatro	Acumulación	18/06/1958	No Metálico	268.43
11013669X01	CEMENTOS S.A.A.-UNACEM	Atocongo Dos	D.M. Titulada	18/06/1958	No Metálico	272.06
11013670X01	S.A.A.	Atocongo Tres		18/06/1958	No Metálico	286.06
10271416	MARCO ANTONIO GUTIERREZ RODRIGUEZ	San Marco 2016-3	D.M. en Trámite D.L. 708	20/10/2016	No Metálico	1.07
10268016	MARIO ANTONIO GUTIERREZ ZEGARRA	San Marco 3		14/10/2016	No Metálico	0.04
10235915	MOLINOS & CIA. S.A.	El Porton I		4/05/2015	No Metálico	10.00
11023626X01	CEMENTOS PORTLAND S.A.	Mussa 3	D.M. Titulado D.L. 109	14/08/1980	Metálico	180.00

Código	Titular	Concesión	Estado	Fecha Resolución	Sustancia	Área (Ha)
11000447Y01	COMPañIA MINERA AGREGADOS CALCAREOS S.A.	Pachacamac N° 1	D.M. Titulado D.L. 109	5/12/1959	No Metálico	100.02
11025772X01	MINERA ADELAIDA S.A.	Adelaida		29/03/1989	Metálico	498.18
11025761X01		Julio Jeronimo		16/02/1989	Metálico	41.62
11025763X01		Norma Leticia		22/02/1989	Metálico	42.60
11000001Y01	UNION ANDINA DE	Atocongo		2/11/1946	No Metálico	240.05
11000368X01	CEMENTOS S.A.A.-UNACEM	Atocongo Cinco		18/06/1958	No Metálico	288.06
11021452X01	S.A.A.	Atocongo N° 13		18/06/1975	No Metálico	132.03
11000369Y01		Atocongo Seis		18/06/1958	No Metálico	258.68
11005082X01		Barranco		2/10/1939	No Metálico	144.01
11026022X01		Bertha I		18/02/1991	Metálico	31.03
11026054X01		Bertha I-A		6/05/1991	Metálico	11.00
11026055X01		Bertha II-A		6/05/1991	Metálico	40.01
11026056X01		Bertha III-A		6/05/1991	Metálico	50.01
11025885X01		Cristina		13/02/1990	Metálico	512.83
11000003Y01		El Porvenir		7/10/1946	No Metálico	24.00
11025852X01		Fatima Primera		17/11/1989	Metálico	812.90
11006764X01		Leon		13/11/1947	No Metálico	160.03
11006209X01		Limestone N° 1		19/12/1945	No Metálico	21.31
11025060X01		Luis Jose		26/11/1985	No Metálico	16.00
11000102Y02		Miraflores		2/10/1939	No Metálico	48.00
11023524X01		Mussa 2		4/07/1980	Metálico	630.01
11020748X01		Pucara N° 3		9/07/1970	No Metálico	48.00
11020952X01		Pucara N° 4		9/03/1972	No Metálico	40.00
11005668X01		Pucara Numero Dos		26/12/1942	No Metálico	47.93
11005667X01	UNION ANDINA DE	Pucara Número Uno	D.M. Titulado	26/12/1942	No Metálico	48.00
11010223X01	CEMENTOS S.A.A.-UNACEM	Rio Lurin	D.L. 109	1/12/1952	No Metálico	10.00
11000002Y01	S.A.A.	San Carlos		20/10/1946	No Metálico	40.01

Código	Titular	Concesión	Estado	Fecha Resolución	Sustancia	Área (Ha)
11005886X01		San Giorgio		26/05/1944	No Metálico	16.00
11005092X01		San Miguel		17/10/1939	No Metálico	40.00
11000370Y01		San Miguel Dos		18/06/1958	No Metálico	32.01
10207495	CEMENTOS PORTLAND S.A.	El Silencio 8	D.M. Titulado	2/01/1995	No Metálico	248.19
10285305		Mariafernanda	D.L. 708	7/09/2005	No Metálico	231.38
10285405		Mariafernanda 1		7/09/2005	No Metálico	99.24
10234204	HOLMEDO MARCELINO SANTOS BALLARTA	Jhilberth	D.M. Titulado D.L. 708	1/07/2004	No Metálico	18.00
10350904	MINERA TRES ESTRELLAS S.A.	Tres Marias 2004	D.M. Titulado D.L. 708	2/11/2004	No Metálico	3.44
10226296	UNION ANDINA DE	Thaber III	D.M. Titulado	30/07/1996	Metálico	500.01
10321796	CEMENTOS S.A.A.-UNACEM	Thaber IV	D.L. 708	2/10/1996	No Metálico	400.00
10233997	S.A.A.	Thaber IX		26/05/1997	Metálico	694.41
10321896		Thaber V		2/10/1996	No Metálico	700.00
10321996		Thaber VI		2/10/1996	No Metálico	900.02
10322196		Thaber VIII		2/10/1996	No Metálico	100.00
10348797	YURA S.A.	Tomina	D.M. Titulado D.L. 708	22/09/1997	No Metálico	100.00
P0101271	UNION ANDINA DE CEMENTOS S.A.A.-UNACEM	Hda.Benef.Cementos Lima	Planta de Beneficio	-	No Metálico	240.05
P0101865	S.A.A.	Lar Lima		-	No Metálico	3.42
<b>Área Total</b>						<b>9680.18</b>

**Tabla 32.***Concesiones mineras según estado de trámite*

<b>Estado</b>	<b>Área (Ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Acumulación D.M. Titulada	826.54	8.54
D.M. Titulado D.L. 109	4604.34	47.56
D.M. Titulado D.L. 708	3994.72	41.27
D.M. en Trámite D.L. 708	11.11	0.11
Planta de Beneficio	243.47	2.52
<b>Área Total</b>	<b>9680.18</b>	<b>100.00</b>

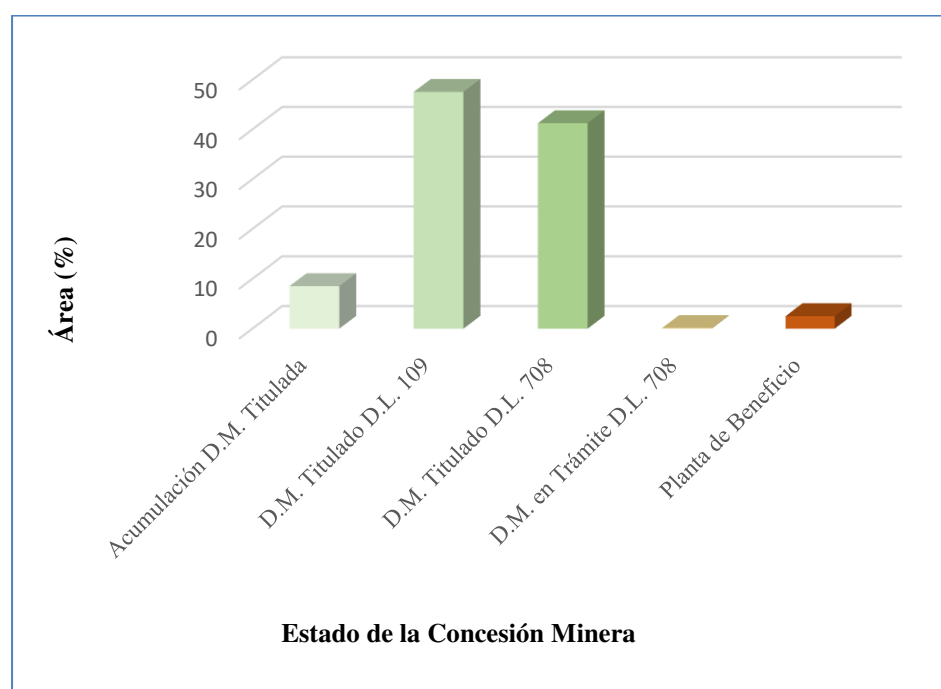
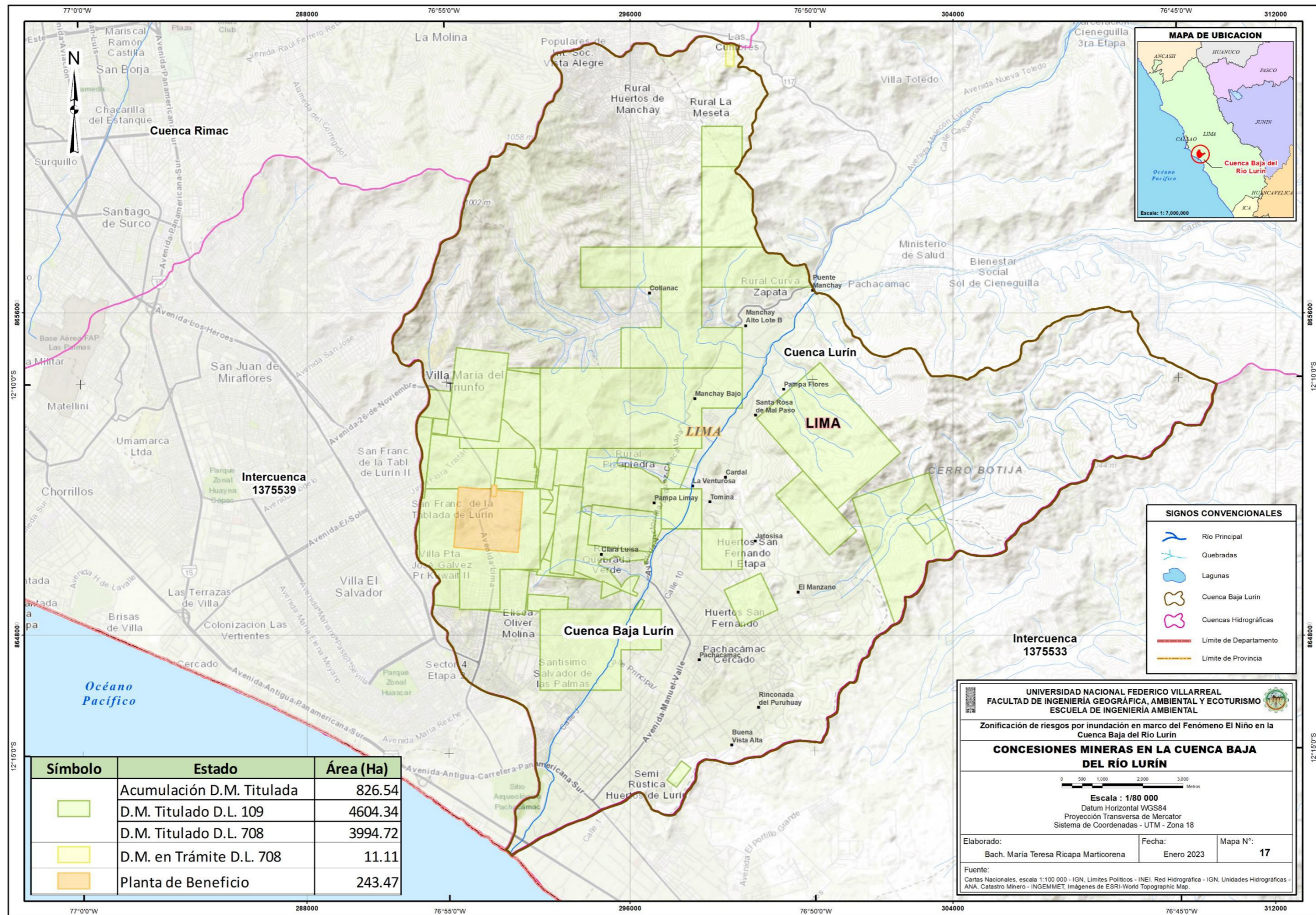
**Figura 39.***Superficie de concesiones mineras según estado en %*

Figura 40.

Concesiones mineras en la Cuenca Baja del río Lurín



**4.1.2.2 Sector Energía.** Según el Ministerio de Energía y Minas, a través del OSINERGMIN, en la cuenca baja se desarrollan actividades en los sectores económicos, además de minería, electricidad, hidrocarburos y gas natural, tal como se describe:

*a) Subsector Electricidad.* Según el Mapa Energético Minero elaborado por OSINERGMIN, el área de estudio presenta infraestructura eléctrica en las etapas de generación y distribución, las cuales proveen de energía a la población asentada en la ribera del río y alrededores (Ver Figura 41). Las empresas eléctricas encontradas en el ámbito de estudio son Luz del Sur y UNACEM, que cuenta con una central térmica tal como se detallan en las siguientes tablas:

**Tabla 33.**

*Infraestructura de Generación eléctrica*

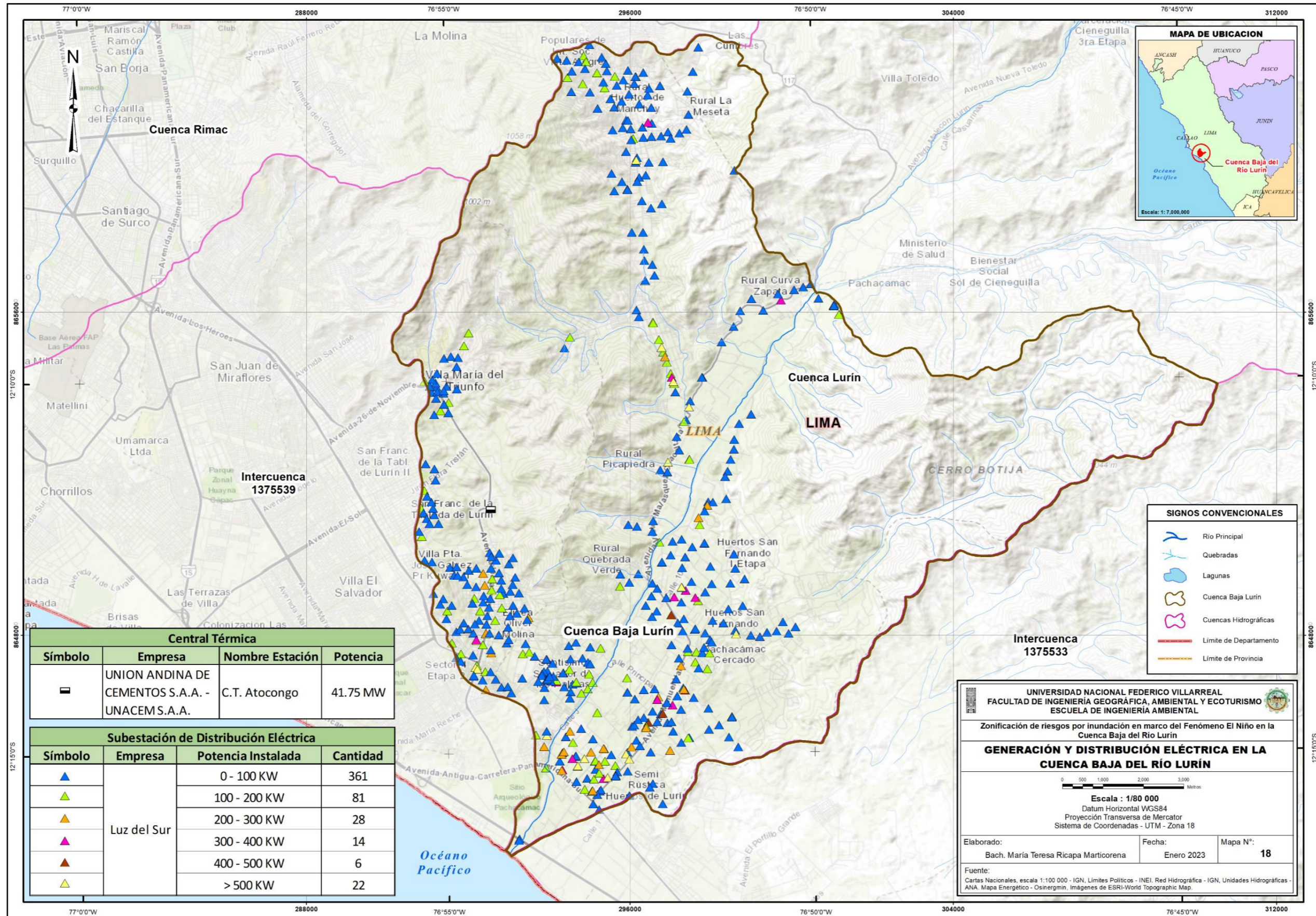
<b>Empresa</b>	<b>Nombre Estación</b>	<b>Potencia</b>
Unión Andina De Cementos S.A.A. - Unacem S.A.A.	C.T. Atocongo	41.75 MW

**Tabla 34.**

*Infraestructura de Distribución eléctrica*

<b>Empresa</b>	<b>Potencia Instalada</b>	<b>Cantidad</b>
Luz del Sur	0 - 100 KW	361
	100 - 200 KW	81
	200 - 300 KW	28
	300 - 400 KW	14
	400 - 500 KW	6
	> 500 KW	22
<b>Total</b>		<b>512</b>

**Figura 41.**  
*Generación y distribución eléctrica en la Cuenca Baja del río Lurín*



**b) Subsector Hidrocarburos y Gas Natural.** Según el Mapa Energético Minero de OSINERGMIN, el ámbito de estudio presenta infraestructura de hidrocarburos líquidos menores que proveen de Gas Licuado de Petróleo (GLP) y Gas Natural Vehicular (GNV) a la población, a través de estaciones de servicios denominadas grifos.

En cuanto a gas natural, el ámbito de estudio es atravesado por las redes de distribución de gas natural de la empresa CALIDDA. Cabe mencionar que, aún no existen conexiones domiciliarias de este servicio. Ver Figura 42

La infraestructura energética detallada se presenta a continuación:

**Tabla 35.**

*Estaciones de servicios en la cuenca baja del río Lurín*

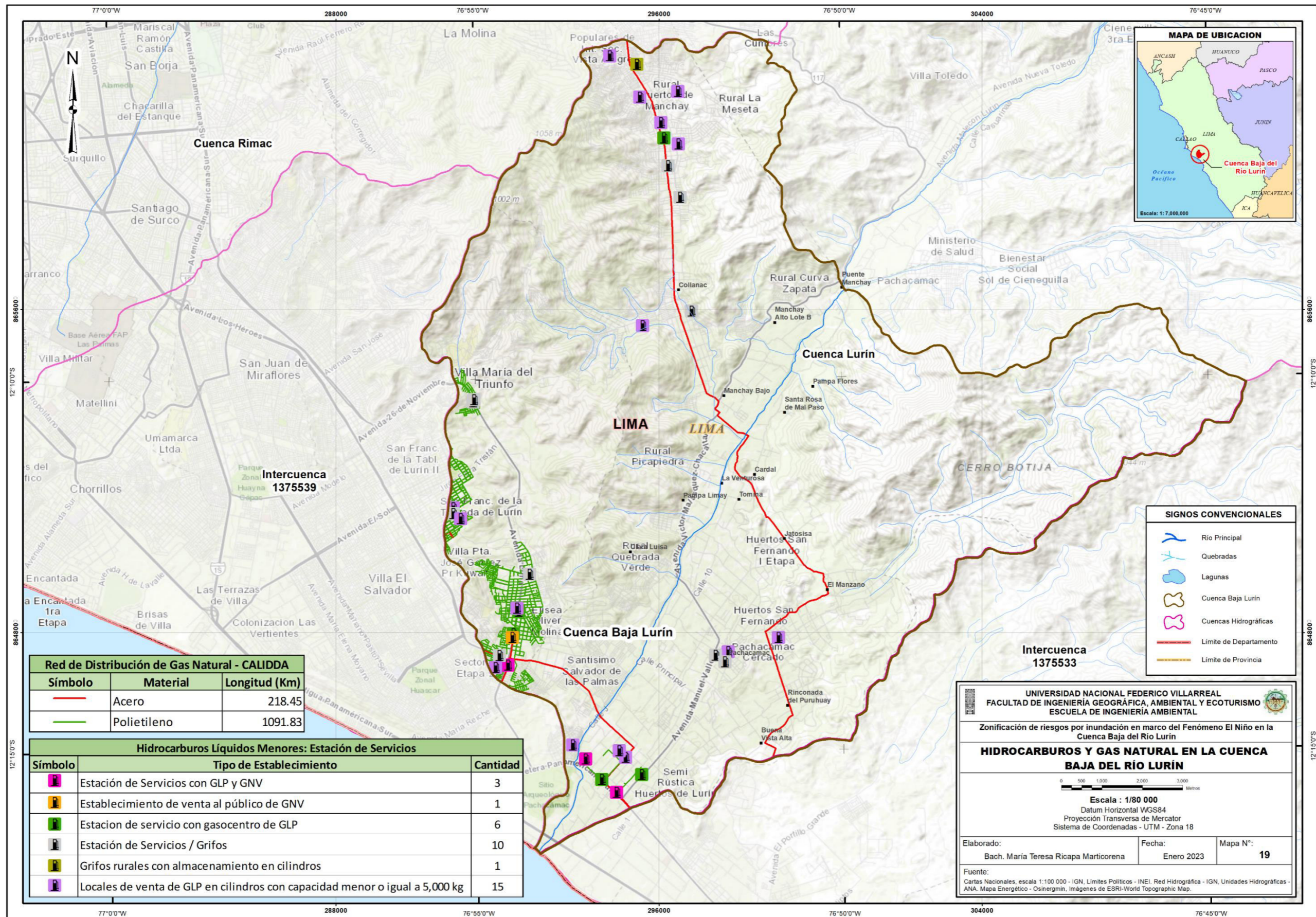
<b>Tipo de Establecimiento</b>	<b>Cantidad</b>
Estación de Servicios con GLP y GNV	3
Establecimiento de venta al público de GNV	1
Estacion de servicio con gasocentro de GLP	6
Estación de Servicios / Grifos	10
Grifos rurales con almacenamiento en cilindros	1
Locales de venta de GLP en cilindros con capacidad menor o igual a 5,000 kg	15
<b>Total</b>	<b>36</b>

**Tabla 36.**

*Red de distribución de gas natural - CALIDDA*

<b>Material de Tubería</b>	<b>Longitud (Km)</b>
Acero	218.45
Polietileno	1091.83
<b>Total</b>	<b>1310.28</b>

**Figura 42.**  
*Hidrocarburos y gas natural en la Cuenca Baja del río Lurín*



**4.1.2.3 Sector Producción.** Según el MINAM a través del OEFA y el MIDAGRI a través de la ANA, el ámbito de la investigación cuenta con diversas industrias y presenta áreas de cultivo e infraestructura hidráulica adyacentes al río, tal como se detalla a continuación:

*a) Subsector Industrias.* Según el Mapa de fiscalización ambiental desarrollado por el OEFA, las empresas dedicadas mayoritariamente a la fabricación de cemento y sus derivados constituyen el sector industrial y fiscalizable del área estudiada. Ver Figura 43

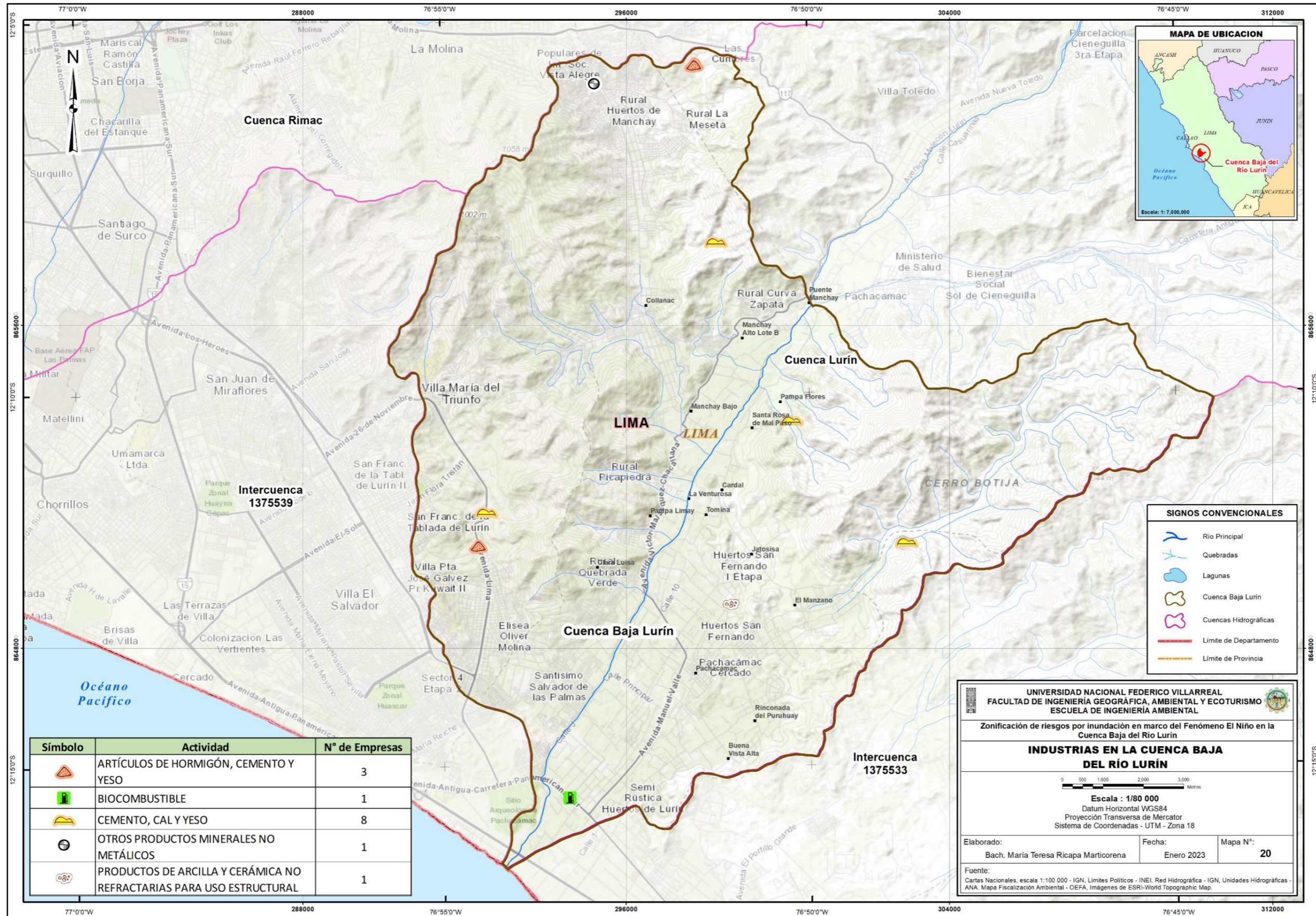
El detalle de las actividades industriales se describe en la siguiente tabla:

**Tabla 37.**

*Industrias en la cuenca baja del río Lurín*

<b>Actividad</b>	<b>Empresa</b>	<b>Nombre de la Industria</b>
Artículos de hormigón, cemento y yeso	Concretos Lima S.A.C.	Planta Cieneguilla
	Ladrillera Calderon EIRL	Planta Cieneguilla
Biocombustible	Prefabricados Andinos Peru S.A.C. (Preansa)	Planta Villa María del Triunfo
	Heaven Petroleum Operators S.A.	Planta Lurín
Cemento, cal y yeso	Cementos Portland S.A.	Planta Pachacamac
	Union Andina De Cementos S.A.A.	Cable Carril Pucará-Atocongo
		Cantera Atocongo
		Cantera Mussa 2
		Cantera puzolana - Concesión José Luis
	Cantera quebrada blanca	
	Faja transportadora Atocongo Conchán	
	Planta Atocongo	
Otros productos minerales no metálicos	C L Construcciones Generales Srl.	Planta Pachacamac
Productos de arcilla y cerámica no refractarias para uso estructural	Ceramica Minera Lima E.I.R.L.	Planta Pachacamac

**Figura 43.**  
Industrias en la Cuenca Baja del río Lurín



**b) Subsector Agricultura.** El establecimiento de políticas y especificaciones para controlar la concesión y formalización de derechos de uso del agua es una de las funciones de la ANA. Según el último censo agropecuario, existen 2 576 100 hectáreas de tierras bajo riego; sin embargo, sólo 700 217 hectáreas, es decir, el 28% de esa superficie, cuentan con derechos de uso de agua formalizados e inscritos en el Registro Administrativo de Uso de Agua (RADA). (ANA, 2019) A partir de esta información, se ha identificado 2 555 parcelas en la cuenca baja, específicamente en las zonas adyacentes al río Lurín. Ver Figura 45

El número de parcelas por hectáreas localizadas en la zona, se describe en la siguiente tabla y figura:

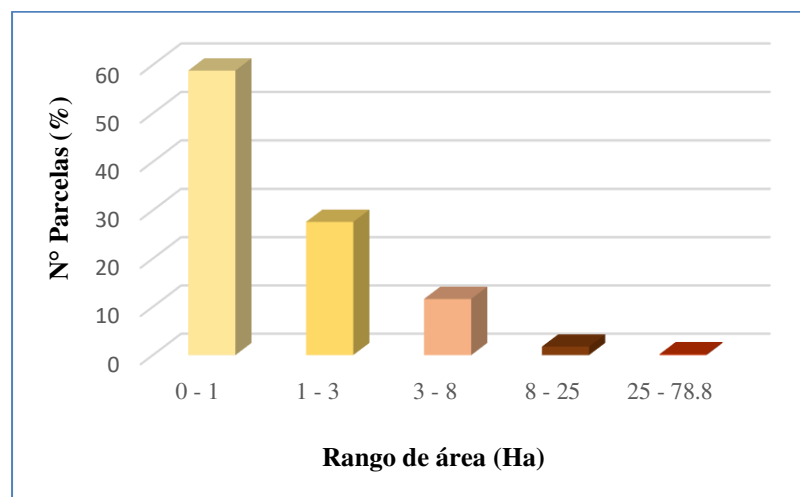
**Tabla 38.**

*Descripción de parcelas por Hectáreas*

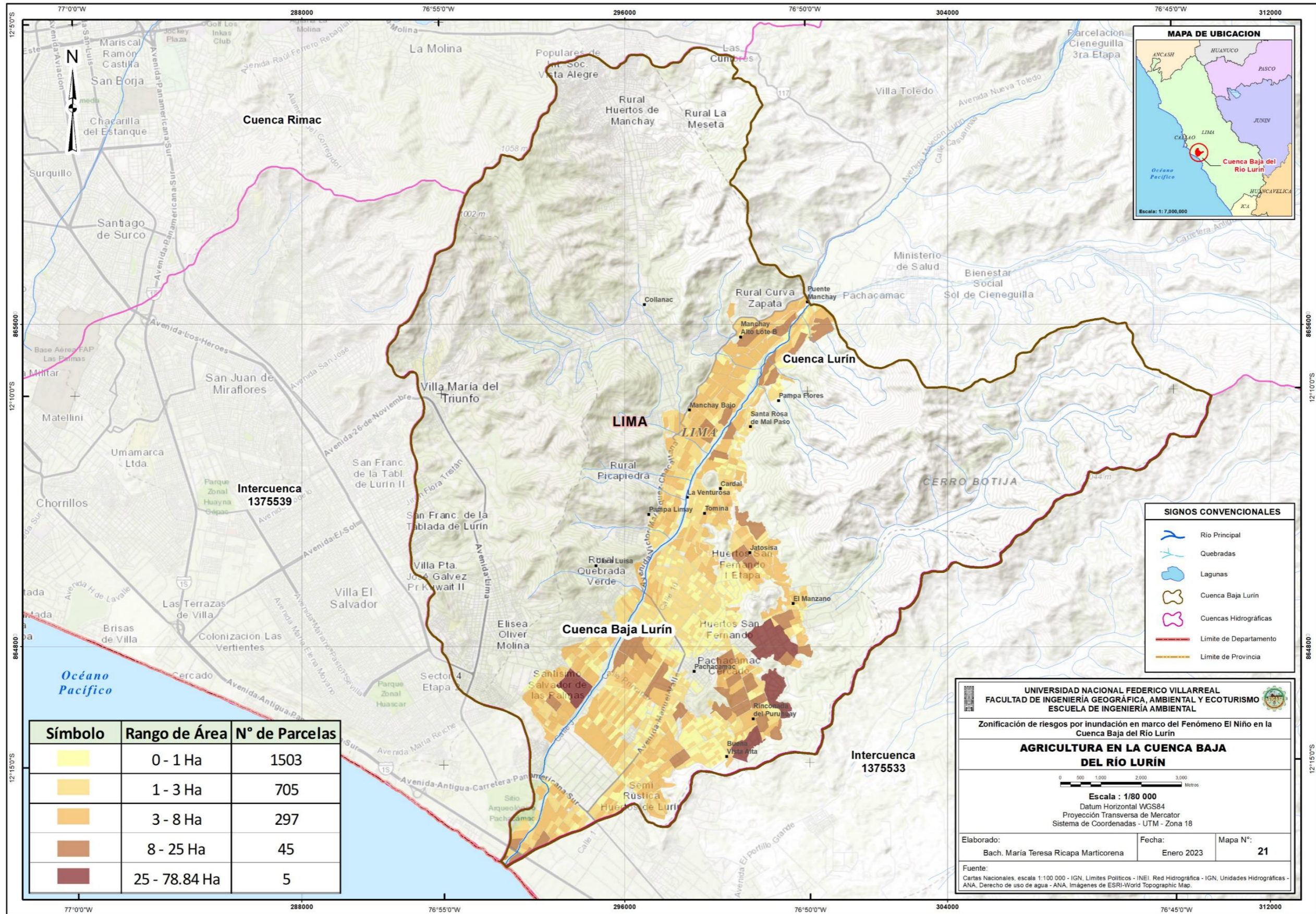
<b>Rango de Área</b>	<b>N° de Parcelas</b>	<b>% Parcelas</b>
0 - 1 Ha	1503	58.83
1 - 3 Ha	705	27.59
3 - 8 Ha	297	11.62
8 - 25 Ha	45	1.76
25 - 78.84 Ha	5	0.20
<b>Total</b>	<b>2555</b>	<b>100.00</b>

**Figura 44.**

*Número de parcelas en %*



**Figura 45.**  
Agricultura en la Cuenca Baja del río Lurín



c) **Subsector Riego.** El subsector de riego está conformado por sistemas hidráulicos con infraestructuras destinadas a brindar el servicio de agua a la población.

Según la información geográfica del ANA al 2016, en la cuenca baja se han identificado tres tipos de pozos: mixtos, a tajo abierto y tubular en estado utilizado, utilizable y no utilizable, sumando un total de 734 pozos. Además, se han localizado 8 bocatomas y 840 canales que suman 252.5 Km de longitud distribuidos en la cuenca baja. Ver Figura 48

Las infraestructuras identificadas en el ámbito de estudio se describen en los Tablas:

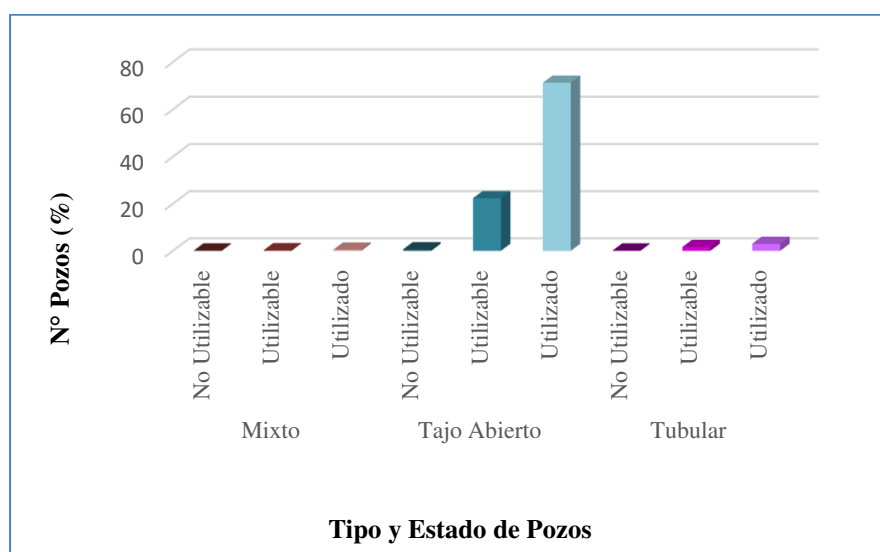
**Tabla 39.**

*Descripción de pozos en la cuenca baja del río Lurín*

Tipo de Pozo	Estado del Pozo	N° Pozos	% Pozos
<b>Mixto</b>	No Utilizable	1	0.14
	Utilizable	2	0.27
	Utilizado	4	0.54
<b>Tajo Abierto</b>	No Utilizable	5	0.68
	Utilizable	164	22.34
	Utilizado	523	71.25
<b>Tubular</b>	No Utilizable	1	0.14
	Utilizable	12	1.63
	Utilizado	22	3.00
<b>Total</b>		<b>734</b>	<b>100.00</b>

**Figura 46.**

*Número de pozos por tipo en %*

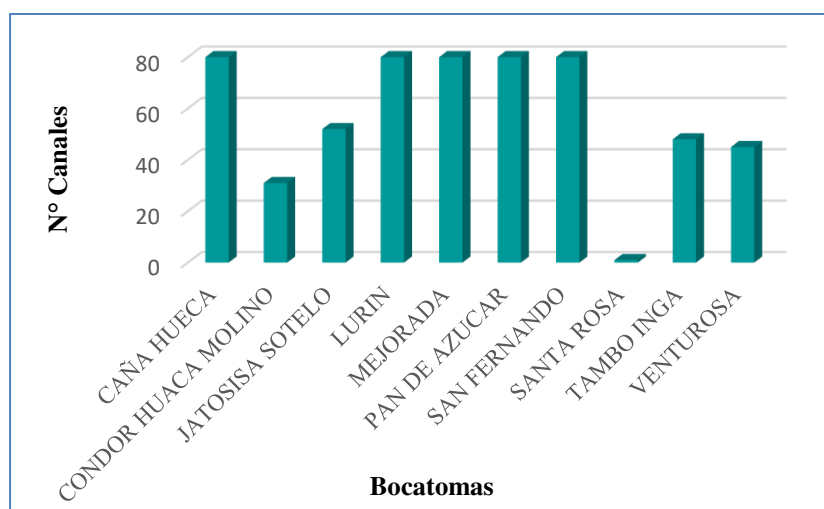


**Tabla 40.***Descripción de bocatomas en la cuenca baja del río Lurín*

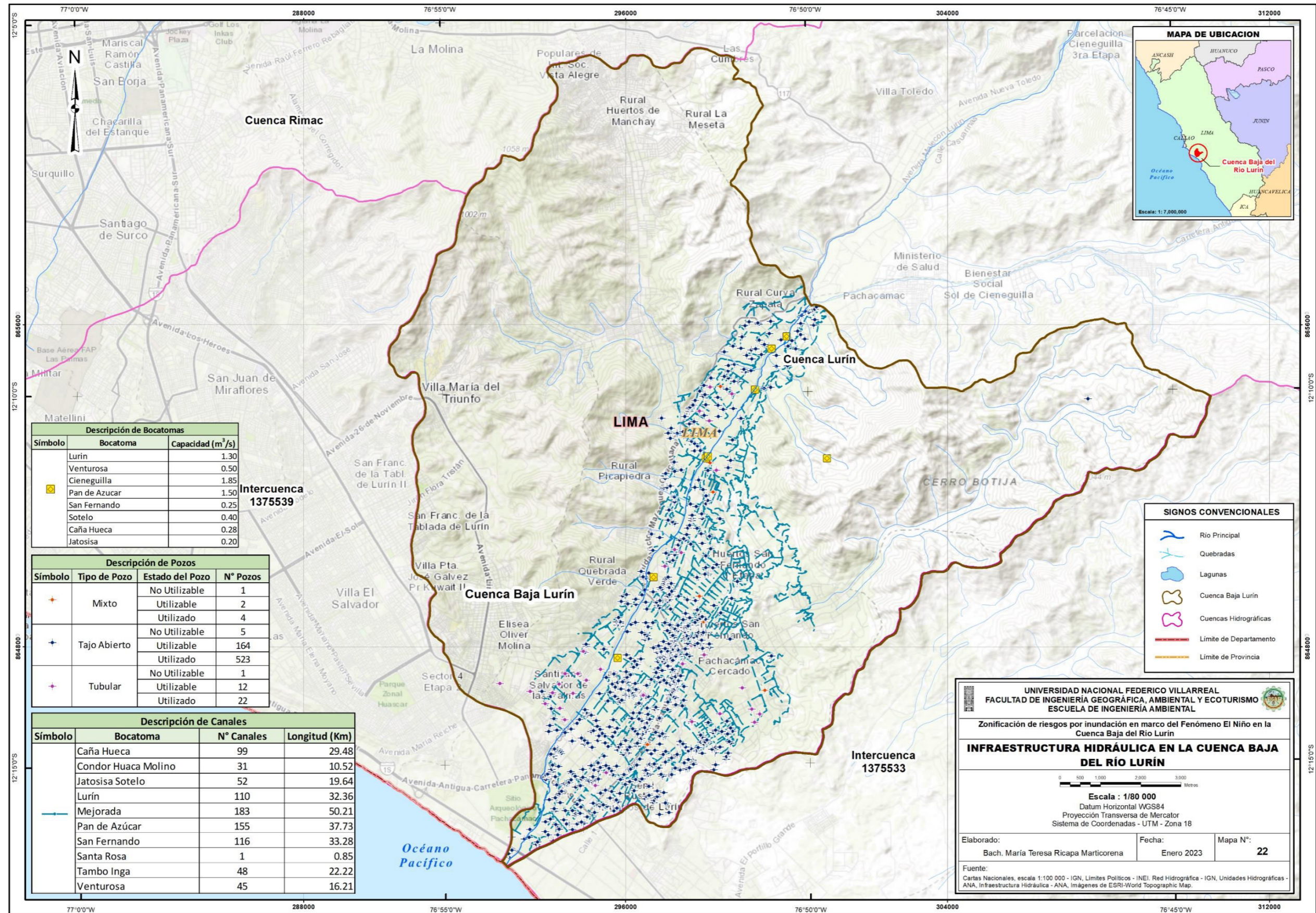
<b>Bocatoma</b>	<b>Capacidad (m<sup>3</sup>/s)</b>
Lurín	1.30
Venturosa	0.50
Cieneguilla	1.85
Pan de Azúcar	1.50
San Fernando	0.25
Sotelo	0.40
Caña Hueca	0.28
Jatosisa	0.20

**Tabla 41.***Descripción de canales por bocatomas en la cuenca baja del río Lurín*

<b>Bocatoma</b>	<b>N° Canales</b>	<b>Longitud (Km)</b>
CAÑA HUECA	99	29.48
CONDOR HUACA MOLINO	31	10.52
JATOSISA SOTELO	52	19.64
LURIN	110	32.36
MEJORADA	183	50.21
PAN DE AZUCAR	155	37.73
SAN FERNANDO	116	33.28
SANTA ROSA	1	0.85
TAMBO INGA	48	22.22
VENTUROSOSA	45	16.21
<b>Total</b>	<b>840</b>	<b>252.50</b>

**Figura 47.***Número de canales por bocatoma*

**Figura 48.**  
**Infraestructura hidráulica en la Cuenca Baja del río Lurín**



### 4.1.3 Diagnóstico social y cultural

**4.1.3.1 Perfil Demográfico.** La zona de estudio está compuesta por tres distritos principalmente: Cieneguilla, Pachacamac y Lurín, ubicados al sur de Lima Metropolitana, en la margen izquierda de la Autopista Panamericana Sur. En la siguiente tabla se puede apreciar la población y la tasa de crecimiento por distrito según el último censo realizado:

**Tabla 42.**

*Población y tasa de crecimiento de principales distritos de la cuenca baja del río Lurín*

Distrito	Población		Variación intercensal (2007-2017)	Tasa de crecimiento promedio
	2007	2017		
Lurín	62 940	89 195	26 255	3.5
Pachacamac	68 441	110 071	41 630	4.9
Cieneguilla	26 725	34 684	7 959	2.6

*Nota.* Adaptado de INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017.

Según el INEI, de acuerdo al censo 2017, el crecimiento poblacional de dichos distritos ha sido notable, tanto así que entre los porcentajes más altos de población rural se encuentran en Lurín (1,5%) y Pachacámac (1,1%). Este último presenta el mayor crecimiento de la población, al pasar de 888 personas en el 2007 a 1187 en el 2017, de acuerdo a lo descrito en la tabla:

**Tabla 43.**

*Población urbana y rural de principales distritos de la cuenca baja del río Lurín*

Distrito	2007			2017		
	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total
Lurín	61 274	1 666	62 940	87 888	1 307	89 195
Pachacamac	67 553	888	68 441	108 884	1 187	110 071
Cieneguilla	26 540	185	26 725	34 480	204	34 684

*Nota.* Adaptado de INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017.

**4.1.3.2 Centros Poblados y Comunidades Nativas.** En el ámbito de la investigación se han localizado 16 centros poblados, con una población total de 110 309 y 28 491 viviendas, basado en la información geográfica del INEI correspondiente al censo 2017. Ver Figura 49

La siguiente tabla muestra el detalle de los centros poblados identificados:

**Tabla 44.**

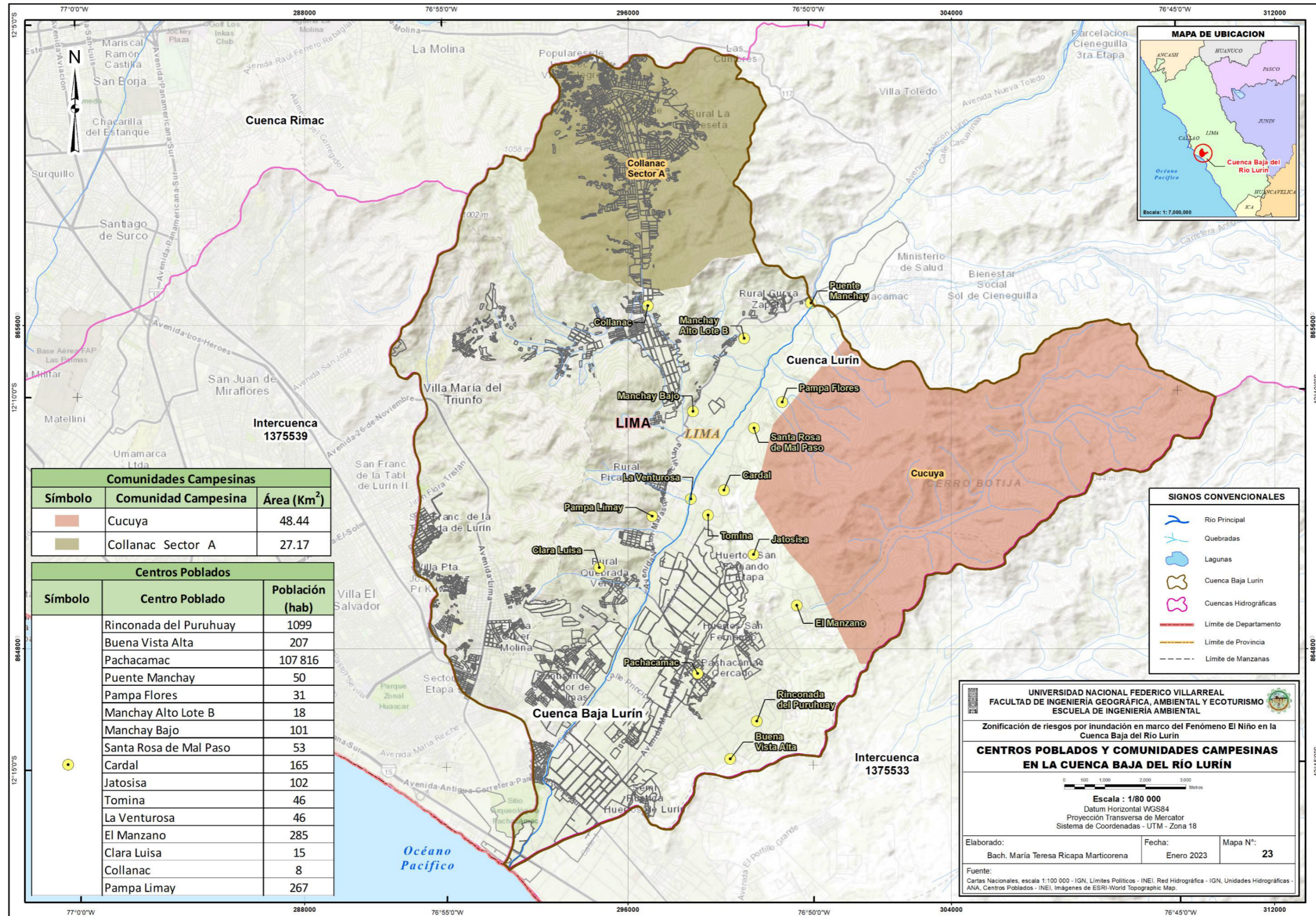
*Centros Poblados en la cuenca baja del río Lurín*

<b>Ubigeo</b>	<b>Centro Poblado</b>	<b>Población</b>	<b>N° Viviendas</b>
1501190003	Rinconada del Puruhuay	1 099	290
1501190010	Buena Vista Alta	207	52
1501230001	Pachacamac	107 816	27 801
1501230002	Puente Manchay	50	16
1501230004	Pampa Flores	31	7
1501230005	Manchay Alto Lote B	18	5
1501230007	Manchay Bajo	101	26
1501230008	Santa Rosa de Mal Paso	53	17
1501230009	Cardal	165	50
1501230010	Jatosisa	102	25
1501230011	Tomina	46	15
1501230014	La Venturosa	46	12
1501230016	El Manzano	285	90
1501230017	Clara Luisa	15	5
1501230018	Collanac	8	3
1501230021	Pampa Limay	267	77
<b>Total</b>		<b>110 309</b>	<b>28 491</b>

La información de comunidades campesinas fue obtenida del Instituto del Bien Común (IBC), asociación civil peruana sin fines de lucro fundada en 1998 que trabaja con comunidades rurales para promover la gestión óptima de los bienes comunes, tales como territorios comunales, cuerpos de agua, bosques, pesquerías y áreas naturales protegidas.

Figura 49.

Centros poblados y comunidades campesinas en la Cuenca Baja del río Lurín



Las comunidades localizadas en la cuenca baja abarcan una extensión de 75.60 Km<sup>2</sup> y se explican en la siguiente tabla:

**Tabla 45.**

*Comunidades campesinas en la cuenca baja del río Lurín*

<b>Código</b>	<b>Comunidad Campesina</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>
15016800	Cucuya	48.44
15020100	Collanac Sector A	27.17
<b>Total</b>		<b>75.60</b>

**4.1.3.3 Sitios Arqueológicos.** El Santuario Arqueológico de Pachacamac es el más representativo de Lima, recibe más de 80 000 visitantes al año y sirve de eje para la diversificación de la oferta turística del valle de Lurín, según el Ministerio de Cultura, que registra 20 sitios arqueológicos en la cuenca baja del río Lurín (Alfaro & Claverias, 2010).

**Figura 50.**

*Santuario Arqueológico de Pachacamac*



Además, el ámbito de estudio cuenta con una zona arqueológica en Tablada de Lurín que abarca un área de 75.5 Ha, tal como se detalla en las siguientes tablas. Ver Figura 51

**Tabla 46.***Sitios arqueológicos en la cuenca baja del río Lurín*

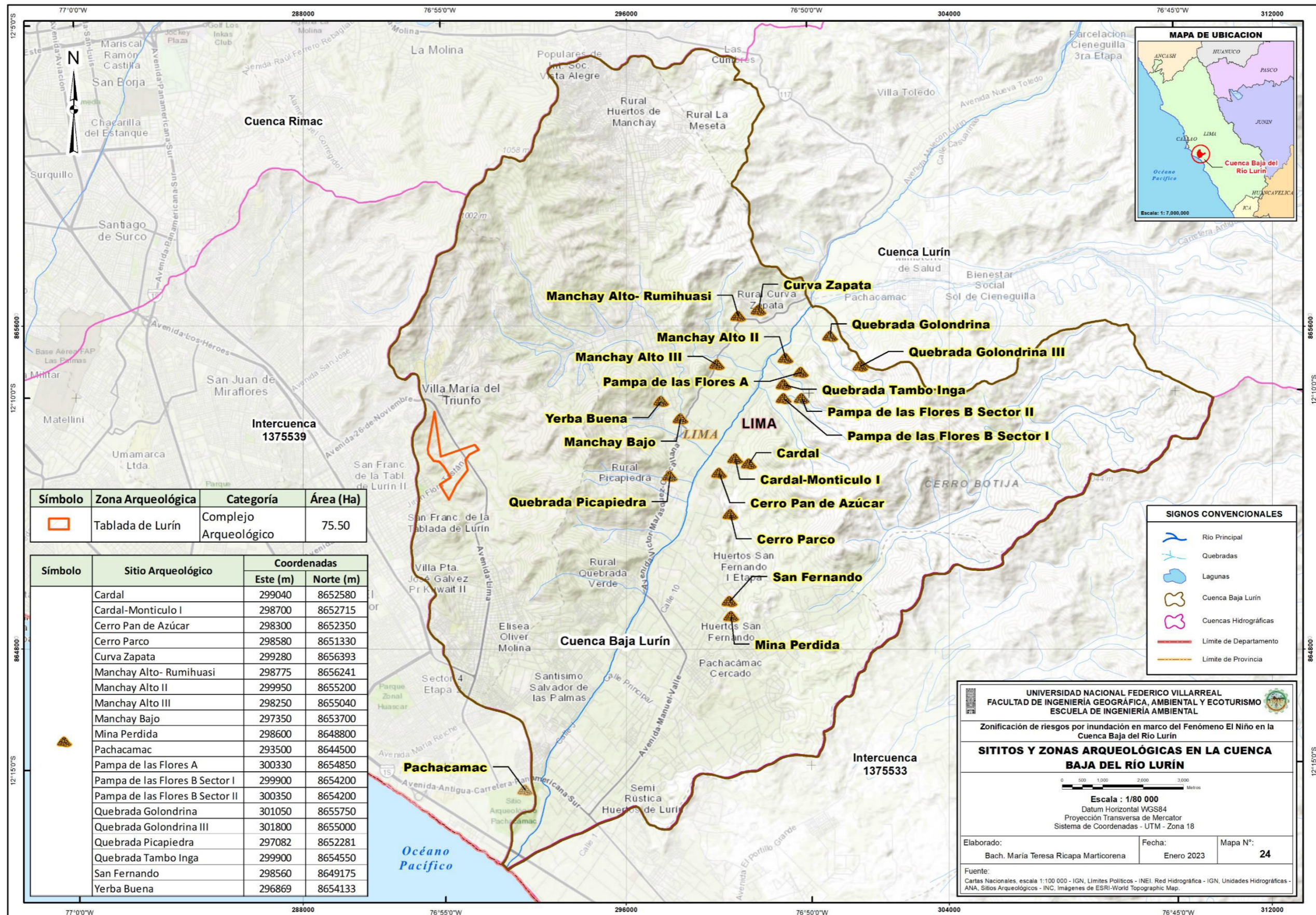
Sitios Arqueológicos	Coordenadas	
	Este (m)	Norte (m)
Cardal	299040	8652580
Cardal-Monticulo I	298700	8652715
Cerro Pan de Azúcar	298300	8652350
Cerro Parco	298580	8651330
Curva Zapata	299280	8656393
Manchay Alto- Rumihuasi	298775	8656241
Manchay Alto II	299950	8655200
Manchay Alto III	298250	8655040
Manchay Bajo	297350	8653700
Mina Perdida	298600	8648800
Pachacamac	293500	8644500
Pampa de las Flores A	300330	8654850
Pampa de las Flores B Sector I	299900	8654200
Pampa de las Flores B Sector II	300350	8654200
Quebrada Golondrina	301050	8655750
Quebrada Golondrina III	301800	8655000
Quebrada Picapiedra	297082	8652281
Quebrada Tambo Inga	299900	8654550
San Fernando	298560	8649175
Yerba Buena	296869	8654133

**Tabla 47.***Zona arqueológica en la cuenca baja del río Lurín*

Zona Arqueológica	Categoría	Área (Ha)
Tablada de Lurín	Complejo Arqueológico	75.50

Figura 51.

Sitios y zonas arqueológicas en la Cuenca Baja del río Lurín



## 4.2 Evaluación hidrometeorológica

### 4.2.1 Análisis pluviométrico

En el área de estudio existe una estación pluviométrica del SENAMHI denominada Manchay Bajo que actualmente no se encuentra en funcionamiento, sin embargo, tiene datos de precipitación registrados entre los años 1964 y 1980, los cuales han sido considerados en el análisis de la investigación por presentar información en un periodo de ocurrencia del Fenómeno el Niño (1972-1973).

Además, se utilizó información de estaciones hidrometeorológicas que están dentro y fuera de la cuenca del río Lurín, considerando el tiempo, la proximidad y la semejanza pluviométrica. De esta manera, se definió la pluviometría del área de estudio en base al análisis de precipitación y altitud.

Las estaciones seleccionadas para el análisis se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 48.**

*Estaciones Hidrometeorológicas*

Estaciones	Longitud	Latitud	Altitud	Periodo de Información	
				Inicio	Fin
Manchay Bajo	-76.867	-12.167	148	1964	1980
Chosica	-76.733	-11.933	850	1989	2018
Antioquía	-76.500	-12.083	1839	1965	2018
Langa	-76.400	-12.100	2860	1980	2018
Huarochirí	-76.233	-12.133	3154	1964	2018
San Lázaro de Escomarca	-76.350	-12.183	3600	1964	2018

*Nota.* Elaboración propia con información recopilada de las estaciones hidrometeorológicas de SENAMHI, 2019.

Es preciso señalar que se incorporaron estaciones de cuencas vecinas como la estación Chosica de la cuenca del Rímac y la estación Huarochirí correspondiente a la cuenca Mala.

## 4.2.2 Métodos hidrológicos

**4.2.2.1 Estudio de las Precipitaciones Máximas.** Para estimar la precipitación máxima en 24 horas en la región de estudio para varios periodos de retorno y tener mayor confianza de su repetición con la distribución de Gumbel, se tomó en consideración la información de precipitación máxima en 24 horas del SENAMHI.

En la siguiente tabla se presenta los datos obtenidos, a partir del cálculo de distribución de Gumbel en cada estación hidrometeorológica:

**Tabla 49.**

*Precipitaciones máximas en 24 horas por método de Gumbel*

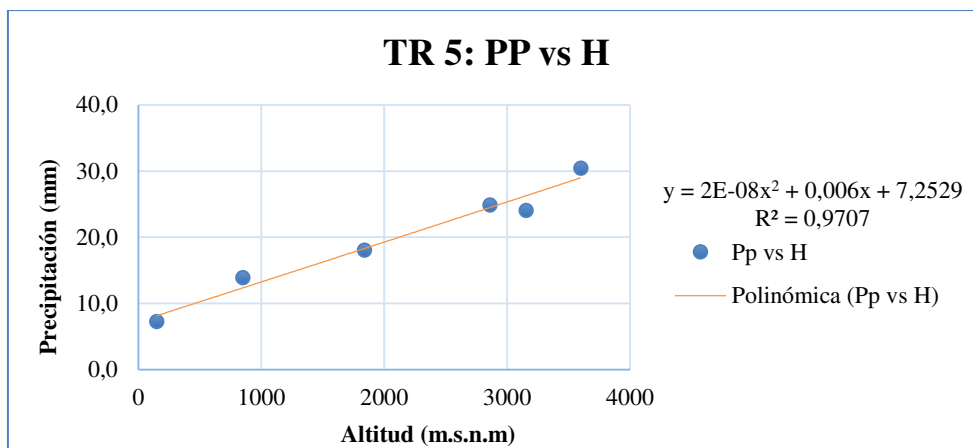
Estaciones	Altitud (m.s.n.m)	Tiempo de Retorno (TR)						
		5	10	15	20	25	50	100
Manchay Bajo	148	7.3	10.1	11.8	12.9	13.8	16.5	19.2
Chosica	850	13.9	18.9	21.8	23.8	25.3	30.0	34.7
Antioquía	1839	18.0	23.3	26.3	28.4	30.0	35.0	39.9
Langa	2860	24.8	30.5	33.7	35.9	37.7	43.0	48.2
Huarochirí	3154	24.0	28.8	31.5	33.4	34.8	39.2	43.7
San Lázaro de Escomarca	3600	30.4	36.4	39.8	42.2	44.0	49.6	55.2

**4.2.2.2 Método de Regionalización.** El enfoque de regionalización se utilizó para crear modelos regionales que conectan las variables físicas de una cuenca utilizando los valores obtenidos para la precipitación máxima en un periodo de 24 horas. Para recopilar datos en otras cuencas que carecen de información, como la cuenca baja del río Lurín, esto se consigue interpolando la información sobre una variable como la precipitación.

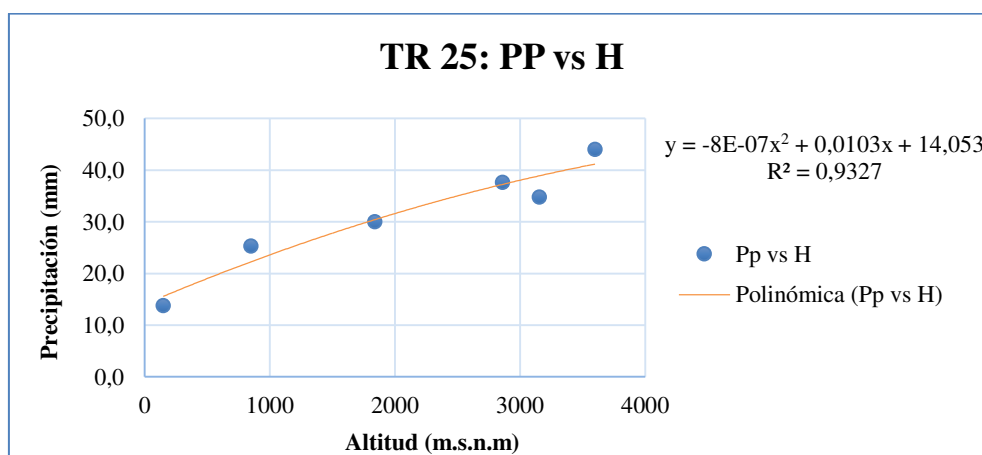
De acuerdo a los datos presentados en el Tabla 49, se elaboraron los siguientes gráficos de dispersión con valores de altura y precipitación para diferentes tiempos de retorno.

**Figura 52.**

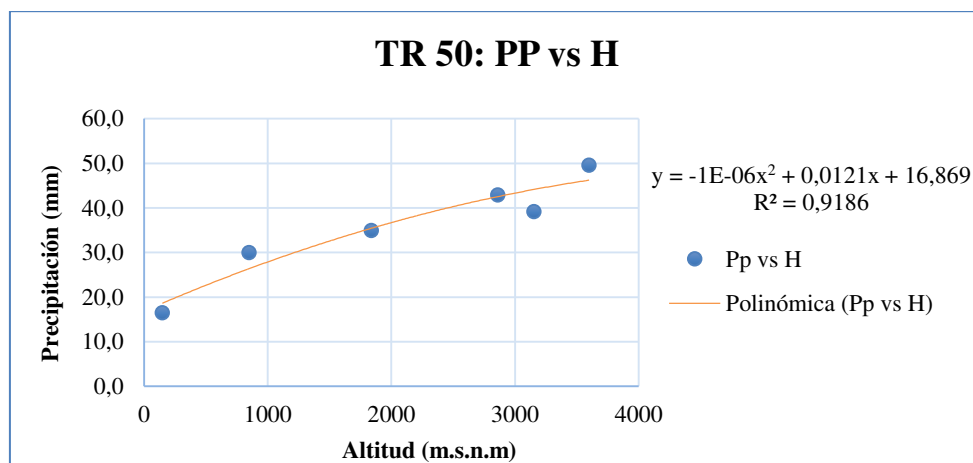
*Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 5 años*

**Figura 53.**

*Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 25 años*

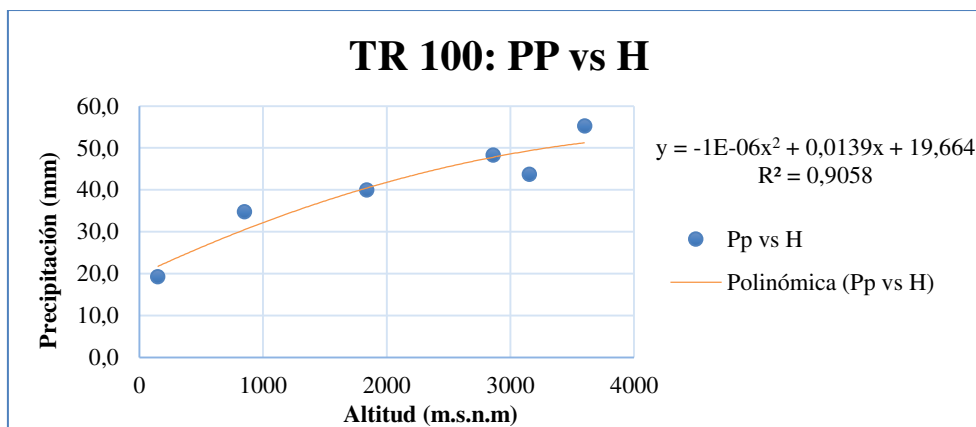
**Figura 54.**

*Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 50 años*



**Figura 55.**

*Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 100 años*



Las ecuaciones para los tiempos de retorno de 10, 15 y 20 años se estimaron de la misma manera. Las ecuaciones halladas para cada tiempo de retorno se muestran en el siguiente Tabla junto con los coeficientes de correlación correspondientes.

**Tabla 50.**

*Resumen de ecuaciones de precipitación vs altura para diferentes tiempos de retorno*

Tiempo de Retorno	Ecuación Polinómica	R <sup>2</sup>
5 años	$y = -0.00000002x^2 + 0.006x + 7.2529$	0.9707
10 años	$y = -0.0000003x^2 + 0.0079x + 10.257$	0.9535
15 años	$y = -0.0000005x^2 + 0.009x + 11.952$	0.9440
20 años	$y = -0.0000007x^2 + 0.0097x + 13.139$	0.9375
25 años	$y = -0.0000008x^2 + 0.0103x + 14.053$	0.9327
50 años	$y = -0.000001x^2 + 0.0121x + 16.869$	0.9186
100 años	$y = -0.000001x^2 + 0.0139x + 19.664$	0.9058

Aplicando estas ecuaciones polinómicas se determinó las máximas precipitaciones para periodos de retorno diferentes en el área de estudio.

**Tabla 51.**

*Precipitaciones máximas en la cuenca baja del río Lurín*

Ámbito	Altitud (m.s.n.m)	Tiempo de Retorno (años)						
		5	10	15	20	25	50	100
Cuenca Baja del Río Lurín	375.25	9.5	13.2	15.3	16.7	17.8	21.3	24.7

Con el uso del ASTER GDEM (*Aster Global Digital Elevation Model*), que utiliza estos datos para calcular la altura y la precipitación, se creó un mapa de isoyetas para el tiempo de retorno de 5 años en el área de estudio. Ver Figura 56.

**4.2.2.3 Tiempo de Concentración.** Se determina por el tiempo que tarda una gota de lluvia de escorrentía superficial en viajar desde el punto más alejado de la cuenca hasta su punto de salida. (Vélez & Botero, 2010)

Se considera que la duración de las precipitaciones en los modelos lluvia-escorrentía es igual al tiempo de concentración de la cuenca porque es durante este tiempo cuando toda la cuenca contribuye al proceso de escorrentía, y es durante este tiempo cuando se prevé que se produzcan los caudales máximos. (Cardich Motta, 2017)

El tiempo de concentración puede calcularse utilizando diversas fórmulas vinculadas a otras características del ámbito de investigación. Dado que para la presente investigación se conocen el tamaño, la altura media de la cuenca y la longitud media del cauce, se utilizó la ecuación de Giandotti, tal como se expresa a continuación:

**Fórmula 15.**

*Tiempo de Concentración - Giandotti*

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

Dónde:

T<sub>c</sub>: tiempo de concentración en horas.

L: longitud del cauce principal en Km.

A: área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

H: altura media de la cuenca en metros.

Los parámetros y el resultado obtenido a partir de esta ecuación, se presentan en la Tabla 52.

**Tabla 52.***Tiempo de concentración en la cuenca baja del río Lurín*

<b>Método</b>	<b>Longitud (Km)</b>	<b>Altura Media (m.s.n.m)</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Tc (horas)</b>
<b>Giandotti</b>	16.68	375.25	200.60	5.27

**4.2.2.4 Determinación del Caudal Máximo.** Debido al tamaño reducido de la cuenca investigada, se ha utilizado la técnica racional para calcular el caudal máximo de la cuenca baja del río Lurín. En este modelo se utilizan el coeficiente de escorrentía, la cantidad máxima de precipitaciones, la superficie de la cuenca y el factor de corrección (K), tal como se expresa en la siguiente fórmula:

**Fórmula 16.***Caudal máximo - Método Racional*

$$Q_{\text{máx}} = \frac{C * I * A * K}{3.6}$$

Dónde:

Q<sub>máx</sub>: caudal máximo m<sup>3</sup>/s.

C: coeficiente de escorrentía.

I: intensidad máxima de lluvia mm/h.

A: área de la cuenca baja en Km<sup>2</sup>.

K= factor de corrección

**a) Cálculo del coeficiente de escorrentía.** Según el Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Lurín elaborado por INRENA (2004), el coeficiente de escorrentía resulta de la precipitación total anual y la evapotranspiración, determinando para cada zona de la cuenca un coeficiente en específico, tal como se resume en la siguiente tabla:

**Tabla 53.***Coefficiente de Escorrentía en la Cuenca del Río Lurín*

<b>Zona</b>	<b>Precipitación media (mm)</b>	<b>Coefficiente de Escorrentía</b>
Puente Manchay	255	0.398
Puente Antapucro	301.6	0.436
Qda. Pachachaca	516.7	0.545
Qda. Taquia	512.9	0.547
Río Canchahura	439.2	0.46
Qda. Chamacna	317	0.403
Qda. Tinajas	31.9	0.353

Considerando que el Puente Manchay se encuentra en la cuenca baja del río Lurín, se ha seleccionado el coeficiente de escorrentía 0.398 para el cálculo de caudal máximo.

*b) Intensidad máxima de precipitación.* Las intensidades máximas en un período de 24 horas pueden determinarse a partir del cálculo de las lluvias máximas en el ámbito estudiado en función de la altura media, como se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 54.***Intensidades Máximas en 24 horas para Tiempos de Retorno*

<b>Variable</b>	<b>Tiempo de Retorno (años)</b>						
	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
Precipitación máxima en 24 horas (mm)	9.5	13.2	15.3	16.7	17.8	21.3	24.7
Intensidad máxima en 24 horas (mm/hora)	0.40	0.55	0.64	0.70	0.74	0.89	1.03

Con los resultados de las intensidades máximas en 24 horas se procedió a calcular las intensidades para cada tiempo concentración, aplicando la fórmula Yarnel y Hatway.

**Fórmula 17.***Intensidades Yarnel y Hatway*

$$I = I_{24} * \frac{(24)^{0.5}}{T_c}$$

Dónde:

I: Intensidad Máxima (mm/h)

$I_{24}$ : Intensidad para 24 horas

$T_c$ : Tiempo de concentración

Se reemplazó la fórmula para el cálculo de las máximas intensidades en el tiempo de concentración de una hora, obteniendo el siguiente resultado:

**Tabla 55.**

*Intensidades Máximas para tiempo de concentración de 1 hora*

Variable	Tiempo de Retorno (años)						
	5	10	15	20	25	50	100
Intensidad máxima en 24 horas (mm/hora)	0.40	0.55	0.64	0.70	0.74	0.89	1.03
Intensidad para una hora (mm/hora)	1.94	2.69	3.11	3.40	3.63	4.34	5.05

c) **Factor de corrección (K).** Como zona de estudio presenta un área mayor a los 10 Km<sup>2</sup>, se incorporó un factor de corrección de 0.75 para la estimación de caudal máximo.

d) **Cálculo del caudal máximo.** Habiendo definido cada uno de las variables que interviene en el cálculo del caudal máximo se reemplazó y aplicó la ecuación racional para cada tiempo de retorno:

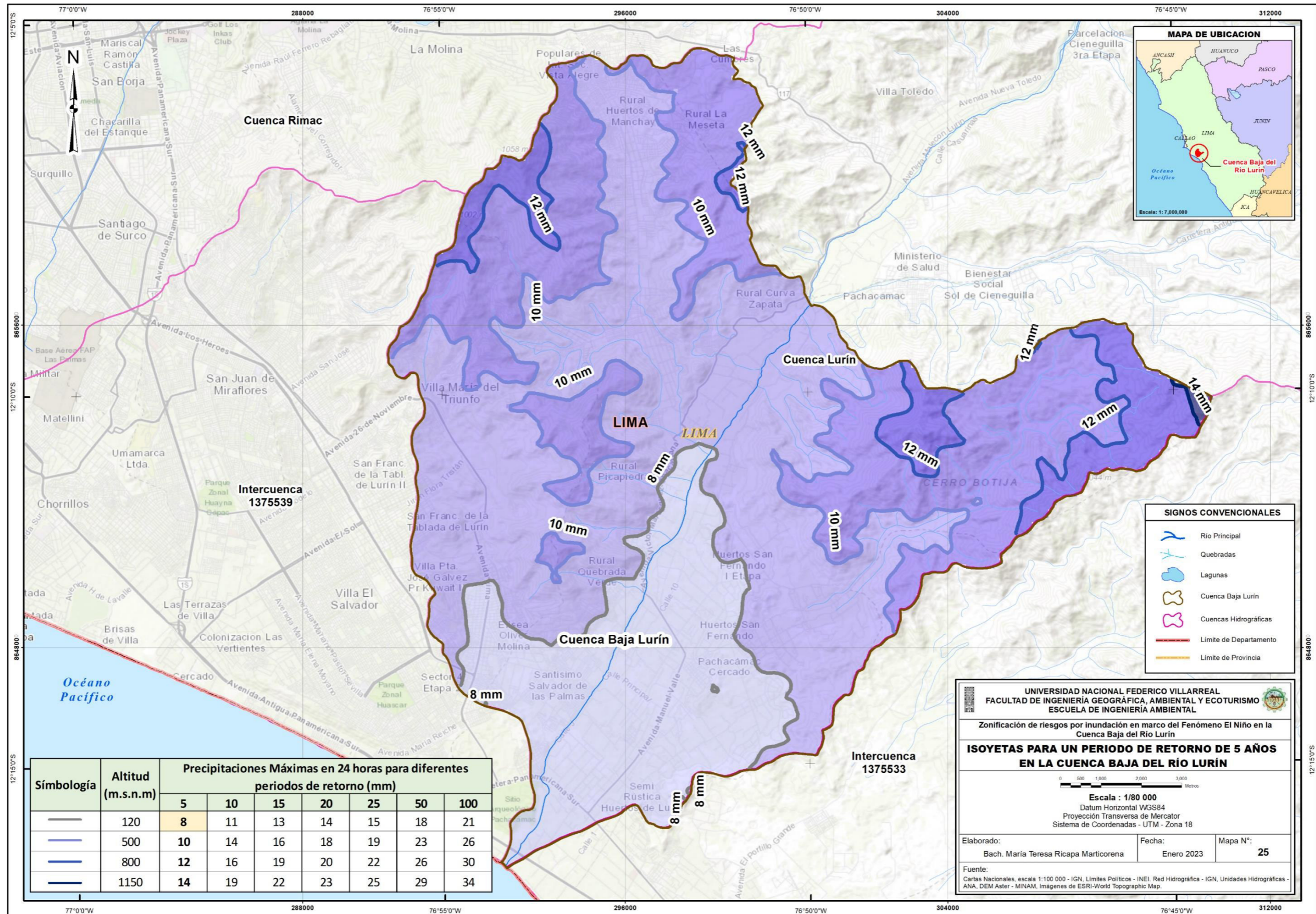
**Tabla 56.**

*Caudales máximos en la Cuenca Baja del río Lurín*

Variable	Tiempo de Retorno (años)						
	5	10	15	20	25	50	100
Intensidad máxima para una hora (mm/hora)	1.94	2.69	3.11	3.40	3.63	4.34	5.05
Coefficiente de Escorrentía	0.398	0.398	0.398	0.398	0.398	0.398	0.398
Factor K				0.75			
Área cuenca baja (Km <sup>2</sup> )				200.60			
<b>Caudal Máximo (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>32.26</b>	<b>44.75</b>	<b>51.81</b>	<b>56.63</b>	<b>60.45</b>	<b>72.21</b>	<b>83.99</b>

Figura 56.

Isoyetas para un periodo de retorno de 5 años en la Cuenca Baja del río Lurín



### 4.2.3 Métodos hidráulicos

**4.2.3.1 Identificación de tramos críticos y perfiles transversales.** Diferentes flujos alimentan el área de estudio, la cual está formada por finos materiales en forma de fluidos y bloques llenos de escombros combinados con material aluvial y que resulta en remoción en masa por gravedad y acción hidráulica. Por este motivo, durante la fase de reconocimiento sobre el terreno se identificaron tramos propensos a desbordamientos debido a la presencia excesiva de estos materiales y a la vulnerabilidad de la zona. Estos materiales bajan y ocupan el cauce del río, provocando erosión de taludes y desbordamientos. Dichos tramos se encuentran descritos en la siguiente tabla:

**Tabla 57.**



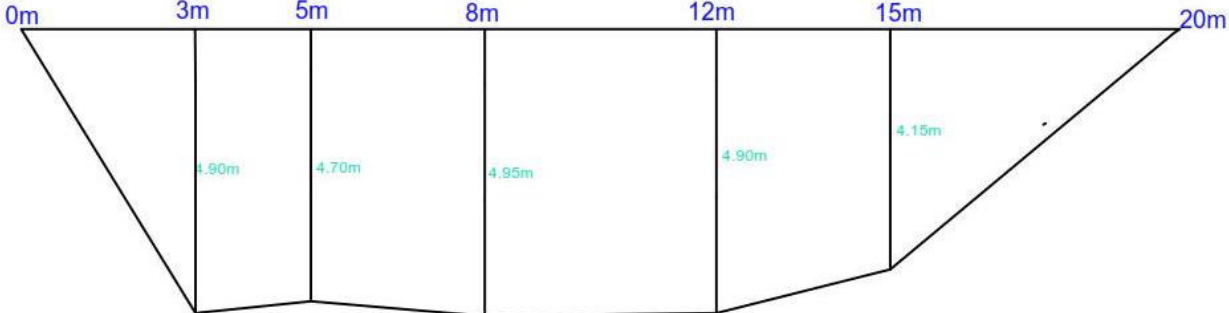
*Tramos críticos en la cuenca baja del río Lurín*

<b>Tramo</b>	<b>Nombre del tramo</b>	<b>Norte (m)</b>	<b>Este (m)</b>
1	Puente Lurín	8644787.86	293892.85
2	Desagüe	8645550.80	294221.39
3	Laguna Oxidación	8646951.52	295296.86
4	Pte. Quebrada Verde	8649313.33	296526.82
5	Camal de Equinos	8650735.92	297128.53
6	Pampa de Flores	8654737.77	299406.79
7	Punto final (Tambo Inga)	8656524.91	300575.37

En cada tramo se realizó el levantamiento del perfil transversal del río con mediciones in situ, utilizando cinta y varilla métrica. Las secciones medidas se presentan en los siguientes Tablas:




**Tabla 58.**

*Sección Transversal Tramo 1 - Puente Lurín*

Localización	Fotografía
	
<p><b>Descripción del tramo</b></p>	
<p>Este tramo se localiza en el distrito de Lurín, hacia la margen derecha se localiza una ladera con viviendas que pertenecen a Julio C. Tello y hacia el margen izquierdo una vía tipo trocha con viviendas asentadas en estado de precariedad. La medida de esta sección transversal fue de 15 metros de ancho con un área total de 10.47 m<sup>2</sup>.</p>	
<p><b>Sección transversal</b></p>	
	
<p><b>Área: 75.02 m<sup>2</sup></b></p>	<p><b>Perímetro: 44.35 m</b></p>



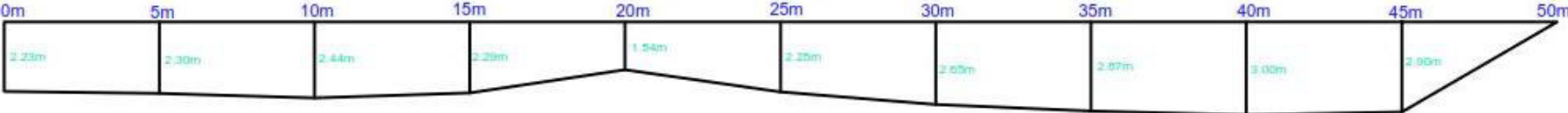
**Tabla 59.**

*Sección Transversal Tramo 2 – Desagüe*

Localización	Fotografía
	
Descripción del tramo	
<p>Este tramo también se localiza en el distrito de Lurín, hacia la margen derecha se localiza una ladera con viviendas, donde se identificó tuberías de desagüe y hacia el margen izquierdo una vía tipo trocha con viviendas asentadas en estado de precariedad. La medida de esta sección transversal fue de casi 30 metros de ancho con un área total de 55.29 m<sup>2</sup>.</p>	
Sección transversal	
	
<p><b>Área: 55.29 m<sup>2</sup></b></p>	<p><b>Perímetro: 62.00 m</b></p>



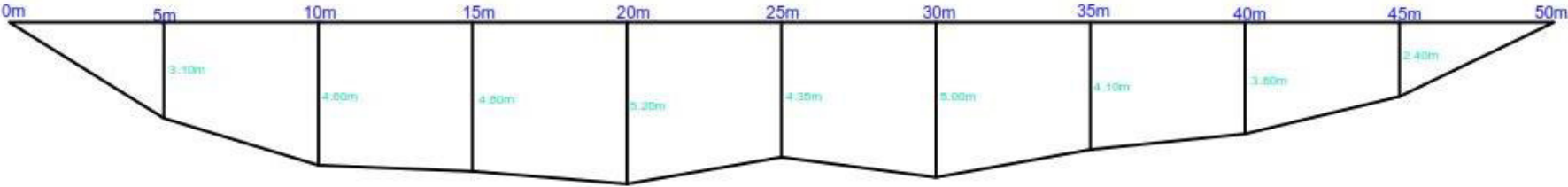
**Tabla 60.**

*Sección Transversal Tramo 3 – Laguna Oxidación*

Localización	Fotografía
	
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>Este tramo también se localiza en el distrito de Lurín, hacia la margen derecha se localiza terrenos y parcelas, y hacia el margen izquierdo una vía tipo trocha con viviendas y parcelas agrícolas, también se identificó una laguna de oxidación. La medida de esta sección transversal fue de 50 metros de ancho con un área total de 116.78 m<sup>2</sup>.</p>	
<b>Sección transversal</b>	
	
<b>Área: 116.78 m<sup>2</sup></b>	<b>Perímetro: 103.14 m</b>




**Tabla 61.**

*Sección Transversal Tramo 4 – Pte. Quebrada Verde*

Localización	Fotografía																								
																									
<p><b>Descripción del tramo</b></p>																									
<p>Este tramo se localiza en el distrito de Pachacámac y corresponde a un puente denominado Quebrada Verde. Hacia la margen derecha se localiza terrenos, parcelas agrícolas y vegetación, y hacia el margen izquierdo se identifica flora propia de la zona y parcelas agrícolas. La medida de esta sección transversal fue de 50 metros de ancho con un área total de 185.75 m<sup>2</sup>.</p>																									
<p><b>Sección transversal</b></p>																									
 <table border="1" style="display: none;"> <caption>Data for Cross-section Diagram</caption> <thead> <tr> <th>Distance from Left (m)</th> <th>Height (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>3.10</td></tr> <tr><td>10</td><td>4.00</td></tr> <tr><td>15</td><td>4.80</td></tr> <tr><td>20</td><td>5.20</td></tr> <tr><td>25</td><td>4.35</td></tr> <tr><td>30</td><td>5.00</td></tr> <tr><td>35</td><td>4.15</td></tr> <tr><td>40</td><td>3.60</td></tr> <tr><td>45</td><td>2.40</td></tr> <tr><td>50</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>		Distance from Left (m)	Height (m)	0	0	5	3.10	10	4.00	15	4.80	20	5.20	25	4.35	30	5.00	35	4.15	40	3.60	45	2.40	50	0
Distance from Left (m)	Height (m)																								
0	0																								
5	3.10																								
10	4.00																								
15	4.80																								
20	5.20																								
25	4.35																								
30	5.00																								
35	4.15																								
40	3.60																								
45	2.40																								
50	0																								
<p><b>Área: 185.75 m<sup>2</sup></b></p>	<p><b>Perímetro: 102.03 m</b></p>																								



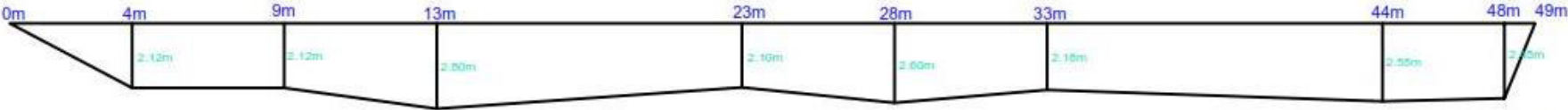
**Tabla 62.**

*Sección Transversal Tramo 5 – Camal de Equinos*

Localización	Fotografía																						
																							
<b>Descripción del tramo</b>																							
<p>Este tramo se localiza en el distrito de Pachacámac y corresponde a una zona próxima a un camal de equinos. En esta sección se identificó presencia de defensa ribereña tipo enrocado en el margen izquierdo. Además, hacia la margen derecha se observan parcelas y viviendas, y hacia el margen izquierdo también se identifica desmonte de construcción y algunas viviendas en estado de precariedad. La medida de esta sección transversal fue de 50 metros de ancho con un área total de 101.50 m<sup>2</sup>.</p>																							
<b>Sección transversal</b>																							
 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>0m</td><td>5m</td><td>10m</td><td>15m</td><td>20m</td><td>25m</td><td>30m</td><td>35m</td><td>40m</td><td>45m</td><td>50m</td> </tr> <tr> <td>1.80m</td><td>1.81m</td><td>2.20m</td><td>2.10m</td><td>1.80m</td><td>1.90m</td><td>1.90m</td><td>2.25m</td><td>2.34m</td><td>2.00m</td><td>2.20m</td> </tr> </table>		0m	5m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	1.80m	1.81m	2.20m	2.10m	1.80m	1.90m	1.90m	2.25m	2.34m	2.00m	2.20m
0m	5m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m													
1.80m	1.81m	2.20m	2.10m	1.80m	1.90m	1.90m	2.25m	2.34m	2.00m	2.20m													
<b>Área: 101.50 m<sup>2</sup></b>	<b>Perímetro: 104.05 m</b>																						



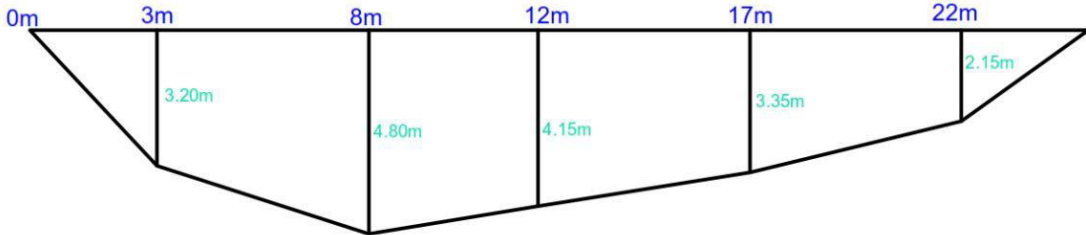
**Tabla 63.**

*Sección Transversal Tramo 6 – Pampa de Flores*

Localización	Fotografía
	
<p><b>Descripción del tramo</b></p>	
<p>Este tramo se localiza también en el distrito de Pachacámac y corresponde a la zona de Pampa de Flores. En esta sección se identificó presencia de defensa ribereña tipo enrocado en ambos márgenes. Además, hacia la margen derecha se observan flora propia de la zona (árboles y arbustos), y hacia el margen izquierdo se observan algunas viviendas construidas de material noble. La medida de esta sección transversal fue de 49 metros de ancho con un área total de 112.58 m<sup>2</sup>.</p>	
<p><b>Sección transversal</b></p>	
	
<p><b>Área: 112.58 m<sup>2</sup></b></p>	<p><b>Perímetro: 102.29 m</b></p>

**Tabla 64.**

*Sección Transversal Tramo 7 – Punto final (Tambo Inga)*


Localización	Fotografía
	
Descripción del tramo	
<p>Este tramo se localiza también en el distrito de Pachacámac y corresponde a la zona de Tambo Inga, cercana al Puente Manchay. En esta sección se identificó un cauce más angosto que en las anteriores secciones. Además, hacia la margen derecha se observan flora propia de la zona (árboles y arbustos), y hacia el margen izquierdo se observan algunas viviendas construidas de material noble y otras en estado de precariedad. La medida de esta sección transversal fue de 25 metros de ancho con un área total de 78.43 m<sup>2</sup>.</p>	
Sección transversal	
	
<p><b>Área: 78.43 m<sup>2</sup></b></p>	<p><b>Perímetro: 52.59 m</b></p>

**4.2.3.2 Análisis granulométrico.** A partir de las mediciones realizadas en las secciones transversales antes descritas, se seleccionaron tres tramos representativos (Tramo 1: Puente Lurín, Tramo 5: Camal de Equinos y Tramo 6: Pampa de Flores) para la toma de muestras y el análisis granulométrico correspondiente.

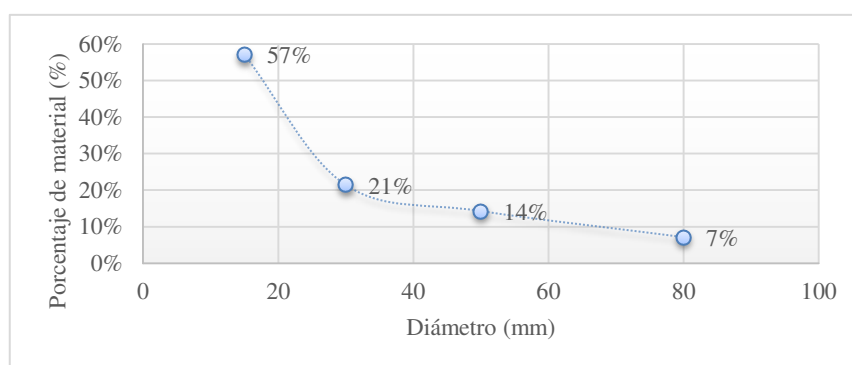
Para la determinación de granulometría en cada tramo, se delimitó un área de 40 x 40 cm con una cinta, se realizó la mezcla del material delimitado y se realizó la clasificación en función al tamaño. Los resultados obtenidos se describen a continuación:

**Tabla 65.**

*Análisis granulométrico - Tramo 1: Puente Lurín*


Fotografía	Análisis granulométrico		
	Diámetro (mm)	Cantidad de material	% de material
	<15	8	57%
	30	3	21%
	50	2	14%
	>80	1	7%

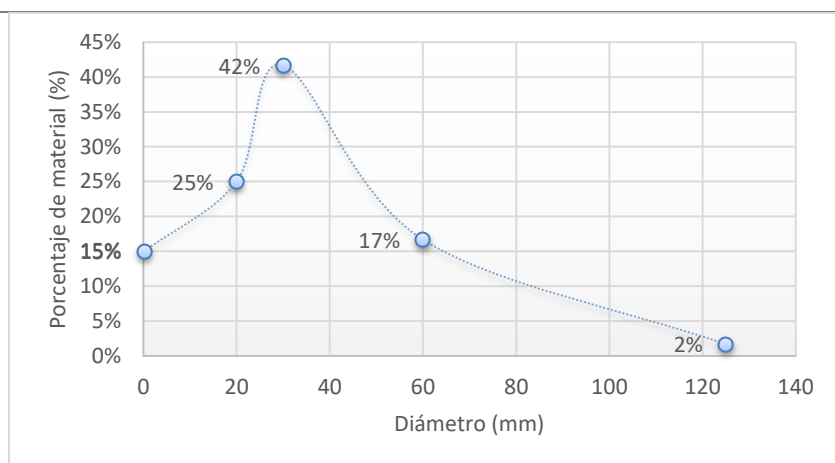
**Curva granulométrica**



En este tramo el porcentaje de material mayor tiene de diámetro <15 mm, el mismo que corresponde a grava gruesa y piedras.


**Tabla 66.***Análisis granulométrico - Tramo 5: Camal de Equinos*

Fotografía	Análisis granulométrico		
	Diámetro (mm)	Cantidad de material	% de material
	0.2-0.0063	2 kg	15%
	20	30	25%
	30	50	42%
	60	20	17%
	>125	2	2%

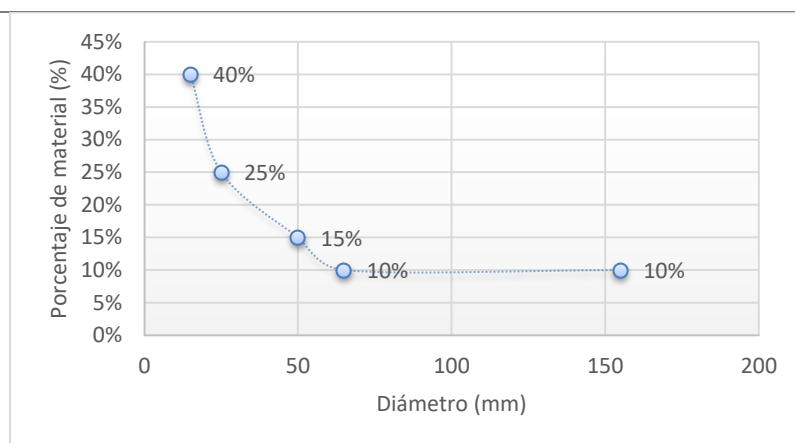
**Curva granulométrica**

En este tramo el porcentaje de material mayor tiene de diámetro 30 mm, el mismo que corresponde a grava gruesa y piedras.

**Tabla 67.***Análisis granulométrico - Tramo 6: Pampa de Flores*

Fotografía	Análisis granulométrico		
	Diámetro (mm)	Cantidad de material	% de material
	<15	8	40%
	25	5	25%
	50	3	15%
	65	2	10%
	>155	2	10%

**Curva granulométrica**




---

En este tramo el porcentaje de material mayor tiene de diámetro <15 mm, el mismo que corresponde a gravas propios del río.

---

El análisis granulométrico realizado en campo ha permitido determinar el coeficiente de rugosidad que se utilizará para la determinación del caudal en los tramos críticos antes descritos. Según el método de Cowan de acuerdo a las condiciones del canal con material que involucra corte en roca y grava le corresponde un coeficiente de rugosidad de 0.025 y 0.024 respectivamente; según el coeficiente de Manning en cauces naturales menores y en planicies con las características de recto, nivel lleno, limpio, sin fallas o pozos profundos le corresponde 0.025 y con más piedras y malezas 0.030. (Núñez Silva, 2017)


Asimismo, en el “Manual de criterios de diseños de obras hidráulicas de la Autoridad Nacional del Agua” señala que el valor de rugosidad “n” de Manning en canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo corresponde a 0.025 (Autoridad Nacional del Agua, 2010), así como también en la tesis de Roque (2022) titulada “Riesgo de inundaciones fluviales por máximas avenidas en la Cuenca baja del Río Lurín”, la tesista determina que el coeficiente de Manning en el río le corresponde el valor de 0.025.

De acuerdo a las fuentes analizadas, se ha determinado que el coeficiente de rugosidad para el análisis de la presente investigación en la cuenca baja del río Lurín es 0.025.

**4.2.3.3 Análisis de la pendiente en secciones transversales.** Como parte del trabajo de campo realizado en esta investigación se estimó la gradiente longitudinal del río en una sección transversal y haciendo uso del eclímetro se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 68.**

*Análisis de pendiente en sección transversal*

Variable	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Fotografía
Distancia (m)	15	25	30	
Gradiente (con eclímetro)	3°	2°	1°	
Altura (m)	0.79	0.52	0.26	
Pendiente	0.00053	0.00021	0.00009	
<b>Promedio: 0.00027</b>				

*Sección: Camal de Equino*

**4.2.3.4 Determinación del caudal – Manning.** En función al coeficiente de rugosidad, la pendiente, el perímetro y área media de las secciones transversales del río se puede determinar el caudal. Para ello, se empleó la fórmula de Manning:

**Fórmula 18.**

*Fórmula de Manning*

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Dónde:

A: Área

R: Radio Hidráulico

S: Pendiente

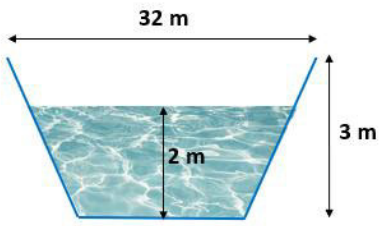
n: Coeficiente de rugosidad

La ecuación puede utilizarse para predecir un máximo caudal, ya que vincula el área de la sección, la pendiente y la rugosidad del canal, además de permitir el cálculo de la velocidad del caudal (Montenegro Pisfil, 2019).

Considerando que el ancho medio en una sección transversal del río Lurín es 32 m, el tirante medio es 3 m, se ha calculado el caudal mediante la fórmula de Manning, según el siguiente detalle:

**Tabla 69.**

*Estimación de caudal por método hidráulico*

Sección transversal media	Estimación del caudal	
	Coefficiente de rugosidad (n)	0.025
	Área (A)	96
	Perímetro (P)	36
	Radio hidráulico (R)	1.78
	Pendiente (S)	0.00027
<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s): 93.24</b>		

Según el Tabla 68 y de acuerdo a las mediciones realizadas en los tramos críticos, el caudal máximo promedio obtenido es 93.24 m<sup>3</sup>/s. Además, se observa que el cauce sufre variación en su área y perímetro debido a que se identificó presencia de material de desmonte, colmatación y viviendas aledañas a la franja marginal en la etapa de campo.

**4.2.3.5 Determinación del área hidráulica permisible.** Según el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres - México el área hidráulica permisible ( $A_p$ ) es el espacio necesario para que el flujo de escurrimiento pase por una sección del cauce sin desbordar sus márgenes. Para determinarla, es necesario conocer el tiempo de concentración, la longitud del cauce principal, la velocidad del flujo y el caudal, de acuerdo a la siguiente fórmula:

**Fórmula 19.***Fórmula de área hidráulica permisible*

$$A_p = \frac{Q}{V}$$

Dónde:

Ap: Área hidráulica permisible

Q: Caudal

V: Velocidad del flujo, que se determina a través de la siguiente fórmula:

**Fórmula 20.***Fórmula de velocidad de flujo*

$$V = \frac{L}{3600 * T_c}$$

Dónde:

L: Longitud del río principal en metros

Tc: Tiempo de concentración

El ámbito de estudio tiene como longitud del río principal 16 680 m y tiempo de concentración 5.27, por tanto, la velocidad de flujo resulta 0.88 m/s.

Conociendo que el caudal máximo promedio estimado con la fórmula de Manning es de 93.24 m<sup>3</sup>/s, se obtuvo que el área hidráulica permisible es 106.06 m<sup>2</sup>, según el siguiente cálculo:

$$A_p = \frac{93.24 \text{ m}^3/\text{s}}{0.88 \text{ m/s}} = 106.06 \text{ m}^2$$

Al respecto, el tramo 1 de Puente Lurín (75.02 m<sup>2</sup>), el tramo 2 (55.29 m<sup>2</sup>), donde se identificaron tuberías de desagüe (Ver figura 1), el tramo 5 (101.5 m<sup>2</sup>) de camal de equinos y el tramo 7 de Tambo Inga (78.43 m<sup>2</sup>) presentan áreas menores al área hidráulica permisible, ante una eventual crecida del río y con un caudal de 93.24 m<sup>3</sup>/s podría generarse inundación en las zonas aledañas, sobre todo en la margen izquierda donde se encuentran asentadas viviendas en estado de precariedad, así como han habilitado caminos que facilitarían la inundación.

**Figura 57.**

*Identificación de caminos y viviendas vulnerables en Tramo 2*



*Nota.* Fotografía tomada en el 2016 por la autora de la investigación.

Es preciso señalar que, en el 2017, a causa del Fenómeno del Niño Costero y en el 2023, a causa del Ciclón Yacu se presentaron desbordes en la zona Tambo Inga y Puente Manchay en el distrito de Pachacámac, es decir, los tramos antes señalados son críticos y propensos a inundaciones (Ver figura 58).

**Figura 58.**

*Desborde Puente Manchay*



*Nota.* Fotografía tomada de Radio Programas del Perú (RPP), 2023.

Por otro lado, el tramo 5 de Camal de Equinos (101.50 m<sup>2</sup>) por las características observadas en el terreno también resulta crítico por la colmatación y los desmontes depositados en el cauce del río (Ver figura 35).

**Figura 59.**

*Desmontes y colmatación Tramo Camal de Equinos*



*Nota.* Fotografía tomada en el 2016 por la autora de la investigación.

## **4.3 Evaluación de riesgos**

### ***4.3.1 Identificación y análisis del peligro***

La inundación fluvial es un peligro generado por fenómenos hidrometeorológicos y se determina su nivel de peligrosidad para identificar las áreas que presentan niveles muy alto, alto, medio y bajo de peligro. Esto se inicia con la recopilación de información para la identificación de factores condicionantes y factores desencadenantes que permiten la evaluación de los elementos expuestos susceptibles al fenómeno en una determinada zona.

Para estimar el nivel de peligro, se adaptó el método propuesto por CENEPRED, que consiste en la recolección de datos entorno al área de estudio y recopilación de información cartográfica que han sido almacenados en una base de datos, a partir de ello se elaboró el diagnóstico de la cuenca a nivel físico, económico y social.

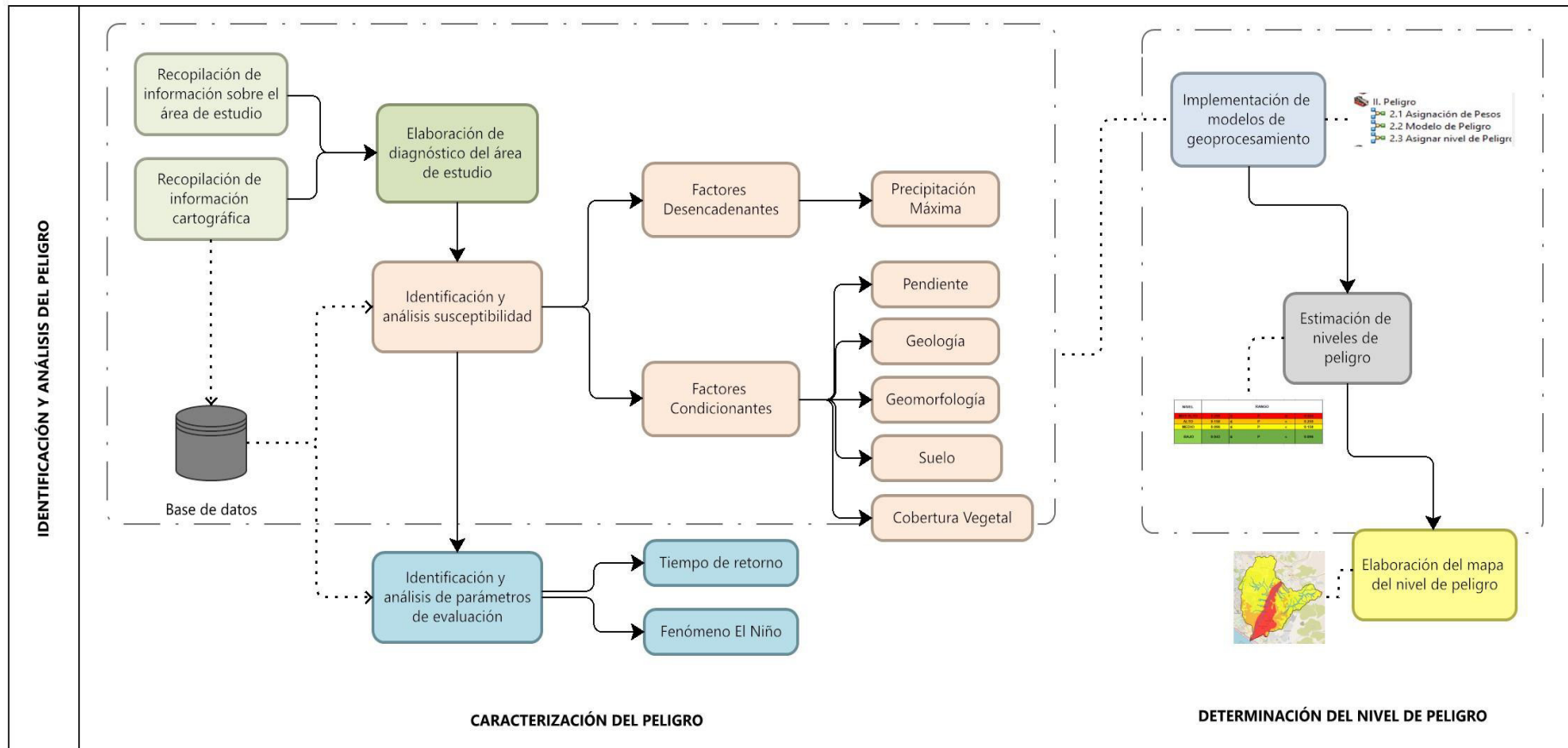
A partir de esta información se identificó y examinó la distribución de la susceptibilidad en variables condicionantes y desencadenantes. La geomorfología, la geología, la pendiente, la cobertura vegetal y el suelo son ejemplos de parámetros condicionantes de la zona geográfica estudiada que contribuyen al desarrollo del fenómeno, mientras que los factores desencadenantes son parámetros que provocan eventos y/o sucesos asociados que pueden producir amenazas en una zona geográfica determinada, como es el caso de las precipitaciones máximas.

Asimismo, el análisis de parámetros de evaluación se basó en el tiempo de retorno (5 años) y área de inundación del Fenómeno El Niño 1997-1998 que están vinculados a la magnitud del factor desencadenante precipitaciones máximas.

A partir del análisis jerárquico de factores condicionantes, desencadenantes y parámetros de evaluación se elaboraron modelos de geoprocésamiento que permitieron estimar los niveles de peligro y obtener como producto el mapa de peligros en la cuenca baja del río Lurín, tal como se observa en la siguiente figura:

Figura 60.

## Proceso de Identificación y análisis de Peligro



Nota. Adaptado del Manual de Evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales v.2, CENEPRED, 2015.

La siguiente tabla resume los factores y parámetros utilizados en la identificación y análisis del peligro:

**Tabla 70.**

*Factores que intervienen en el Peligro*

<b>Factor Desencadenante</b>		<b>Factores Condicionantes</b>			
Precipitación máxima	Pendiente	Geología	Geomorfología	Geología	Cobertura vegetal
<b>Parámetros de evaluación</b>					
Tiempo de retorno			Área de inundación del Fenómeno El Niño 1997-1998		

**4.3.1.1 Análisis de factores desencadenantes.** Se aplicó el método AHP de Saaty para estimar los pesos ponderados del factor desencadenante. Los resultados obtenidos a partir de este análisis son los siguientes:

*a) Precipitación máxima.* Los descriptores de este parámetro corresponden a la clasificación realizada en el mapa de isoyetas para un periodo de retorno de 5 años (Ver Figura 56) y se le ha asignado un valor de importancia de acuerdo a los rangos de precipitaciones máximas, que se describen en las siguientes tablas:

**Tabla 71.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Precipitación*

<b>Precipitaciones Máximas en 24h</b>	<b>Mayor a 14 mm</b>	<b>14 - 12 mm</b>	<b>12 - 10 mm</b>	<b>10 - 8 mm</b>	<b>Menor a 8 mm</b>
Mayor a 14 mm	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
14 - 12 mm	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
12 - 10 mm	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
10 - 8 mm	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
Menor a 8 mm	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**Tabla 72.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Precipitación*

<b>Precipitaciones Máximas en 24h</b>	<b>Mayor a 14 mm</b>	<b>14 - 12 mm</b>	<b>12 - 10 mm</b>	<b>10 - 8 mm</b>	<b>Menor a 8 mm</b>	<b>Vector normalización</b>
Mayor a 14 mm	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
14 - 12 mm	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
12 - 10 mm	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
10 - 8 mm	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
Menor a 8 mm	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>

De acuerdo a estas tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para la Precipitación varían de 0.503 a 0.035 siendo la precipitación “mayor a 14 mm” el de mayor importancia.

El índice de consistencia (en adelante, IC) y relación de consistencia (en adelante, RC) obtenido del proceso de análisis jerárquico para el parámetro de precipitación resultó:

**Tabla 73.**

*Consistencia de matrices del parámetro Precipitación*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.061
RC	0.054

De la tabla, se deduce que los criterios de priorización establecidos en los descriptores de precipitación máxima son confiables ya que se obtuvo un RC menor a 0.1.

**4.3.1.2 Análisis de factores condicionantes.** Para la determinación de los pesos aplicados a los factores condicionantes, se utilizó el proceso de AHP. Los resultados alcanzados a partir de este análisis fueron los siguientes:

a) **Pendiente.** Los descriptores de este parámetro corresponden a la clasificación realizada en el mapa de pendientes (Ver Figura 25) y se le ha asignado un valor de importancia de acuerdo a los porcentajes de pendiente, como se describe a continuación:

**Tabla 74.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Pendiente*

<b>Pendiente</b>	<b>Menor a 5%</b>	<b>Entre 5 a 10%</b>	<b>Entre 10 a 25%</b>	<b>Entre 25 a 50%</b>	<b>Mayor a 50%</b>
Menor a 5%	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Entre 5 a 10%	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Entre 10 a 25%	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
Entre 25 a 50%	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
Mayor a 50%	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**Tabla 75.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Pendiente*

<b>Pendiente</b>	<b>Menor a 5%</b>	<b>Entre 5 a 10%</b>	<b>Entre 10 a 25%</b>	<b>Entre 25 a 50%</b>	<b>Mayor a 50%</b>	<b>Vector priorización</b>
Menor a 5%	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
Entre 5 a 10%	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
Entre 10 a 25%	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
Entre 25 a 50%	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
Mayor a 50%	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>

De acuerdo a estas Tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para la Pendiente varían de 0.503 a 0.035 siendo la pendiente “menor a 5%” el de mayor importancia.

El índice IC y RC obtenido para el parámetro de pendiente resultó:

**Tabla 76.**

*Consistencia de matrices del parámetro Pendiente*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.061
RC	0.054

De la tabla, se deduce que los criterios de priorización establecidos en los descriptores de pendiente son confiables ya que se obtuvo un RC menor a 0.1.

*b) Geología.* Los descriptores de este parámetro corresponden a las unidades geológicas descritas en el mapa geológico (Ver Figura 18) y se le ha asignado un valor de importancia de acuerdo a las unidades geológicas identificadas en las tablas:

**Tabla 77.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Geología*

<b>Geología</b>	<b>Depósito aluvial</b>	<b>Depósito eólico</b>	<b>Depósito marino</b>	<b>Formación Quilmaná, Chilca, Atocongo, Pamplona, Lurín, Marcavilca, Herradura, Salto del Fraile, Andesita, Grupo Puente Piedra</b>	<b>Súper Unidad Santa Rosa, Súper Unidad Atocongo, Súper Unidad Jecuán, Super Unidad Patap</b>
<b>Depósito aluvial</b>	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
<b>Depósito eólico</b>	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
<b>Depósito marino</b>	0.333	0.500	1.000	2.000	3.000
<b>Formación Quilmaná, Chilca, Atocongo, Pamplona, Lurín, Marcavilca, Herradura, Salto del Fraile, Andesita, Grupo Puente Piedra</b>	0.200	0.333	0.500	1.000	2.000
<b>Súper Unidad Santa Rosa, Súper Unidad Atocongo, Súper Unidad Jecuán, Super Unidad Patap</b>	0.143	0.200	0.333	0.500	1.000

**Tabla 78.***Matriz de normalización de pares del parámetro Geología*

<b>Geología</b>	<b>Depósito aluvial</b>	<b>Depósito eólico</b>	<b>Depósito marino</b>	<b>Formación Quilmaná, Chilca, Atocongo, Pamplona, Lurín, Marcavilca, Herradura, Salto del Fraile, Andesita, Grupo Puente Piedra</b>	<b>Súper Unidad Santa Rosa, Súper Unidad Atocongo, Súper Unidad Jecuán, Super Unidad Patap</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>Depósito aluvial</b>	0.460	0.496	0.439	0.435	0.389	<b>0.444</b>
<b>Depósito eólico</b>	0.230	0.248	0.293	0.261	0.278	<b>0.262</b>
<b>Depósito marino</b>	0.153	0.124	0.146	0.174	0.167	<b>0.153</b>
<b>Formación Quilmaná, Chilca, Atocongo, Pamplona, Lurín, Marcavilca, Herradura, Salto del Fraile, Andesita, Grupo Puente Piedra Súper Unidad Santa Rosa, Súper Unidad Atocongo, Súper Unidad Jecuán, Super Unidad Patap</b>	0.092	0.083	0.073	0.087	0.111	<b>0.089</b>
	0.066	0.050	0.049	0.043	0.056	<b>0.053</b>

De acuerdo a estas Tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para la Pendiente varían de 0.444 a 0.053 siendo la unidad geológica “depósitos aluviales” el de mayor importancia.

El IC y RC obtenido para el parámetro geológico resultó:

**Tabla 79.***Consistencia de matrices del parámetro Geología*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.007
RC	0.006

De la tabla, se deduce que los criterios de priorización establecidos en los descriptores de geología son confiables ya que se obtuvo un RC menor a 0.1.

c) **Geomorfología.** Los descriptores de este parámetro corresponden a las unidades geomorfológicas descritas en el mapa geomorfológico (Ver Figura 24) y se le ha asignado un valor de importancia de acuerdo a las unidades identificadas en el ámbito de investigación, tal como se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 80.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Geomorfología*

<b>Geomorfología</b>	<b>Vertiente o piedemonte aluvio - lacustre, Cauce del río</b>	<b>Campo de dunas, Mantos de arena, Vertiente o piedemonte aluvio - torrencial</b>	<b>Vertiente coluvial de detritos</b>	<b>Colinas y lomadas, Depósito antrópico</b>	<b>Montaña en roca intrusiva, Montaña en roca volcánica, Montaña en roca volcano - sedimentaria</b>
<b>Vertiente o piedemonte aluvio - lacustre, Cauce del río</b>	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
<b>Campo de dunas, Mantos de arena, Vertiente o piedemonte aluvio -torrencial</b>	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
<b>Vertiente coluvial de detritos</b>	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
<b>Colinas y lomadas, Depósito antrópico</b>	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
<b>Montaña en roca intrusiva, Montaña en roca volcánica, Montaña en roca volcano-sedimentaria</b>	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000

**Tabla 81.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Geomorfología*

<b>Geomorfología</b>	<b>Vertiente o piedemonte aluvio - lacustre, Cauce del río</b>	<b>Campo de dunas, Mantos de arena, Vertiente o piedemonte aluvio - torrencial</b>	<b>Vertiente coluvial de detritos</b>	<b>Colinas y lomadas, Depósito antrópico</b>	<b>Montaña en roca intrusiva, Montaña en roca volcánica, Montaña en roca volcánico - sedimentaria</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>Vertiente o piedemonte aluvio - lacustre, Cauce del río</b>	0.460	0.544	0.398	0.349	0.304	<b>0.411</b>
<b>Campo de dunas, Mantos de arena, Vertiente o piedemonte aluvio - torrencial</b>	0.230	0.272	0.398	0.349	0.304	<b>0.311</b>
<b>Vertiente coluvial de detritos</b>	0.153	0.091	0.133	0.209	0.217	<b>0.161</b>
<b>Colinas y lomadas, Depósito antrópico</b>	0.092	0.054	0.044	0.070	0.130	<b>0.078</b>
<b>Montaña en roca intrusiva, Montaña en roca volcánica, Montaña en roca volcánico - sedimentaria</b>	0.066	0.039	0.027	0.023	0.043	<b>0.040</b>

De acuerdo a estas tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para la Geomorfología varían de 0.411 a 0.040 siendo la unidad geomorfológica “Vertiente o piedemonte aluvio - lacustre, Cauce del río” la de mayor importancia.

El IC y RC obtenido para el parámetro geomorfológico resultó:

**Tabla 82.**

*Consistencia de matrices del parámetro Geomorfología*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.049
RC	0.044

De la tabla, se deduce que los criterios de priorización establecidos en los descriptores de geomorfología son confiables ya que se obtuvo un RC menor a 0.1.

d) *Suelos*. Los descriptores de este parámetro corresponden a la clasificación de suelos descritas en el mapa de suelos (Ver Figura 20). Además, se han considerado descriptores ficticios para la asignación de valores de importancia, como se describe en las tablas:

**Tabla 83.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Suelos*

Suelo	Arenosol háplico-Solonchak háplico	S2	S3	S4	Leptosol lítico-Afloramiento lítico
Arenosol háplico-Solonchak háplico	1.000	2.000	2.000	2.000	5.000
S2	0.500	1.000	2.000	2.000	2.000
S3	0.500	0.500	1.000	2.000	2.000
S4	0.500	0.500	0.500	1.000	2.000
Leptosol lítico-Afloramiento lítico	0.200	0.500	0.500	0.500	1.000

**Tabla 84.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Suelos*

Suelo	Arenosol háplico-Solonchak háplico	S2	S3	S4	Leptosol lítico-Afloramiento lítico	Vector priorización
Arenosol háplico-Solonchak háplico	0.370	0.444	0.333	0.267	0.417	<b>0.366</b>
S2	0.185	0.222	0.333	0.267	0.167	<b>0.235</b>
S3	0.185	0.111	0.167	0.267	0.167	<b>0.179</b>
S4	0.185	0.111	0.083	0.133	0.167	<b>0.136</b>
Leptosol lítico-Afloramiento lítico	0.074	0.111	0.083	0.067	0.083	<b>0.084</b>

De acuerdo a estas Tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para los Suelos varían de 0.366 a 0.084 siendo la clasificación de suelo “Arenosol háplico-

Solonchak háptico” la de mayor importancia por encontrarse en el área más próxima al río Lurín.

El IC y RC obtenido para el parámetro de suelos resultó:

**Tabla 85.**

*Consistencia de matrices del parámetro Suelos*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.036
RC	0.032

De la tabla, se deduce que los criterios de priorización establecidos en los descriptores de suelos son confiables ya que se obtuvo un RC menor a 0.1.

e) *Cobertura Vegetal*. Los descriptores de este parámetro corresponden a la clasificación del mapa de cobertura vegetal (Ver Figura 28) y se le ha asignado un valor de importancia de acuerdo a la clasificación identificada en la cuenca baja, tal como se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 86.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Cobertura Vegetal*

<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Agricultura costera y andina</b>	<b>CV2</b>	<b>Loma</b>	<b>Desierto costero</b>	<b>Área urbana</b>
<b>Agricultura costera y andina</b>	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
<b>CV2</b>	0.500	1.000	2.000	2.000	2.000
<b>Loma</b>	0.333	0.500	1.000	3.000	5.000
<b>Desierto costero</b>	0.200	0.500	0.333	1.000	3.000
<b>Área urbana</b>	0.143	0.500	0.200	0.333	1.000

**Tabla 87.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Cobertura Vegetal*

<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Agricultura costera y andina</b>	<b>CV2</b>	<b>Loma</b>	<b>Desierto costero</b>	<b>Área urbana</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>Agricultura costera y andina</b>	0.460	0.444	0.459	0.441	0.389	<b>0.439</b>

<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Agricultura costera y andina</b>	<b>CV2</b>	<b>Loma</b>	<b>Desierto costero</b>	<b>Área urbana</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>CV2</b>	0.230	0.222	0.306	0.176	0.111	<b>0.209</b>
<b>Loma</b>	0.153	0.111	0.153	0.265	0.278	<b>0.192</b>
<b>Desierto costero</b>	0.092	0.111	0.051	0.088	0.167	<b>0.102</b>
<b>Área urbana</b>	0.066	0.111	0.031	0.029	0.056	<b>0.058</b>

De acuerdo a estas Tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para la Cobertura Vegetal varían de 0.439 a 0.058 siendo la clasificación de “Agricultura costera y andina” la de mayor importancia por encontrarse en el área más próxima al río Lurín.

El IC y RC obtenido del proceso para el parámetro de cobertura vegetal resultó:

**Tabla 88.**

*Consistencia de matrices del parámetro Cobertura Vegetal*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.077
RC	0.069

De la tabla, se deduce que los criterios de priorización establecidos en los descriptores de cobertura vegetal son confiables ya que se obtuvo un RC menor a 0.1.

*f) Análisis de los parámetros de los factores condicionantes.* A partir de los parámetros suelo, pendiente, geomorfología, geología y cobertura vegetal analizados, se le ha asignado un valor de importancia haciendo la comparación de pares, como se detalla a continuación:

**Tabla 89.**

*Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Suelo</b>	<b>Geomorfología</b>	<b>Geología</b>	<b>Cobertura vegetal</b>
<b>Pendiente</b>	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000
<b>Suelo</b>	0.333	1.000	3.000	4.000	5.000
<b>Geomorfología</b>	0.250	0.333	1.000	2.000	3.000
<b>Geología</b>	0.200	0.250	0.500	1.000	3.000
<b>Cobertura vegetal</b>	0.143	0.200	0.333	0.333	1.000

**Tabla 90.**

*Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Suelo</b>	<b>Geomorfología</b>	<b>Geología</b>	<b>Cobertura vegetal</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>Pendiente</b>	0.52	0.63	0.45	0.41	0.37	<b>0.475</b>
<b>Suelo</b>	0.17	0.21	0.34	0.32	0.26	<b>0.262</b>
<b>Geomorfología</b>	0.13	0.07	0.11	0.16	0.16	<b>0.127</b>
<b>Geología</b>	0.10	0.05	0.06	0.08	0.16	<b>0.090</b>
<b>Cobertura vegetal</b>	0.07	0.04	0.04	0.03	0.05	<b>0.047</b>

De acuerdo a estas tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para los factores condicionantes varían de 0.475 a 0.047 siendo el parámetro “Pendiente” el de mayor importancia ante la incidencia de precipitaciones máximas en la cuenca baja.

El IC y RC obtenido para los factores condicionantes resultó:

**Tabla 91.**

*Consistencia de matrices de factores condicionantes*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.050
RC	0.045

De la tabla, se deduce que los criterios de priorización establecidos en los factores condicionantes son confiables ya que se obtuvo un RC menor a 0.1.

**4.3.1.3 Análisis de parámetros de evaluación.** Estos parámetros son la manifestación del peligro evaluado y representan la intensidad del evento sobre el área de influencia provocado por la magnitud del factor desencadenante. (Municipalidad Provincial de Anglares - Lircay, 2022)

Para esta investigación se ha considerado como parámetros de evaluación el periodo de retorno y el área de inundación del Fenómeno El Niño 1997-1998 y, para la obtención de pesos ponderados se ha utilizado el análisis jerárquico.

a) *Tiempo de retorno*. Los descriptores de este parámetro corresponden a los periodos de retorno descritos en la estimación de precipitaciones máximas y caudal máximo mediante el método racional. A cada periodo de retorno se le ha asignado un valor de importancia, tal como se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 92.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Tiempo de Retorno*

<b>Tiempo de Retorno</b>	<b>Cada 5 años</b>	<b>Cada 10 y 15 años</b>	<b>Cada 20 y 25 años</b>	<b>Cada 50 años</b>	<b>Cada 100 años</b>
<b>Cada 5 años</b>	1.000	2.000	3.000	5.000	6.000
<b>Cada 10 y 15 años</b>	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
<b>Cada 20 y 25 años</b>	0.333	0.500	1.000	2.000	4.000
<b>Cada 50 años</b>	0.200	0.333	0.500	1.000	3.000
<b>Cada 100 años</b>	0.167	0.200	0.250	0.333	1.000

**Tabla 93.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Tiempo de Retorno*

<b>Tiempo de Retorno</b>	<b>Cada 5 años</b>	<b>Cada 10 y 15 años</b>	<b>Cada 20 y 25 años</b>	<b>Cada 50 años</b>	<b>Cada 100 años</b>	<b>Vector Priorización</b>
<b>Cada 5 años</b>	0.455	0.496	0.444	0.441	0.316	<b>0.430</b>
<b>Cada 10 y 15 años</b>	0.227	0.248	0.296	0.265	0.263	<b>0.260</b>
<b>Cada 20 y 25 años</b>	0.152	0.124	0.148	0.176	0.211	<b>0.162</b>
<b>Cada 50 años</b>	0.091	0.083	0.074	0.088	0.158	<b>0.099</b>
<b>Cada 100 años</b>	0.076	0.050	0.037	0.029	0.053	<b>0.049</b>

De acuerdo a estas Tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para el Tiempo de retorno varían de 0.430 a 0.049 siendo el parámetro “Cada 5 años” el de mayor importancia ante la incidencia de precipitaciones máximas en la cuenca baja.

El IC y RC obtenido para el parámetro tiempo de retorno resultó:

**Tabla 94.**

*Consistencia de matrices del parámetro Tiempo de Retorno*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.026
RC	0.023

De la tabla, se deduce que los criterios de priorización establecidos en los descriptores del periodo de retorno son confiables ya que se obtuvo un RC menor a 0.1.

*b) Área de inundación del Fenómeno El Niño 1997-1998.* Los descriptores de este parámetro corresponden al área estimada de la inundación del Fenómeno El Niño 1997-1998 (FEN 97-98) por el MINAM. Al área inundada y área no inundada se le ha asignado valores de importancia y se han incorporado descriptores ficticios para completar el análisis, como se observa en las tablas:

**Tabla 95.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Área de inundación del Fenómeno del Niño 1997-1998*

<b>Tipo de área</b>	<b>Área inundada</b>	<b>FEN2</b>	<b>FEN3</b>	<b>FEN4</b>	<b>Área no inundada</b>
<b>Área inundada</b>	1.000	2.000	2.000	2.000	9.000
<b>FEN2</b>	0.500	1.000	2.000	2.000	7.000
<b>FEN3</b>	0.500	0.500	1.000	2.000	5.000
<b>FEN4</b>	0.500	0.500	0.500	1.000	3.000
<b>Área no inundada</b>	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**Tabla 96.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Área de inundación del Fenómeno del Niño 1997-1998*

<b>Tipo de área</b>	<b>Área inundada</b>	<b>FEN2</b>	<b>FEN3</b>	<b>FEN4</b>	<b>Área no inundada</b>	<b>Vector Priorización</b>
<b>Área inundada</b>	0.383	0.483	0.351	0.273	0.360	<b>0.370</b>
<b>FEN2</b>	0.191	0.241	0.351	0.273	0.280	<b>0.267</b>
<b>FEN3</b>	0.191	0.121	0.175	0.273	0.200	<b>0.192</b>
<b>FEN4</b>	0.191	0.121	0.088	0.136	0.120	<b>0.131</b>

Tipo de área	Área inundada	FEN2	FEN3	FEN4	Área no inundada	Vector Priorización
Área no inundada	0.043	0.034	0.035	0.045	0.040	<b>0.040</b>

De acuerdo a estas tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para el área estimada de la inundación FEN 97-98 varía de 0.430 a 0.049 siendo el parámetro “Área inundada” el de mayor importancia por corresponder a un antecedente relevante en la zona de estudio.

El IC y RC obtenido para el parámetro del área de inundación resultó:

**Tabla 97.**

*Consistencia de matrices del parámetro Área de inundación del Fenómeno del Niño 1997-1998*

Variable	Resultado
IC	0.025
RC	0.023

De la tabla, se deduce que los criterios de priorización establecidos en los descriptores del área de inundación FEN 97-98 son confiables ya que se obtuvo un RC menor a 0.1.

**4.3.1.4 Determinación de niveles de peligro.** Con los vectores de priorización estimados por descriptores, parámetros y factores desencadenantes, condicionantes y factores de evaluación se ha elaborado la matriz de peligros considerando la siguiente ponderación:

**Tabla 98.**

*Resumen de ponderación para estimar el peligro*

Ponderación susceptibilidad		Ponderación parámetros de evaluación	
Factores condicionantes	Factor desencadenante	Tiempo de retorno	Área inundada FEN 97-98
0.6	0.4	0.25	0.75

A partir de la ponderación presentada en el Tabla anterior, se han determinado los niveles de peligro establecidos en rangos:

**Tabla 99.***Niveles de peligro*

NIVEL		RANGO			
<b>MUY ALTO</b>	0.261	≤	<b>P</b>	≤	0.436
<b>ALTO</b>	0.161	≤	<b>P</b>	<	0.261
<b>MEDIO</b>	0.098	≤	<b>P</b>	<	0.161
<b>BAJO</b>	0.043	≤	<b>P</b>	<	0.098

En la siguiente tabla se muestra la matriz de peligros con su respectiva descripción:

**Tabla 100.***Estratificación de niveles de peligro*

NIVEL DE PELIGRO	DESCRPCIÓN
<b>MUY ALTO</b>	Zonas con pendiente suave menor a 10%, geológicamente conformadas por depósitos aluviales y eólicos, situado en unidades geomorfológicas de vertiente o piedemonte aluvio - lacustre, cauce del río, campo de dunas, mantos de arena, vertiente o piedemonte aluvio-torrencial; suelo de tipo arenosol háplico-Solonchak háplico con cobertura vegetal agricultura costera, andina y desierto costero; precipitaciones máximas > 12mm para un tiempo de retorno de 5 años y zonas inundadas por el Fenómeno El Niño 1997-1998.
<b>ALTO</b>	Zonas con pendiente moderado entre 10 a 25%, geológicamente conformadas por depósitos marinos, situado en unidades geomorfológicas de vertiente coluvial de detritos, suelo de tipo arenosol háplico-Solonchak háplico con cobertura vegetal de tipo lomas; precipitaciones máximas de 10 a 12 mm para un tiempo de retorno de 5 años y zonas no inundadas por el Fenómeno El Niño 1997-1998.
<b>MEDIO</b>	Zonas con pendiente fuerte entre 25 a 50%, geológicamente conformada por formación Quilmaná, Chilca, Atocongo, Pamplona, Lurín, Marcavilca, Herradura, Salto del Fraile, Andesita, Grupo Puente Piedra, situado en unidades geomorfológicas de tipo colinas, lomadas y depósito antrópico, suelo de tipo Leptosol lítico-Afloramiento lítico con cobertura vegetal de tipo desierto costero; precipitaciones máximas de 8 a 10mm para un tiempo de retorno de 5 años y zonas no inundadas por el Fenómeno El Niño 1997-1998.

<b>NIVEL DE PELIGRO</b>	<b>DESCRPCIÓN</b>
<b>BAJO</b>	Zonas con pendiente muy fuerte mayor a 50%, geológicamente conformada por Súper Unidad Santa Rosa, Súper Unidad Atocongo, Súper Unidad Jecuán, Super Unidad Patap, Tonalita; situado en unidades geomorfológicas de tipo montaña en roca intrusiva, montaña en roca volcánica, montaña en roca volcano-sedimentaria suelo de tipo Leptosol lítico-Afloramiento lítico con cobertura vegetal de tipo área urbana; precipitaciones máximas menor a 8mm para un tiempo de retorno de 5 años y zonas no inundadas por el Fenómeno El Niño 1997-1998.

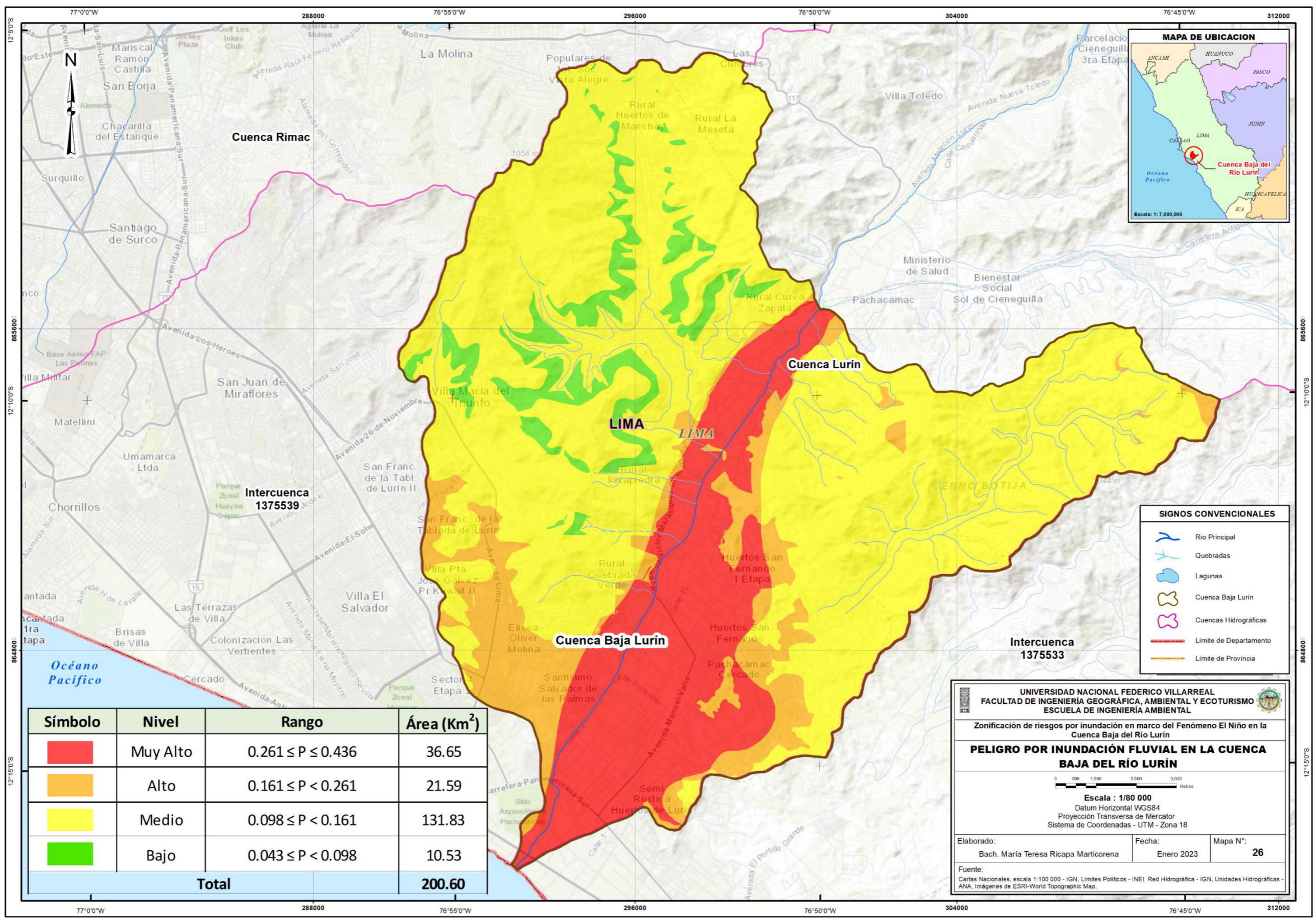
**4.3.1.5 Resultados del análisis de peligro.** Este análisis ha permitido identificar zonas de peligro de niveles muy alto, alto, medio y bajo, debido a la incidencia de los factores: lluvias máximas para tiempo de retorno de 5 años, áreas inundadas por el Fenómeno El Niño 1997-1998 y pendientes, los cuales favorecen al peligro por inundación fluvial en el ámbito investigado. En el mapa 26, se puede observar las zonas de peligro distribuidas en el área de estudio y el resumen de estos resultados se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 101.**

*Áreas por niveles de peligro*

<b>Nivel de peligro</b>	<b>Área de peligro (Km<sup>2</sup>)</b>
Muy Alto	36.65
Alto	21.59
Medio	131.83
Bajo	10.53
<b>Total</b>	<b>200.60</b>

**Figura 61.**  
 Peligro por inundación fluvial en la Cuenca Baja del río Lurín



A partir del mapa de peligros, se determinaron centros de salud y centros educativos expuestos a los diferentes niveles de peligrosidad considerando el límite de las manzanas en el ámbito estudiado.

Los resultados que se obtuvieron se observan en el Mapa 27 y en las siguientes figuras:

**Tabla 102.**

*Cantidad de Manzanas expuestas al peligro*

Distrito	Nivel			
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo
CIENEGUILLA	1	1	-	-
LURIN	248	283	15	-
PACHACAMAC	304	170	1772	138
VILLA EL SALVADOR	-	54	45	-
VILLA MARIA DEL TRIUNFO	-	243	546	82
<b>Total</b>	<b>553</b>	<b>751</b>	<b>2378</b>	<b>220</b>

**Tabla 103.**

*Cantidad de Población expuesta al peligro*

Distrito	Nivel			
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo
CIENEGUILLA	137	137	-	-
LURIN	19320	22058	524	-
PACHACAMAC	26763	8190	102233	8122
VILLA EL SALVADOR	-	5267	4159	
VILLA MARIA DEL TRIUNFO	-	21144	26185	2565
<b>Total</b>	<b>46220</b>	<b>56796</b>	<b>133101</b>	<b>10687</b>

Las tablas 102 y 103 muestran la cantidad de manzanas y población expuesta al peligro por inundación fluvial, siendo los distritos Pachacámac y Lurín con mayor exposición al peligro muy alto con un total de 304 y 248 manzanas; sumado a 26,763 y 19,320 pobladores expuestos, respectivamente.

**Tabla 104.***Cantidad de centros educativos expuestos al peligro*

Distrito	Nivel			
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo
LURIN	10	15	2	-
PACHACAMAC	27	10	63	2
VILLA EL SALVADOR	-	2	1	-
VILLA MARIA DEL TRIUNFO	-	72	16	1
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>99</b>	<b>82</b>	<b>3</b>

**Tabla 105.***Cantidad de alumnos expuestos al peligro*

Distrito	Nivel			
	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo
LURIN	577	1683	162	-
PACHACAMAC	3585	740	8207	230
VILLA EL SALVADOR	-	55	20	-
VILLA MARIA DEL TRIUNFO	-	9929	1675	100
<b>Total</b>	<b>4162</b>	<b>12407</b>	<b>10064</b>	<b>330</b>

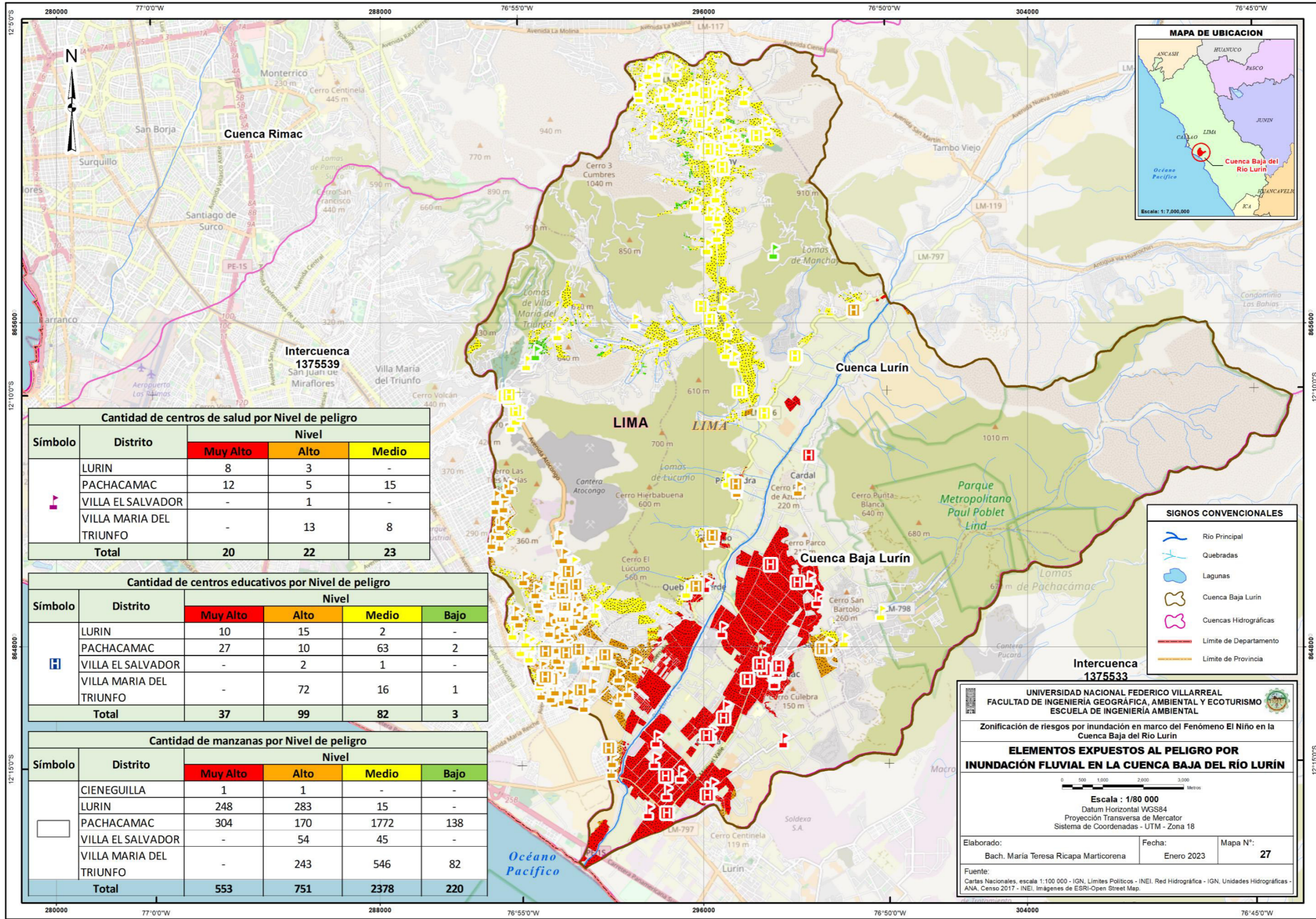
Las tablas 104 y 105 muestran la cantidad de centros educativos y alumnos expuesta al peligro por inundación fluvial, siendo los distritos Pachacámac y Lurín con mayor exposición al peligro muy alto con un total de 27 y 10 colegios; sumado a 3,585 y 577 alumnos expuestos, respectivamente.

**Tabla 106.***Cantidad de centros de salud expuestos al peligro*

Distrito	Nivel		
	Muy Alto	Alto	Medio
LURIN	8	3	-
PACHACAMAC	12	5	15
VILLA EL SALVADOR	-	1	-
VILLA MARIA DEL TRIUNFO	-	13	8
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>23</b>

La tabla 106 muestra los distritos Pachacámac y Lurín con mayor exposición al peligro muy alto con un total de 12 y 8 centros de salud expuestos, respectivamente.

**Figura 62.**  
Elementos expuestos al peligro por inundación fluvial en la Cuenca Baja del río Lurín



### **4.3.2 Identificación y análisis de vulnerabilidad**

De acuerdo con la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N°048-2011-PCM), “*la vulnerabilidad se define como la propensión de la población a ser perjudicada por una amenaza, así como la estructura física o las actividades socioeconómicas; en el caso del presente estudio, la amenaza es la inundación fluvial*”. (Municipalidad Provincial de Angles - Lircay, 2022).

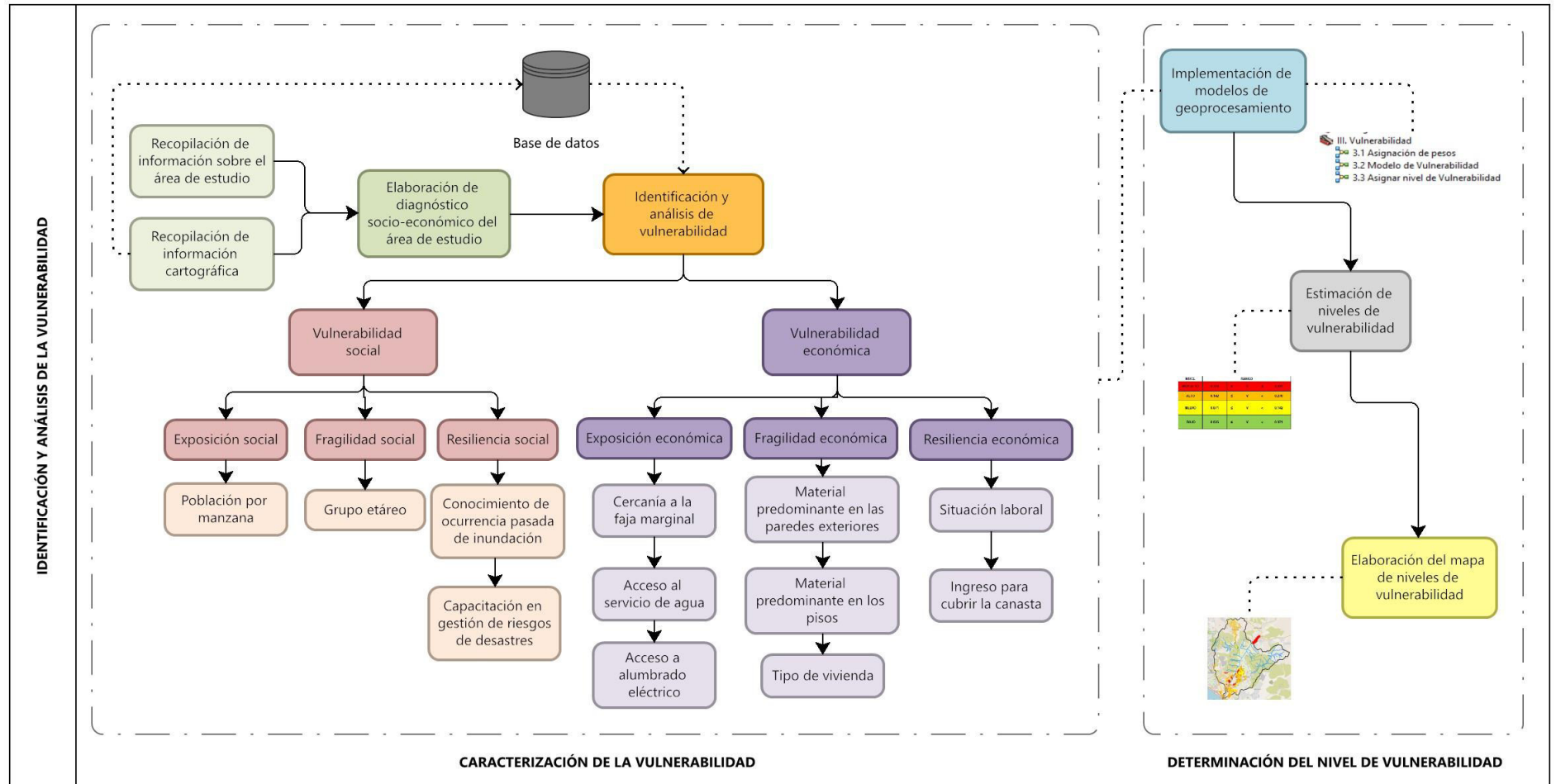
La metodología sugerida por el CENEPRED, que implica el levantamiento de datos sobre el área de estudio y la recopilación de información cartográfica sobre población, vivienda y manzanas, ha sido adaptada con el propósito de identificar y analizar la vulnerabilidad. Esto ha permitido la elaboración del diagnóstico socioeconómico en la cuenca baja del río Lurín.

A partir de esta información, se realizó el análisis jerárquico de fragilidad, exposición y resiliencia de la vulnerabilidad social y vulnerabilidad económica. La primera está conformada por la población a nivel de manzanas (exposición social), grupo étnico (fragilidad social), conocimiento de ocurrencia pasada de inundación y capacitación en gestión de riesgos de desastres (resiliencia social); y la segunda está conformada por la cercanía a la faja marginal, acceso al servicio de agua, acceso a alumbrado eléctrico por red pública (exposición económica); material predominante en las paredes exteriores, material predominante en los pisos, tipo de vivienda (fragilidad económica) y situación laboral e ingreso para cubrir la canasta familiar (resiliencia económica).

Con esta información sistematizada se elaboraron modelos de geoprocésamiento que permitieron estimar los niveles de vulnerabilidad y obtener como producto el mapa de vulnerabilidad a nivel de manzanas en la cuenca baja del río Lurín, tal como se observa en la siguiente figura:

**Figura 63.**

*Proceso de Identificación y análisis de Vulnerabilidad*



*Nota.* Adaptado del Manual de Evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales v.2, CENEPRED, 2015.

La siguiente tabla resume las dimensiones y parámetros utilizados en la identificación y análisis de la vulnerabilidad:

**Tabla 107.**

*Dimensiones y parámetros que intervienen en la Vulnerabilidad*

Dimensión	Parámetros		
	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
<b>Vulnerabilidad social</b>	Población a nivel de manzanas	Grupo etario	Conocimiento de ocurrencia pasada de inundación
	-	-	Capacitación en gestión de riesgos de desastres
<b>Vulnerabilidad económica</b>	Cercanía a la faja marginal	Material predominante en las paredes exteriores	Situación laboral
	Acceso al servicio de agua	Material predominante en los pisos	Ingreso para cubrir la canasta familiar
	Acceso a alumbrado eléctrico por red pública	Tipo de vivienda	-

**4.3.2.1 Análisis de vulnerabilidad social.** La identificación de los rasgos y características de la población local y su entorno en relación con el peligro constituye el análisis del aspecto social. Para ello, los parámetros se dividieron en los componentes de exposición social, fragilidad social y resiliencia social. Para ello, se utilizó el análisis jerárquico de AHP para calcular las ponderaciones de cada componente y parámetro. Los resultados obtenidos a partir de este análisis son los siguientes:

*a) Exposición social.* El parámetro principal utilizado para la determinación de la exposición social fue la “Población a nivel de manzanas”, disponible en la información publicada por INEI sobre el Censo 2017.

*a.1) Población a nivel de manzanas.* Los descriptores de este parámetro corresponden a la cantidad de habitantes a nivel de manzanas en la zona estudiada (Ver Figura 64) y se le ha asignado un valor de importancia de acuerdo al número de personas establecidos en las siguientes tablas:

**Tabla 108.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Población por manzanas*

Número de personas a nivel de manzana	121 personas a más	81 a 120 personas	61 a 80 personas	41 a 60 personas	20 a 40 personas
121 personas a más	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
81 a 120 personas	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
61 a 80 personas	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
41 a 60 personas	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
20 a 40 personas	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**Tabla 109.**

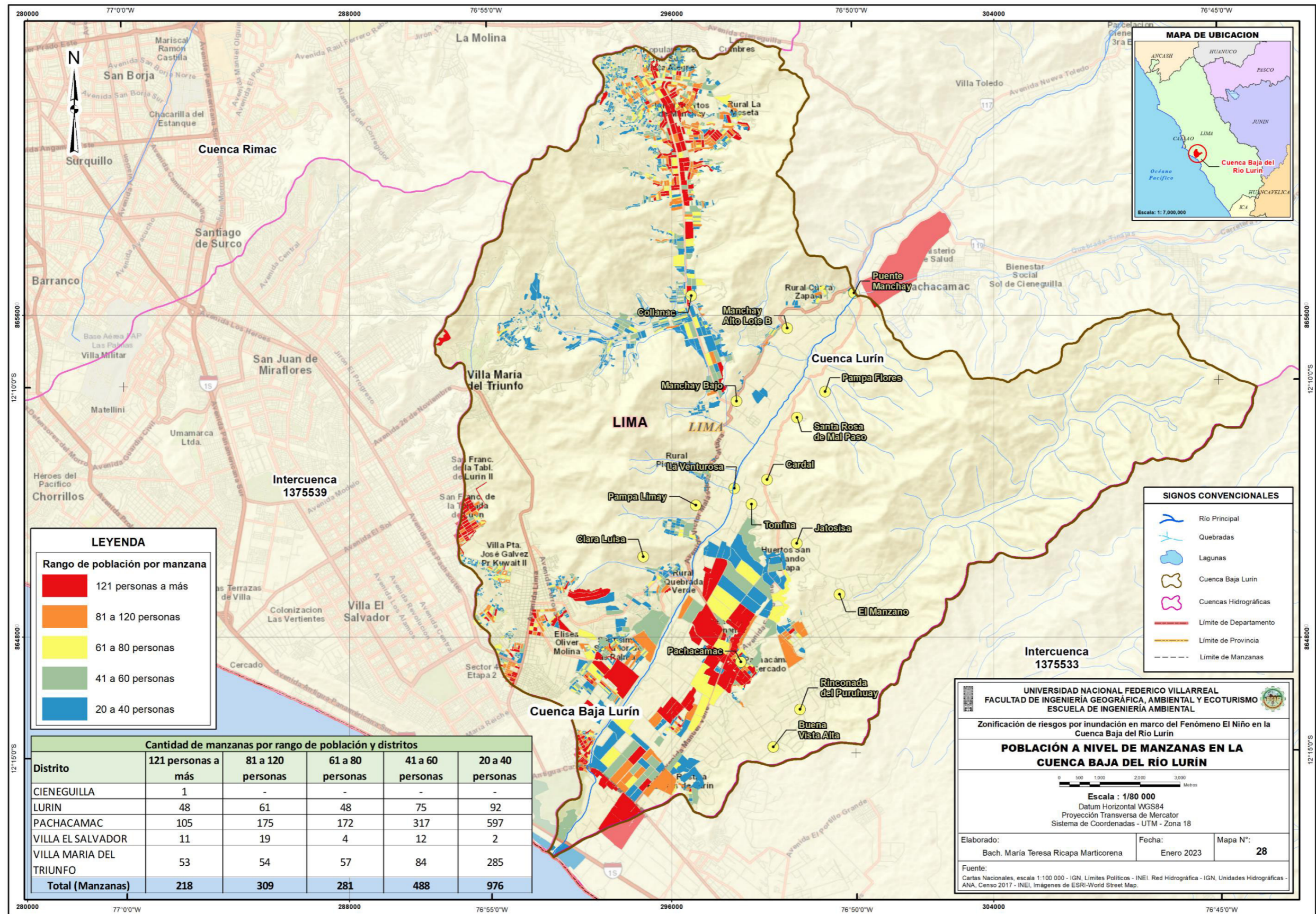
*Matriz de normalización de pares del parámetro Población por manzanas*

Número de personas a nivel de manzana	121 personas a más	81 a 120 personas	61 a 80 personas	41 a 60 personas	20 a 40 personas	Vector priorización
121 personas a más	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
81 a 120 personas	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
61 a 80 personas	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
41 a 60 personas	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
20 a 40 personas	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>

De acuerdo a estas Tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para la Población por manzanas varían de 0.503 a 0.035 siendo el rango de “121 personas a más” el de mayor importancia.

Figura 64.

Población a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín



El IC y RC para el parámetro de población por manzanas resultó:

**Tabla 110.**

*Consistencia de matrices del parámetro Población por manzanas*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.061
RC	0.054

De la tabla, se deduce que los criterios de priorización establecidos en los descriptores de población por manzanas son confiables ya que se obtuvo un RC menor a 0.1.

**b) Fragilidad social.** El parámetro principal utilizado para la determinación de la fragilidad social fue el “Grupo etario”, disponible en la información publicada por INEI sobre el Censo 2017. Ver Figura 65.

**b.1) Grupo etario.** De acuerdo con los rangos indicados, se ha asignado un grado de importancia a los descriptores de este parámetro, que se correlacionan con las edades de los residentes a nivel de manzanas en la cuenca baja, como se muestra en las tablas adjuntas:

**Tabla 111.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Grupo etario*

<b>Grupo etario</b>	<b>Mayores de 65 años</b>	<b>De 0 - 14 años</b>	<b>De 45 - 64 años</b>	<b>De 15 - 29 años</b>	<b>De 30 - 44 años</b>
<b>Mayores de 65 años</b>	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
<b>De 0 - 14 años</b>	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
<b>De 45 - 64 años</b>	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
<b>De 15 - 29 años</b>	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
<b>De 30 - 44 años</b>	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**Tabla 112.***Matriz de normalización de pares del parámetro Grupo etario*

<b>Grupo etario</b>	<b>Mayores de 65 años</b>	<b>De 0 - 14 años</b>	<b>De 45 - 64 años</b>	<b>De 15 - 29 años</b>	<b>De 30 - 44 años</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>Mayores de 65 años</b>	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
<b>De 0 - 14 años</b>	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
<b>De 45 - 64 años</b>	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
<b>De 15 - 29 años</b>	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
<b>De 30 - 44 años</b>	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>

De acuerdo a estas tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para el Grupo etario por manzanas varían de 0.503 a 0.035 siendo el rango de “mayores de 65 años” el de mayor importancia.

El IC y RC para el parámetro de grupo etario resultó:

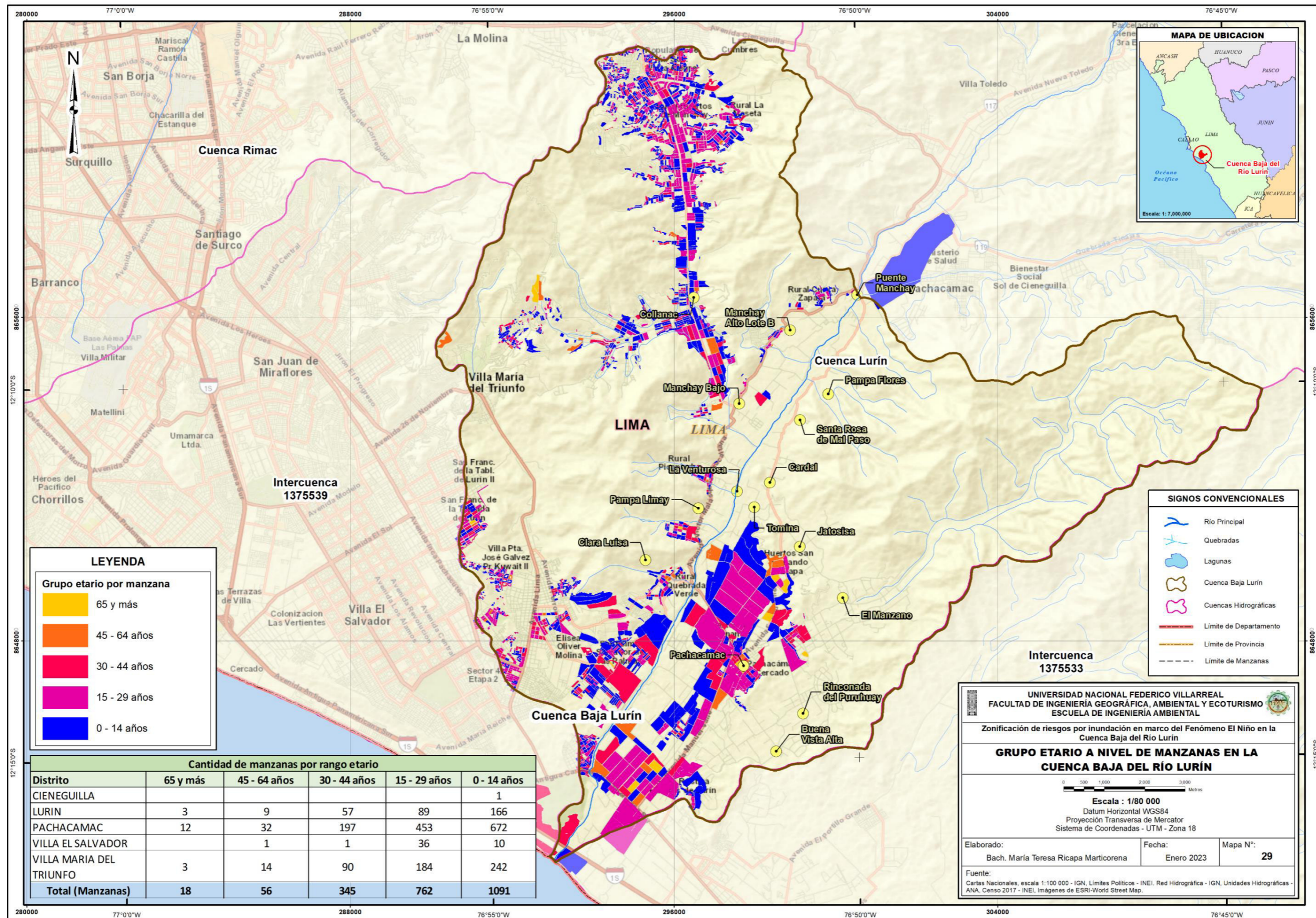
**Tabla 113.***Consistencia de matrices del parámetro Grupo etario*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.061
RC	0.054

Dado que se alcanzó un RC inferior a 0,1, puede deducirse de la Tabla que los criterios de prioridad establecidos en las descripciones de los grupos de edad por manzanas son correctos.

Figura 65.

Grupo etario a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín



c) **Resiliencia social.** Los criterios utilizados para evaluar la resiliencia social fueron “Conocimiento de ocurrencia de inundaciones pasadas” y “Capacitación en Gestión de Riesgos de Desastres”, obtenidos a partir de las encuestas realizadas sobre el terreno (Ver Figura 66).

c.1) **Conocimiento de ocurrencia pasada de inundación.** Los descriptores de este parámetro corresponden al nivel de conocimiento de inundaciones pasadas de las personas encuestadas que viven a nivel de manzanas en la cuenca baja y se le ha asignado un valor de importancia de acuerdo a las categorías establecidas en las tablas:

**Tabla 114.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Conocimiento de ocurrencia pasada de inundación*

<b>Conocimiento de ocurrencia pasada de inundación</b>	<b>Sin conocimiento</b>	<b>Conocimiento limitado</b>	<b>CO3</b>	<b>Con conocimiento</b>	<b>No encuestado</b>
<b>Sin conocimiento</b>	1.000	3.000	4.000	7.000	9.000
<b>Conocimiento limitado</b>	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
<b>CO3</b>	0.250	0.333	1.000	3.000	5.000
<b>Con conocimiento</b>	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
<b>No encuestado</b>	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**Tabla 115.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Conocimiento de ocurrencia pasada de inundación*

<b>Conocimiento de ocurrencia pasada de inundación</b>	<b>Sin conocimiento</b>	<b>Conocimiento limitado</b>	<b>CO3</b>	<b>Con conocimiento</b>	<b>No encuestado</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>Sin conocimiento</b>	0.544	0.642	0.469	0.429	0.360	<b>0.489</b>
<b>Conocimiento limitado</b>	0.181	0.214	0.352	0.306	0.280	<b>0.267</b>
<b>CO3</b>	0.136	0.071	0.117	0.184	0.200	<b>0.142</b>

Conocimiento de ocurrencia pasada de inundación	Sin conocimiento	Conocimiento limitado	CO3	Con conocimiento	No encuestado	Vector priorización
Con conocimiento	0.078	0.043	0.039	0.061	0.120	<b>0.068</b>
No encuestado	0.060	0.031	0.023	0.020	0.040	<b>0.035</b>

De acuerdo a estas tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para el Conocimiento de ocurrencia pasada de inundación por manzanas varían de 0.489 a 0.035 siendo las personas “sin conocimiento” el de mayor importancia.

El IC y RC obtenido del parámetro de Conocimiento de ocurrencia pasada de inundación resultó:

**Tabla 116.**

*Consistencia de matrices del parámetro Conocimiento de ocurrencia pasada de inundación*

Variable	Resultado
IC	0.056
RC	0.050

Dado que se encontró un RC inferior a 0,1, se puede inferir de la tabla que los criterios priorizados establecidos en los descriptores del Conocimiento de la ocurrencia previa de inundaciones por manzanas son adecuados.

*c.2) Capacitación en Gestión de Riesgos de Desastres.* Las siguientes tablas ilustran cómo los valores asignados a los descriptores de este parámetro de acuerdo con las categorías predeterminadas se correlacionan con las respuestas recogidas en las encuestas realizadas entre los lugareños sobre las capacitaciones que recibieron en la cuenca baja:

**Tabla 117.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Capacitación en Gestión de Riesgos de Desastres*

Capacitación en Gestión de Riesgos de Desastres	Nunca	CGR1	CGR2	Al menos una capacitación	No encuestado
Nunca	1.000	2.000	2.000	7.000	9.000
CGR1	0.500	1.000	2.000	5.000	7.000
CGR2	0.500	0.500	1.000	2.000	5.000
Al menos una capacitación	0.143	0.200	0.500	1.000	3.000
No encuestado	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**Tabla 118.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Capacitación en Gestión de Riesgos de Desastres*

Capacitación en Gestión de Riesgos de Desastres	Nunca	CGR1	CGR2	Al menos una capacitación	No encuestado	Vector priorización
Nunca	0.444	0.520	0.351	0.457	0.360	<b>0.426</b>
CGR1	0.222	0.260	0.351	0.326	0.280	<b>0.288</b>
CGR2	0.222	0.130	0.175	0.130	0.200	<b>0.172</b>
Al menos una capacitación	0.063	0.052	0.088	0.065	0.120	<b>0.078</b>
No encuestado	0.049	0.037	0.035	0.022	0.040	<b>0.037</b>

De acuerdo a estas tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para este parámetro varían de 0.426 a 0.037 siendo las personas que “nunca” han sido capacitadas el de mayor importancia.

El IC y RC obtenido para el parámetro de Capacitación en Gestión de Riesgos de Desastres resultó:

**Tabla 119.**

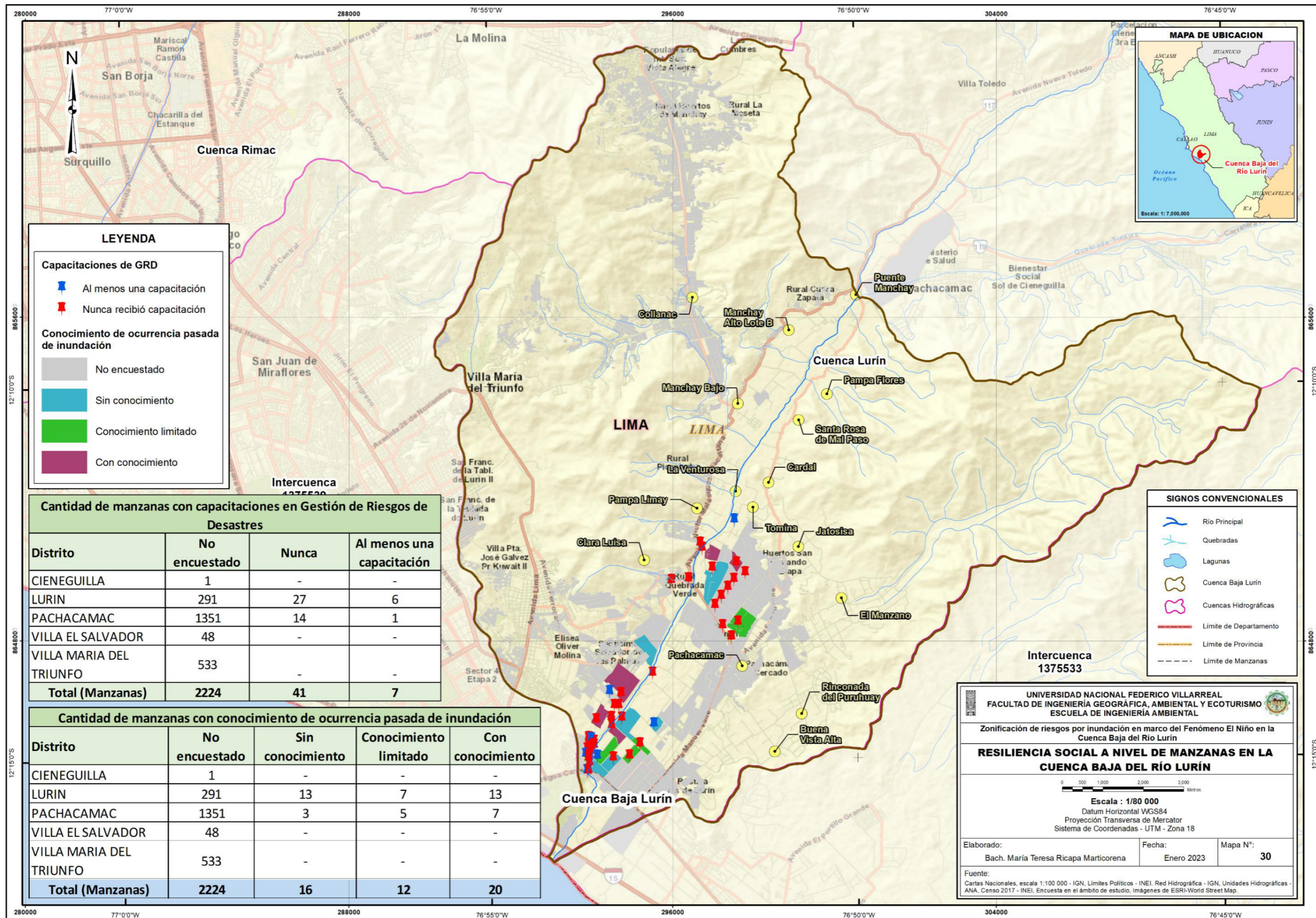
*Consistencia de matrices del parámetro Capacitación en Gestión de Riesgos de Desastres*

Variable	Resultado
IC	0.027
RC	0.024

Dado que se obtuvo un RC inferior a 0.1, puede deducirse de la tabla que los criterios de prioridad establecidos en el parámetro de Capacitación en Gestión de Riesgos de Desastres son fiables.

Figura 66.

Resiliencia social a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín



*d) Análisis de los parámetros de vulnerabilidad social.* Las siguientes tablas muestran cómo se realizó la comparación por pares para establecer un valor de importancia basado en los criterios de exposición social, fragilidad social y resiliencia social que se examinaron:

**Tabla 120.**

*Matriz de comparación de pares de los parámetros de vulnerabilidad social*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Exposición</b>	<b>Fragilidad</b>	<b>Resiliencia</b>
<b>Exposición</b>	1.000	2.000	3.000
<b>Fragilidad</b>	0.500	1.000	2.000
<b>Resiliencia</b>	0.333	0.500	1.000

**Tabla 121.**

*Matriz de normalización de pares de los parámetros de vulnerabilidad social*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Exposición</b>	<b>Fragilidad</b>	<b>Resiliencia</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>Exposición</b>	0.55	0.57	0.50	<b>0.539</b>
<b>Fragilidad</b>	0.27	0.29	0.33	<b>0.297</b>
<b>Resiliencia</b>	0.18	0.14	0.17	<b>0.164</b>

Según estas tablas, los vectores de prioridad de los factores de vulnerabilidad social (pesos por descriptor) oscilan entre 0,539 y 0,164, siendo el parámetro "Exposición" el más relevante debido a la cantidad de personas expuestas al riesgo.

El IC y RC obtenido para los parámetros de vulnerabilidad social resultó:

**Tabla 122.**

*Consistencia de matrices de los parámetros de vulnerabilidad social*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.005
RC	0.009

Dado que se obtuvo un RC inferior a 0.1, puede deducirse de la tabla que los criterios de prioridad establecidos en los parámetros de vulnerabilidad social son fiables.

**4.3.2.2 Análisis de vulnerabilidad económica.** El análisis del componente económico identifica los elementos expuestos susceptibles y no susceptibles mediante la identificación de las actividades económicas y las infraestructuras expuestas dentro de la región de efecto del peligro (CENEPRED, 2015). Para ello, los parámetros se dividieron en tres categorías: exposición económica, fragilidad económica y resiliencia económica. Se utilizó el análisis jerárquico AHP para determinar las ponderaciones de cada parámetro y categoría. A continuación, se exponen los resultados de este análisis:

*a) Exposición económica.* El análisis sobre la proximidad de las manzanas a la franja marginal del río Lurín permitió establecer los parámetros de "Proximidad a la franja marginal", junto con los parámetros de "Acceso al servicio de agua" y "Acceso al alumbrado eléctrico por red pública". Estos parámetros se utilizaron para determinar la exposición económica.

*a.1) Cercanía a la faja marginal.* Las tablas siguientes ilustran cómo se han asignado los valores de importancia para los descriptores de esta característica de acuerdo con los rangos definidos y se relacionan con la proximidad de las manzanas a la franja marginal del río Lurín en la cuenca baja (ver Figura 67):

**Tabla 123.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Cercanía a la faja marginal*

<b>Cercanía a la faja marginal</b>	<b>En la faja marginal</b>	<b>De 0 a 50 m de la faja marginal</b>	<b>De 51 a 100 de la faja marginal</b>	<b>De 101 a 200 de la faja marginal</b>	<b>De 201 a más de la faja marginal</b>
En la faja marginal	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
De 0 a 50 m de la faja marginal	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
De 51 a 100 de la faja marginal	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
De 101 a 200 de la faja marginal	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000

Cercanía a la faja marginal	En la faja marginal	De 0 a 50 m de la faja marginal	De 51 a 100 de la faja marginal	De 101 a 200 de la faja marginal	De 201 a más de la faja marginal
De 201 a más de la faja marginal	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**Tabla 124.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Cercanía a la faja marginal*

Cercanía a la faja marginal	En la faja marginal	De 0 a 50 m de la faja marginal	De 51 a 100 de la faja marginal	De 101 a 200 de la faja marginal	De 201 a más de la faja marginal	Vector priorización
En la faja marginal	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
De 0 a 50 m de la faja marginal	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
De 51 a 100 de la faja marginal	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
De 101 a 200 de la faja marginal	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
De 201 a más de la faja marginal	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>

De acuerdo a estas tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para la Cercanía a la faja marginal varían de 0.503 a 0.035 siendo el rango de “En la faja marginal” el de mayor importancia.

El IC y RC obtenido para el parámetro de Cercanía a la faja marginal resultó:

**Tabla 125.**

*Consistencia de matrices del parámetro Cercanía a la faja marginal*

Variable	Resultado
IC	0.061
RC	0.054

Dado que se obtuvo un RC inferior a 0,1, puede deducirse de la Tabla que los criterios de prioridad establecidos en los descriptores de proximidad a la franja marginal son fiables.

*a.2) Acceso al servicio de agua.* Según los tipos establecidos, se ha dado un grado de importancia a los descriptores de este parámetro, que se representan en las tablas adjuntas. Estos descriptores se correlacionan con el tipo de acceso al agua de la población de la zona de estudio (ver Figura 68):

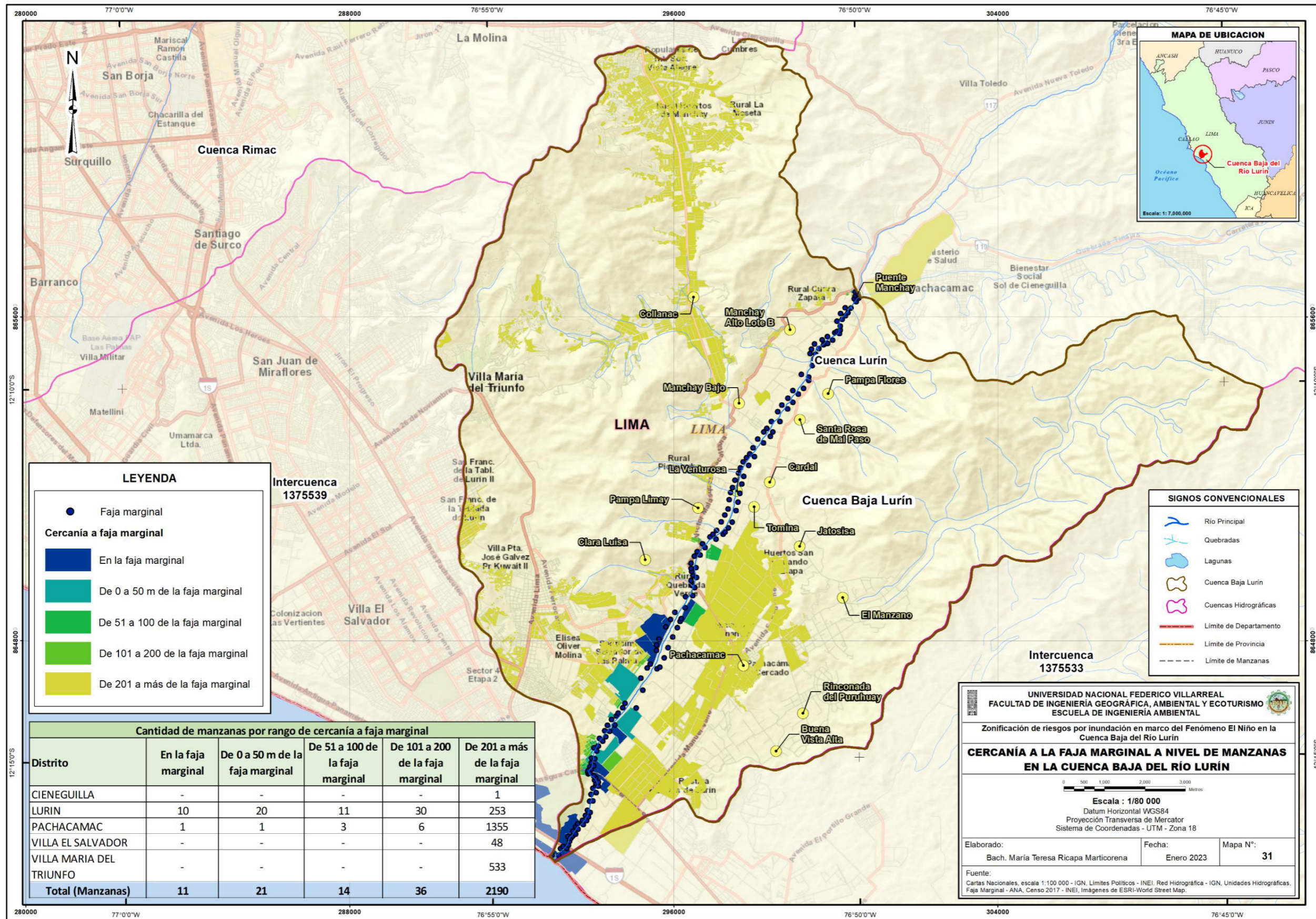
**Tabla 126.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Acceso al servicio de agua*

<b>Acceso al servicio de agua</b>	<b>Pozo (agua subterránea), Otros</b>	<b>Camión - cisterna u otro similar</b>	<b>Pilón o pileta de uso público</b>	<b>Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación</b>	<b>Red pública dentro de la vivienda</b>
<b>Pozo (agua subterránea), Otros</b>	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
<b>Camión - cisterna u otro similar</b>	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
<b>Pilón o pileta de uso público</b>	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
<b>Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación</b>	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
<b>Red pública dentro de la vivienda</b>	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000

Figura 67.

Cercanía a la faja marginal a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín



**Tabla 127.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Acceso al servicio de agua*

<b>Acceso al servicio de agua</b>	<b>Pozo (agua subterránea), Otros</b>	<b>Camión - cisterna u otro similar</b>	<b>Pilón o pileta de uso público</b>	<b>Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación</b>	<b>Red pública dentro de la vivienda</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>Pozo (agua subterránea), Otros</b>	0.460	0.544	0.398	0.349	0.304	<b>0.411</b>
<b>Camión - cisterna u otro similar</b>	0.230	0.272	0.398	0.349	0.304	<b>0.311</b>
<b>Pilón o pileta de uso público</b>	0.153	0.091	0.133	0.209	0.217	<b>0.161</b>
<b>Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación</b>	0.092	0.054	0.044	0.070	0.130	<b>0.078</b>
<b>Red pública dentro de la vivienda</b>	0.066	0.039	0.027	0.023	0.043	<b>0.040</b>

Estas tablas muestran que las ponderaciones por descriptor adquiridas para los vectores de priorización (acceso al servicio de agua) oscilan entre 0,411 y 0,040, siendo el rango de "Pozo (agua subterránea), Otros" el más significativo.

El IC y RC obtenido para la variable de acceso al servicio de agua resultó:

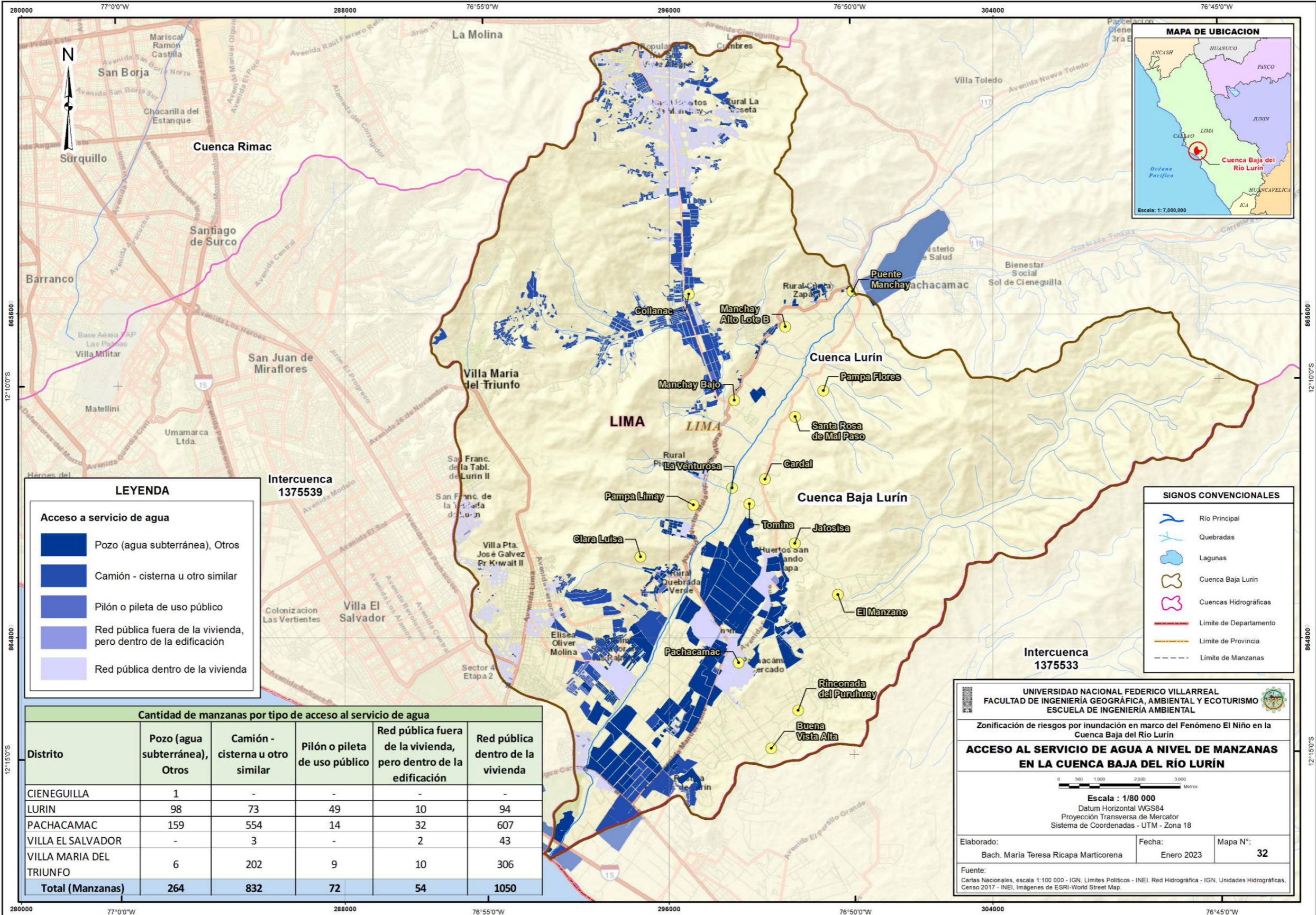
**Tabla 128.**

*Consistencia de matrices del parámetro Acceso al servicio de agua*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.049
RC	0.044

Figura 68.

Acceso al servicio de agua a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín



**a.3) Acceso a alumbrado eléctrico por red pública.** Según los datos del INEI, los Tablas siguientes demuestran que los descriptores de este parámetro, que se refieren a si la población de la cuenca baja tiene acceso a la iluminación pública (ver Figura 69), han recibido un valor de importancia:

**Tabla 129.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Acceso a alumbrado eléctrico por red pública*

Acceso a alumbrado eléctrico por red pública	Si	AE2	AE3	AE4	No
Si	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
AE2	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
AE3	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
AE4	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
No	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000

**Tabla 130.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Acceso a alumbrado eléctrico por red pública*

Acceso a alumbrado eléctrico por red pública	Si	AE2	AE3	AE4	No	Vector priorización
Si	0.460	0.544	0.398	0.349	0.304	<b>0.411</b>
AE2	0.230	0.272	0.398	0.349	0.304	<b>0.311</b>
AE3	0.153	0.091	0.133	0.209	0.217	<b>0.161</b>
AE4	0.092	0.054	0.044	0.070	0.130	<b>0.078</b>
No	0.066	0.039	0.027	0.023	0.043	<b>0.040</b>

De acuerdo a estas tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para el Acceso a alumbrado eléctrico por red pública varían de 0.411 a 0.040 siendo la población que si cuenta con este servicio el de mayor importancia.

El IC y RC obtenido para el parámetro de acceso a alumbrado eléctrico por red pública resultó:

**Tabla 131.**

*Consistencia de matrices del parámetro Acceso a alumbrado eléctrico por red pública*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.049
RC	0.044

De la tabla, se infiere que los criterios establecidos en los descriptores de acceso a alumbrado eléctrico por red pública son aceptables ya que se obtuvo un RC menor a 0.1.

*a.4) Análisis de los parámetros de exposición económica.* A partir de los parámetros de exposición económica analizados, se le ha asignado un valor de importancia haciendo la comparación de los parámetros, de acuerdo a las siguientes tablas:

**Tabla 132.**

*Matriz de comparación de pares de los parámetros de exposición económica*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Cercanía a la faja marginal</b>	<b>Acceso al servicio de agua</b>	<b>Acceso a alumbrado eléctrico por red pública</b>
<b>Cercanía a la faja marginal</b>	1.000	3.000	5.000
<b>Acceso al servicio de agua</b>	0.333	1.000	3.000
<b>Acceso a alumbrado eléctrico por red pública</b>	0.200	0.333	1.000

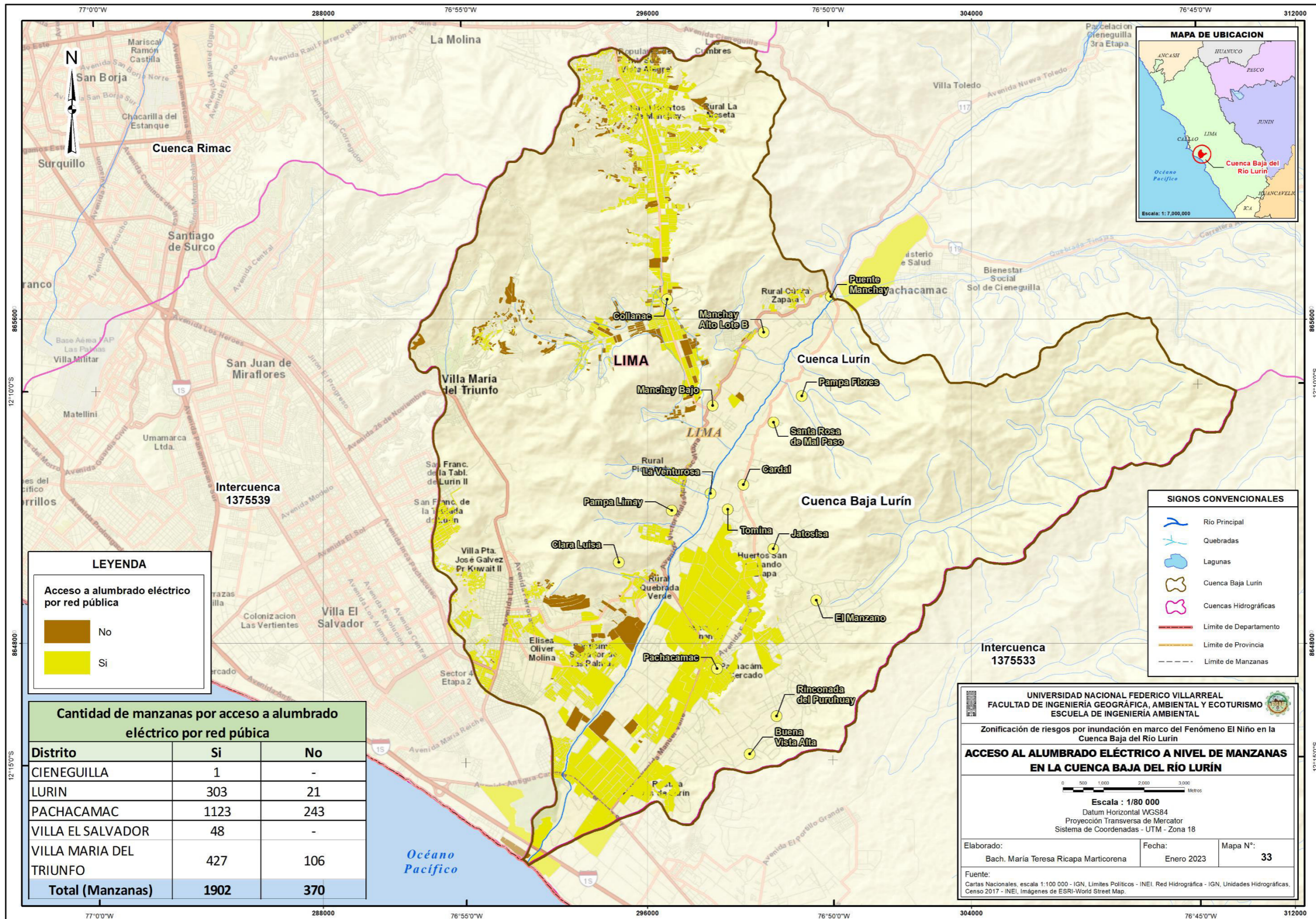
**Tabla 133.**

*Matriz de normalización de pares de los parámetros de exposición económica*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Cercanía a la faja marginal</b>	<b>Acceso al servicio de agua</b>	<b>Acceso a alumbrado eléctrico por red pública</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>Cercanía a la faja marginal</b>	0.65	0.69	0.56	<b>0.633</b>
<b>Acceso al servicio de agua</b>	0.22	0.23	0.33	<b>0.260</b>
<b>Acceso a alumbrado eléctrico por red pública</b>	0.13	0.08	0.11	<b>0.106</b>

Figura 69.

Acceso al alumbrado eléctrico a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín



De acuerdo a estas tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para los parámetros de exposición económica varían de 0.633 a 0.106 siendo el parámetro “Cercanía a la faja marginal” el de mayor importancia por la proximidad ante posibles inundaciones fluviales en la cuenca baja.

El IC y RC obtenido para los parámetros de exposición económica, resultó:

**Tabla 134.**

*Consistencia de matrices de los parámetros de exposición económica*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.019
RC	0.037

Los criterios de priorización establecidos en los parámetros de exposición económica son confiables ya que, según la Tabla 134 se obtuvo un RC menor a 0.1.

*b) Fragilidad económica.* Los datos publicados por el INEI sobre el Censo 2017 incluyeron las siguientes variables que se utilizaron para estimar la fragilidad económica: "Material predominante en paredes exteriores", "Material predominante en pisos" y "Tipo de vivienda" en cada manzana del área de estudio.

*b.1) Material predominante en las paredes exteriores.* Las siguientes tablas ilustran cómo se ha dado un grado de importancia a los descriptores de este parámetro en función de los tipos de materiales de las paredes que suelen utilizarse en las manzanas (ver Figura 70):

**Tabla 135.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Material predominante en las paredes exteriores*

<b>Material predominante en las paredes exteriores</b>	<b>Triplay / calamina / estera</b>	<b>Madera (poma, tornillo, etc.)</b>	<b>Piedra con barro, Quincha (caña con barro), Adobe, Tapia</b>	<b>Piedra o sillar con cal o cemento</b>	<b>Ladrillo o bloque de cemento</b>
<b>Triplay / calamina / estera</b>	1.000	3.000	5.000	5.000	7.000

Material predominante en las paredes exteriores	Triplay / calamina / estera	Madera (poma, tornillo, etc.)	Piedra con barro, Quincha (caña con barro), Adobe, Tapia	Piedra o sillar con cal o cemento	Ladrillo o bloque de cemento
Madera (poma, tornillo, etc.)	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Piedra con barro, Quincha (caña con barro), Adobe, Tapia	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
Piedra o sillar con cal o cemento	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
Ladrillo o bloque de cemento	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000

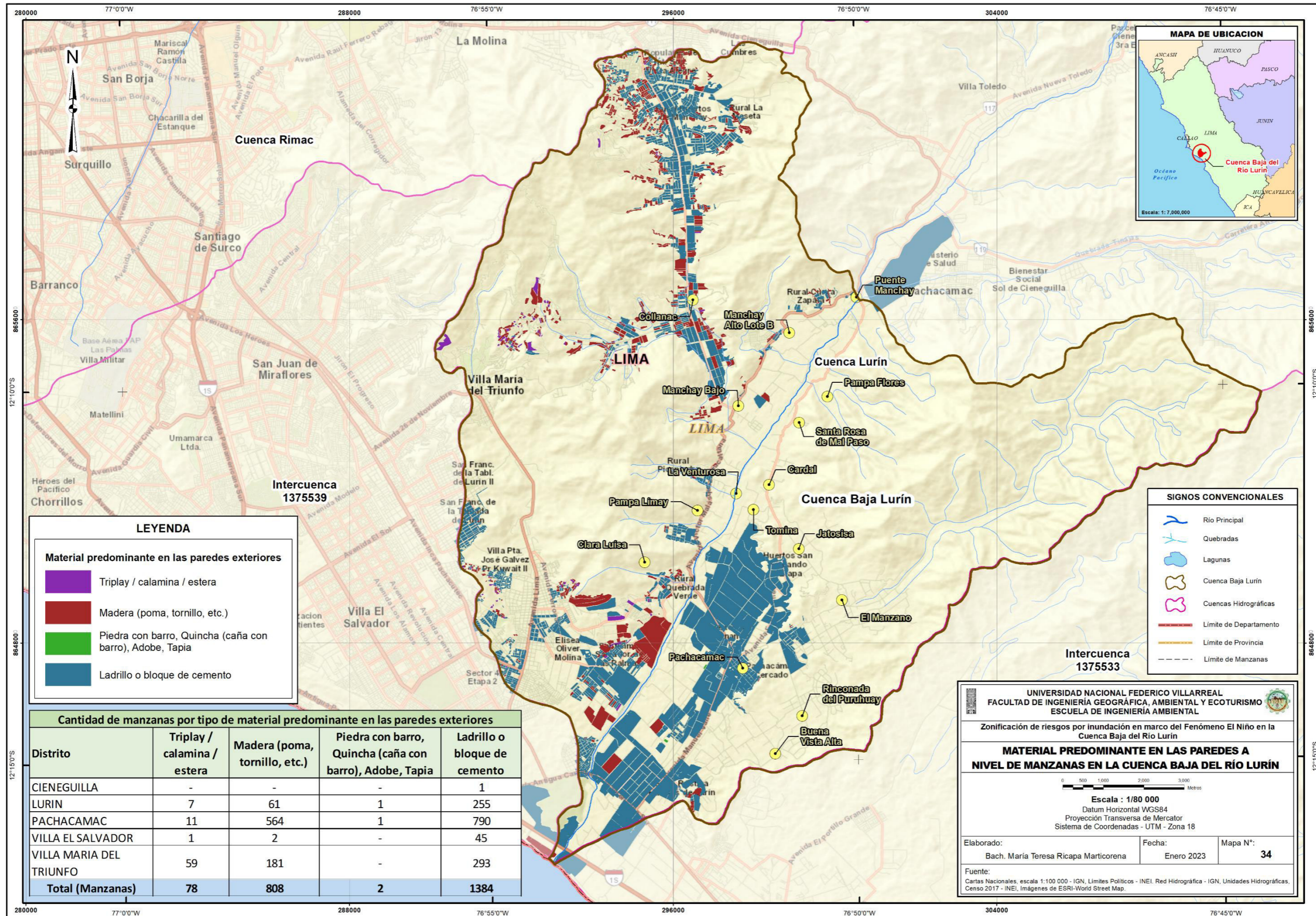
**Tabla 136.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Material predominante en las paredes exteriores*

Material predominante en las paredes exteriores	Triplay / calamina / estera	Madera (poma, tornillo, etc.)	Piedra con barro, Quincha (caña con barro), Adobe, Tapia	Piedra o sillar con cal o cemento	Ladrillo o bloque de cemento	Vector priorización
Triplay / calamina / estera	0.533	0.642	0.524	0.349	0.304	<b>0.470</b>
Madera (poma, tornillo, etc.)	0.178	0.214	0.315	0.349	0.304	<b>0.272</b>
Piedra con barro, Quincha (caña con barro), Adobe, Tapia	0.107	0.071	0.105	0.209	0.217	<b>0.142</b>
Piedra o sillar con cal o cemento	0.107	0.043	0.035	0.070	0.130	<b>0.077</b>
Ladrillo o bloque de cemento	0.076	0.031	0.021	0.023	0.043	<b>0.039</b>

Figura 70.

Material predominante en las paredes a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín



Estas tablas muestran que, para el material primario utilizado en las paredes exteriores, los vectores de prioridad (pesos por descriptor) oscilaron entre 0.470 y 0.039, siendo el tipo "Contrachapado / calamina / estera" el más significativo.

El IC y RC para el indicador de material predominante en las paredes exteriores, resultó:

**Tabla 137.**

*Consistencia de matrices del parámetro Material predominante en las paredes exteriores*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.084
RC	0.075

Dado que se obtuvo un RC inferior a 0.1, puede deducirse de la tabla que los criterios de prioridad establecidos en los descriptores del material predominante en las paredes exteriores son correctos.

*b.2) Material predominante en los pisos.* Las siguientes tablas ilustran cómo se ha dado un grado de importancia a los descriptores de este parámetro en función de los tipos de materiales de suelo que se encuentran en la mayoría de las viviendas de una manzana (Ver figura 71):

**Tabla 138.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Material predominante en los pisos*

<b>Material predominante en los pisos</b>	<b>Tierra</b>	<b>Madera (poma, tornillo, etc.), Parquet o madera pulida</b>	<b>Láminas asfálticas, vinílicos o similares</b>	<b>Cemento</b>	<b>Losetas, terrazos, cerámicos o similares</b>
<b>Tierra</b>	1.000	3.000	3.000	5.000	7.000
<b>Madera (poma, tornillo, etc.), Parquet o madera pulida</b>	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
<b>Láminas asfálticas, vinílicos o similares</b>	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
<b>Cemento</b>	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000

Material predominante en los pisos	Tierra	Madera (poma, tornillo, etc.), Parquet o madera pulida	Láminas asfálticas, vinílicos o similares	Cemento	Losetas, terrazos, cerámicos o similares
Losetas, terrazos, cerámicos o similares	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000

**Tabla 139.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Material predominante en los pisos*

Material predominante en los pisos	Tierra	Madera (poma, tornillo, etc.), Parquet o madera pulida	Láminas asfálticas, vinílicos o similares	Cemento	Losetas, terrazos, cerámicos o similares	Vector priorización
Tierra	0.498	0.642	0.398	0.349	0.304	<b>0.438</b>
Madera (poma, tornillo, etc.), Parquet o madera pulida	0.166	0.214	0.398	0.349	0.304	<b>0.286</b>
Láminas asfálticas, vinílicos o similares	0.166	0.071	0.133	0.209	0.217	<b>0.159</b>
Cemento	0.100	0.043	0.044	0.070	0.130	<b>0.077</b>
Losetas, terrazos, cerámicos o similares	0.071	0.031	0.027	0.023	0.043	<b>0.039</b>

Estas tablas muestran que "Tierra" es el tipo más significativo, con vectores de prioridad (pesos por descriptor) para el material dominante en los suelos que oscilan entre 0.438 y 0.039.

El IC y RC para el parámetro de material predominante en los pisos, resultó:

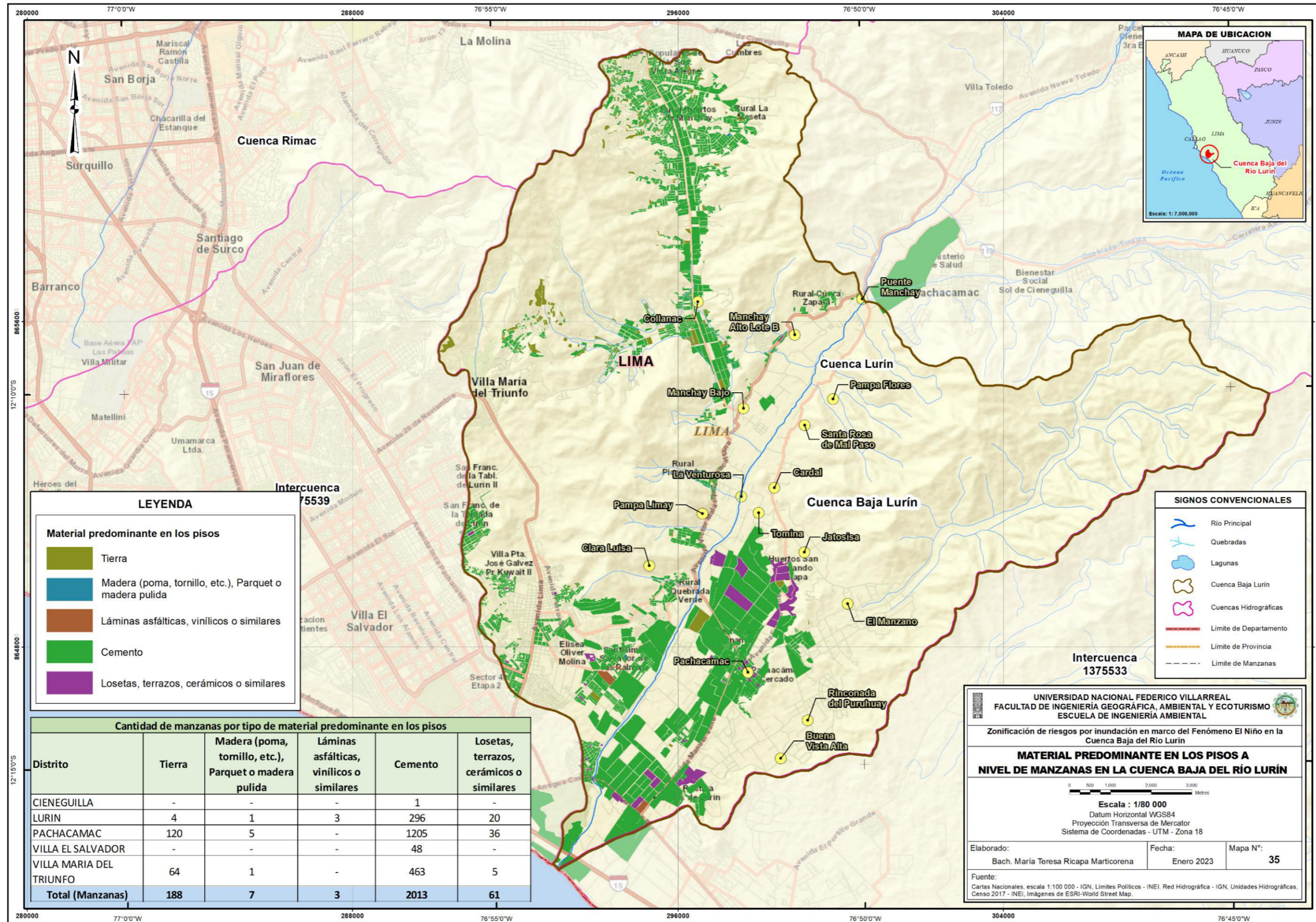
**Tabla 140.**

*Consistencia de matrices del parámetro Material predominante en los pisos*

Variable	Resultado
IC	0.072
RC	0.065

Figura 71.

Material predominante en los pisos a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín



Dado que se obtuvo un RC inferior a 0.1, puede deducirse de la tabla que los criterios de prioridad establecidos en los descriptores del material predominante en el suelo son fiables.

**b.3) Tipo de viviendas.** Las siguientes tablas ilustran cómo se ha asignado un grado de importancia a los descriptores de este parámetro en función de los tipos desarrollados y se correlacionan con los tipos de viviendas de las manzanas repartidas por la cuenca baja, según su idoneidad para ser habitadas (ver Figura 72):

**Tabla 141.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Tipo de viviendas*

<b>Tipo de vivienda</b>	<b>Local no destinado para habitación</b>	<b>Vivienda improvisada</b>	<b>Vivienda en casa de vecindad (Callejón, solar o corralón), Vivienda en</b>	<b>Casa independiente</b>	<b>Departamento en edificio</b>
<b>Local no destinado para habitación humana</b>	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
<b>Vivienda improvisada</b>	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
<b>Vivienda en casa de vecindad (Callejón, solar o corralón), Vivienda en quinta</b>	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
<b>Casa independiente</b>	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
<b>Departamento en edificio</b>	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000

**Tabla 142.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Tipo de viviendas*

<b>Tipo de vivienda</b>	<b>Local no destinado para habitación humana</b>	<b>Vivienda improvisada</b>	<b>Vivienda en casa de vecindad (Callejón, solar o corralón), Vivienda en quinta</b>	<b>Casa independiente</b>	<b>Departamento en edificio</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>Local no destinado para habitación humana</b>	0.460	0.544	0.398	0.349	0.304	<b>0.411</b>

Tipo de vivienda	Local no destinado para habitación humana	Vivienda improvisada	Vivienda en casa de vecindad (Callejón, solar o corralón), Vivienda en quinta	Casa independiente	Departamento en edificio	Vector priorización
<b>Vivienda improvisada</b>	0.230	0.272	0.398	0.349	0.304	<b>0.311</b>
<b>Vivienda en casa de vecindad (Callejón, solar o corralón), Vivienda en quinta</b>	0.153	0.091	0.133	0.209	0.217	<b>0.161</b>
<b>Casa independiente</b>	0.092	0.054	0.044	0.070	0.130	<b>0.078</b>
<b>Departamento en edificio</b>	0.066	0.039	0.027	0.023	0.043	<b>0.040</b>

De acuerdo a estas tablas, los vectores de priorización obtenidos para Tipos de viviendas varían de 0.411 a 0.040 siendo el tipo de “Local no destinado para habitación humana” el de mayor importancia.

El IC y RC obtenido para el indicador de Tipos de viviendas, resultó:

**Tabla 143.**

*Consistencia de matrices del parámetro Tipos de viviendas*

Variable	Resultado
IC	0.049
RC	0.044

Dado que se alcanzó un RC inferior a 0.1, puede deducirse de la tabla que los criterios de prioridad especificados en los descriptores del tipo de vivienda son correctos.

**b.4) Análisis de los parámetros de fragilidad económica.** A partir de los parámetros de fragilidad económica analizados, se le ha asignado un valor de importancia haciendo la comparación de pares, como se observa en las siguientes tablas:

**Tabla 144.**

*Matriz de comparación de pares de los parámetros de fragilidad económica*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Material predominante en las paredes exteriores</b>	<b>Material predominante en los pisos</b>	<b>Tipo de vivienda</b>
<b>Material predominante en las paredes exteriores</b>	1.000	2.000	3.000
<b>Material predominante en los pisos</b>	0.500	1.000	3.000
<b>Tipo de vivienda</b>	0.333	0.333	1.000

**Tabla 145.**

*Matriz de normalización de pares de los parámetros de fragilidad económica*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Material predominante en las paredes exteriores</b>	<b>Material predominante en los pisos</b>	<b>Tipo de vivienda</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>Material predominante en las paredes exteriores</b>	0.55	0.60	0.43	<b>0.525</b>
<b>Material predominante en los pisos</b>	0.27	0.30	0.43	<b>0.334</b>
<b>Tipo de vivienda</b>	0.18	0.10	0.14	<b>0.142</b>

Según estas tablas, los vectores de priorización de los parámetros de fragilidad económica (pesos por descriptor) oscilan entre 0.142 y 0.525, siendo el parámetro "Material predominante en las paredes exteriores" el más importante debido a su vulnerabilidad a las posibles inundaciones fluviales en la zona estudiada.

El IC y RC obtenido para los parámetros de fragilidad económica, resultó:

**Tabla 146.**

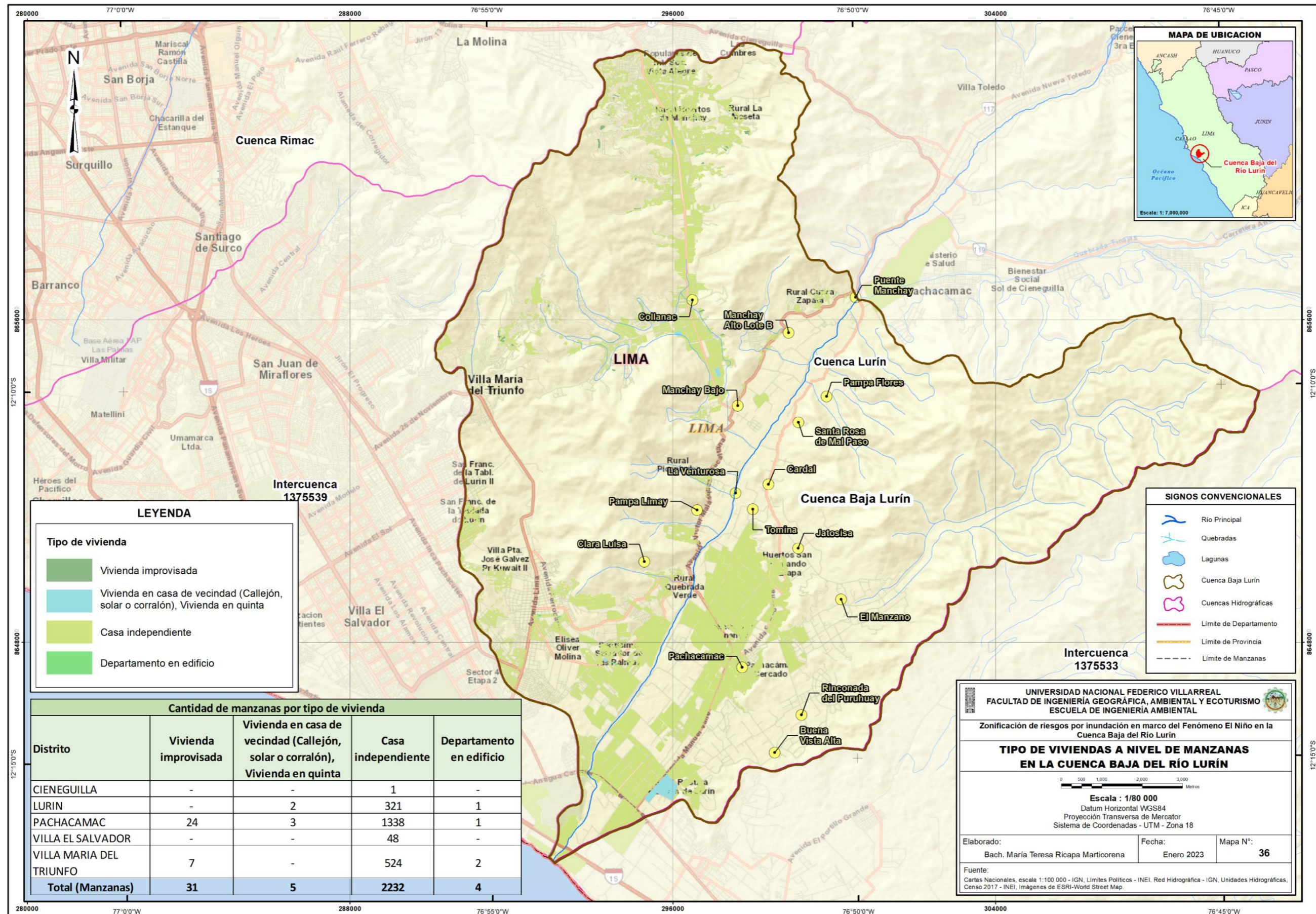
*Consistencia de matrices de los parámetros de fragilidad económica*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.027
RC	0.051

Dado que se ha obtenido un RC inferior a 0.1, puede deducirse de la tabla que los criterios de prioridad establecidos en los parámetros de fragilidad económica son fiables.

Figura 72.

Tipo de viviendas a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín



c) **Resiliencia económica.** Para medir la resiliencia económica se utilizaron los criterios "Situación laboral" e "Ingresos para cubrir la canasta familiar" de las encuestas obtenidas en las actividades de campo de esta investigación.

c.1) **Situación laboral.** Los descriptores de este parámetro corresponden a la situación laboral de las personas por manzanas (Ver figura 73) y se le ha asignado un valor de importancia de acuerdo a los tipos establecidos, según las tablas siguientes:

**Tabla 147.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Situación laboral*

<b>Situación laboral</b>	<b>Sin trabajo</b>	<b>Jubilado</b>	<b>Trabajo temporal</b>	<b>Negocio propio</b>	<b>Estable</b>
<b>Sin trabajo</b>	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
<b>Jubilado</b>	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
<b>Trabajo temporal</b>	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
<b>Negocio propio</b>	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
<b>Estable</b>	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**Tabla 148.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Situación laboral*

<b>Situación laboral</b>	<b>Sin trabajo</b>	<b>Jubilado</b>	<b>Trabajo temporal</b>	<b>Negocio propio</b>	<b>Estable</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>Sin trabajo</b>	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>
<b>Jubilado</b>	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
<b>Trabajo temporal</b>	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
<b>Negocio propio</b>	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
<b>Estable</b>	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>

De acuerdo a estas tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para la situación laboral varían de 0.503 a 0.260 siendo la situación "Sin trabajo" el de mayor importancia.

El IC y RC obtenido para el parámetro de situación laboral, resultó:

**Tabla 149.**

*Consistencia de matrices del parámetro Situación laboral*

Variable	Resultado
IC	0.061
RC	0.054

Según la Tabla 149, los criterios de priorización establecidos en los descriptores de situación laboral son confiables ya que se obtuvo un RC menor a 0.1.

*c.2) Ingreso para cubrir canasta familiar.* Los descriptores de este parámetro corresponden a la situación del ingreso de las personas para cubrir la canasta familiar por manzanas (Ver Figura 73) y se le ha asignado un valor de importancia de acuerdo a las categorías establecidas, como se muestra a continuación:

**Tabla 150.**

*Matriz de comparación de pares del parámetro Ingreso para cubrir canasta familiar*

Ingreso para cubrir canasta familiar	No alcanza	A veces alcanza	Solo alimentación	Solo alimentación y salud	Alimentación, salud y ahorro
No alcanza	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
A veces alcanza	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Solo alimentación	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
Solo alimentación y salud	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
Alimentación, salud y ahorro	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**Tabla 151.**

*Matriz de normalización de pares del parámetro Ingreso para cubrir canasta familiar*

Ingreso para cubrir canasta familiar	No alcanza	A veces alcanza	Solo alimentación	Solo alimentación y salud	Alimentación, salud y ahorro	Vector priorización
No alcanza	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	<b>0.503</b>

<b>Ingreso para cubrir canasta familiar</b>	<b>No alcanza</b>	<b>A veces alcanza</b>	<b>Solo alimentación</b>	<b>Solo alimentación y salud</b>	<b>Alimentación, salud y ahorro</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>A veces alcanza</b>	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	<b>0.260</b>
<b>Solo alimentación</b>	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	<b>0.134</b>
<b>Solo alimentación y salud</b>	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	<b>0.068</b>
<b>Alimentación, salud y ahorro</b>	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	<b>0.035</b>

De acuerdo a estas tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para el ingreso para cubrir canasta familiar varían de 0.503 a 0.035 siendo la situación “No alcanza” el de mayor importancia.

El IC y RC para el indicador de ingreso para cubrir canasta familiar, resultó:

**Tabla 152.**

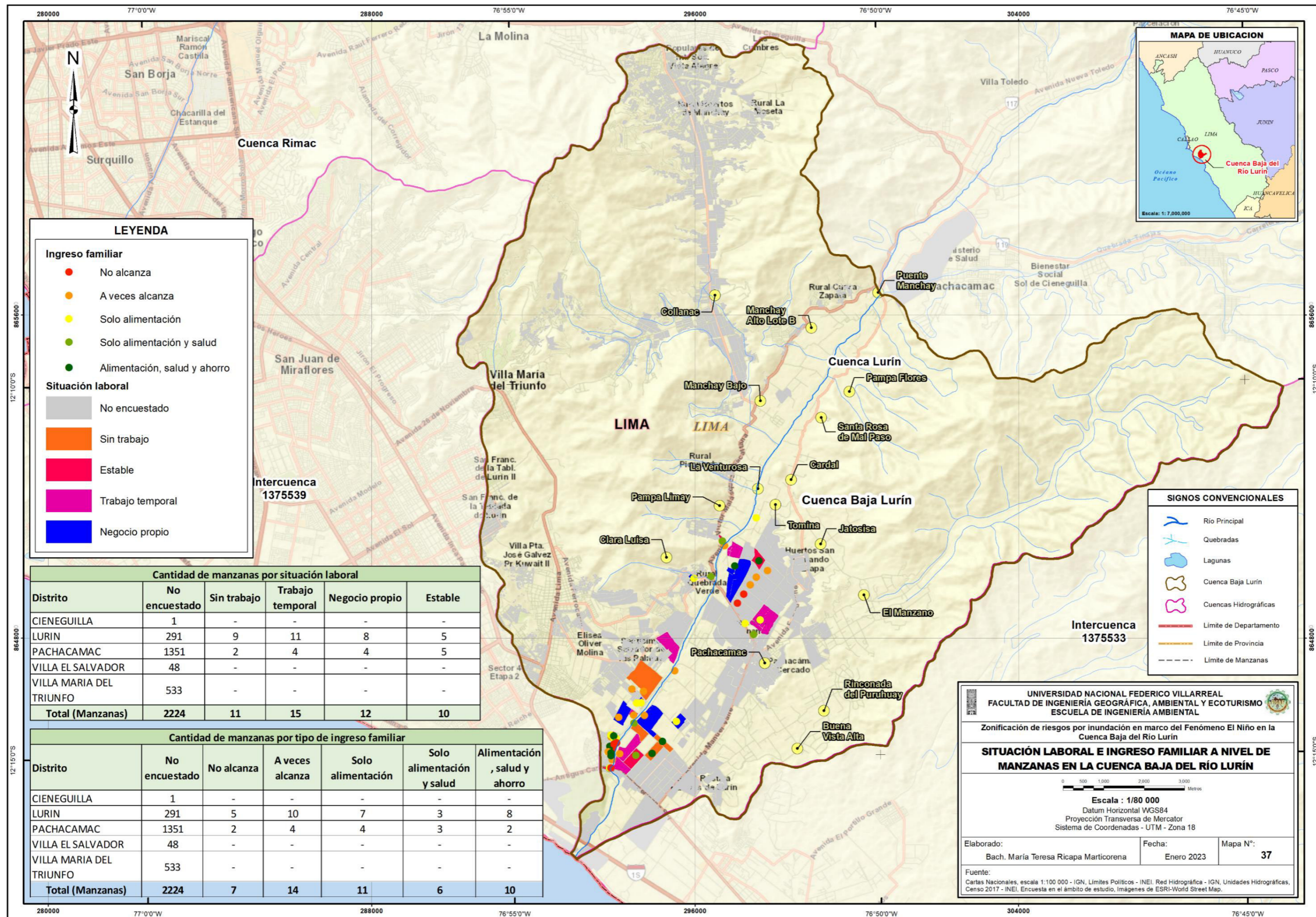
*Consistencia de matrices del parámetro Ingreso para cubrir canasta familiar*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.061
RC	0.054

De la tabla se deduce que los criterios de prioridad establecidos en los descriptores de ingreso para cubrir la canasta familiar son fiables porque se alcanzó un RC inferior a 0.1.

Figura 73.

Situación laboral e ingreso familiar a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín



*d) Análisis de los parámetros de vulnerabilidad económica.* Las siguientes tablas demuestran cómo se utilizó una comparación por pares para establecer un valor de importancia basado en los factores de exposición, fragilidad y resiliencia económica que se examinaron:

**Tabla 153.**

*Matriz de comparación de pares de los parámetros de vulnerabilidad económica*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Exposición</b>	<b>Fragilidad</b>	<b>Resiliencia</b>
<b>Exposición</b>	1.000	2.000	4.000
<b>Fragilidad</b>	0.500	1.000	3.000
<b>Resiliencia</b>	0.250	0.333	1.000

**Tabla 154.**

*Matriz de normalización de pares de los parámetros de vulnerabilidad económica*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Exposición</b>	<b>Fragilidad</b>	<b>Resiliencia</b>	<b>Vector priorización</b>
<b>Exposición</b>	0.57	0.60	0.50	<b>0.557</b>
<b>Fragilidad</b>	0.29	0.30	0.38	<b>0.320</b>
<b>Resiliencia</b>	0.14	0.10	0.13	<b>0.123</b>

De acuerdo a estas tablas, los vectores de priorización (pesos por descriptor) obtenidos para los parámetros de vulnerabilidad económica varían de 0.557 a 0.123 siendo el parámetro “Exposición” el de mayor importancia por la cantidad de población expuesta al peligro.

El IC y RC para los parámetros de vulnerabilidad económica, resultó:

**Tabla 155.**

*Consistencia de matrices de los parámetros de vulnerabilidad económica*

<b>Variable</b>	<b>Resultado</b>
IC	0.009
RC	0.017

Según la Tabla 155, se deduce que los criterios establecidos en los parámetros de vulnerabilidad económica son confiables ya que se obtuvo un RC menor a 0.1.

**4.3.2.3 Determinación de niveles de vulnerabilidad.** Con los vectores de priorización estimados por descriptores, parámetros y dimensiones social y económica, se ha elaborado la matriz de vulnerabilidad considerando la siguiente ponderación para la dimensión social:

**Figura 74.**

*Resumen de ponderación para estimar la vulnerabilidad social*

DIMENSIÓN SOCIAL															
Exposición social		Valor exposición social	Peso exposición social	Fragilidad social		Valor fragilidad social	Peso fragilidad social	Resiliencia social				Valor resiliencia social	Peso resiliencia social	VALOR DIMENSIÓN SOCIAL	PESO DIMENSIÓN SOCIAL
Población por manzana				Grupo etéreo				Conocimiento de ocurrencia pasada de inundación		Capacitación en Gestión de Riesgos de Desastres					
Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc				
1.000	0.503	0.503	0.539	1.000	0.503	0.503	0.297	0.400	0.489	0.600	0.426	0.451	0.164	<b>0.494</b>	<b>0.500</b>
1.000	0.260	0.260	0.539	1.000	0.260	0.260	0.297	0.400	0.267	0.600	0.288	0.279	0.164	<b>0.263</b>	<b>0.500</b>
1.000	0.134	0.134	0.539	1.000	0.134	0.134	0.297	0.400	0.142	0.600	0.172	0.160	0.164	<b>0.138</b>	<b>0.500</b>
1.000	0.068	0.068	0.539	1.000	0.068	0.068	0.297	0.400	0.068	0.600	0.078	0.074	0.164	<b>0.069</b>	<b>0.500</b>
1.000	0.035	0.035	0.539	1.000	0.035	0.035	0.297	0.400	0.035	0.600	0.037	0.036	0.164	<b>0.035</b>	<b>0.500</b>

En la siguiente figura se muestra el resumen de ponderación para estimar la vulnerabilidad económica.

**Figura 75.**

*Resumen de ponderación para estimar la vulnerabilidad económica*

DIMENSIÓN ECONÓMICA																							
Exposición económica						Valor exposición económica	Peso exposición económica	Fragilidad económica						Valor fragilidad económica	Peso fragilidad económica	Resiliencia económica				Valor resiliencia económica	Peso resiliencia económica	VALOR DIMENSIÓN ECONÓMICA	PESO DIMENSIÓN ECONÓMICA
Cercanía a la faja marginal		Acceso al servicio de agua		Acceso a alumbrado eléctrico por red pública				Material predominante en las paredes exteriores		Material predominante en los pisos		Tipo de vivienda				Situación laboral		Ingreso para cubrir canasta familiar					
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc				
0.633	0.503	0.260	0.411	0.106	0.411	0.469	0.557	0.525	0.470	0.334	0.438	0.142	0.411	0.451	0.320	0.500	0.503	0.500	0.503	0.503	0.123	0.468	0.500
0.633	0.260	0.260	0.311	0.106	0.311	0.279	0.557	0.525	0.272	0.334	0.286	0.142	0.311	0.282	0.320	0.500	0.260	0.500	0.260	0.260	0.123	0.278	0.500
0.633	0.134	0.260	0.161	0.106	0.161	0.144	0.557	0.525	0.142	0.334	0.159	0.142	0.161	0.150	0.320	0.500	0.134	0.500	0.134	0.134	0.123	0.145	0.500
0.633	0.068	0.260	0.078	0.106	0.078	0.072	0.557	0.525	0.077	0.334	0.077	0.142	0.078	0.077	0.320	0.500	0.068	0.500	0.068	0.068	0.123	0.073	0.500
0.633	0.035	0.260	0.040	0.106	0.040	0.037	0.557	0.525	0.039	0.334	0.039	0.142	0.040	0.039	0.320	0.500	0.035	0.500	0.035	0.035	0.123	0.037	0.500

De acuerdo a lo presentado en estas figuras, se observa que en la dimensión social los valores varían de 0.494 a 0.035 con un peso de 0.500 y en la dimensión económica los valores varían de 0.468 a 0.037 teniendo un peso de 0.500 también; es decir a ambas dimensiones se les ha considerado el mismo peso para el análisis de la vulnerabilidad.

En Tabla 156 muestra la ponderación de la vulnerabilidad social y económica para estimar el total.

**Tabla 156.**

*Resumen de ponderación para estimar la vulnerabilidad*

VULNERABILIDAD SOCIAL		VULNERABILIDAD ECONÓMICA		VULNERABILIDAD
Valor dimensión social	Peso dimensión social	Valor dimensión económica	Peso dimensión económica	
0.494	0.500	0.468	0.500	<b>0.481</b>
0.263	0.500	0.278	0.500	<b>0.270</b>
0.138	0.500	0.145	0.500	<b>0.142</b>
0.069	0.500	0.073	0.500	<b>0.071</b>
0.035	0.500	0.037	0.500	<b>0.036</b>

Los niveles de vulnerabilidad se han establecido en rangos basados en la ponderación proporcionada, como se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 157.**

*Niveles de vulnerabilidad*

NIVEL	RANGO				
<b>MUY ALTO</b>	0.270	≤	<b>V</b>	≤	0.481
<b>ALTO</b>	0.142	≤	<b>V</b>	<	0.270
<b>MEDIO</b>	0.071	≤	<b>V</b>	<	0.142
<b>BAJO</b>	0.036	≤	<b>V</b>	<	0.071

En la siguiente tabla se muestra la matriz con la estratificación de la vulnerabilidad con su respectiva descripción:

**Tabla 158.**

*Estratificación de niveles de vulnerabilidad*

<b>NIVEL DE VULNERABILIDAD</b>	<b>DESCRPCIÓN</b>
<b>MUY ALTO</b>	<p>En el aspecto social, por manzana habitan más de 81 personas, grupo etario de 0 a 14 años y mayores de 65 años, sin conocimiento o conocimiento limitado sobre ocurrencias pasadas de inundación en la cuenca baja del río Lurín y nunca han recibido capacitaciones sobre gestión de riesgos de desastres. En el aspecto económico, la manzana se encuentra en la faja marginal del río Lurín o hasta 50m de distancia, utilizan pozo (agua subterránea), camión - cisterna u otro similar como abastecimiento de agua; cuenta con acceso a alumbrado eléctrico por red pública, material predominante en las paredes exteriores triplay, calamina, estera o madera; material predominante en los pisos tierra, madera, parquet o madera pulida; tipo de vivienda no destinada para habitación humana e improvisada, situación laboral sin trabajo o jubilado, ingreso para cubrir canasta familiar no alcanza o a veces alcanza.</p>
<b>ALTO</b>	<p>En el aspecto social, por manzana habitan entre 61 a 80 personas, grupo etario de 45 a 64 años, no fueron encuestados sobre conocimiento de ocurrencias pasadas de inundación y capacitaciones sobre gestión de riesgos de desastres. En el aspecto económico, la manzana se encuentra situada a una distancia de 51 a 100 m de la faja marginal del río Lurín, utilizan pilón o pileta de uso público como abastecimiento de agua; cuenta con acceso a alumbrado eléctrico por red pública, material predominante en las paredes exteriores piedra con barro, quincha (caña con barro), adobe o tapia; material predominante en los pisos láminas asfálticas, vinílicos o similares; tipo de vivienda en casa de vecindad (Callejón, solar o corralón) o vivienda en quinta, situación laboral con trabajo temporal, ingreso para cubrir canasta familiar solo alcanza para la alimentación.</p>
<b>MEDIO</b>	<p>En el aspecto social, por manzana habitan entre 41 a 60 personas, grupo etario de 15 a 29 años, con conocimiento sobre ocurrencias pasadas de inundación en la cuenca baja del río Lurín y han recibido al menos una capacitación sobre gestión de riesgos de desastres. En el aspecto económico, la manzana se encuentra situada a una distancia de 101 a 200 m de la faja marginal del río Lurín, utilizan red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación como abastecimiento de agua; cuenta con acceso a alumbrado eléctrico por red pública, material predominante en las paredes exteriores piedra o sillar con cal o cemento, material predominante en los pisos cemento, tipo de vivienda casa independiente, situación laboral con negocio propio, ingreso para cubrir canasta familiar solo alcanza para la alimentación y salud.</p>

<b>NIVEL DE VULNERABILIDAD</b>	<b>DESCRPCIÓN</b>
<b>BAJO</b>	En el aspecto social, por manzana habitan entre 20 a 40 personas, grupo etario de 30 a 44 años, no fueron encuestados sobre conocimiento de ocurrencias pasadas de inundación y capacitaciones sobre gestión de riesgos de desastres. En el aspecto económico, la manzana se encuentra situada a una distancia de más de 201 m de la faja marginal del río Lurín, utilizan red pública dentro de la vivienda como abastecimiento de agua; no cuenta con acceso a alumbrado eléctrico por red pública, material predominante en las paredes exteriores ladrillo o bloque de cemento, material predominante en los pisos losetas, terrazos, cerámicos o similares; tipo de vivienda departamento en edificio, situación laboral estable o no encuestado; ingreso para cubrir canasta familiar alcanza para la alimentación, salud y ahorro o no encuestado.

**4.3.2.4 Resultados del análisis de vulnerabilidad.** Debido a la prevalencia de los elementos de exposición, resiliencia y fragilidad en los aspectos sociales y económicos que determinan la susceptibilidad a las inundaciones fluviales en la zona estudiada. Esta investigación ha permitido identificar las manzanas en niveles de vulnerabilidad bajo, medio, alto y muy alto. En la figura 76 se puede observar la distribución de manzanas por niveles de vulnerabilidad y el resumen de las 2,272 manzanas en la cuenca baja se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 159.**

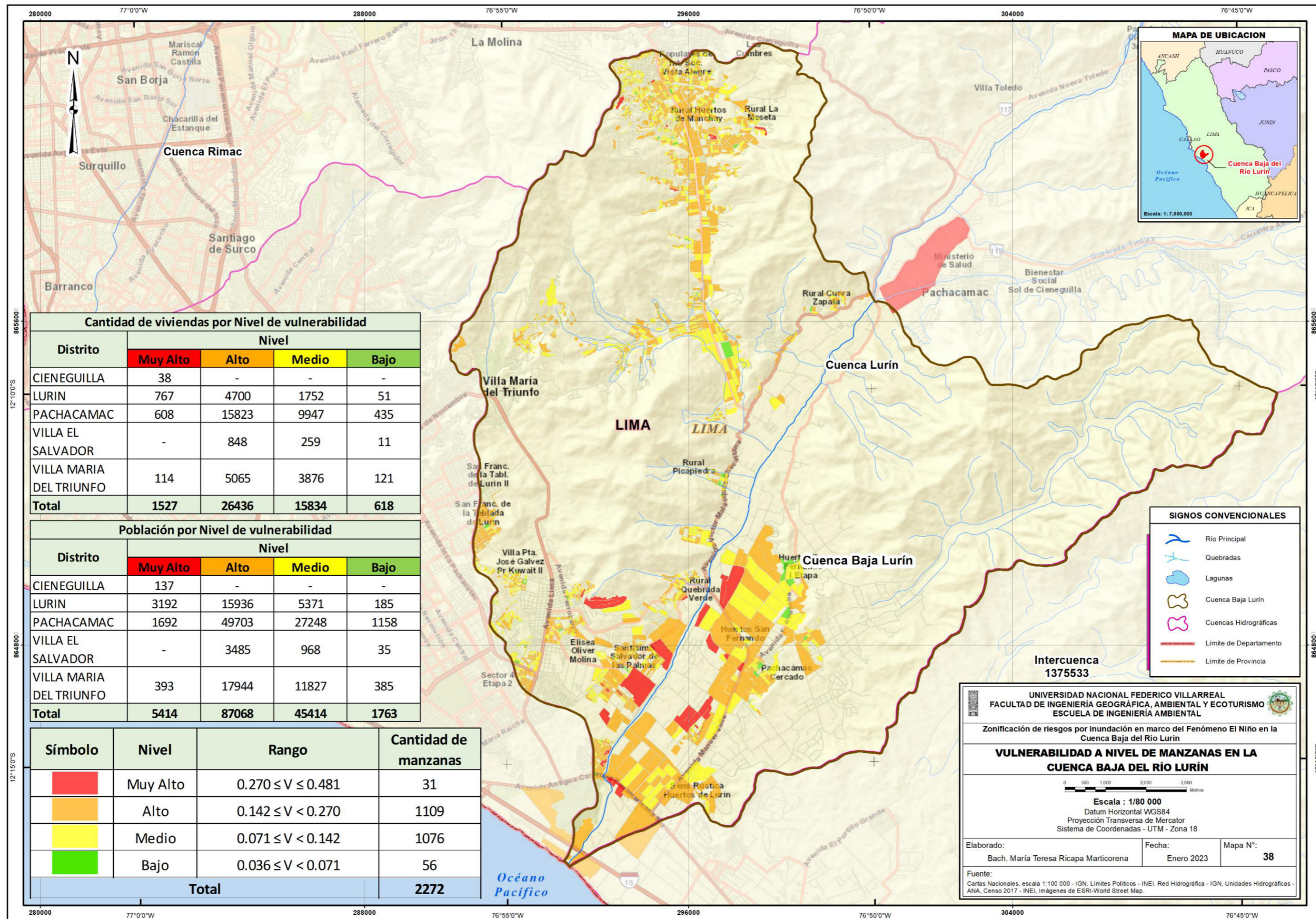
*Cantidad de manzanas por niveles de vulnerabilidad*

<b>Distrito</b>	<b>Nivel</b>			
	<b>Muy Alto</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
CIENEGUILLA	1	-	-	-
LURIN	16	185	118	5
PACHACAMAC	12	664	651	39
VILLA EL SALVADOR	-	30	17	1
VILLA MARIA DEL TRIUNFO	2	230	290	11
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>1109</b>	<b>1076</b>	<b>56</b>

En la tabla 159 se observa que 1,109 manzanas se encuentran en nivel alto de vulnerabilidad, mientras que 1,076 manzanas en nivel medio, seguido por 31 manzanas en nivel muy alta y 56 en nivel bajo, siendo el distrito de Pachacamac con un mayor porcentaje de manzanas vulnerables.

Figura 76.

Vulnerabilidad a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín



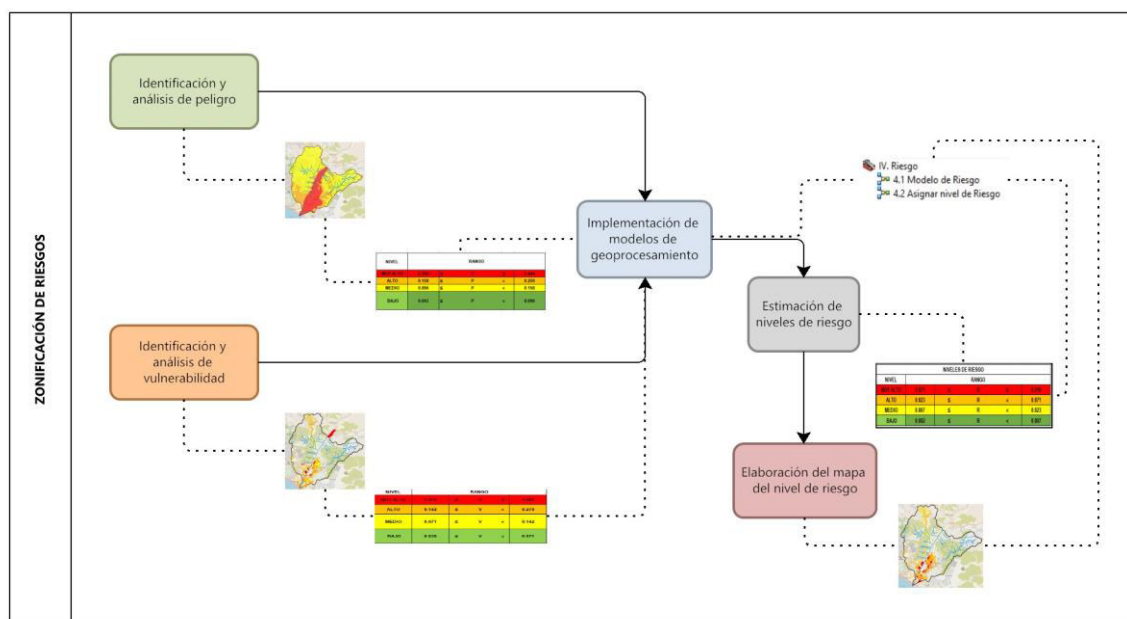
### 4.3.3 Zonificación del riesgo

Para determinar la zonificación del riesgo de inundación del área de investigación se tuvieron en cuenta los siguientes factores: en primer lugar, había que identificar y caracterizar el peligro al que está expuesta; en segundo lugar, el análisis de vulnerabilidad pertinente en su aspecto económico y social debía tener en cuenta su exposición, fragilidad y resiliencia; y en tercer lugar, había que realizar una multiplicación basada en los valores calculados para el peligro y la vulnerabilidad.

Se construyeron modelos de geoprocésamiento para evaluar los niveles de riesgo y generar un mapa de riesgos de la cuenca baja del río Lurín, como se muestra en la imagen adjunta, basado en el análisis jerárquico de peligrosidad y vulnerabilidad:

**Figura 77.**

*Proceso para zonificación de riesgos*



**4.3.3.1 Determinación de niveles de riesgo.** Siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, se ha creado la matriz de riesgos sobre las inundaciones fluviales en la cuenca baja, teniendo en cuenta el producto de los valores de vulnerabilidad y peligrosidad, como se muestra en la figura adjunta:

**Tabla 160.***Matriz de cálculo de riesgos*

<b>PMA</b>	0.436	0.031	0.062	0.118	<b>0.210</b>
<b>PA</b>	0.261	0.019	0.037	<b>0.071</b>	0.126
<b>PM</b>	0.161	0.011	<b>0.023</b>	0.044	0.078
<b>PB</b>	0.098	<b>0.007</b>	0.014	0.027	0.047
		0.071	0.142	0.270	0.481
		<b>VB</b>	<b>BM</b>	<b>VA</b>	<b>VMA</b>

A partir de los resultados presentados en el Tabla anterior, se han determinado los niveles de riesgo establecidos en rangos como se observa en la tabla:

**Tabla 161.***Niveles de riesgo*

<b>NIVEL</b>	<b>RANGO</b>				
<b>MUY ALTO</b>	0.071	≤	<b>R</b>	≤	0.210
<b>ALTO</b>	0.023	≤	<b>R</b>	<	0.071
<b>MEDIO</b>	0.007	≤	<b>R</b>	<	0.023
<b>BAJO</b>	0.002	≤	<b>R</b>	<	0.007

La matriz de categorización de riesgos y sus descripciones asociadas se muestran en la siguiente tabla. Relacionan cómo se combinan los peligros y las vulnerabilidades:

**Tabla 162.***Estratificación de niveles de riesgo*

<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>DESCRPCIÓN</b>
<b>MUY ALTO</b>	Zonas con pendiente suave menor a 10%, geológicamente conformadas por depósitos aluviales y eólicos, situado en unidades geomorfológicas de vertiente o piedemonte aluvio - lacustre, cauce del río, campo de dunas, mantos de arena, vertiente o piedemonte aluvio-torrencial; suelo de tipo arenosol háplico-Solonchak háplico con cobertura vegetal agricultura costera, andina y desierto costero; precipitaciones máximas > 12mm para un tiempo de retorno de 5 años y zonas inundadas por el Fenómeno El Niño 1997-1998. En el aspecto social, por manzana habitan más de 81 personas, grupo etario de 0 a 14 años y mayores de 65 años, sin conocimiento o conocimiento limitado sobre ocurrencias pasadas de inundación en la cuenca baja del río Lurín y nunca han recibido capacitaciones sobre gestión de riesgos de desastres. En el aspecto económico, la manzana se encuentra en

	<p>la faja marginal del río Lurín o hasta 50m de distancia, utilizan pozo (agua subterránea), camión - cisterna u otro similar como abastecimiento de agua; cuenta con acceso a alumbrado eléctrico por red pública, material predominante en las paredes exteriores triplay, calamina, estera o madera; material predominante en los pisos tierra, madera, parquet o madera pulida; tipo de vivienda no destinada para habitación humana e improvisada, situación laboral sin trabajo o jubilado, ingreso para cubrir canasta familiar no alcanza o a veces alcanza.</p>
<b>ALTO</b>	<p>Zonas con pendiente moderado entre 10 a 25%, geológicamente conformadas por depósitos marinos, situado en unidades geomorfológicas de vertiente coluvial de detritos, suelo de tipo arenosol háplico-Solonchak háplico con cobertura vegetal de tipo lomas y desiertos costeros; precipitaciones máximas de 10 a 12 mm para un tiempo de retorno de 5 años y zonas inundadas y no inundadas por el Fenómeno El Niño 1997-1998. En el aspecto social, por manzana habitan entre 61 a 80 personas, grupo etario de 45 a 64 años, no fueron encuestados sobre conocimiento de ocurrencias pasadas de inundación y capacitaciones sobre gestión de riesgos de desastres. En el aspecto económico, la manzana se encuentra situada a una distancia de 51 a 100 m de la faja marginal del río Lurín, utilizan pilón o pileta de uso público como abastecimiento de agua; cuenta con acceso a alumbrado eléctrico por red pública, material predominante en las paredes exteriores piedra con barro, quincha (caña con barro), adobe o tapia; material predominante en los pisos láminas asfálticas, vinílicos o similares; tipo de vivienda en casa de vecindad (Callejón, solar o corralón) o vivienda en quinta, situación laboral con trabajo temporal, ingreso para cubrir canasta familiar solo alcanza para la alimentación.</p>
<b>MEDIO</b>	<p>Zonas con pendiente fuerte entre 25 a 50%, geológicamente conformada por formación Quilmaná, Chilca, Atocongo, Pamplona, Lurín, Marcavilca, Herradura, Salto del Fraile, Andesita, Grupo Puente Piedra, situado en unidades geomorfológicas de tipo colinas, lomadas y depósito antrópico, suelo de tipo Leptosol lítico-Afloramiento lítico con cobertura vegetal de tipo desierto costero; precipitaciones máximas de 8 a 10mm para un tiempo de retorno de 5 años y zonas no inundadas por el Fenómeno El Niño 1997-1998. En el aspecto social, por manzana habitan entre 41 a 60 personas, grupo etario de 15 a 29 años, con conocimiento sobre ocurrencias pasadas de inundación en la cuenca baja del río Lurín y han recibido al menos una capacitación sobre gestión de riesgos de desastres. En el aspecto económico, la manzana se encuentra situada a una distancia de 101 a 200 m de la faja marginal del río Lurín, utilizan red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación como abastecimiento de agua; cuenta con acceso a alumbrado eléctrico por red pública, material predominante en las paredes exteriores piedra o sillar con cal o cemento, material predominante en los pisos cemento, tipo de vivienda casa independiente, situación laboral con negocio propio, ingreso para cubrir canasta familiar solo alcanza para la alimentación y salud.</p>

<b>BAJO</b>	Zonas con pendiente muy fuerte mayor a 50%, geológicamente conformada por Súper Unidad Santa Rosa, Súper Unidad Atocongo, Súper Unidad Jecuán, Super Unidad Patap, Tonalita; situado en unidades geomorfológicas de tipo montaña en roca intrusiva, montaña en roca volcánica, montaña en roca volcano-sedimentaria suelo de tipo Leptosol lítico-Afloramiento lítico con cobertura vegetal de tipo área urbana; precipitaciones máximas menor a 8mm para un tiempo de retorno de 5 años y zonas no inundadas por el Fenómeno El Niño 1997-1998. En el aspecto social, por manzana habitan entre 20a 40 personas, grupo etario de 30 a 44 años, no fueron encuestados sobre conocimiento de ocurrencias pasadas de inundación y capacitaciones sobre gestión de riesgos de desastres. En el aspecto económico, la manzana se encuentra situada a una distancia de más de 201 m de la faja marginal del río Lurín, utilizan red pública dentro de la vivienda como abastecimiento de agua; no cuenta con acceso a alumbrado eléctrico por red pública, material predominante en las paredes exteriores ladrillo o bloque de cemento, material predominante en los pisos losetas, terrazos, cerámicos o similares; tipo de vivienda departamento en edificio, situación laboral estable o no encuestado; ingreso para cubrir canasta familiar alcanza para la alimentación, salud y ahorro o no encuestado.
-------------	---

#### 4.3.3.2 Resultados de la zonificación de riesgos

a) *Resultados de riesgo a nivel de manzanas.* En la tabla 163 se puede apreciar la distribución de las manzanas por distritos clasificados por su nivel de riesgo, de este análisis se determinó que 37 (1.56 %) manzanas presentan un nivel de riesgo muy alto, 732 (30.91 %) tienen un nivel alto, mientras que 1,593 (67.27 %) tienen un nivel medio y 6 (0.25 %) tienen un nivel bajo.

**Tabla 163.**

*Cantidad de manzanas por niveles de riesgo*

Distrito	Total		Nivel de riesgo							
	N° Manzanas	%	Muy Alto		Alto		Medio		Bajo	
<b>Cieneguilla</b>	2	0.08%	1	0.04%	1	0.04%	0	0.00%	0	0.00%
<b>Lurín</b>	339	14.32%	27	1.14%	263	11.11%	49	2.07%	0	0.00%
<b>Pachacamac</b>	1420	59.97%	9	0.38%	305	12.88%	1100	46.45%	6	0.25%
<b>Villa el salvador</b>	58	2.45%	0	0.00%	28	1.18%	30	1.27%	0	0.00%
<b>Villa María del triunfo</b>	549	23.18%	0	0.00%	135	5.70%	414	17.48%	0	0.00%
<b>Total</b>	<b>2368</b>	<b>100.00%</b>	<b>37</b>	<b>1.56%</b>	<b>732</b>	<b>30.91%</b>	<b>1593</b>	<b>67.27%</b>	<b>6</b>	<b>0.25%</b>

Se observa que los distritos de Lurín y Pachacamac tienen el mayor número de manzanas con niveles de riesgo muy alto y alto, el primer distrito con 339 manzanas (14.32%) y el segundo distrito con 1,420 manzanas (59.97 %).

El distrito de Pachacamac presenta los cuatro niveles de riesgo, siendo predominante el nivel medio con 1,100 manzanas (46.45%), nivel alto con 305 manzanas (12.88%), seguido por el nivel muy alto con 9 manzanas (0.38%) y en el nivel bajo 6 manzanas (0.25%). Asimismo, tiene manzanas situadas en la zona de la faja marginal del río, con zonas de hasta 10mm de máxima precipitación para un tiempo de retorno de 5 años y cuenta con manzanas localizadas en áreas inundadas por el Fenómeno El Niño 1997-1998; en el aspecto socioeconómico presenta manzanas con material predominante en sus paredes de triplay y madera, material de piso basado en tierra y cemento; con situación laboral sin trabajo e ingreso familiar solo para la alimentación (Ver Mapa 39).

**b) Resultados de población y viviendas en riesgo.** Los resultados de la cantidad de población y viviendas en riesgo a nivel de manzanas se presentan en las tablas 164 y 165, en los que se puede observar su distribución por distritos. De este análisis se determinó que a nivel de viviendas 26,523 (56.55%) viviendas presentan un nivel de riesgo medio, mientras que 18,717 (39.91%) tienen un nivel alto, 1,612 (3.44%) tienen un nivel muy alto y 51 (0.11%) tienen un nivel bajo.

A nivel de población, se determinó que 75,898 (51.05%) habitantes presentan un nivel de riesgo medio, mientras que 66,488 (44.72%) tienen un nivel alto, 6,134 (4.13%) tienen un nivel muy alto y 146 (0.10%) tienen un nivel bajo.

**Tabla 164.**

*Cantidad de viviendas en riesgo*

Distrito	Total		Nivel de riesgo							
	N° Viviendas	%	Muy Alto		Alto		Medio		Bajo	
Cieneguilla	76	0.16%	38	0.08%	38	0.08%	0	0.00%	0	0.00%
Lurín	7737	16.50%	1150	2.45%	5788	12.34%	799	1.70%	0	0.00%
Pachacamac	28296	60.33%	424	0.90%	8321	17.74%	19500	41.58%	51	0.11%
Villa el salvador	1354	2.89%	0	0.00%	786	1.68%	568	1.21%	0	0.00%
Villa María del triunfo	9440	20.13%	0	0.00%	3784	8.07%	5656	12.06%	0	0.00%
<b>Total</b>	<b>46903</b>	<b>100.00%</b>	<b>1612</b>	<b>3.44%</b>	<b>18717</b>	<b>39.91%</b>	<b>26523</b>	<b>56.55%</b>	<b>51</b>	<b>0.11%</b>

**Tabla 165.**

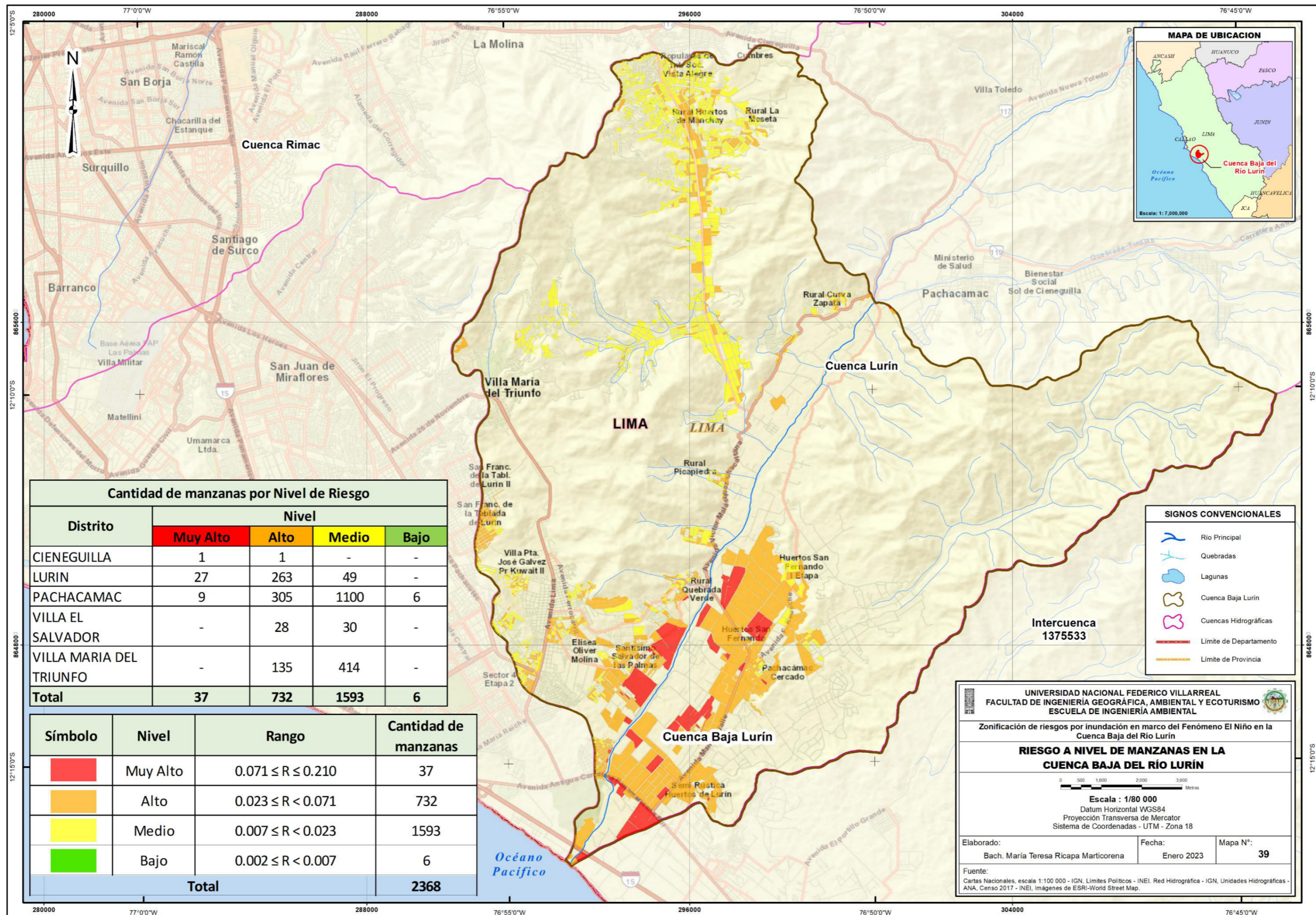
*Cantidad de población en riesgo*

Distrito	Total		Nivel de riesgo							
	N° Hab	%	Muy Alto		Alto		Medio		Bajo	
Cieneguilla	274	0.18%	137	0.09%	137	0.09%	0	0.00%	0	0.00%
Lurín	26476	17.81%	4464	3.00%	19754	13.29%	2258	1.52%	0	0.00%
Pachacamac	84966	57.15%	1533	1.03%	28696	19.30%	54591	36.72%	146	0.10%
Villa el salvador	5385	3.62%	0	0.00%	3224	2.17%	2161	1.45%	0	0.00%
Villa María del triunfo	31565	21.23%	0	0.00%	14677	9.87%	16888	11.36%	0	0.00%
<b>Total</b>	<b>148666</b>	<b>100.00%</b>	<b>6134</b>	<b>4.13%</b>	<b>66488</b>	<b>44.72%</b>	<b>75898</b>	<b>51.05%</b>	<b>146</b>	<b>0.10%</b>

Se observa que los distritos de Pachacamac y Lurín tienen la mayor cantidad de viviendas y población con niveles de riesgo muy alto y alto, Lurín con 6,938 viviendas (14.79%) y 24,218 habitantes (16.29%) expuestos a estos niveles de riesgo y Pachacamac con 8,745 viviendas (18.64%) y 30,229 habitantes (20.33%).

Figura 78.

Riesgo a nivel de manzanas en la Cuenca Baja del río Lurín



c) **Resultados de centros educativos en riesgo.** Los resultados de la cantidad de centros educativos en riesgo se presentan en la figura 57, en la que se puede observar su distribución por distritos. En este análisis se determinó que 30 (53.57%) centros educativos presentan un nivel de riesgo medio, mientras que 25 (44.64%) tienen un nivel alto y 1 (1.79%) tienen un nivel muy alto.

**Tabla 166.**

*Cantidad de centros educativos en riesgo*

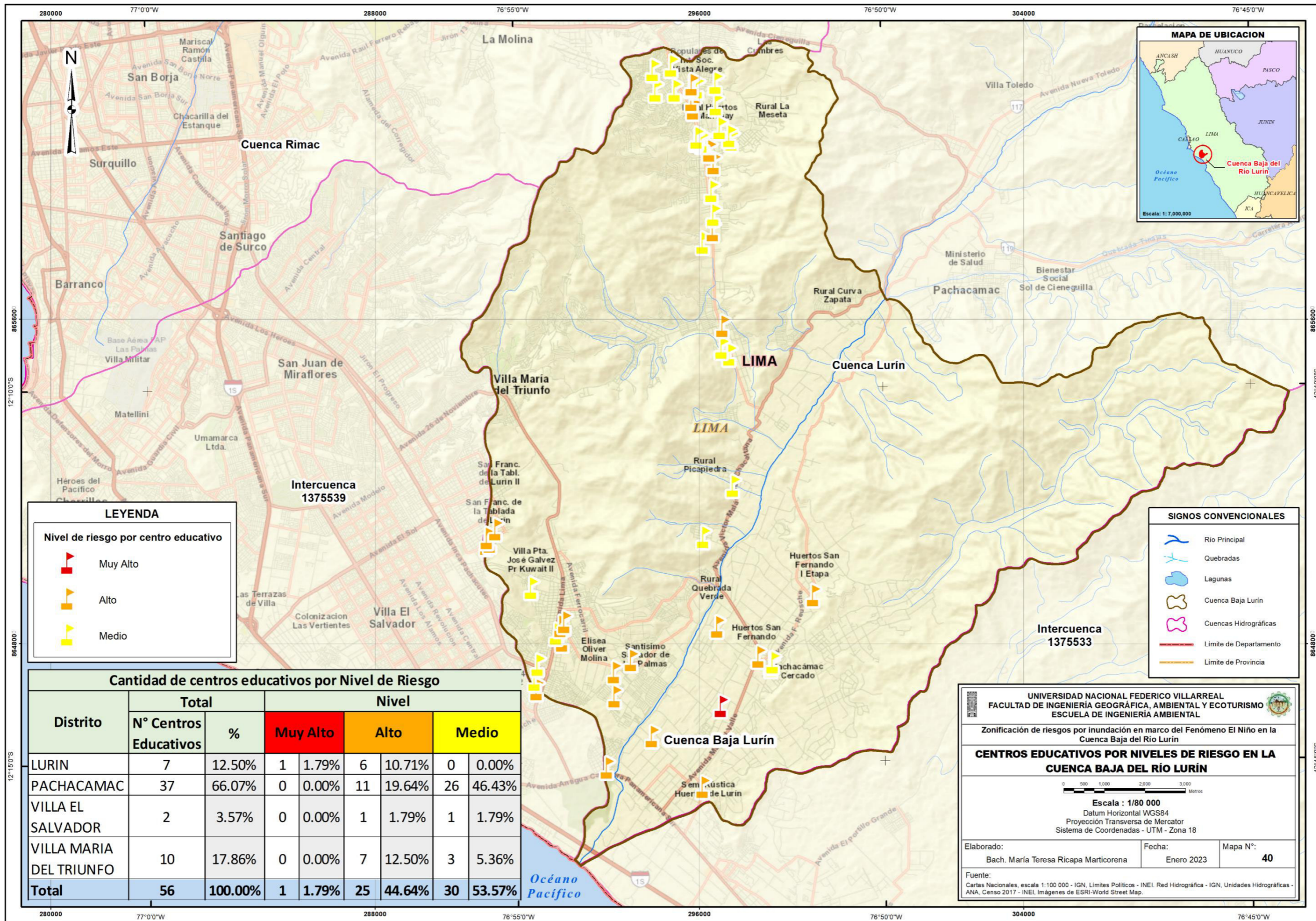
Distrito	Total		Nivel					
	N° Centros Educativos	%	Muy Alto		Alto		Medio	
Lurín	7	12.50%	1	1.79%	6	10.71%	0	0.00%
Pachacamac	37	66.07%	0	0.00%	11	19.64%	26	46.43%
Villa el salvador	2	3.57%	0	0.00%	1	1.79%	1	1.79%
Villa María del triunfo	10	17.86%	0	0.00%	7	12.50%	3	5.36%
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>100.00%</b>	<b>1</b>	<b>1.79%</b>	<b>25</b>	<b>44.64%</b>	<b>30</b>	<b>53.57%</b>

Se observa que los distritos Pachacamac y Villa María del Triunfo tienen la mayor cantidad de centros educativos con niveles de riesgo alto. Pachacamac con 11 centros educativos (19.64%) y Villa María del Triunfo con 7 centros educativos (12.50%).

En la figura 79 se visualiza que el distrito de Pachacamac tiene la mayor cantidad de centros de educativos con un nivel de riesgo alto, esto se debe a que se localizan en zonas que fueron inundadas en el Fenómeno El Niño 1997-1998, con población vulnerable y algunos casos sus viviendas de material de madera y pisos de tierra. Por otro lado, el distrito de Lurín presenta un centro educativo en nivel muy alto debido a que se localiza en zona agrícola donde existen canales directamente conectados al cauce del río y también ha sido afectado en eventos anteriores de inundación, así como la población está caracterizada en grupo etario vulnerable. Finalmente, los centros educativos con un menor nivel de riesgo se localizan en Villa El Salvador.

Figura 79.

Centros educativos por niveles de riesgo en la Cuenca Baja del río Lurín



*d) Resultados de centros de salud en riesgo.* La tabla 167, que muestra los centros de salud por distritos, presenta los resultados del número de centros de salud que están en riesgo. Según estos datos, existe un nivel de riesgo alto en 13 (81,25%) centros de salud, un nivel medio en 2 (12,50%) y un nivel muy alto en 1 (6,25%), respectivamente.

**Tabla 167.**

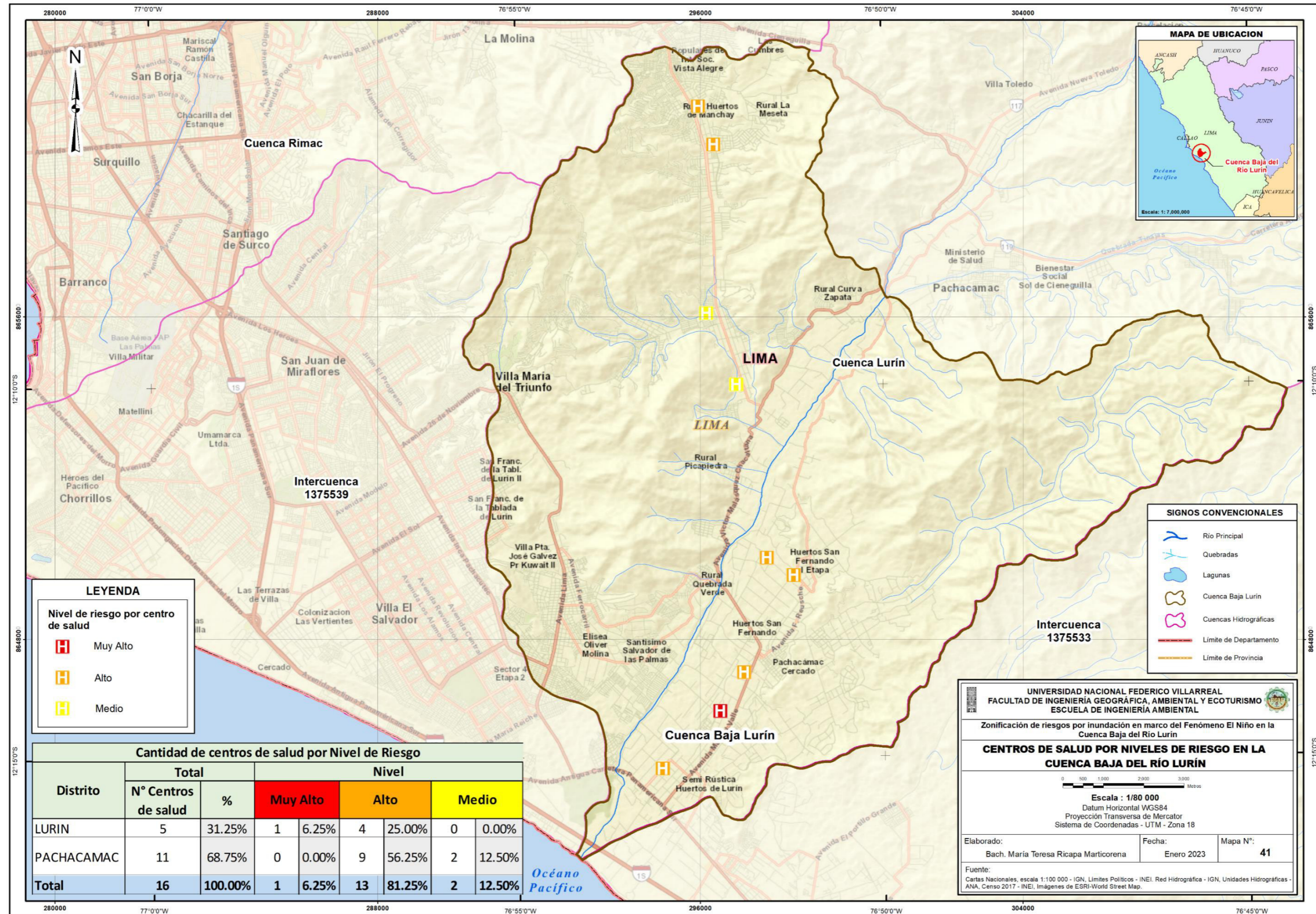
*Cantidad de centros de salud en riesgo*

Distrito	Total		Nivel					
	N° Centros de salud	%	Muy Alto		Alto		Medio	
Lurín	5	31.25%	1	6.25%	4	25.00%	0	0.00%
Pachacamac	11	68.75%	0	0.00%	9	56.25%	2	12.50%
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100.00%</b>	<b>1</b>	<b>6.25%</b>	<b>13</b>	<b>81.25%</b>	<b>2</b>	<b>12.50%</b>

El distrito de Pachacamac, que se muestra en la figura 80, es el que tiene más centros de salud con nivel de riesgo alto debido a que están ubicados en lugares que fueron inundados durante los fenómenos de El Niño de 1997-1998 y tienen una población de grupos etarios susceptibles. El distrito de Lurín, por su parte, cuenta con un centro de salud en nivel muy alto debido a su ubicación en una zona agrícola con canales directamente conectados al cauce del río, al hecho de que también ha sido impactado por eventos de inundación anteriores y al hecho de que la población está categorizada en un grupo de edad vulnerable.

Figura 80.

Centros de salud por niveles de riesgo en la Cuenca Baja del río Lurín



#### 4.4 Propuestas de protección ante riesgo de inundaciones

Con el fin de evitar que el riesgo vuelva a producirse y/o disminuir sus impactos, se han recomendado soluciones estructurales y no estructurales de prevención y reducción del riesgo de inundación basadas en el trabajo de zonificación del riesgo realizado en la cuenca baja del río Lurín y en la evaluación de los elementos expuestos a diferentes niveles de riesgo.

##### 4.4.1 Medidas estructurales

Las propuestas de medidas estructurales están basadas en proyectos técnicos para mitigar los posibles daños en el ámbito de la investigación (CENEPRED, 2015) y se presentan a continuación:

**Tabla 168.**

*Propuesta N° 1: Recolección de residuos y materiales de desmonte en el cauce del río Lurín*

<b>Ubicación</b>	Desde el Puente Lurín hasta el Puente Manchay en el distrito de Pachacámac.
<b>Plazo</b>	6 meses
<b>Fuente de financiamiento</b>	Inversión pública
<b>Costo del proyecto</b>	S/. 300,000.00
<b>Descripción del proyecto</b>	En el trabajo de campo se identificaron tramos críticos donde se observaron zonas de acumulación de residuos sólidos, acumulación de desmonte, vertimiento de aguas residuales, entre otros. Estos materiales han generado la pérdida de área de las secciones del cauce, favoreciendo la inundación; así como afectación en salud y la calidad de vida de la población asentada próxima a la ribera del río Lurín. Por ello, es necesario una limpieza y un adecuado manejo de residuos sólidos en el cauce del río Lurín.
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar el cauce de la cuenca baja del río Lurín evitando la acumulación de residuos y desmonte.</li> <li>• Implementar gestión de residuos sólidos en la población de la cuenca baja del río Lurín.</li> </ul>
<b>Actividades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de residuos y materiales de desmonte.</li> <li>• Sistema de recolección de residuos y limpieza pública para el cauce de la cuenca baja del río Lurín, desde su recolección, transporte y disposición final.</li> </ul>
<b>Beneficiarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pobladores asentados próximos a la ribera del río Lurín</li> </ul>
<b>Beneficios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora las condiciones hidráulicas del cauce del río Lurín para evitar inundaciones en los tramos críticos identificados</li> <li>• Mejora la condición de salud y vida en la población</li> </ul>

<b>Instituciones participantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipalidad Provincial de Lima</li> <li>• Municipalidades Distritales de Lurín y Pachacamac</li> <li>• Universidades, centros educativos</li> <li>• Organizaciones no gubernamentales (ONGs)</li> </ul>
------------------------------------	--

**Tabla 169.***Propuesta N° 2: Reforzamiento de defensa ribereña en la cuenca baja del Río Lurín*

<b>Ubicación</b>	Desde el Puente Lurín hasta el Puente Manchay en el distrito de Pachacámac (en los tramos críticos identificados)
<b>Plazo</b>	3 años
<b>Fuente de financiamiento</b>	Inversión pública
<b>Costo del proyecto</b>	S/. 1,500,000.00
<b>Descripción del proyecto</b>	En el trabajo de campo se identificaron tramos críticos donde se observaron zonas desprotegidas con caminos abiertos desde el cauce hacia el margen izquierdo del río Lurín, esto ha generado que, en años anteriores, principalmente en años de ocurrencia del Fenómeno el Niño, se desborde o inunden ciertas zonas. La poca existencia de muros de contención y la existencia de gaviones en mal estado en los tramos críticos genera la necesidad de reforzar la defensa ribereña mediante la implementación de barreras recubiertas de mallas de acero.
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el riesgo de inundaciones y desbordes en el tramo de estudio que se ubica en la cuenca baja del río Lurín.</li> <li>• Construir sistema de defensa de riberas a fin de proteger las poblaciones ubicadas en el tramo de estudio y las infraestructuras económicas.</li> </ul>
<b>Actividades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza del cauce</li> <li>• Construcción de las mallas de acero (Gaviones)</li> </ul>
<b>Beneficiarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pobladores asentados próximos a la ribera del río Lurín</li> </ul>
<b>Beneficios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora las condiciones hidráulicas del cauce del río Lurín</li> <li>• Protección ante ocurrencia de máximas avenidas durante Fenómeno El Niño u otros fenómenos</li> </ul>
<b>Instituciones participantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipalidad Provincial de Lima</li> <li>• Municipalidades Distritales de Lurín y Pachacamac</li> <li>• Universidades, centros educativos</li> <li>• Organizaciones no gubernamentales (ONGs)</li> </ul>

**Tabla 170.***Propuesta N° 3: Implementación de sistema de prevención de alerta de inundaciones*

<b>Ubicación</b>	Desde el Puente Lurín hasta el Puente Manchay en el distrito de Pachacámac
<b>Plazo</b>	3 años
<b>Fuente de financiamiento</b>	Inversión pública
<b>Costo del proyecto</b>	S/. 100,000.00
<b>Descripción del proyecto</b>	En el trabajo de campo se identificaron tramos críticos desde el cauce hacia el margen izquierdo del río Lurín y se realizaron encuestas a la población, la misma que no tiene conocimiento sobre la gestión de riesgos por inundación a la que se encuentra expuesta. En las épocas de lluvia y avenida de caudal, la población debe estar preparada ante un desastre natural que se genere en su comunidad, debe implementarse un centro de control en la cuenca media y alta del Río Lurín que estén en constante comunicación para prevenir la ocurrencia de la inundación, comunicando oportunamente a la población y tomando las medidas necesarias para evitar daños y pérdidas humanas.
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar las zonas de riesgo de inundación en la cuenca baja del río Lurín</li> <li>• Implementar un sistema de alerta de prevención ante una posible inundación.</li> <li>• Establecer lugares de refugios ante posibles eventos de inundación.</li> </ul>
<b>Actividades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocimiento del riesgo por inundación en la zona de estudio.</li> <li>• Establecimiento de un sistema de alerta para la cuenca baja del río Lurín con medios de comunicación eficaces y planificación de un mapa de alertas, zonas críticas, etc.</li> <li>• Implementación de zonas seguras, rutas de evacuación, señalización.</li> </ul>
<b>Beneficiarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pobladores asentados próximos a la ribera del río Lurín</li> </ul>
<b>Beneficios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo en equipo y coordinación de la población para realizar actividades de prevención.</li> <li>• Protección ante ocurrencia de máximas avenidas durante Fenómeno El Niño u otros fenómenos</li> </ul>
<b>Instituciones participantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instituto Nacional de Defensa Civil</li> <li>• Municipalidad Provincial de Lima</li> <li>• Municipalidades Distritales de Lurín y Pachacamac</li> </ul>

#### 4.4.2 Medidas no estructurales

Se proponen medidas de sensibilización, educación y capacitación, así como otras soluciones no estructurales, con el fin de reducir o eliminar por completo los riesgos potenciales en la cuenca baja (CENEPRED, 2015).

**Tabla 171.**

*Propuesta N° 4: Educación Ambiental y Gestión de Desastres*

<b>Ubicación</b>	Desde el Puente Lurín hasta el Puente Manchay en el distrito de Pachacámac
<b>Plazo</b>	1 año
<b>Fuente de financiamiento</b>	Inversión pública
<b>Costo del proyecto</b>	S/. 50,000.00
<b>Descripción del proyecto</b>	<p>Durante las encuestas realizadas a la población en la cuenca baja del río Lurín, se identificó que los habitantes no tienen conocimiento de gestión de riesgos de desastres y no saben cómo actuar ante un evento de máximas avenidas e inundación. Además, la falta de recursos económicos existentes en la zona provoca el desinterés en los temas de prevención y educación ambiental, sumado a la poca difusión y capacitación por parte de las autoridades.</p> <p>El proyecto propondrá los mecanismos necesarios, administrativos y de logística para que las municipalidades periódicamente realicen talleres educativos a la población ante la ocurrencia de riesgos por inundación identificando así los peligros y las vulnerabilidades a las que están expuestas.</p>
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer un sistema de educación ambiental y gestión de riesgos de desastres ante inundaciones en la población de la cuenca baja del río Lurín.</li> </ul>
<b>Actividades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar talleres acerca de prevención de desastres.</li> <li>• Conformar el Comité de Gestión del Riesgo de Desastre por localidad o centro poblado.</li> </ul>
<b>Beneficiarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pobladores asentados próximos a la ribera del río Lurín</li> </ul>
<b>Beneficios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población capacitada con conocimiento de gestión de riesgos de desastres.</li> <li>• Respuesta rápida de la población ante posibles inundaciones en el río Lurín.</li> </ul>
<b>Instituciones participantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipalidad Provincial de Lima</li> <li>• Municipalidades Distritales de Lurín y Pachacamac</li> <li>• Universidades, centros educativos</li> <li>• Organizaciones no gubernamentales (ONGs)</li> </ul>

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La probabilidad de inundación en la cuenca baja del Río Lurín durante los meses de intensas precipitaciones y máximas avenidas han generado daños a la población y sus actividades económicas, afectando la calidad de vida de la población, principalmente durante los eventos como el Fenómeno El Niño donde los niveles de precipitación y caudal se incrementan. En base a esta problemática se han desarrollado diversas investigaciones con la finalidad de determinar en qué tiempo podría generarse estos fenómenos, estimar los riesgos y proponer medidas para reducir la afectación en la población.

Al respecto, la presente investigación ha permitido realizar un diagnóstico físico, económico, social y cultural en la Cuenca baja del río Lurín determinando que el área de estudio está conformada principalmente por los distritos de Lurín y Pachacamac con un área de 200.60 Km<sup>2</sup> y longitud del río principal de 16.68 Km; la población desarrolla actividades de minería no metálica, presenta infraestructura eléctrica, grifos, industrias, grandes hectáreas de parcelas agrícolas de hasta 78 Ha y sitios arqueológicos. Esto concuerda con el diagnóstico realizado por Roque (2022) que determinó un área de 200.54 Km<sup>2</sup> y longitud del río principal de 16.64 Km; sin embargo, en su investigación no ha considerado un diagnóstico económico y cultural que forma parte del análisis de vulnerabilidad ante una eventual inundación.

El método hidrológico empleado en esta investigación ha permitido determinar mediante el método racional un caudal máximo de 72.21 m<sup>3</sup>/s y 83.99 m<sup>3</sup>/s para tiempos de retorno de 50 y 100 años, respectivamente; mientras que Cárdenas (2000) determinó 99 m<sup>3</sup>/s y 110 m<sup>3</sup>/s para los mismos tiempos de retorno, los cuales fueron estimados mediante simulación hidráulica con el software HEC-RAS. Por otro lado, Roque (2022) determinó caudales máximos de 94.78 m<sup>3</sup>/s y 142.0 m<sup>3</sup>/s para tiempos de retorno de 50 y 100 años a partir del modelamiento hidrológico HEC-HMS. Estas dos referencias han utilizado software de cálculo con sus respectivas calibraciones, mientras que la investigación desarrollada utiliza

los datos de las estaciones pluviométricas y emplea fórmulas de corrección de acuerdo al área de la cuenca.

Respecto a la metodología para estimación de riesgos haciendo uso de la técnica SIG, Cárdenas (2000), utilizó los SIG como técnica de análisis y modelamiento espacial para estimar el daño de posibles inundaciones en un sector de la cuenca baja del río Lurín; así también la presente investigación emplea esta técnica para determinar los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo que son presentadas en los mapas temáticos.

Respecto a la estimación de peligro, vulnerabilidad y riesgo, la presente investigación ha utilizado el método de análisis jerárquico conocido como Saaty estableciendo niveles de importancia por descriptores, parámetros y factores, lo que ha permitido determinar los niveles de riesgo a nivel de manzanas con 67.27% de nivel medio, 30.91% nivel alto, 1,56% nivel muy alto y 0.25% nivel bajo de riesgo. Asimismo, Roque (2022) también determinó como nivel predominante de riesgo el nivel medio a nivel de hectáreas con un porcentaje de 52,77%, 15,40% nivel alto, 2,40% nivel muy alto y 29,43% nivel bajo. Cabe mencionar que los criterios utilizados coincidieron en la proximidad a la faja marginal y caudal máximo; sin embargo, la presente investigación utiliza mayores insumos en la determinación del riesgo desarrollado en el capítulo de resultados.

Respecto a las propuestas de protección, Roque (2022) propone medidas de protección de vías, superficies de cultivo y prácticas seguras para la resiliencia, mientras que en esta investigación se han propuesto cuatro (04) proyectos que engloban las medidas propuestas por Roque, las cuales consisten en la limpieza del cauce, el reforzamiento de la defensa ribereña, un sistema de prevención ante inundaciones y educación ambiental.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se realizó la evaluación de las zonas de riesgos por inundación en marco del Fenómeno el Niño mediante el uso de la técnica SIG con la finalidad de proponer medidas de protección en la cuenca baja del río Lurín, estableciendo cuatro (04) niveles de riesgo en el área de estudio; a nivel de manzanas se determinaron 37 (1.56 %) manzanas presentan un nivel de riesgo muy alto, 732 (30.91 %) tienen un nivel alto, mientras que 1,593 (67.27 %) tienen un nivel medio y 6 (0.25 %) tienen un nivel bajo. Siendo los distritos de Lurín y Pachacamac los que tienen la mayor cantidad de manzanas con niveles de riesgo muy alto y alto, el primero con 339 manzanas (14.32%) y el segundo con 1,420 manzanas (59.97 %), respectivamente.
2. Se realizó el diagnóstico físico, económico, social y cultural identificando peligros y vulnerabilidades de la Cuenca baja del río Lurín. A nivel físico se determinó que el ámbito de estudio presenta un área de 200.60 Km<sup>2</sup>, con altitud media de 375.25 m.s.n.m. y longitud del río principal de 16.68 Km; la unidad geológica predominante es el depósito fluvial; los tipos de suelo predominantes son leptosol lítico y arenosol háplico; las unidades geomorfológicas que destacan son las montañas en roca intrusiva y la vertiente o piedemonte aluvio-lacustre; presenta pendiente de terreno escarpado a empinado (25 a 50%); y la cobertura vegetal con mayor presencia es la agricultura costera y andina, así como las lomas. A nivel económico se identificó que en el área de estudio existen concesiones mineras no metálicas, infraestructuras de generación y distribución eléctrica, estaciones de servicios de GNV y GLP, industrias de cemento y cerámica y 2,555 parcelas agrícolas. A nivel social, se han identificado 16 centros poblados con un total de 110,309 habitantes y 28,491 viviendas, basado en la información geográfica del INEI correspondiente al censo 2017. A nivel cultural, se han identificado 20 sitios arqueológicos de los cuales destaca el Santuario Arqueológico de Pachacamac.

3. Se determinó las zonas de riesgo por inundaciones mediante un modelamiento SIG e hidrológico; para ello mediante el método hidrológico racional se determinaron caudales máximos en la cuenca baja del río Lurín obteniendo 32.26 m<sup>3</sup>/s, 60.45 m<sup>3</sup>/s, 72.21 m<sup>3</sup>/s y 83.99 m<sup>3</sup>/s para tiempos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años, respectivamente. Asimismo, se identificaron siete (7) tramos críticos en el área de estudio, que mediante el análisis de caudal - Manning se obtuvo 93.24 m<sup>3</sup>/s y área permisible de 106.06 m<sup>2</sup> se determinó que cuatro (04) tramos presentan áreas menores al área hidráulica permisible, lo que generaría riesgo ante una eventual inundación. Por otro lado, haciendo uso del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y modelos de geoprocésamiento SIG, se determinaron los niveles de peligro considerando como factor desencadenante la precipitación máxima para un tiempo de retorno de 5 años, en factores condicionantes se consideraron la pendiente, geología, geomorfología, suelo y cobertura vegetal; y en los parámetros de evaluación se consideró los tiempos de retorno y área de inundación del Fenómeno El Niño 1997-1998 obteniendo 131.83 Km<sup>2</sup> de nivel medio, 36.65 Km<sup>2</sup> de nivel muy alto, 21.59 Km<sup>2</sup> de nivel alto y 10.53 Km<sup>2</sup> de nivel bajo de peligro; para determinar los niveles de vulnerabilidad se consideró en el aspecto social la población, grupo etario y resultados de las encuestas realizadas sobre conocimiento de gestión de riesgos de desastres, mientras que en la vulnerabilidad económica se consideró la cercanía a la faja marginal, acceso a servicio de agua y alumbrado eléctrico, material predominante de paredes y pisos, situación laboral e ingreso familiar; obteniendo 1,109 en nivel alto, 1,076 manzanas en nivel medio, 56 en nivel bajo y 31 manzanas en nivel muy alto de vulnerabilidad. Finalmente, se obtuvieron las zonas de riesgos a nivel de manzanas, siendo el distrito de Pachacamac que presenta los cuatro niveles de riesgo, siendo predominante el nivel medio con 1,100 manzanas (46.45%), nivel alto con 305 manzanas (12.88%), seguido por el nivel muy alto con 9 manzanas (0.38%) y en el nivel bajo 6 manzanas (0.25%).

4. Se formularon cuatro (04) propuestas de protección en el ámbito de estudio ante inundaciones que consisten a nivel estructural en recolección de residuos y materiales de desmonte en el cauce del río Lurín, reforzamiento de defensa ribereña en la cuenca baja del Río Lurín e implementación de sistema de prevención de alerta de inundaciones con presupuestos estimados de S/. 300,000.00, S/. 1,500,000.00 y S/. 100,000.00 respectivamente. A nivel no estructural se ha propuesto un programa de educación ambiental y gestión de desastres con un presupuesto de S/. 50,000.00.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere a las Municipalidades de Lurín y Pachacamac, principalmente, actualizar la información catastral a nivel de lotes y manzanas para optimizar la precisión de la evaluación de riesgos. Asimismo, se les recomienda utilizar la metodología aplicada en esta investigación para obtener resultados de riesgos confiables en la estimación de población, viviendas e infraestructuras ante la ocurrencia de inundación fluvial en la Cuenca baja del Río Lurín.
- Se recomienda extender esta evaluación de riesgos a toda la cuenca hidrográfica de Lurín, que permita evaluar de forma integral los niveles de peligro y vulnerabilidad para la implementación de medidas de protección de mayor envergadura que involucre la participación del Gobierno Nacional además de los gobiernos regionales y locales.
- Es importante mantener actualizada la información sobre el conocimiento de la población sobre gestión de riesgos de desastres y el estado de conservación de las edificaciones y características socioeconómicas de las viviendas. Por ello, se sugiere realizar encuestas a mayor detalle, debido a su alto nivel de contribución en la determinación de vulnerabilidad y riesgos.
- Es primordial la integración de los sistemas de información como el CENEPRED, INEI, ANA, SENAMHI, entre otros, que permita la implementación de sistemas de alerta de prevención ante inundaciones y otros peligros de origen natural, de esta manera se optimizará la toma de decisiones y acciones frente a un evento como los suscitados durante el Fenómeno El Niño.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abregu, C. (2012). En C. Abregu, *Exploración geoquímica por Cu y Ag en el prospecto San Fidel - Tornamesa - Huarochirí - Lima* (págs. 17-20). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Alfaro, J., & Claverias, R. (2010). *Diagnóstico Socioeconómico de la Cuenca del río Lurín*. Lima: Centro Global para el Desarrollo y la Democracia (CGDD) - Centro de Investigación, Educación y Desarrollo (CIED).
- Alva Huapaya, C. (2003). *Plan de Protección de Inundaciones en la Cuenca Baja del Río Chillón*. Lima: UNFV.
- ANA. (2 de Marzo de 2019). *Otorgamiento y Registro de Derechos de Uso de Agua*. Obtenido de Otorgamiento y Registro de Derechos de Uso de Agua: <http://www.ana.gob.pe/gestion-agua/cantidad/pagina/2>
- Aquafondo. (2015). *Las cuencas de Lurín, Rímac y Chillón, fuentes de agua para Lima y Callao*. Lima.
- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Manual de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico*. Lima: Autoridad Nacional del Agua.
- Bravo Ortiz, P. L. (2012). *Plan de Ordenamiento Ambiental de la Subcuenca Chamacha del Río Lurín*. Lima: UNFV.
- Candia, M. (2015). *Análisis de riesgo por inundación en la Zona metropolitana de San Luis Potosí*. México: IPICYT.
- Cárdenas, A. (2000). *Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para el Modelamiento de Zonas con Riesgo de Inundación. Caso Estudio Río Lurín*. Lima: UNALM.
- Cardich Motta, K. (2017). *Modelación de máximas avenidas en la cuenca del río Lurín utilizando modelos hidrológico e hidráulico*. Lima: UNALM.

- Cardona, O. (1991). *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo*. Bogotá: La Red.
- CENEPRED. (2015). *Manual para la evaluación de riesgos originados por Fenómenos Naturales - 02 versión*. Lima: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Coral, F. (2007). *Zonificación mediante planos temáticos de áreas con diferente peligro en la parte Baja del Valle de Lurín*. Lima: URP.
- Córdova Trujillo, P. (2003). *Modelamiento hidrológico de la cuenca del río Huallaga con fines de estimación de áreas inundables en la zona de Ambo*. Lima: UNALM.
- CORNARE. (2012). *Evaluación y Zonificación de Riesgos por avenida torrencial, inundación y movimiento en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de Santuario*. Antioquía: DIVEGRAFICAS LTDA.
- Davila, S., & Valenzuela, G. (1996). *Estudio geotécnico de futuras áreas de expansión urbana entre Lima y Cañete*. Lima: INGEMMET.
- Díaz, C., Mamadou, K., Iturbe, A., Esteller, M. V., & Reyna, F. (1999). *Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con la ayuda de SIG y MEDT: caso del curso alto del río Lerma, Estado de México*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Egas, A. (1993). *Estimación de áreas inundables en un tramo del Río Rímac*. Lima: UNALM.
- EIRD. (31 de Marzo de 2004). *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres*. Recuperado el 15 de Abril de 2016, de Terminología: Términos principales relativos a la reducción del riesgo de desastres: <http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>
- Escuder, I., Matheu, E., & Castillo, J. (2010). *Análisis y evaluación de riesgos de inundación: estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales*. España: Jornada CICCVP.

- ESRI. (2016). *ArcGIS Resources*. Recuperado el 15 de Abril de 2016, de <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000t000000.htm>
- Esteban, P. (2001). *Predicción de áreas inundables mediante la aplicación del software HecRas 2.1 en un Sector del Rio Lurín*. Lima: UNALM.
- FAO. (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo*. Roma: FAO.
- Gómez Lora, J. (2000). *Gestión de Inundaciones del Río Rímac*. Lima: UNFV.
- Hoyos, F. (28 de Febrero de 2019). *Diccionario de Geotecnia*. Obtenido de Diccionario de Geotecnia: <https://diccionario.geotecnia.online/diccionario/deposito-antropico/>
- INDECI. (2006). *Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres*. Lima: INDECI.
- INDECI. (2011). *Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - SINAGERD*. Lima.
- INDECI. (2011). *Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales*. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil.
- INGEMMET. (2007). *Riesgo geológico en la Región Amazonas - Geomorfología*. Lima: INGEMMET.
- ISDR. (2009). *Terminología sobre Reducción de Riesgo de Desastre*. Suiza: Naciones Unidas.
- Lavell Thomas, A. (2003). *La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica*. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), PNUD.
- Londoño Arango, C. H. (2001). *Cuencas Hidrográficas: bases conceptuales, caracterización, planificación, administración*. Ibagué: Universidad de Tolima.
- Marín, J. (2010). *Zonificación de Riesgo por inundación en el municipio de Chicomuselo, Chiapas - México*. México.

- MINAGRI. (25 de Febrero de 2019). *Clasificación de tipos de climas en el Perú*. Obtenido de Clasificación de tipos de climas en el Perú: <http://www.minagri.gob.pe/portal/53-sector-agrario/el-clima/367-clasificacion-de-climas>
- MINAM. (2018). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú - Memoria Descriptiva*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Montenegro Pisfil, J. F. (2019). *Gestión de inundaciones por caudales máximos en la parte baja del río Chillón - Caso: Tramo urbano del distrito de Comas*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Municipalidad Provincial de Anglares - Lircay. (2022). *Informe de evaluación del riesgo por inundación fluvial del barrio Miraflores del distrito de Lircay, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica*. Huancavelica: Municipalidad Provincial de Anglares - Lircay.
- Narciso Lira, J. (2018). *Gestión de Inundación por Caudales Máximos en la parte baja de la Quebrada Pedregal - Chosica*. Lima: UNFV.
- Núñez Silva, J. I. (2017). Coeficiente de rugosidad (n de Manning). En N. S. Ike, *Identificación de zonas urbanas propensas a riesgos por inundación ante máximas avenidas del Río Utcubamba en el Centro Poblado Naranjitos, Amazonas* (págs. 60-61). Jaén: Universidad Nacional de Cajamarca.
- ONERN. (1976). *Mapa Ecológico del Perú - Guía Explicativa*. Lima: Oficina Nacional de Recursos Naturales .
- Palacios, O., Caldas, J., & Vela, C. (1992). *Geología de los Cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica*. Lima: INGEMMET.
- Palomino, D. (2012). *Zonificación de áreas inundables utilizando un sistema de información geográfica. Aplicación al tramo final del río Chillón*. Lima: IMEFEN.

- Pilco, G. (2012). *Evaluación de riesgo de desastre por inundación del centro poblado de San José de Habana - Habana, 2012*. Lima: UNSM.
- Quincho, G. (2015). *Gestión de Inundación por Caudales Máximos en la Subcuenca Baja de la Quebrada del Río Huaycoloro - Río Rímac*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Reyes, A., Ulises, F., & Carbajal, Y. (2010). *Guía básica la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas*. Colombia: Universidad del Valle.
- Roque Tapia, G. (2022). *Riesgo de inundaciones fluviales por máximas avenidas en la cuenca baja del río Lurín*. Lima: UNFV.
- Salgado, R. (2005). *Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del Río Gila, Copán, Honduras*. Honduras.
- SENAMHI. (2008). *Estudio Nacional sobre Fenómeno El Niño (ENFEN)*. Recuperado el 17 de Abril de 2016, de <http://senamhi.gob.pe/?p=0814>
- SENAMHI. (25 de Febrero de 2019). *Clima / Mapa Climático del Perú*. Obtenido de Clima / Mapa Climático del Perú: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- SENAMHI. (28 de Febrero de 2019). *Observatorio del agua - Chillón, Rímac, Lurín*. Obtenido de Observatorio del agua - Chillón, Rímac, Lurín: <http://observatoriochirilu.ana.gob.pe/caracterizacion-de-cuencas/fisiografia>
- Smith, R., Vélez, J., Rave, C., Caballero, H., & Botero, V. (2004). Evaluación de Riesgos en Cuencas Urbanas. *XXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica São Pedro, Estado de São Paulo, Brasil*, 9.
- Ulate, C. (2011). *Análisis y comparación de la biomasa aérea de la cobertura forestal según zona de vida y tipo de bosque para Costa Rica*. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Vásquez, L. (2003). *Balance Hídrico del Valle del Río Lurín*. Lima: UNFV.

Vélez, J., & Botero, A. (2010). *Estimación del tiempo de concentración y tiempo de rezago en la cuenca experimental urbana de la quebrada San Luis, Manizales*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Villacorta, S., Rosado, M., & Nuñez, S. (2014). *Reporte de Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la Cuenca del Río Lurín*. Lurín: INGEMMET.

IX. ANEXOS

ANEXO A. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

A.1 Encuesta móvil para análisis de vulnerabilidad - ODK

Acceso a encuesta ODK	Registro de nuevo formulario	Inicio de la encuesta	1. Datos personales
 <p>16:41 Configuración del Servidor</p> <p>Tipo ODK</p> <p>URL https://odk.ona.io/consulta</p> <p>Nombre del Usuario consulta</p> <p>Contraseña *****</p>	 <p>16:42 odk.ona.io</p> <p>Llenar Nuevo Formulario</p> <p>Editar Formulario Guardado (1)</p> <p>Enviar Formulario Finalizado</p> <p>Ver Formularios Enviados</p> <p>Obtener Formulario en Blanco</p> <p>Borrar Formularios Guardados</p> <p>ODK Collect v2022.4.2</p>	 <p>16:24 Encuesta de Vulnerabilidad ante Riesg...</p> <p>La presente encuesta tiene el objetivo de evaluar la vulnerabilidad en los distritos de Lurín, Pachacámac y Cieneguilla, como parte del desarrollo de la tesis "Zonificación por riesgos de inundación en marco del Fenómeno El Niño 2016 -2017 en la cuenca baja del río Lurín"</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Datos Personales Grupo</li> <li>2. Servicios Básicos Grupo</li> <li>3. Información del entorno Grupo</li> <li>4. Información económica Grupo</li> <li>5. Conocimiento de la gestión de riesgo de desastres Grupo</li> <li>6. Ubicación y Fotos Grupo</li> </ul> <p>Ir al Inicio Ir al Final</p>	 <p>16:24 Encuesta de Vulnerabilidad ante... ↑</p> <p>1. Datos Personales</p> <p>* Edad 29</p> <p>* Sexo Femenino</p> <p>* Centro poblado al que pertenece Rio Lurin</p> <p>* ¿Vive con niños? Si</p> <p>* Especifique edad promedio de los niños 10</p> <p>* ¿Vive con ancianos? No</p> <p>Ir al Inicio Ir al Final</p>

## 2. Servicios Básicos

16:24

Encuesta de Vulnerabilidad ante...

2. Servicios Básicos

\* ¿Con qué servicios cuenta en su vivienda?  
Electricidad, Agua

\* ¿Cómo se abastece de agua?  
Pozo

\* ¿Cuál es el tipo de alumbrado que tiene su vivienda?  
Electricidad

\* ¿Cuenta con áreas de cultivo?  
Sí

\* ¿Qué tipo de cultivos siembra?  
Maíz

\* Especifique el área de cultivo en general

\* Especifique la unidad de medida

\* ¿Qué infraestructura utiliza para el riego?

Ir al Inicio Ir al Final

## 3. Información del entorno

16:25

Encuesta de Vulnerabilidad ante...

3. Información del entorno

\* ¿Qué tipo de vías existen cerca a su vivienda?

\* ¿Existen colegios cerca?

\* ¿Existen centros de salud cerca?

Ir al Inicio Ir al Final

## 4. Información económica

16:25

Encuesta de Vulnerabilidad ante...

4. Información económica

\* Indique su grado de instrucción

Situación laboral familiar

Respecto al ingreso para cubrir la canasta familiar

\* Material predominante de la vivienda

Antigüedad de la vivienda

\* Número de pisos de la vivienda

\* Distancia aproximada de la vivienda al cauce del río Lurín

Ir al Inicio Ir al Final

## 5. Conocimiento en GRD

16:25

Encuesta de Vulnerabilidad ante...

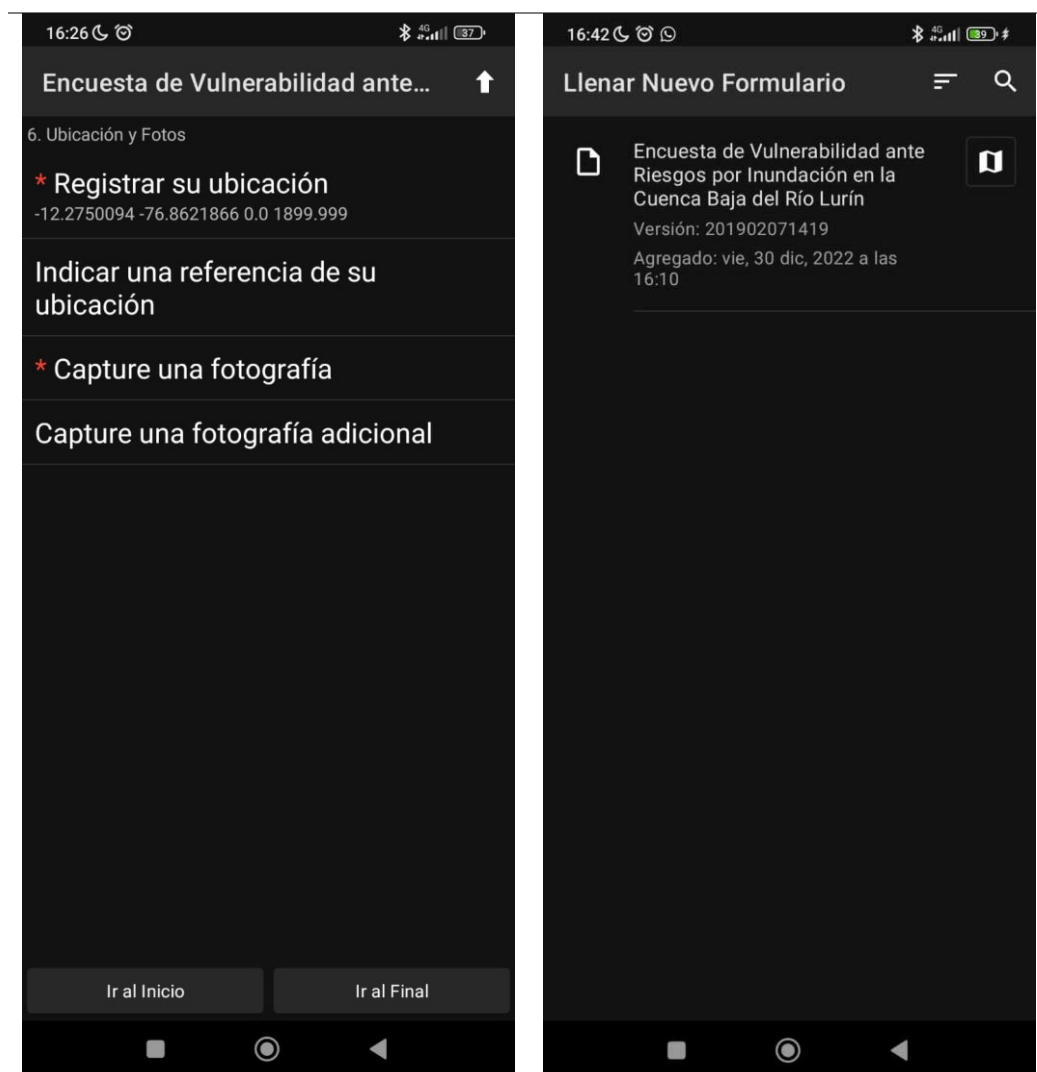
5. Conocimiento de la gestión de riesgo de desastres

\* ¿Ha recibido capacitación sobre gestión de riesgo de desastres?

\* ¿Ha ocurrido un desborde o inundación en esta zona?

\* ¿Conoce cuáles son las medidas para evacuar ante estos desastres?



Ir al Inicio Ir al Final

**6. Ubicación y fotos****Envío de formulario**

## A.2 Formato para el levantamiento de sección transversal

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL</p> 	
<b>TESIS: "Zonificación de Riesgo por Inundación en Marco del Fenómeno El Niño en la Cuenca Baja del Río Lurín"</b>	
<b>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE SECCIONES TRANSVERSALES EN UN TRAMO DEL RÍO LURÍN</b>	
PERFIL: _____	NOMBRE DEL PUNTO: _____
Observaciones:  Foto N°:	Referencia: 
Elaborado por: María Teresa Ricapa Marticorena.	Grupo de Apoyo:
Febrero 2019	

## A.3 Formato para registro de clasificación granulométrica

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL</p> 	
<b>TESIS: "Zonificación de Riesgo por Inundación en Marco del Fenómeno El Niño en la Cuenca Baja del Río Lurín"</b>	
<b>CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA</b>	
<b>Diámetro del material</b>	<b>Cantidad aproximada</b>
Diámetro 1:	
Diámetro 2:	
Diámetro 3:	
Diámetro 4:	
Diámetro 5:	
<b>Total</b>	
Foto del área:	Foto de la clasificación:
Elaborado por: María Teresa Ricapa Marticorena.	Grupo de Apoyo:

## ANEXO B. TABLAS PRECIPITACIONES MÁXIMA EN 24 HORAS

### B.1 Estación Manchay Bajo

Año	Meses												PP Máxima
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1964	1.5	0.5	0.4	0.2	0.5	0.7	0	0	0	0.5	1	0.6	1.5
1965	0	0	0	0	1.2	0.5	0	1.4	1.2	0.6	0.5	1.4	1.4
1966	0.1	0	0	0	0	0.6	1	0.6	1.1	1	1.2	0.5	1.2
1967	0.3	2.1	0.3	0	0	0.4	0.5	0.7	1.5	0.3	0.1	2.3	2.3
1968	0	0	0	0	0	0	0.3	0.5	1.5	1.4	0.1	0	1.5
1969	2	0	0.6	0.4	2.8	1.1	0.8	1.6	1.4	0.7	1.3	1.3	2.8
1970	16	1.7	0	0	0.2	0.5	2	0.5	1.2	0.1	0.6	0	16
1971	1.1	0	1.4	0	0.2	1.4	0.6	2.5	1.2	0.8	0.5	0	2.5
1972	0	0.3	1.2	0.4	0.3	0.4	2	6.3	1.9	0.7	1.9	1.4	6.3
1973	3	0.9	0.3	0	0	0.5	0.4	0.2	0.6	0	0.5	1.1	3
1974	0	1.6	0	1.8	0.3	1.5	0.8	1.7	0.5	0.5	0	2.6	2.6
1975	0.2	0	0.3	0	1	0.5	0.4	1	0.5	0.4	0	0	1
1976	0.3	1	0	0	0.8	1	0.5	10.5	3.6	2.5	0.2	0.6	10.5
1977	1.6	0	0	0	0.4	0.8	2	0.8	1.8	0.6	1.2	0	2
1978	0	0	1.5	0	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0	1	0	1.5
1979	0	1	1	0	0	0.8	0.7	2	0.6	0.9	0	1.2	2
1980	0	0	0	0	0.5	0.7	0.8	0.6	0.8	0.3	0.6	0.8	0.8
Promedio	1.5	0.5	0.4	0.2	0.5	0.7	0.8	1.8	1.2	0.7	0.6	0.8	

*Nota.* Adaptado de SENAMHI. Los valores resaltados fueron completados con el promedio.

### B.2 Estación Antioquía

Año	Meses												PP Máxima
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1965	5.2	4	15	0.5	0	0	0.1	0	0.1	0	0	0	15
1966	3	0	10	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
1967	20	15	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20
1968	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1969	0	32	5	0	0	0	0	0	0	0	0	4	32
1970	29.4	1.5	3	2	0	0	0	0	2.2	0	0	11	29.4
1971	2	5.5	3.3	1	0	0	0	0	0	0.1	0	1	5.5
1972	5.5	10.5	9	0	0	0	0	0	0.2	0	0	10.4	10.5
1973	37	6	6.5	1	0.1	0	0	0	1	0	0.1	2	37
1974	5	6.5	12	0.8	0	0.2	0	0.8	0	0	0	2.3	12
1975	7.5	18	12.5	0	0	0	0	0	0	0.6	0	6	18
1976	13	21	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	4.1	21
1977	9.2	21	2.2	0	0	0	0	0	0	0	1.5	1.2	21
1978	2.5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5
1979	0	1.1	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
1980	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0.3	0.5	0	5

Año	Meses												PP Máxima
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1981	0	1.5	28.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28.5
1982	0.9	5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.5
1983	10.6	10.3	17.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.5
1984	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0.8	1.6	2	10
1985	5.2	2	10.1	1.5	0	0	0	0	0	0	1	0.4	10.1
1986	3.5	1	4	0.8	1.2	0	0	0	0	0	0	5.8	5.8
1987	3.6	0.1	3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.8
1988	4.2	8.3	0	0	2.3	0	0	0	0	0	0	21.8	21.8
1989	3.5	5.5	1.8	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	5.5
1990	0.1	0	2	0	0.9	0	0	0	0	0	0.3	9	9
1991	6	1.9	7.5	0.7	0	0	0	0	0	0.3	0	0	7.5
1992	0	3.1	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.1
1993	1.5	6.4	6.8	4	0	0	0	0	0	0	0.8	1.5	6.8
1994	10.2	11.6	10.3	3.4	0	0	0	0	0.1	0	0	1.3	11.6
1995	3.2	0.2	11.2	1.6	0	0	0	0	0.3	0.2	9.3	2.5	11.2
1996	5.3	5.4	3.3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5.4
1997	1.8	2	0.3	0	0	0	0	0.1	0	0.4	4.2	10.3	10.3
1998	4.2	9.3	7.8	0.2	0	0	0	0	0	0	0	3	9.3
1999	3.9	10.5	5.1	0.8	1.5	0	0	0	0	2.2	0.2	0.3	10.5
2000	6.3	12.5	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	12.5
2001	9.2	4.2	4.1	1.5	0	0	0	0	0	0	2.5	0	9.2
2002	1.3	12.5	9.3	2.2	0.1	0	0	0	0.1	1.1	0.4	1.8	12.5
2003	1.9	4.1	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	3.9	4.1
2004	0	10.4	2.2	1.9	0	0	0	0	0	0	0	1	10.4
2005	1	1.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.6	1.2
2006	14	5.8	7.4	1.4	0	0	0	0	0	0	0.2	4.4	14
2007	3.1	7.2	5	4.7	0	0	0	0	0	0	0	1	7.2
2008	6.2	6.7	9.8	0.6	0	0	0	0	0	0	1.2	0	9.8
2009	3.4	10.8	11.6	6.2	0	0	0	0	0	0.7	0.8	0.1	11.6
2010	4.2	2.8	4.2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	4.2
2011	5.2	1.3	0.6	0.7	0.2	0	0	0	0	0	1.7	2.5	5.2
2012	2	3.2	3.5	1.1	0	0	0	0	0	1.6	1	1	3.5
2013	0.6	13.5	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0.3	2	13.5
2014	4.3	2.4	8.1	0	0	0	0	0	0	1.2	0	3	8.1
2015	3.6	2.3	5.3	6	0	0	0	0	0	0	0	1.3	6
2016	1.5	2.7	2.1	1.7	0	0	0	0	0	0	0	2.3	2.7
2017	5.8	5.7	6.5	1.3	1	0	0	0	0	0	0	0	6.5
2018	1.2	4.4	4.6	7.2	0.1	0	0	0	0.1	0.2	0.5	2.4	7.2
Promedio	5.2	6.5	6.3	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5	2.4	

Nota. Adaptado de SENAMHI. Los valores resaltados fueron completados con el promedio.

### B.3 Estación Langa

Año	Meses												PP Máxima
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1980	9.8	1	18.2	2	0	0	0	0	0	5	0	0	18.2
1981	15.2	14.2	24.5	0	0	0	0	0	18.2	0	0	18.2	24.5
1982	20	20	18	0	0	0	0	4.4	1.1	1.4	3.2	6.1	20
1983	7.3	5.3	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	4.2	7.3
1984	5.1	5	5.2	4	0	0	0	0	0	5.5	0	5.3	5.5
1985	18.2	8	7	4	0	0	0	0	0	5	5	5.6	18.2
1986	8	7	8	6	0	0	0	2.3	0	1.5	4.5	9.2	9.2
1987	10.5	10.4	7.5	5.1	0	0	0	0	0	0	2	1.5	10.5
1988	2	4	3.2	2	0	0	0	0	0	0	0	15	15
1989	9.4	9.4	10.2	7.1	0	0	0	0	0	4	0	0	10.2
1990	0	0	3	1.5	0	0	0	0	0	2.2	6.7	6.7	6.7
1991	4.3	6.3	4.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.3
1992	4.2	3.2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.2
1993	18	26.8	20.8	2.1	0	0	0	0	0	1.1	8.2	5.4	26.8
1994	19.7	10.5	11.8	6.3	1	0	0	0	7.3	0	2.6	5.6	19.7
1995	18.6	22.5	7	4.7	0	0	0	0	3	1.4	16	10	22.5
1996	5.8	12.8	8.2	3	0	0	0	0	0	0	0	1	12.8
1997	7.4	31.3	9.1	0.4	0	0	0	0.3	2	0.5	3.4	20.2	31.3
1998	19.8	16.4	12.9	6	0	0	0	0	0	0.2	1.2	6.6	19.8
1999	9.8	30.3	10.3	4	5.4	0	0	0	1.3	3	2.5	4.4	30.3
2000	8.2	13.9	5.7	3.7	0	0	0	0	0.8	0	0	8.2	13.9
2001	18	13.3	18.4	18.5	0	0	0	0	0	0.9	14.5	0	18.5
2002	4.2	18.5	17.6	5.4	1.1	0	0	0	2.5	2.2	8	3.4	18.5
2003	4.5	6.8	13.6	3.1	0	0	0	0	0	0.3	0.7	18.5	18.5
2004	2	17.3	5.7	4.3	0	0	0	0	0.6	0	2.2	4.4	17.3
2005	7.1	6.1	9.3	0	0	0	0	0	0	0.1	0	9.8	9.8
2006	25.1	20.6	17.2	5	0	0	0	0	0.3	0.9	5	12.7	25.1
2007	6.2	9.4	6.5	17.5	0	0	0	0	0	2	2.6	1.4	17.5
2008	12.7	24.6	25.3	2.6	0	0	0	0.3	0	0.3	2.8	1.5	25.3
2009	12.6	31.7	22.9	8.9	0	0	0	0	0	6.4	3.6	5.8	31.7
2010	2.7	46.2	9.7	8	0	0	0	0	0.4	0.6	3	3.3	46.2
2011	7.4	5.2	9.4	18.1	0	0	1	0	0	0	4.7	4.4	18.1
2012	7.2	18.9	17.3	14.5	0	0	0	0	0	2.8	1.7	6.1	18.9
2013	3.8	10.2	13.6	0.7	1.6	0	0	0	0.5	1.1	1.4	6.4	13.6
2014	12.4	10.5	13.6	4.8	1.5	0	0	0	2.1	2.6	8.5	4.8	13.6
2015	7.5	6.7	15.3	9.3	0	0	0	0	0	1.2	2.4	9	15.3
2016	5.6	10.2	8.5	5.1	0	0	0	0	0	0	0	3.9	10.2
2017	14.6	14.2	25.1	4.6	2	0	0	0	0	1.1	3.7	1.4	25.1
2018	7.2	6	11.1	5.3	0	0	0	0.2	1.1	1.4	3.2	6.1	11.1
Promedio	9.8	13.7	11.9	5.1	0.3	0.0	0.0	0.2	1.1	1.4	3.2	6.1	

Nota. Adaptado de SENAMHI. Los valores resaltados fueron completados con el promedio.

## B.4 Estación San Lázaro de Escamarca

Año	Meses												PP Máxima
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1964	5.1	26.5	12.2	9	2	0	0	0	0	0.3	0	0	26.5
1965	0	20.2	26	23	0	0	0	0	2.4	0	4.2	13	26
1966	26.4	5.1	37.5	8.3	1.3	0	0	0	2.5	13	1.9	15	37.5
1967	19.3	30.5	31.2	3.1	2.9	0	0	0	0	0	0	3.4	31.2
1968	15.1	5	16.4	10.1	2.9	0	0	0	0	4	4	11	16.4
1969	11.5	16.5	25	13.5	0	0	10	0	1.5	6.5	14.5	19.6	25
1970	34.8	5.6	9.5	20.5	5.1	0	0	15.1	10.6	1.2	9.1	14.5	34.8
1971	9	12.5	21.4	9.1	0	0	0	0	0	0	0	14.5	21.4
1972	12.6	30	24.7	16.4	0	0	3.9	0	0	4	6	39.1	39.1
1973	30.1	12.2	20	5.5	0	0	0	0	0	0	0	13.3	30.1
1974	16	11	18.2	3.2	0	2.9	0	0	0	0	4	2.5	18.2
1975	11.8	12	15.3	15	4.5	0	0	0	0	0	4.1	12.5	15.3
1976	13	20	15.5	3.1	0	0	0	0	0	0	2.1	4.2	20
1977	15.2	12	17.8	5	0	0	0	0	0	3.5	4.7	21	21
1978	15.5	12	11.5	33.3	0	0	0	0	0	5	0	5	33.3
1979	4.5	17.5	18.1	5.3	0	0	0	0	0	2	1.5	0	18.1
1980	17.5	4.5	20.1	1.4	0	0	0	0	0	7.5	3.3	8	20.1
1981	8	20.5	27.3	15.7	0	0	0	0	0	0	6.5	27.2	27.3
1982	8.8	21	5.3	5.3	0	0	0	0	0	8.5	18.7	7.7	21
1983	20	18.5	9.5	10.5	6.5	0	0	0	0	0	0	30	30
1984	9.7	13.8	12.5	5.1	4.4	0	0	0	0	7.1	6.1	13.5	13.8
1985	0	16.5	15.3	5.6	0	0	0	0	0	0	0	6.5	16.5
1986	7.2	8.7	15.5	6.5	6.8	0	0	0	0	0	0	5.6	15.5
1987	15.6	12.5	7.7	0	0	0	0	0	0	0	0	5.5	15.6
1988	9.2	30	5.6	6.4	3.5	0	0	0	0	0	11.5	10	30
1989	6.5	7.6	7.8	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	7.8
1990	10.5	10.1	10.5	7.5	0	0	0	0	0	4.5	10	6.5	10.5
1991	6.8	4.5	5.5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	6.8
1992	3.1	5	6.5	3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	6.5
1993	8.2	8.1	7.2	6.1	3.5	0	0	0	0	7	9.3	5.2	9.3
1994	13.7	20	16	15	15	0	0	0	4.5	0	5	7	20
1995	13.1	6	10.8	10	5	0	0	0	0	4	10	15	15
1996	15	18	10	6	1.5	0	0	1	0.1	6	10.2	10	18
1997	30	40	10	3	1	0	0	0.1	5	5	5	15	40
1998	11.7	8.6	8.3	6.1	0	0.2	0	0	0.3	2.1	5.2	6.3	11.7
1999	7.1	11.3	14.7	6.1	10.2	0	0.8	5.3	8.5	5.6	6.3	5.3	14.7
2000	6.1	8.1	5.5	4.8	2	0	0	0.3	3.1	5.7	4.6	8.9	8.9
2001	10.9	30.9	28.4	9.6	0.3	0	0	0	1.1	3.3	7.9	0	30.9
2002	11.6	25.5	9.4	10.5	2.4	0	1.3	0.3	7	5.1	24.2	5.2	25.5
2003	12	7.9	12.3	5.3	1.2	0	0	0	0	5.5	2.7	20.4	20.4
2004	4.9	17.3	25	13.4	0	1	0	0	4.3	1	1.7	7.6	25

Año	Meses												PP Máxima
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
2005	7.6	17.5	24	34.4	0	0	0	0	0	0	2	29.2	34.4
2006	40	41	9	3.4	0	0	0	0	0	2	6	21	41
2007	22	6.2	16	16	0	0	0	0	0	5	3	2.5	22
2008	7	15.6	15.2	2.5	0	0	0	0	0	4	3.6	3.8	15.6
2009	12.5	11.4	16.6	20.5	2	0	0	0.6	0	12.3	4.4	4.1	20.5
2010	9.1	29.3	19.5	6.6	0.4	0	0	0	12.4	1.5	2.4	6.8	29.3
2011	13.2	6.4	8.6	8.2	2.9	0	0	0	0.6	3.2	8.2	8.4	13.2
2012	12	12.4	20	12.2	0	0	0	0	1.8	13.5	5.4	10.4	20
2013	10.1	22	21	13.5	3.5	0	0	0.6	0	12.4	5.4	13	22
2014	43.8	5.1	15.6	10.6	4.2	0	0	3.8	2.8	7.2	7.4	8.2	43.8
2015	35.8	8.8	10.4	13.8	0.2	0	0	0.6	1.2	3.5	3.6	21.3	35.8
2016	16.6	24.2	17.1	8.2	0	0	0	0	1.2	2.4	0	4.4	24.2
2017	28.2	14.9	21.2	6.4	3.2	0	0	0	4.4	3.8	5.3	7.4	28.2
2018	13.8	20.6	31	8.6	2	0.1	0.3	0.5	1.4	3.5	4.8	10.3	31
Promedio	14.2	15.6	15.9	9.5	1.8	0.1	0.3	0.5	1.4	3.5	4.8	10.3	

Nota. Adaptado de SENAMHI. Los valores resaltados fueron completados con el promedio.

### B.5 Estación Huarochirí

Año	Meses												PP Máxima
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1964	11	16.5	21	8	2	0	0	0	0	3.9	8.8	8.8	21
1965	19	15.2	18	0	0	0	0	0	6.4	0	0	7.6	19
1966	14.6	18.5	18	5.3	2.4	0	0	0	0	12.2	6.8	6.2	18.5
1967	9.8	9.8	10.8	6.4	6.2	0	0	0	3.7	7.6	7.8	2.8	10.8
1968	9.8	8.8	6.8	5.6	5.6	0	0	0	0	3.8	3.4	3.8	9.8
1969	6.5	8.6	17.2	9.8	0	0	0	0	0	3.6	9.6	10.8	17.2
1970	8.8	9.2	9.3	9.8	6.6	0	0	0	3.2	6.2	2.6	4.6	9.8
1971	6.8	8.8	10.3	6.3	0	0	0	0	0	0.4	0	4	10.3
1972	10.2	10.2	14.6	6.6	2	0	0	0	0	3.6	3	6.2	14.6
1973	10.8	6.2	6.8	19.2	0	0	0	2.6	3.8	3.2	0	3.8	19.2
1974	5.2	8.2	10.2	7.6	0	0	0	0	2	0	2.8	4	10.2
1975	6.8	5.8	9.8	9.8	5.6	3.6	0	0	2.8	0	3.8	8.2	9.8
1976	10.2	6.2	6.2	5.2	0	0	0	0	0	0	1	2.6	10.2
1977	6.4	8.2	9.8	2.2	0	0	0	0	0	0	5.2	2.6	9.8
1978	5.8	6.8	6.4	6.2	0	0	0	0	2	1	1.2	9.2	9.2
1979	5.6	7.2	10.2	10.2	0	0	0	0	0	1.2	0	2.6	10.2
1980	25.5	2.2	8	8.2	0	0	0	0	2.2	5	0	0	25.5
1981	12.9	14	14.3	5	1.9	0.3	0.1	0.4	1.6	3.7	5.3	8.6	14.3
1982	12.9	14	14.3	8.2	1.9	0.3	0.1	0.4	1.6	3.7	5.3	8.6	14.3
1983	12.9	14	14.3	8.2	1.9	0.3	0.1	0.4	1.6	3.7	5.3	8.6	14.3
1984	12.9	14	14.3	8.2	1.9	0.3	0.1	0.4	1.6	3.7	5.3	0	14.3
1985	3.6	10.2	6.4	6.4	2.8	0	0	0	0	0	2	3.6	10.2

Año	Meses												PP Máxima
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1986	9.8	10.2	5	6.4	8.8	0	0	0	0	0	4.2	8.6	10.2
1987	9.6	8.6	2.8	6.2	0	0	0	0	0	1.6	1.6	2.2	9.6
1988	7.8	10	8.6	10	12	0	0	0	0	2.4	0	7	12
1989	13.6	9.8	10	8.2	1.9	0.3	0.1	0.4	1.6	3.7	5.3	1	13.6
1990	8.6	0	4.1	0	0	0	0	0	0	3.9	6	5.8	8.6
1991	5.8	2.4	12.5	2	0	0.3	0.8	1.5	2	3.9	1.8	5	12.5
1992	10.5	6.9	2.5	1	0	0	0	0	0	2.5	2.9	2.9	10.5
1993	13.4	7.5	9.5	6.5	3.9	0	0	0	1.5	3.5	9	8.6	13.4
1994	15.5	9.5	8.5	2.5	1	0.3	0	0.1	1.5	1.5	1.5	3	15.5
1995	15	10.5	19.5	4.5	0	0	0	0	3.9	6.2	13.5	14.2	19.5
1996	19.8	20.7	19	4	0.8	0.3	0	3.5	0	2.3	9.5	9.1	20.7
1997	13	8.5	5.2	7.6	2	0	0	0	3.5	2.2	13	22.5	22.5
1998	23	38.6	31	22.6	1.5	0.8	0	0.6	1.8	0.4	4.8	24.6	38.6
1999	12.6	26	16.7	8.8	3.5	1.8	0	0	4.8	10.8	4.4	18.2	26
2000	18.6	25.5	25	18.8	0.8	0	0	0	1.5	10.4	6.8	15.9	25.5
2001	24.8	14.6	20.1	8.2	2.6	0	2.5	0	4.2	6.6	18.6	5.8	24.8
2002	12.4	18.6	14.3	10.9	4.3	0	0	0	3.8	8.2	14.6	8.8	18.6
2003	19.5	12.6	23	3.2	0	0	0	0	0	2.6	1.3	25.1	25.1
2004	7	18.6	18.8	6.7	0.6	1.8	0	0	3	2.9	5.5	26.1	26.1
2005	12.6	14.7	14.2	8.4	1.6	0	0	0	1.2	0	0	13.6	14.7
2006	15.2	18.8	18.6	12.6	0	1.2	0	1.2	1.5	1.8	8.6	19.8	19.8
2007	23.5	18.2	28.2	16.2	3.2	1.6	0	0	0	6.8	7.2	6.8	28.2
2008	18.5	14.9	13.4	4.8	0	0.3	0	2.8	0	3.6	7.8	8	18.5
2009	14.6	38.5	24.5	12.8	0	0	0	0	0.2	17.1	12.6	6.8	38.5
2010	23.5	29.3	20.4	8.6	0.3	0	0	0	5.2	2.4	8.5	15	29.3
2011	19.8	11.6	21.6	8.2	0	0	0.6	0	0.2	1.6	7.4	8.5	21.6
2012	6.5	24.3	14.3	12.6	4	0.5	0	0	8.2	7.8	7.8	10.1	24.3
2013	9.2	22.5	15.5	4.5	3	0	1.2	1.3	0	4.3	2.3	7.1	22.5
2014	16.6	14.2	20.4	7.8	0.4	0	0	1.1	0	2.5	6.2	17.4	20.4
2015	13	13.6	26.9	9.6	1.2	0	0	3.5	0.9	3.5	4.8	8.5	26.9
2016	1.4	18.8	17.2	9.2	0.4	0	0	2.6	1.3	0.9	0	8.6	18.8
2017	30.2	29.8	13.8	19.4	5.6	0	0	0.5	1.8	3.8	8.8	3.4	30.2
2018	16.6	18.8	22.2	15.8	1.9	0.3	0.1	0.4	1.6	3.7	5.3	8.6	22.2
Promedio	12.9	14.0	14.3	8.2	1.9	0.3	0.1	0.4	1.6	3.7	5.3	8.6	

Nota. Adaptado de SENAMHI. Los valores resaltados fueron completados con el promedio.

## B.7 Estación Chosica

Año	Meses												PP Máxima
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1989	3.5	4.5	3.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5
1990	2.8	0	2.2	0	0.8	0.1	0	0	0	0.2	1	2	2.8
1991	0.2	2	3.7	0.5	0.3	0	0	0	0	1	0	0.5	3.7

Año	Meses												PP Máxima
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1992	0.3	2.3	0.6	0.3	0.8	0	0	0.4	0	0	0	1	2.3
1993	0	0.8	1.8	2.4	0	0	0	0	0.2	0	1.2	1.2	2.4
1994	16	2.5	3	1.8	0.4	0	0	0	1	0	0.4	1.2	16
1995	3	0.5	2.5	1.2	2.2	0	0	0	0.5	0.3	1.4	0	3
1996	5	5	5.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	5.8
1997	0.5	4.5	0	2.1	0	0	0	0	0.1	0	0	0.8	4.5
1998	3.5	6.5	2.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.5
1999	3.5	6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.5
2000	6	4.5	3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
2001	5.2	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0.6	0	5.2
2002	1	16.7	1	0	0	0	0.6	0	0.5	0	0	0	16.7
2003	1.5	2.5	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	2.8	2.8
2004	0.8	0.5	0.7	0.5	0	0	0	0	0	0	0	1.6	1.6
2005	1.2	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.2
2006	5.6	4	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5.6
2007	2.2	3	1.8	7.7	0	0	0	0	0	0	0	0	7.7
2008	3.6	4	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
2009	3	6.6	8	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	8
2010	0	0.3	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8
2011	4.7	5.7	1	1.1	0	0	0	0	0	0	2.5	5.1	5.7
2012	3.2	9.6	2.1	37	0	0	0	0	0	1	0.5	0.8	37
2013	0	2.3	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	2.3
2014	2.1	1.5	6.2	0.5	0	0	0	0	0	0	0	1.4	6.2
2015	1.2	9.5	18.3	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	18.3
2016	1	5.3	0.5	4	0	0	0	0	0	0	0	0.2	5.3
2017	19.5	8.5	13.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19.5
2018	4.5	9.4	0.5	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.3	0.8	9.4
Promedio	3.5	4.5	3.2	2.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.8	

Nota. Adaptado de SENAMHI. Los valores resaltados fueron completados con el promedio.

## ANEXO C. REGISTRO FOTOGRÁFICO

### C.1 Reconocimiento de campo

En la primera salida de campo se identificaron características y aspectos físicos, sociales y ambientales en la cuenca baja del Río Lurín, así como elementos vulnerables ante una posible inundación.

#### Fotografía 1.

*Presencia de conos de deyección de residuos sólidos*



*Nota.* Acumulación de residuos sólidos que provoca colmatación en el cauce del río Lurín, fecha agosto 2016.

#### Fotografía 2.

*Cultivos en el distrito de Lurín*



*Nota.* Cultivos de maíz identificados en el distrito de Lurín, fecha agosto 2016.

**Fotografía 3.**

*Actividad económica de extracción de arena y material rocoso*



*Nota.* Actividad de tamizado de arena y extracción de material rocoso en el distrito de Pachacamac, a en el cauce del río y hacia la margen izquierda del río, fecha agosto 2016.

**Fotografía 4.**

*Actividad económica de ganadería*



*Nota.* Establos de ganadería, principalmente ganado vacuno y porcino identificados hacia la margen izquierda del río Lurín, fecha agosto 2016.

**Fotografía 5.**

*Caminos rurales en el cauce del río Lurín*



*Nota.* Caminos rurales identificados en el cauce del río Lurín en varios tramos de la margen izquierda en los distritos de Lurín y Pachacamac que facilitarían la inundación y afectación a las viviendas aledañas, fecha agosto 2016.

**Fotografía 6.**

*Viviendas en estado de vulnerabilidad*





*Nota.* Viviendas localizadas en la margen derecha e izquierda del río Lurín, vulnerables ante la probabilidad de inundación, fecha agosto 2016 y febrero 2019.

### **Fotografía 7.**

*Colmatación del cauce del río Lurín*





*Nota.* Colmatación del cauce del río identificados en varios tramos críticos del río Lurín a causa de material de desmonte, residuos y vegetación, fecha agosto 2016 y febrero 2019.

### **Fotografía 8.**

*Defensa ribereña en el río Lurín*





*Nota.* Defensa ribereña (gaviones con malla de acero y muros) identificada próxima al puente Quebrada Verde en el distrito de Pachacamac, fecha agosto 2016 y febrero 2019.

## C.2 Encuestas y mediciones en campo

### Fotografía 9.

*Defensa ribereña en el río Lurín*



*Nota.* Encuestas realizadas a la población aledaña a la margen derecha e izquierda del río Lurín, mediante aplicativo implementado en el celular, fecha agosto 2016 y febrero 2019.

**Fotografía 10.***Medición de secciones transversales en tramos críticos del río Lurín*

*Nota.* Mediciones de secciones transversales en seis (06) tramos críticos de la cuenca baja del río Lurín con el apoyo del Instituto Especializado de Investigación y Gestión del Agua (INEIGA) - 2016 y los alumnos del curso Manejo y Ordenamiento de Cuencas de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental – 2019 de la Universidad Nacional Federico Villarreal, fecha agosto 2016 y febrero 2019.