



R Í O A R R O N T E
FUNDACIÓN



2050
EL EQUILIBRIO
HIDROLÓGICO
CUENTA

COMPENDIO DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LA CUENCA DE MÉXICO

MARZO 2024





R Í O A R R O N T E
FUNDACIÓN



Este documento lo realizó La Asociación Civil 2050 en conjunto con el Instituto de Geología de la UNAM y con el apoyo de la Fundación Gonzalo Río Arronte.



Contenido

1.	Introducción.....	1
2.	Marco físico	2
2.1	Fisiografía	2
2.2.1	Regiones Hidrológico-Administrativas	7
2.2	Edafología.....	9
2.3	Áreas Naturales Protegidas.....	12
2.4	Geología	14
2.4.1	Geoquímica.....	20
2.5	Clima.....	21
2.6	Isótopos	26
2.7	Aguas superficiales.....	27
2.7.1	Descarga de aguas residuales	44
2.7.2	Plantas potabilizadoras	45
2.7.3	Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).....	48
2.8	Límite de acuíferos	49
2.9	Hidrogeología	50
2.10	Pozos profundos	50
2.11	Monitoreo del agua subterránea	61
2.11.1	Monitoreo de la red piezométrica de la Cuenca de México	62
2.11.2	Monitoreo de la calidad del agua.....	77
2.11.3	Hidrogenoquímica	78
3.	Sistema regional de flujo -Sistema Anáhuac	79
4.	Acuíferos administrativos de la Cuenca de México	84
4.1	Acuífero administrativo Apan.....	84
4.1.1	Fisiografía del acuífero Apan.....	87
4.1.2	Edafología del acuífero Apan	88
4.1.3	Geología del acuífero Apan	89
4.1.4	Clima en el acuífero Apan.....	91
4.1.5	Aguas superficiales en el acuífero Apan	96
4.1.6	Monitoreo de agua subterránea en el acuífero Apan	104
4.2	Acuífero administrativo Chalco-Amecameca	108
4.2.1	Fisiografía del acuífero Chalco-Amecameca	110



4.2.2	Edafología del acuífero Chalco-Amecameca	111
4.2.3	Áreas Naturales Protegidas en el acuífero Chalco-Amecameca	112
4.2.4	Geología del acuífero Chalco-Amecameca	113
4.2.5	Clima en el acuífero Chalco-Amecameca	115
4.2.6	Isótopos en el acuífero Chalco-Amecameca	120
4.2.7	Aguas superficiales en el acuífero Chalco-Amecameca	121
4.2.8	Monitoreo de agua subterránea en el acuífero Chalco-Amecameca	131
4.3	Acuífero administrativo Cuautitlán-Pachuca	136
4.3.1	Fisiografía del acuífero Cuautitlán-Pachuca	138
4.3.2	Edafología del acuífero Cuautitlán-Pachuca	139
4.3.3	Áreas Naturales Protegidas en el acuífero Cuautitlán-Pachuca	140
4.3.4	Geología del acuífero Cuautitlán-Pachuca	141
4.3.5	Clima en el acuífero Cuautitlán-Pachuca	142
4.3.6	Isótopos en el acuífero Cuautitlán-Pachuca	147
4.3.7	Aguas superficiales en el acuífero Cuautitlán-Pachuca	148
4.3.8	Monitoreo de agua subterránea en el acuífero Cuautitlán-Pachuca	158
4.4	Acuífero administrativo Soltepec	163
4.4.1	Fisiografía del acuífero Soltepec	165
4.4.2	Edafología del acuífero Soltepec	166
4.4.3	Geología del acuífero Soltepec	167
4.4.4	Clima en el acuífero Soltepec	169
4.4.5	Aguas superficiales en el acuífero Soltepec	173
4.4.6	Monitoreo de agua subterránea en el acuífero Soltepec	178
4.5	Acuífero administrativo Tecocomulco	182
4.5.1	Fisiografía del acuífero Tecocomulco	184
4.5.2	Edafología del acuífero Tecocomulco	185
4.5.3	Geología del acuífero Tecocomulco	186
4.5.4	Clima en el acuífero Tecocomulco	188
4.5.5	Aguas superficiales en el acuífero Tecocomulco	192
4.5.6	Monitoreo de agua subterránea en el acuífero Tecocomulco	196
4.6	Acuífero administrativo Texcoco	199
4.6.1	Fisiografía del acuífero Texcoco	201
4.6.2	Edafología del acuífero Texcoco	202



4.6.3	Áreas Naturales Protegidas en el acuífero Texcoco	203
4.6.4	Geología del acuífero Texcoco	204
4.6.5	Clima en el acuífero Texcoco	206
4.6.6	Isótopos en el acuífero Texcoco	211
4.6.7	Aguas superficiales en el acuífero Texcoco	212
4.6.8	Pozos profundos en el acuífero Texcoco	222
4.6.9	Monitoreo de agua subterránea en el acuífero Texcoco	223
4.7	Acuífero administrativo Zona Metropolitana de la Ciudad de México	228
4.7.1	Fisiografía del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México	230
4.7.2	Edafología del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México	231
4.7.3	Áreas Naturales Protegidas en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México	232
4.7.4	Geología del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México	233
4.7.5	Clima en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México	235
4.7.6	Isótopos en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México	239
4.7.7	Aguas superficiales en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México	240
4.7.8	Pozos profundos en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México	250
4.7.9	Monitoreo de agua subterránea en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México	251
5.	Conclusiones	257
6.	Recomendaciones	258
	Referencias	259

Índice de Imágenes

Imagen 1. Perfil B-B' de la carta geológica E14-2	19	
Imagen 2. Perfiles A-A', B-B' y C-C' de la carta geológica E14-B21.....	19	
Imagen 3. Columna Litoestratigráfica Pozo Av 100 m	Imagen 4. Columna Litoestratigráfica Pozo San Juan de Aragón	53
Imagen 5. Columna Litoestratigráfica Pozo La Castañeda	Imagen 6. Columna Litoestratigráfica Pozo Centenario 6	54
Imagen 7. Columna Litoestratigráfica Pozo Coapa 7	Imagen 8. Columna Litoestratigráfica Pozo Tláhuac	55



<i>Imagen 9. Columna Litoestratigráfica Pozo Coapa 8</i>	<i>Imagen 10. Columna</i>
<i>Litoestratigráfica Pozo San Joaquín.....</i>	<i>56</i>
<i>Imagen 11. Columnas Litoestratigráficas de los pozos Copilco 1, Tulyehualco 1, Mixhuca 1 y Roma 1</i>	<i>57</i>
<i>Imagen 12. Cantidad de lecturas de nivel estático.....</i>	<i>73</i>
<i>Imagen 13. Cantidad de datos por multipiezómetro.....</i>	<i>77</i>
<i>Imagen 14. Localización del Sistema Anáhuac.....</i>	<i>81</i>
<i>Imagen 15. Esquema del flujo de agua subterránea del Sistema Anáhuac (elaborado con base en las redes de flujo obtenidas de CONAGUA, IMTA, UNAM)</i>	<i>82</i>
<i>Imagen 16. Bloque 3D y esquema del flujo de agua subterránea del Sistema Anáhuac (elaborado con base en las redes de flujo obtenidas de CONAGUA, IMTA, UNAM)</i>	<i>83</i>
<i>Imagen 17. Perfil topográfico y esquema del flujo de agua subterránea del Sistema Anáhuac (elaborado con base en las redes de flujo obtenidas de CONAGUA, IMTA, UNAM).....</i>	<i>83</i>

Índice de Mapas

<i>Mapa 1. Provincias fisiográficas de la Cuenca de México.....</i>	<i>3</i>
<i>Mapa 2. Subprovincias fisiográficas de la Cuenca de México</i>	<i>4</i>
<i>Mapa 3. Sierras y topoformas en la Cuenca de México</i>	<i>5</i>
<i>Mapa 4. Continuo de Elevaciones Mexicano en la Cuenca de México</i>	<i>6</i>
<i>Mapa 5. Regiones Hidrológicas Administrativas de la Cuenca de México</i>	<i>7</i>
<i>Mapa 6. Distribución del tipo de suelo en la Cuenca de México</i>	<i>9</i>
<i>Mapa 7. Distribución de las Áreas Naturales Protegidas en la Cuenca de México</i>	<i>12</i>
<i>Mapa 8. Distribución de las formaciones geológicas en la Cuenca de Cuenca de México.....</i>	<i>15</i>
<i>Mapa 9. Distribución de las formaciones, perfiles y fallas geológicas en la Cuenca de Cuenca de México</i>	<i>19</i>
<i>Mapa 10. Localización de puntos muestreados para análisis geoquímico en la Cuenca de México. 20</i>	
<i>Mapa 11. Distribución de los tipos de clima en la Cuenca de Méxcio</i>	<i>22</i>
<i>Mapa 12. Ubicación de Estaciones climatológicas en la Cuenca de México y alrededores</i>	<i>23</i>
<i>Mapa 13. Distribución de la temperatura media anual en la Cuenca de México</i>	<i>24</i>
<i>Mapa 14. Distribución de la precipitación media anual en la Cuenca de México</i>	<i>25</i>
<i>Mapa 15. Localización de puntos muestreados para análisis de isótopos en la Cuenca de México . 26</i>	
<i>Mapa 16. Cuencas Hidrológicas embebidas en el área de la Cuenca de México</i>	<i>27</i>
<i>Mapa 17. Sub-Cuencas Hidrológicas embebidas en el área de la Cuenca de México</i>	<i>29</i>
<i>Mapa 18. Regiones Hidrológicas embebidas en el área de la Cuenca de México</i>	<i>36</i>
<i>Mapa 19. Distribución de las zonas de recarga en la Cuenca de Cuenca de México, de acuerdo al INEGI.....</i>	<i>38</i>
<i>Mapa 20. Distribución de unidades hidrogeológicas en la Cuenca de Cuenca de México, de acuerdo al INEGI.....</i>	<i>39</i>
<i>Mapa 21. Distribución de la vulnerabilidad hidrológica en la Cuenca de Cuenca de México, de acuerdo al INEGI.....</i>	<i>40</i>
<i>Mapa 22. Red Hidrográfica en la Cuenca de México.....</i>	<i>41</i>
<i>Mapa 23. Ubicación de Estaciones hidrométricas en la Cuenca de México y alrededores</i>	<i>42</i>



Mapa 24. Ubicación de los sitios de descarga de aguas residuales en la Cuenca de México	44
Mapa 25. Ubicación de Plantas Potabilizadoras de agua en la Cuenca de México	45
Mapa 26. Ubicación de Plantas de Tratamiento de agua en la Cuenca de México.....	48
Mapa 27. Acuíferos administrativos de la Cuenca de México.....	49
Mapa 28. Localización de los pozos profundos perforados en la Cuenca de México	52
Mapa 29. Ubicación de los pozos del REPDA en la Cuenca de México	61
Mapa 30. Red Piezométrica de la Cuenca de México	62
Mapa 31. Configuración de la Elevación del Nivel Estático en la Cuenca de México, para datos recabados en el año 2017	63
Mapa 32. Configuración de la Elevación del Nivel Estático en la Cuenca de México, para datos recabados en el año 2018	66
Mapa 33. Configuración de la Elevación del Nivel Estático en la Cuenca de México, para datos recabados en el año 2019	68
Mapa 34. Configuración de la Elevación del Nivel Estático en la Cuenca de México, para datos recabados en el año 2020	70
Mapa 35. Configuración de la Elevación del Nivel Estático en la Cuenca de México, para datos recabados en el año 2021	71
Mapa 36. Localización de multipiezómetros en la Cuenca de México	74
Mapa 37. Calidad del agua en la Cuenca de México, según datos de CONAGUA.....	78
Mapa 38. Localización de puntos muestreados para el análisis de la química base en la Cuenca de México	79
Mapa 39. Ubicación del acuífero administrativo Apan.....	85
Mapa 40. Regiones Hidrológico-Administrativas abarcadas por el acuífero Apan.....	86
Mapa 41. Topoformas presentes en el acuífero Apan.....	87
Mapa 42. Edafología presente en el acuífero Apan	88
Mapa 43. Litología y fallas geológicas presentes en el acuífero Apan.....	89
Mapa 44. Puntos de muestreo para geoquímica en el acuífero Apan	90
Mapa 45. Distribución de los tipos de clima en el acuífero Apan.....	92
Mapa 46. Localización de las estaciones climatológicas en el acuífero Apan.....	93
Mapa 47. Distribución de la temperatura media anual en el acuífero Apan	94
Mapa 48. Distribución de la precipitación media anual en el acuífero Apan.....	95
Mapa 49. Regiones Hidrológicas abarcadas por el acuífero Apan.....	96
Mapa 50. Cuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Apan	97
Mapa 51. Subcuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Apan.....	98
Mapa 52. Red Hidrográfica del acuífero Apan	99
Mapa 53. Distribución de la vulnerabilidad hidrológica en el acuífero Apan	100
Mapa 54. Distribución de las zonas de recarga en el acuífero Apan.....	101
Mapa 55. Localización de las estaciones hidrométricas en el acuífero Apan.....	102
Mapa 56. Localización de las Plantas de Tratamiento en el acuífero Apan	103
Mapa 57. Localización de los pozos del REPDA en el acuífero Apan	104
Mapa 58. Distribución de la Red Piezométrica en el acuífero Apan.....	105
Mapa 59. Localización de puntos de muestreo para la calidad del agua en el acuífero Apan	107
Mapa 60. Ubicación del acuífero administrativo Chalco-Amecameca.....	109
Mapa 61. Regiones Hidrológico-Administrativas abarcadas por el acuífero Chalco-Amecameca .	109



Mapa 62. Topoformas presentes en el acuífero Chalco-Amecameca	110
Mapa 63. Edafología presente en el acuífero Chalco-Amecameca	111
Mapa 64. Áreas Naturales Protegidas presentes en el acuífero Chalco-Amecameca.....	112
Mapa 65. Litología y fallas geológicas presentes en el acuífero Chalco-Amecameca	113
Mapa 66. Puntos de muestreo para geoquímica en el acuífero Chalco-Amecameca	114
Mapa 67. Distribución de los tipos de clima en el acuífero Chalco-Amecameca	116
Mapa 68. Localización de las estaciones climatológicas dentro del acuífero Chalco-Amecameca.	117
Mapa 69. Distribución de la temperatura media anual en el acuífero Chalco-Amecameca.....	118
Mapa 70. Distribución de la precipitación media anual en el acuífero Chalco-Amecameca	119
Mapa 71. Localización de puntos muestreados para la medición de isótopos en el acuífero Chalco-Amecameca	120
Mapa 72. Regiones Hidrológicas abarcadas por el acuífero Chalco-Amecameca	121
Mapa 73. Cuencas Hidrológicas abarcadas por el acuífero Chalco-Amecameca	122
Mapa 74. Subcuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Chalco-Amecameca	123
Mapa 75. Red Hidrográfica del acuífero Chalco-Amecameca.....	124
Mapa 76. Distribución de la vulnerabilidad hidrogeológica en el acuífero Chalco-Amecameca	125
Mapa 77. Distribución de las zonas de recarga en el acuífero Chalco-Amecameca	126
Mapa 78. Localización de las estaciones hidrométricas en el acuífero Chalco-Amecameca	127
Mapa 79. Localización de las descargas de aguas residuales en el acuífero Chalco-Amecameca..	128
Mapa 80. Localización de las plantas potabilizadoras en el acuífero Chalco-Amecameca.....	129
Mapa 81. Localización de las plantas de tratamiento en el acuífero Chalco-Amecameca	130
Mapa 82. Localización de los pozos del REPDA en el acuífero Chalco-Amecameca	131
Mapa 83. Localización de la red piezométrica en el acuífero Chalco-Amecameca	132
Mapa 84. Localización de los multipiezómetros en el acuífero Chalco-Amecameca	133
Mapa 85. Localización de puntos de muestreo para la calidad del agua en el acuífero Chalco-Amecameca	134
Mapa 86. Localización de puntos de muestreo para la química base en el acuífero Chalco-Amecameca	135
Mapa 87. Localización de acuífero Cuatitlan-Pachuca.....	136
Mapa 88. Regiones Hidrológico-Administrativas abarcadas por el acuífero Cuautitlán-Pachuca..	137
Mapa 89. Topoformas presentes en el acuífero Cuautitlán-Pachuca.....	138
Mapa 90. Edafología presente en el acuífero Cuautitlán-Pachuca	139
Mapa 91. Distribución de las áreas protegidas del acuífero Cuautitlán-Pachuca.....	140
Mapa 92. Litología y fallas geológicas presentes en el acuífero Cuautitlán-Pachuca.....	141
Mapa 93. Puntos de muestreo para geoquímica en el acuífero Cuautitlán-Pachuca	142
Mapa 94. Distribución de los tipos de clima en el acuífero Cuautitlán-Pachuca.....	143
Mapa 95. Localización de las estaciones climatológicas en el acuífero Cuautitlán-Pachuca.....	144
Mapa 96. Distribución de la temperatura media anual en el acuífero Cuautitlán-Pachuca	145
Mapa 97. Distribución de la precipitación media anual en el acuífero Cuautitlán-Pachuca.....	146
Mapa 98. Isotopos del acuífero Cuautitlán- Pachuca.....	147
Mapa 99. Regiones Hidrológicas abarcadas por el acuífero Cuatitlan-Pachuca.....	148
Mapa 100. Cuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Cuautitlán-Pachuca	149
Mapa 101. Subcuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Cuatitlan-Pachuca.....	150
Mapa 102. Red Hidrográfica del acuífero Chalco-Amecameca.....	151



Mapa 103. Distribución de estaciones hidrométricas del acuífero Cuautitlán-Pachuca	152
Mapa 104. Distribución de la vulnerabilidad hidrológica en el acuífero Cuautitlán-Pachuca	153
Mapa 105. Distribución de las zonas de recarga en el acuífero Cuautitlán-Pachuca	154
Mapa 106. Localización de descargas de aguas residuales en el acuífero Cuautitlán-Pachuca	155
Mapa 107. Localización de plantas potabilizadoras de agua en el acuífero Cuautitlán-Pachuca ..	156
Mapa 108. Localización de plantas de tratamiento de agua en el acuífero Cuautitlán-Pachuca ...	157
Mapa 109.	158
Mapa 110. Red Piezométrica en el acuífero Cuautitlán-Pachuca.....	159
Mapa 111. Localización de multipiezómetros en el acuífero Cuautitlán-Pachuca	160
Mapa 112. Localización de puntos de muestreo para la calidad del agua en el acuífero Cuatitlan-Pachuca	161
Mapa 113. Localización de puntos de muestreo para la química base en el acuífero Cuautitlán-Pachuca	162
Mapa 114. Localización del acuífero administrativo Soltepec	163
Mapa 115. Regiones Hidrológico-Administrativas abarcadas por el acuífero Soltepec.....	164
Mapa 116. Topoformas presentes en el acuífero Soltepec.....	165
Mapa 117. Edafología presente en el acuífero Soltepec	166
Mapa 118. Geología presente del acuífero Soltepec.....	167
Mapa 119. Puntos de muestreo para geoquímica en el acuífero Soltepec	168
Mapa 120. Distribución de los tipos de clima en el acuífero Soltepec	169
Mapa 121. Localización de las estaciones climatológicas en el acuífero Soltepec.....	170
Mapa 122. Distribución de la temperatura media anual en el acuífero Soltepec.....	171
Mapa 123. Distribución de la precipitación media anual en el acuífero Soltepec	172
Mapa 124. Regiones Hidrológicas abarcadas por el acuífero Soltepec	173
Mapa 125. Cuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Soltepec	174
Mapa 126. Subcuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Soltepec.....	175
Mapa 127. Red Hidrográfica del acuífero Soltepec	176
Mapa 128. Localización de plantas de tratamiento de agua en el acuífero Soltepec	177
Mapa 129. Localización de pozos del REPDA en el acuífero Soltepec	178
Mapa 130. Red Piezométrica en el acuífero Soltepec.....	179
Mapa 131. Calidad del agua del acuífero Soltepec, según datos de CONAGUA	180
Mapa 132. Localización de puntos muestreados para el análisis de la química base del acuífero Soltepec	181
Mapa 133. Localización del acuífero Tecocomulco	182
Mapa 134. Regiones Hidrológico-Administrativas abarcadas por el acuífero Tecocomulco.....	183
Mapa 135. Topoformas presentes en el acuífero Tecocomulco.....	184
Mapa 136. Edafología presente en el acuífero Tecocomulco	185
Mapa 137. Litología y fallas geológicas presentes en el acuífero Tecocomulco.....	186
Mapa 138. Puntos de muestreo para geoquímica en el acuífero Tecocomulco	187
Mapa 139. Distribución de los tipos de clima en el acuífero Tecocomulco	188
Mapa 140. Localización de las estaciones climatológicas en el acuífero Tecocomulco.....	189
Mapa 141. Distribución de la temperatura media anual en el acuífero Tecocomulco.....	190
Mapa 142. Distribución de la precipitación media anual en el acuífero Tecocomulco	191
Mapa 143. Regiones Hidrológicas abarcadas por el acuífero Tecocomulco	192



Mapa 144. Cuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Tecocomulco	193
Mapa 145. Subcuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Tecocomulco.....	194
Mapa 146. Red hidrográfica del acuífero Tecocomulco	195
Mapa 147. Localización de pozos del REPDA en el acuífero Tecocomulco	196
Mapa 148. Red Piezometrica en el acuífero Tecocomulco	197
Mapa 149. Calidad del agua en el acuífero Tecocomulco, según datos de CONAGUA	198
Mapa 150. Localización del acuífero Texcoco.....	199
Mapa 151. Regiones Hidrológico-Administrativas abarcadas por el acuífero Texcoco.....	200
Mapa 152. Topoformas presentes en el acuífero Texcoco.....	201
Mapa 153. Edafología presente en el acuífero Texcoco	202
Mapa 154. Áreas Naturales Protegidas presentes en el acuífero Texcoco.....	203
Mapa 155. Litología y fallas geológicas presentes en el acuífero Texcoco.....	204
Mapa 156. Puntos de muestreo para geoquímica en el acuífero Texcoco	205
Mapa 157. Distribución de los tipos de clima en el acuífero Texcoco.....	207
Mapa 158. Localización de las estaciones climatológicas en el acuífero Texcoco.....	208
Mapa 159. Distribución de la temperatura media anual en el acuífero Texcoco.....	209
Mapa 160. Distribución de la precipitación media anual en el acuífero Texcoco.....	210
Mapa 161. Isotopos del acuífero Texcoco.....	211
Mapa 162. Regiones Hidrológicas abarcadas por el acuífero Texcoco.....	212
Mapa 163. Cuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Texcoco	213
Mapa 164. Subcuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Texcoco.....	214
Mapa 165. Red Hidrográfica del acuífero Texcoco	215
Mapa 166. Distribución de estaciones hidrométricas del acuífero Texcoco	216
Mapa 167. Distribución de la vulnerabilidad hidrológica en el acuífero Texcoco.....	217
Mapa 168. Distribución de las zonas de recarga en el acuífero Texcoco.....	218
Mapa 169. Localización de descargas de aguas residuales en el acuífero Texcoco	219
Mapa 170. Localización de plantas potabilizadoras de agua en el acuífero Texcoco.....	220
Mapa 171. Localización de plantas de tratamiento de agua en el acuífero Texcoco	221
Mapa 172. Localización de pozos profundos en el acuífero Texcoco.....	222
Mapa 173. Localización de pozos del REPDA en el acuífero Texcoco	223
Mapa 174. Red Piezometrica en el acuífero Texcoco.....	224
Mapa 175. Localización de multipiezómetros en el acuífero Texcoco	225
Mapa 176. Calidad del agua del acuífero Texcoco, según datos de CONAGUA	226
Mapa 177. Localización de puntos de muestreo para la química base en el acuífero Texcoco.....	227
Mapa 178. Localización del acuífero Zona Metropolitana de la Cd. De México	228
Mapa 179. Regiones Hidrológico-Administrativas abarcadas por el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. De México.....	229
Mapa 180. Topoformas presentes en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. De México.....	230
Mapa 181. Edafología presente en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. México	231
Mapa 182. Distribución de las áreas protegidas del acuífero Zona Metropolitana de la Cd. De México	232
Mapa 183. Litología y fallas geológicas presentes en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. México	233



<i>Mapa 184. Puntos de muestreo para geoquímica en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. De México</i>	<i>234</i>
<i>Mapa 185. Distribución de los tipos de clima en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. De México</i>	<i>235</i>
<i>Mapa 186. Localización de las estaciones climatológicas en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México</i>	<i>236</i>
<i>Mapa 187. Distribución de la temperatura media anual en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México</i>	<i>237</i>
<i>Mapa 188. Distribución de la precipitación media anual en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México</i>	<i>238</i>
<i>Mapa 189. Isotopos del acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México.....</i>	<i>239</i>
<i>Mapa 190. Regiones Hidrológicas abarcadas por el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México</i>	<i>240</i>
<i>Mapa 191. Cuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México</i>	<i>241</i>
<i>Mapa 192. Subcuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México</i>	<i>242</i>
<i>Mapa 193. Red Hidrográfica del acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México</i>	<i>243</i>
<i>Mapa 194. Distribución de estaciones hidrométricas del acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México</i>	<i>244</i>
<i>Mapa 195. Distribución de la vulnerabilidad hidrológica en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. México</i>	<i>245</i>
<i>Mapa 196. Distribución de las zonas de recarga en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. México</i>	<i>246</i>
<i>Mapa 197. Localización de descargas de aguas residuales en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. México</i>	<i>247</i>
<i>Mapa 198. Localización de plantas potabilizadoras de agua en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. México</i>	<i>248</i>
<i>Mapa 199. Localización de plantas de tratamiento de agua en el acuífero Zona Metropolitana de a Cd. México</i>	<i>249</i>
<i>Mapa 200. Localización de pozos profundos en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México</i>	<i>250</i>
<i>Mapa 201. Localización de pozos del REPDA en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México</i>	<i>251</i>
<i>Mapa 202. Localización de los multipiezómetros en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México</i>	<i>252</i>
<i>Mapa 203. Localización de puntos de muestreo para la calidad del agua en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México</i>	<i>253</i>
<i>Mapa 204. Localización de puntos de muestreo para la química base en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México</i>	<i>254</i>

Índice de Gráficas



<i>Gráfica 1. Frecuencia de medición de niveles estáticos de pozos</i>	<i>73</i>
<i>Gráfica 2. Frecuencia de lecturas en los multiepiezómetros de la Cuenca de México</i>	<i>76</i>

Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Descripción de las Regiones Hidrológicas Administrativas de la Cuenca de México</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2. Tipos de suelo en la Cuenca de México</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 3. Áreas Naturales Protegidas de la Cuenca de México</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 4. Descripción de los tipos de litología presente en la Cuenca de México</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 5. Tipos de clima en la Cuenca de México (García, 2001).</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 6. Descripción de las Cuencas Hidrológicas de la Cuenca de México</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 7. Descripción de las Subcuencas Hidrológicas de la Cuenca de México</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 8. Regiones Hidrológicas de la Cuenca de México</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 9. Estaciones hidrométricas de la Cuenca de México</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 10. Plantas potabilizadoras en el año 2017</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 11. Pozos con coordenadas y valores de nivel estático para el año 2017</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 12. Pozos con coordenadas y valores de nivel estático para el año 2018</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 13. Pozos con coordenadas y valores de nivel estático para el año 2019</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 14. Pozos con coordenadas y valores de nivel estático para el año 2020</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 15. Pozos con coordenadas y valores de nivel estático para el año 2021</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 16.</i>	<i>74</i>



1. Introducción

La Cuenca de México localizada al centro del país, con una altura promedio de 2,200 metros sobre el nivel del mar (msnm) se compone de cuatro diferentes valles, al noroeste el Valle de Cuautitlán, al nororiente el Valle de Apan, al norte el valle de Tizayuca y el al sur se ubica el Valle de México, que ocasionalmente se confunde con la cuenca misma, sin embargo, en el contexto hidrogeológico son distintos. La explotación del agua subterránea en la cuenca comenzó a finales del siglo 19 y a partir de entonces, ha tenido un aumento constante de la extracción.

En agosto de 1954 se publicó un primer decreto de veda que estableció límites para la extracción de agua subterránea: No obstante, el uso del agua subterránea continuó aumentando paulatinamente para satisfacer la demanda de los diferentes sectores de la economía y el abastecimiento de agua potable, generando competencia por el uso del agua entre los diferentes sectores. La mayor competencia por un recurso finito (aunque renovable) tiene importantes implicaciones socioeconómicas para las comunidades que dependen del agua subterránea para su sustento.

La extracción intensiva del agua subterránea ha provocado descensos sostenidos de los niveles piezométricos y deterioro de la calidad química del agua que producen los pozos de casi toda la cuenca. Como respuesta, se han implementado iniciativas de manejo en algunas áreas de la Cuenca para manejar los impactos adversos resultantes de los cambios antropogénicos.

En reconocimiento de la necesidad de obtener una mejor comprensión del estado cambiante del agua subterránea en la cuenca y proporcionar un punto de referencia para la gestión, la Fundación 2050 encargó a Instituto de Geología de la UNAM que realizara un primer Informe de estado de las aguas subterráneas para la Cuenca de México basada en datos del período 1960 – 2022. Los cambios encontrados se comparan con los cambios informados en otros reportes técnicos e CONAGUA.

Este informe es uno de los varios informes preparados como parte del proyecto general de la Fundación 2050 y detalla el análisis técnico de los cambios en el nivel del agua y su composición química asociados con el uso de agua subterránea, basado en los datos de la red de pozos de observación de CONAGUA y de otras bases de datos de agua subterránea. El Informe de la cuenca se ha diseñado para una audiencia con poco o ningún conocimiento técnico, a fin de hacerlo accesible a un mayor público.

Además de los entregables del informe, también se ha producido un entregable electrónico que permite al usuario ver los conjuntos de datos que subyacen a estos informes con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Realizar un diagnóstico de la información disponible relacionada con hidrogeología, ya sean pozos, información hidrogeoquímica, multipiezómetros, columnas litológicas, perfiles geológicos, entre otros, es de suma importancia ya que nos permite identificar áreas de oportunidad, para poder mejorar el conocimiento que tenemos de la cuenca, a través de la construcción de piezómetros, monitoreo de los niveles del agua, análisis químicos, isotópicos. Todos estos elementos son de gran utilidad cuando se tratan de tomar decisiones en cuanto a gestión, construcción de infraestructura, entre otras.



Objetivo general

El objetivo general de este informe es proporcionar una visión general del estado del agua subterránea en la Cuenca de México para el período 1960-2022.

Objetivos particulares

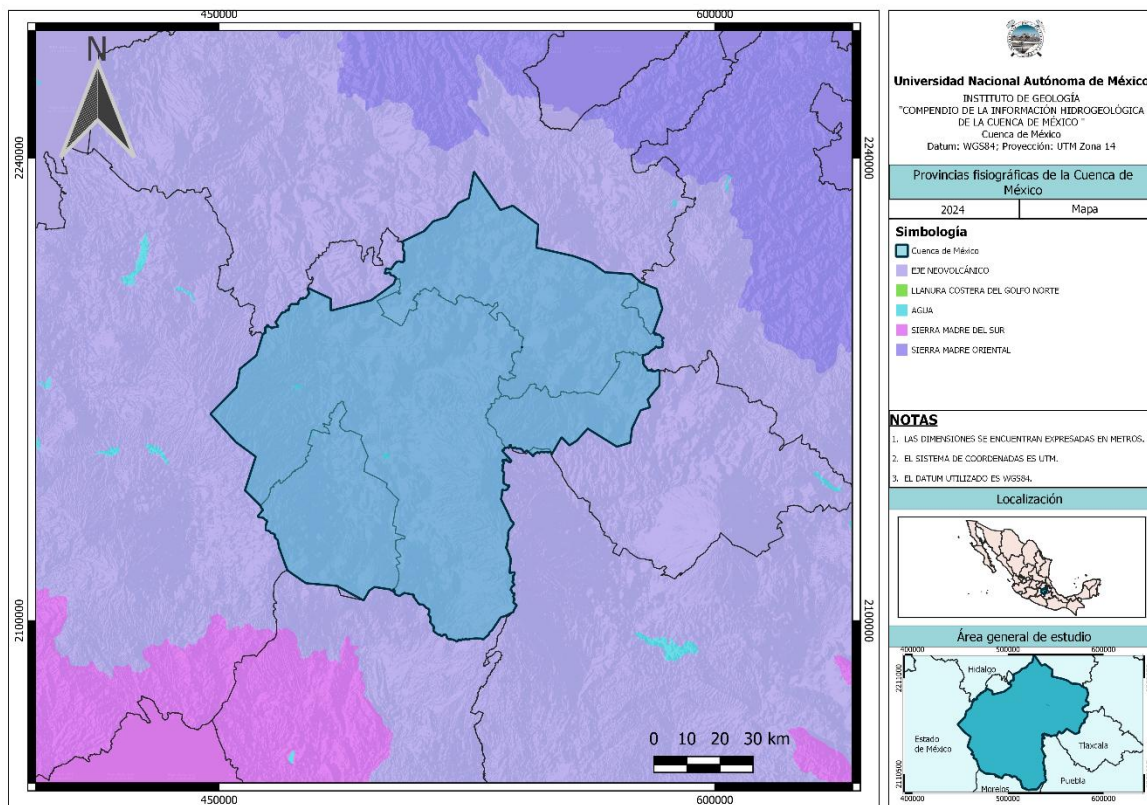
- a) Realizar un diagnóstico de la información de agua subterránea: geología, datos de cantidad y calidad, frecuencia de datos, acceso a la información.
- b) Integrar y homogeneizar la información, crear de redes de información; generar mapas y diagramas para elaborar el compendio del acuífero.

2. Marco físico

2.1 Fisiografía

La Cuenca de México es una entidad geomorfológica endorreica que se localiza en la región centro-oriental del Eje Neovolcánico, tiene una superficie de aproximadamente 9540 km², con una altura promedio de 2,240 m.s.n.m. Es una extensa planicie lacustre que se encuentra delimitada por cuatro sierras de origen volcánico, tiene una superficie aproximada de 7800 [Km²] y abarca parte de los estados de Hidalgo, México, Puebla, Tlaxcala, y Ciudad de México.

La Cuenca de México se localiza dentro de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico, que se divide a su vez en diferentes sub provincias, de las cuales la Cuenca de México abarca una porción. Estas subprovincias fisiográficas son: Lagos y Volcanes de Anáhuac (ocupando la mayoría de la cuenca), y Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo (ocupando solamente una porción pequeña del norte de la cuenca en el estado de Hidalgo).

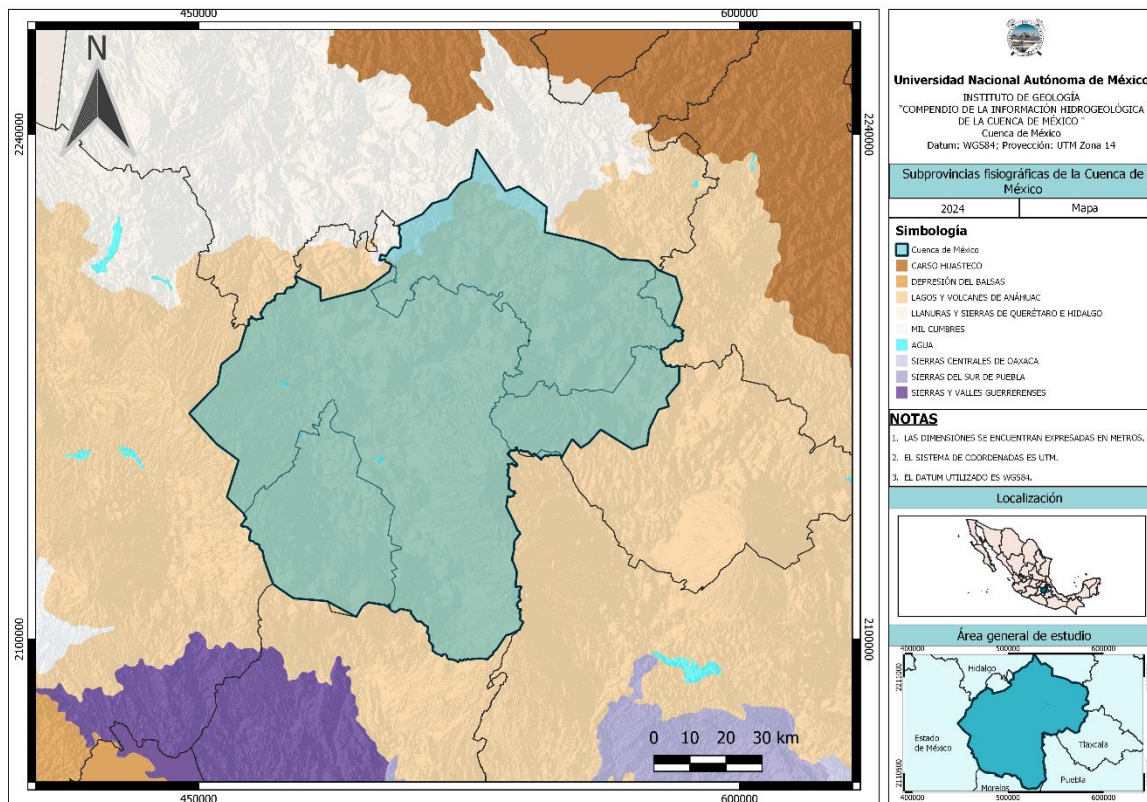


Mapa 1. Provincias fisiográficas de la Cuenca de México

El Eje Neovolcánico es un arco volcánico continental del Neógeno ubicado en el centro de México con una superficie de aproximadamente 160,000 km² y extensión de 1000 km entre las coordenadas 18° 30' y 21° 30'. Esta provincia yace sobre las placas de Cocos y Rivera, tiene una alta variación en su composición y diversidad de actividad volcánica, así como un régimen tectónico extensional intra-arco (Ferrari, 2012). Esta región está integrada por grandes sierras volcánicas y coladas de lava, conos dispersos, amplios escudos-volcanes de basalto y depósitos de arena y cenizas en extensas llanuras. Los volcanes más representativos son el Volcán de Colima, Nevado de Toluca, Iztaccíhuatl, Popocatepetl y Pico de Orizaba.

Por su parte, la subprovincia “Lagos y Volcanes de Anáhuac” que ocupa casi toda la totalidad de la Cuenca de México, se caracteriza por grandes sierras volcánicas en donde se pueden distinguir cinco unidades de relieve principales (Lizcano, 2017): La Sierra Nevada que incluye los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl que separan los valles de la Ciudad de México y Puebla, La Sierra de las Cruces que separa la cuenca de México y la del río Lerma, La cuenca del río Lerma y El Nevado de Toluca, que cierra al sur de la cuenca del río Lerma y se extiende desde la Sierra de las Cruces hasta una serie de cerros superiores a los 3,000 msnm. Así también, una región de menor tamaño, pero de igual relevancia, son los lomeríos que cierran por el norte la cuenca de México y que separan al Estado de México del de Hidalgo.

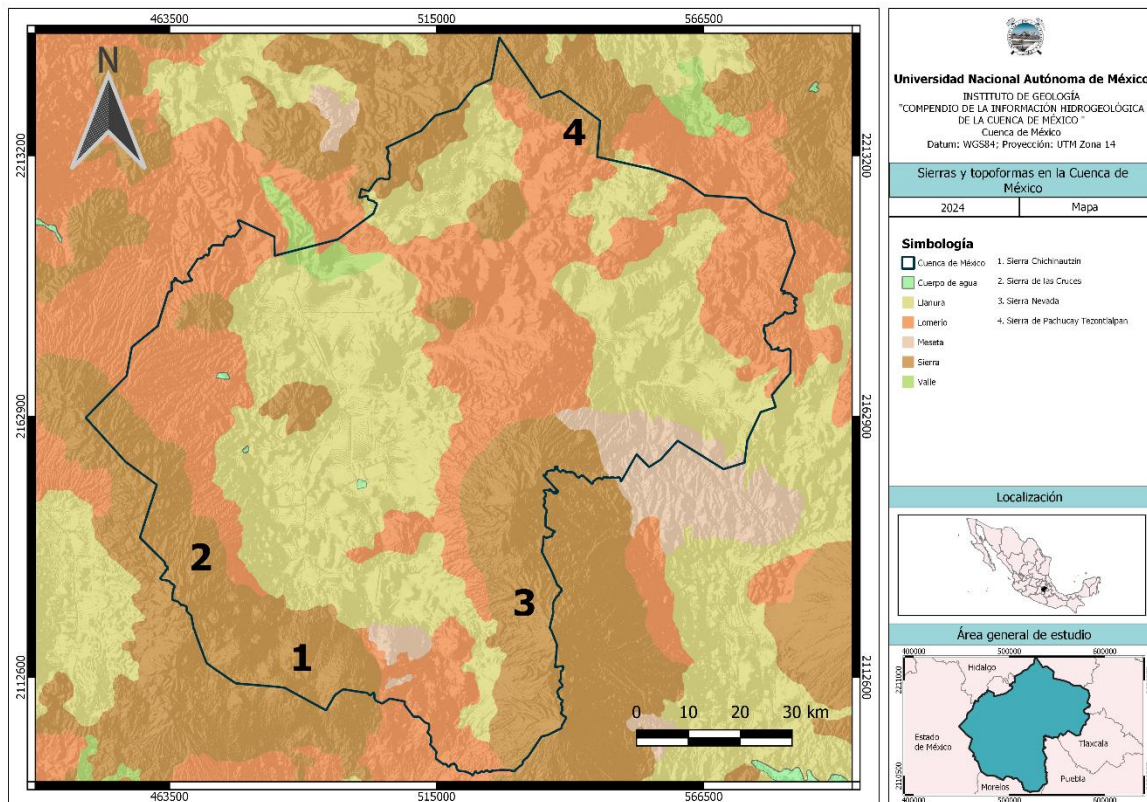
Por último, la subprovincia “Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo” sólo ocupa una parte de la Cuenca de México representada por la Sierra de Pachuca ubicada en la capital del estado. La sierra está formada por rocas volcánicas ácidas que separa las llanuras que se extienden al norte y noreste de Tulancingo (INEGI, 1992).



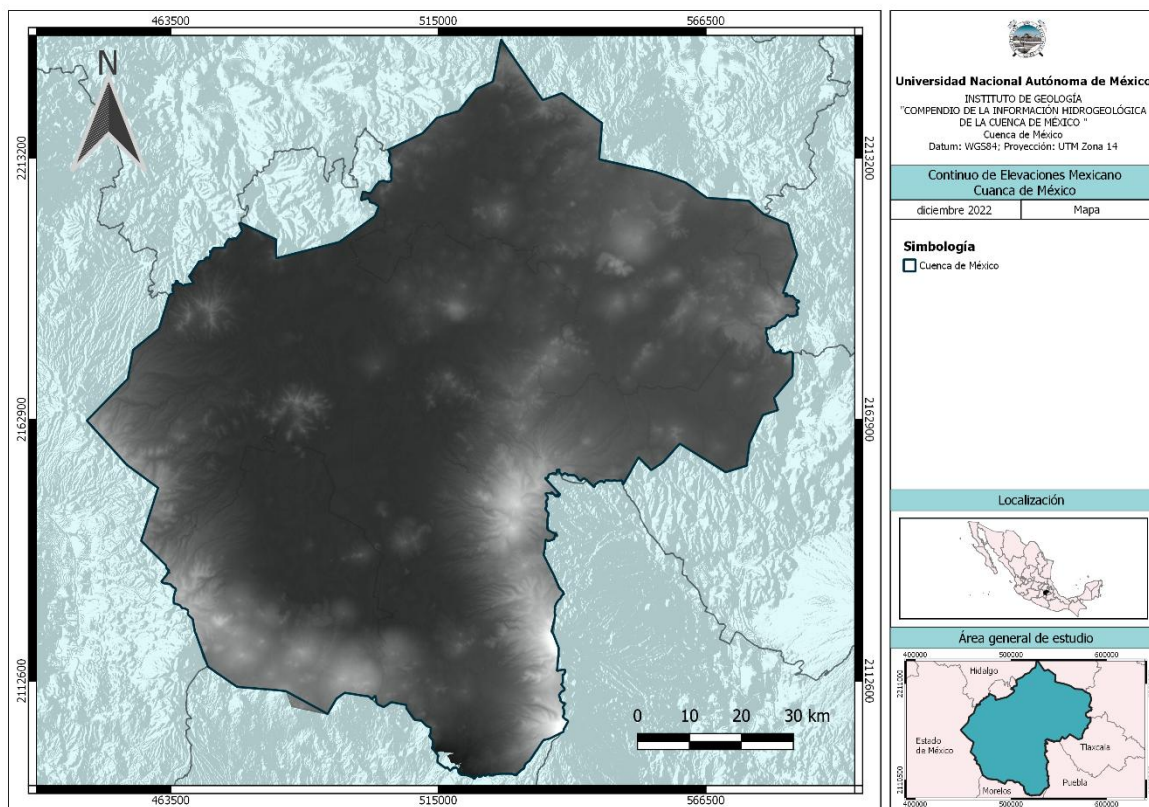
Mapa 2. Subprovincias fisiográficas de la Cuenca de México

A continuación, se describen las Sierras que delimitan la Cuenca de México.

1. Sierra Chichinautzin al sur, las edades más antiguas varían entre 1.2 y 0.9 Ma en su porción oeste y sur, y son menores de 0.04 Ma en su mayor parte.
2. Sierra de las Cruces al poniente, tiene una longitud de 110 km, y un ancho variable entre 47 km en su parte norte y 27 km en su parte sur, sus edades varían entre 3.7 y 0.7 Ma, por lo que es la sierra más antigua en la CM.
3. Sierra Nevada al oriente, tiene una longitud de 45 km y una altura máxima de 5454 m en el volcán Popocatepetl, sus edades varían entre 1.8 Ma a la actualidad.
4. Sierra de Pachuca y Tezontlalpan al norte.



Mapa 3. Sierras y topoformas en la Cuenca de México



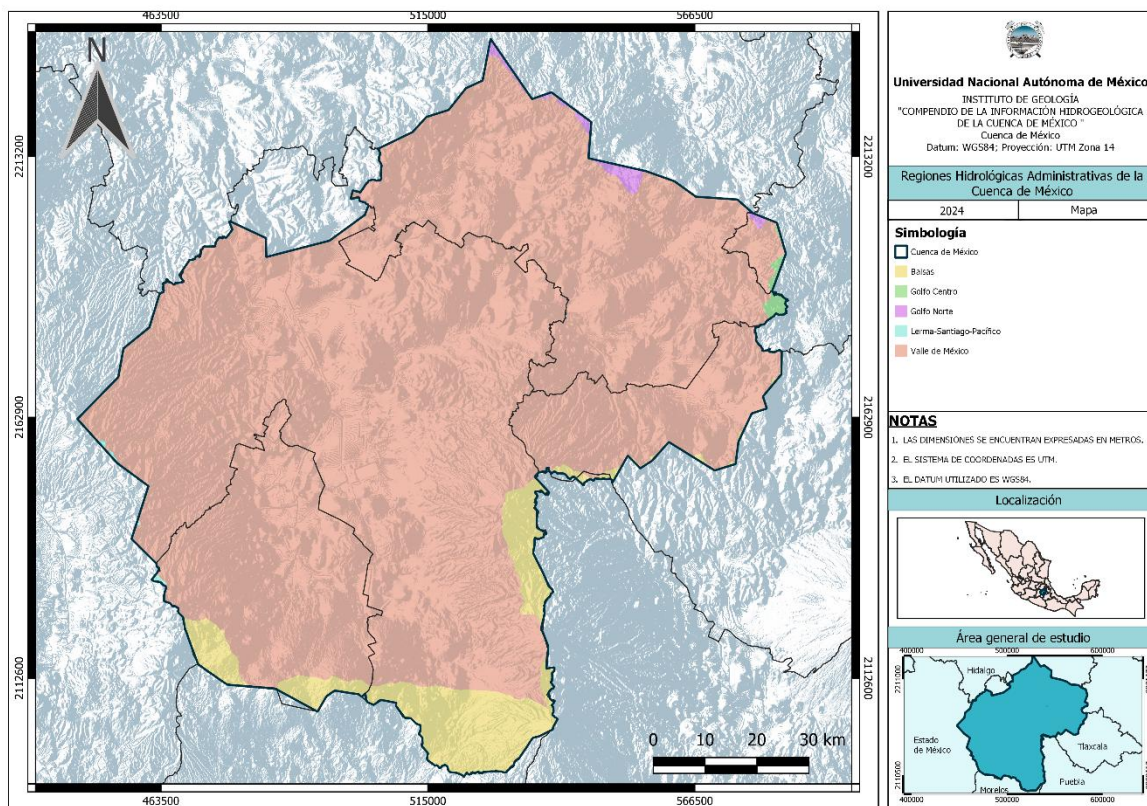
Mapa 4. Continuo de Elevaciones Mexicano en la Cuenca de México

La correcta denominación de esta depresión debe ser la de cuenca y no la de valle, como continuamente se le ha llamado. Cuenca y valle denotan depresiones topográficas de génesis diferentes: la cuenca es un hundimiento de orden tectónico (endógeno), en tanto que el valle corresponde a la depresión formada por la acción de un río (exógeno). Si bien la Cuenca de México tuvo un drenaje hacia el sur durante el terciario, esta condición fue modificada por acciones tectónicas que cerraron las salidas hasta crear una cuenca o fosa endorreica y, por tanto, al represar las aguas pluviales y fluviales.

2.2.1 Regiones Hidrológico-Administrativas

El gobierno de México ha establecido en Diario Oficial de la Federación en el año 2007 bajo la responsabilidad de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) el establecimiento de organismos de cuenca como unidades operativas encargadas de la administración del recurso hídricos denominándolas regiones hidrológicas administrativas.

La mayoría de la superficie de la Cuenca de México se gestiona a través de la Región Hidrológica Administrativa (RHA) XIII Aguas del Valle de México. En los límites sur, noreste y este se pueden encontrar porciones de las Regiones Hidrológicas Administrativas IV Balsas, VIII Golfo Norte y X Golfo Centro, respectivamente.



Mapa 5. Regiones Hidrológicas Administrativas de la Cuenca de México



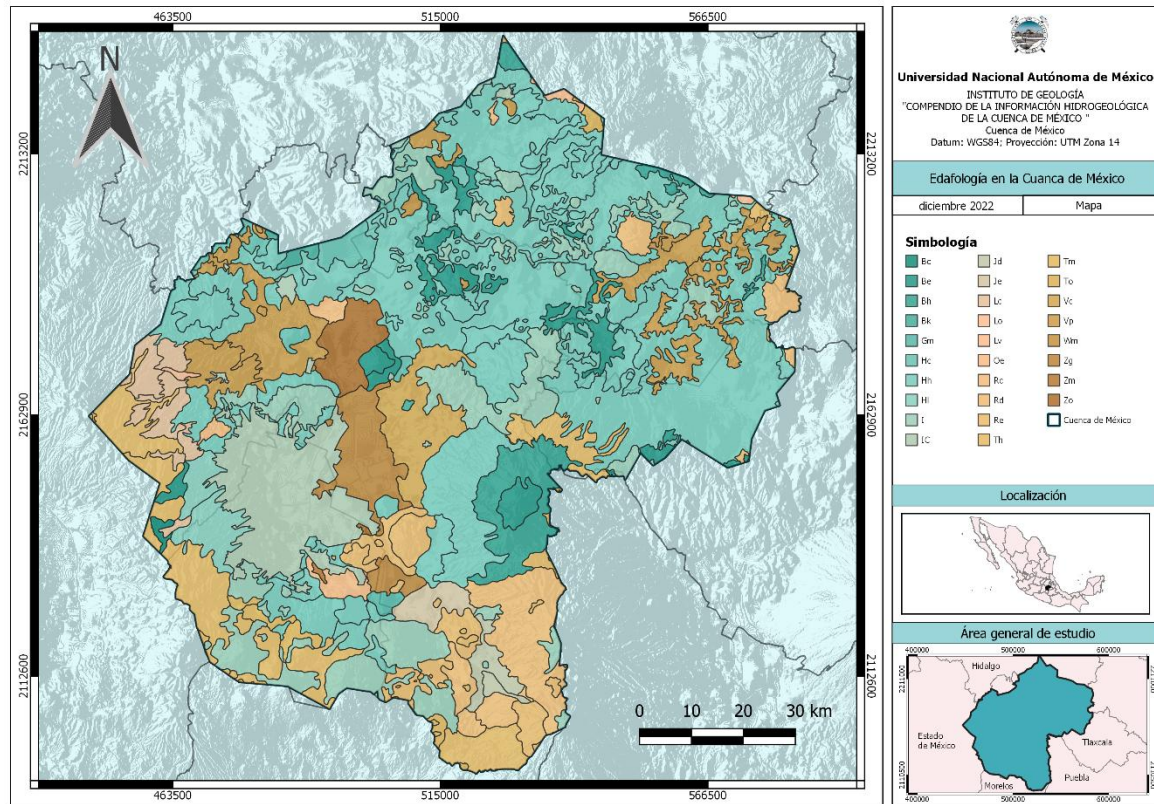
A continuación, se describe cada una de las RHAs que integran la Cuenca de México (Conagua, 2010).

Tabla 1. Descripción de las Regiones Hidrológicas Administrativas de la Cuenca de México

Región Hidrológica Administrativa (RHA)	Descripción
RHA XIII Aguas del Valle de México	Esta región abarca parte de los estados de Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala y la totalidad de la Ciudad de México. La Región Hidrológico-Administrativa Aguas del Valle de México tiene 40 municipios en su demarcación y una superficie de 16 438 km ² .
RHA IV Balsas	Se ubica en la zona central del país, sobre el eje Neovolcánico Transversal. Incluye en su totalidad al Estado de Morelos, parcialmente a los estados de Tlaxcala, Puebla, Estado de México, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Jalisco. Son 442 los municipios que quedan comprendidos en la región. La sede administrativa está en Cuernavaca, Morelos. Cuenta con una superficie de 119 247 km ² .
RHA VIII Golfo Norte	La región está conformada por 154 municipios de ocho entidades federativas: Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Querétaro y parte de Nuevo León. La ciudad sede es Ciudad Victoria, Tamaulipas. La región tiene una superficie de 127 867 km ² , correspondiente al 6.5% del territorio nacional.
RHA X Golfo Centro	Está compuesta de los estados de Hidalgo, Oaxaca, Puebla y Veracruz. Tiene su sede en Xalapa, Veracruz. Cuenta con una superficie de 104 790 km ² .

2.2 Edafología

En el siguiente mapa, se muestra la distribución espacial de los tipos de suelo en la Cuenca de México.



Mapa 6. Distribución del tipo de suelo en la Cuenca de México

Tabla 2. Tipos de suelo en la Cuenca de México

Tipo de Suelo	Descripción	Descripción textural	Descripción Fase física	Descripción Fase química	Área (km2)
Bc	CAMBISOL CROMICO	MEDIA	ND	ND	14
Be	CAMBISOL EUTRICO	MEDIA	ND	ND	134
Be	CAMBISOL EUTRICO	MEDIA	LITICA PROFUNDA	ND	72
Be	CAMBISOL EUTRICO	MEDIA	DURICA PROFUNDA	ND	87
Be	CAMBISOL EUTRICO	MEDIA	DURICA	ND	125
Be	CAMBISOL EUTRICO	GRUESA	PEDREGOSA	ND	23
Be	CAMBISOL EUTRICO	GRUESA	DURICA	ND	24
Bh	CAMBISOL HUMICO	MEDIA	LITICA	ND	136
Bh	CAMBISOL HUMICO	MEDIA	ND	ND	457
Bk	CAMBISOL CALCICO (calcarico)	MEDIA	DURICA	ND	102



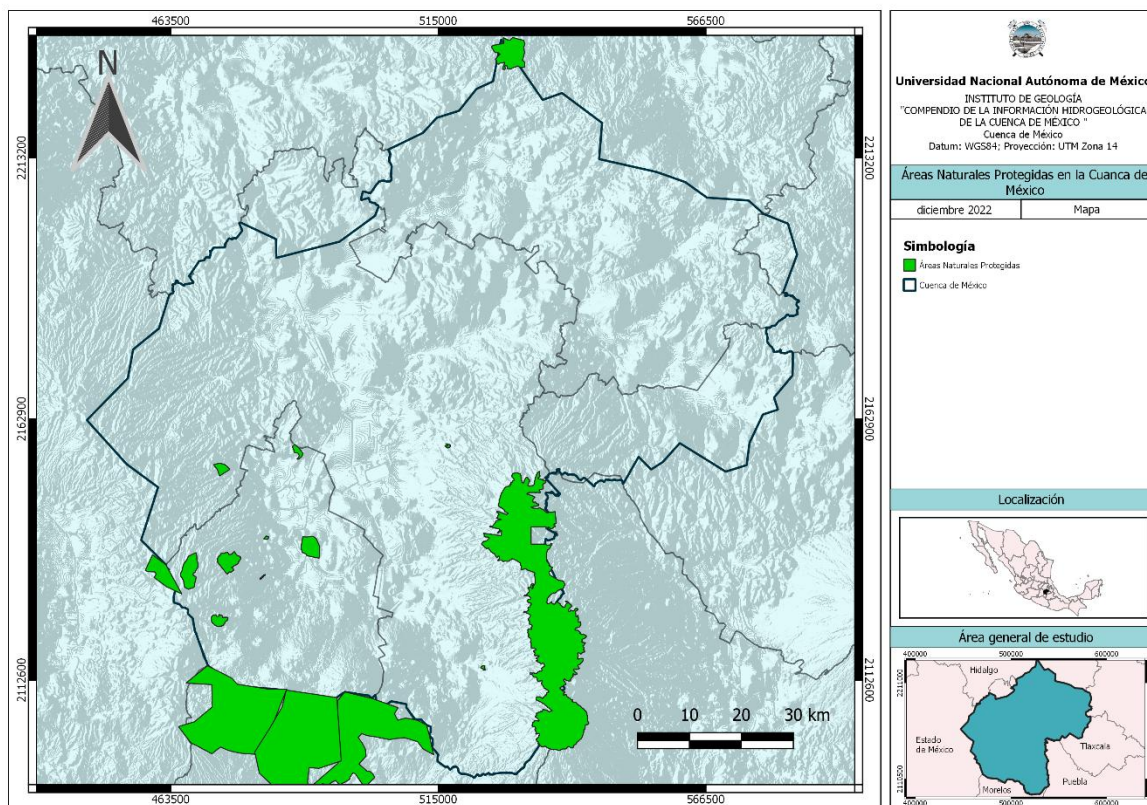
Tipo de Suelo	Descripción	Descripción textural	Descripción Fase física	Descripción Fase química	Área (km2)
Gm	GLEYSOL MOLICO	MEDIA	ND	SALINA SODICA	21
Hc	FEOZEM CALCARICO	FINA	DURICA PROFUNDA	ND	2
Hc	FEOZEM CALCARICO	MEDIA	DURICA	ND	239
Hc	FEOZEM CALCARICO	MEDIA	DURICA PROFUNDA	ND	7
Hc	FEOZEM CALCARICO	MEDIA	DURICA PROFUNDA	FUERTEMENTE SALINA	182
Hh	FEOZEM HAPLICO	FINA	DURICA	ND	131
Hh	FEOZEM HAPLICO	FINA	DURICA PROFUNDA	ND	19
Hh	FEOZEM HAPLICO	FINA	LITICA	ND	95
Hh	FEOZEM HAPLICO	FINA	ND	ND	34
Hh	FEOZEM HAPLICO	FINA	ND	SALINA	22
Hh	FEOZEM HAPLICO	GRUESA	ND	ND	14
Hh	FEOZEM HAPLICO	MEDIA	DURICA	FUERTEMENTE SODICA	12
Hh	FEOZEM HAPLICO	MEDIA	DURICA	ND	2203
Hh	FEOZEM HAPLICO	MEDIA	DURICA PROFUNDA	ND	698
Hh	FEOZEM HAPLICO	MEDIA	GRAVOSA	ND	2
Hh	FEOZEM HAPLICO	MEDIA	LITICA	ND	1043
Hh	FEOZEM HAPLICO	MEDIA	ND	SALINA	9
Hh	FEOZEM HAPLICO	MEDIA	ND	ND	353
Hh	FEOZEM HAPLICO	MEDIA	PEDREGOSA	ND	92
Hi	FEOZEM LUVICO	FINA	ND	ND	34
Hi	FEOZEM LUVICO	MEDIA	DURICA PROFUNDA	ND	13
Hi	FEOZEM LUVICO	MEDIA	LITICA	ND	58
Hi	FEOZEM LUVICO	MEDIA	ND	ND	112
I	LITOSOL	GRUESA	ND	ND	72
I	LITOSOL	MEDIA	ND	ND	1896
IC	ND	ND	PETROCALCICA	ND	683
Jd	FLUVISOL DISTRICO	GRUESA	GRAVOSA	ND	68
Jd	FLUVISOL DISTRICO	GRUESA	LITICA PROFUNDA	ND	18
Je	FLUVISOL EUTRICO	GRUESA	GRAVOSA	ND	83
Lc	LUVISOL CROMICO	FINA	ND	ND	11
Lc	LUVISOL CROMICO	MEDIA	DURICA PROFUNDA	ND	59
Lc	LUVISOL CROMICO	MEDIA	LITICA PROFUNDA	ND	18
Lc	LUVISOL CROMICO	MEDIA	ND	ND	186
Lo	LUVISOL ORTICO	MEDIA	LITICA	ND	33
Lo	LUVISOL ORTICO	MEDIA	ND	ND	7
Lv	LUVISOL VERTICO	FINA	ND	ND	206
Oe	HISTOSOL EUTRICO	MEDIA	ND	SALINA-FUERTEMENTE SODICA	45
Rc	REGOSOL CALCARICO	GRUESA	ND	ND	28
Rc	REGOSOL CALCARICO	MEDIA	LITICA	ND	15
Rd	REGOSOL DISTRICO	GRUESA	ND	ND	21
Rd	REGOSOL DISTRICO	GRUESA	GRAVOSA	ND	91
Rd	REGOSOL DISTRICO	MEDIA	LITICA	ND	183



Tipo de Suelo	Descripción	Descripción textural	Descripción Fase física	Descripción Fase química	Área (km2)
Rd	REGOSOL DISTRICO	MEDIA	PEDREGOSA	ND	126
Rd	REGOSOL DISTRICO	MEDIA	ND	ND	485
Re	REGOSOL EUTRICO	GRUESA	GRAVOSA	ND	71
Re	REGOSOL EUTRICO	GRUESA	ND	ND	87
Re	REGOSOL EUTRICO	GRUESA	PEDREGOSA	ND	108
Re	REGOSOL EUTRICO	MEDIA	DURICA PROFUNDA	ND	9
Re	REGOSOL EUTRICO	MEDIA	GRAVOSA	ND	8
Re	REGOSOL EUTRICO	MEDIA	LITICA	ND	103
Re	REGOSOL EUTRICO	MEDIA	ND	ND	4
Th	ANDOSOL HUMICO	MEDIA	GRAVOSA	ND	1
Th	ANDOSOL HUMICO	MEDIA	LITICA	ND	630
Th	ANDOSOL HUMICO	MEDIA	LITICA PROFUNDA	ND	96
Th	ANDOSOL HUMICO	MEDIA	ND	ND	704
Th	ANDOSOL HUMICO	MEDIA	PEDREGOSA	ND	369
Tm	ANDOSOL MOLICO	FINA	LITICA	ND	9
Tm	ANDOSOL MOLICO	MEDIA	LITICA	ND	25
Tm	ANDOSOL MOLICO	MEDIA	ND	ND	376
To	ANDOSOL OCRICO	MEDIA	ND	ND	120
To	ANDOSOL OCRICO	MEDIA	GRAVOSA	ND	31
Vc	VERTISOL CROMICO	FINA	ND	ND	253
Vp	VERTISOL PELICO	FINA	DURICA	ND	169
Vp	VERTISOL PELICO	FINA	DURICA PROFUNDA	ND	115
Vp	VERTISOL PELICO	FINA	LITICA	ND	5
Vp	VERTISOL PELICO	FINA	ND	ND	410
Vp	VERTISOL PELICO	FINA	PEDREGOSA	ND	6
Vp	VERTISOL PELICO	MEDIA	LITICA	ND	13
Wm	PLANOSOL MOLICO	FINA	DURICA	ND	11
Wm	PLANOSOL MOLICO	MEDIA	ND	ND	19
Zg	SOLONCHAK GLEYICO	FINA	ND	SALINA SODICA	268
Zg	SOLONCHAK GLEYICO	FINA	ND	SALINA-FUERTEMENTE SODICA	1
Zm	SOLONCHAK MOLICO	FINA	ND	SALINA	3
Zm	SOLONCHAK MOLICO	MEDIA	ND	SALINA-FUERTEMENTE SODICA	4
Zo	SOLONCHAK ORTICO	MEDIA	ND	SALINA-FUERTEMENTE SODICA	153

2.3 Áreas Naturales Protegidas

En el siguiente mapa se representan 15 Área Naturales Protegidas en la Cuenca de México, con una cobertura de 1100 km² aproximadamente.



Mapa 7. Distribución de las Áreas Naturales Protegidas en la Cuenca de México



En la siguiente tabla, se enlista el nombre de las Áreas Naturales Protegidas, el Estado y Municipio en el que se encuentran, así como su extensión.

Tabla 3. Áreas Naturales Protegidas de la Cuenca de México

NOMBRE	ESTADOS	MUNICIPIOS	Área [Km ²]
Cerro de La Estrella	Ciudad de México	Iztapalapa	11.8332725
Corredor Biológico Chichinautzin	Ciudad de México, Morelos y Estado de México	Ciudad de México: Tlalpan y Milpa Alta; Morelos: Huitzilac, Cuernavaca, Tepoztlán, Tlalnepantla, Yautepec, Tlayacapan, Totolapan y Atlahuacan; México: Ocuilan, Tianguistenco y Juchitepec	373.021813
Cumbres del Ajusco	Ciudad de México	Tlalpan	5.0138575
Desierto de los Leones	Ciudad de México	Cuajimalpa de Morelos y Álvaro Obregón	15.2393666
El Histórico Coyoacan	Ciudad de México	Coyoacan	0.3976905
El Tepeyac	Ciudad de México y Estado de México	Ciudad de México: Gustavo A. Madero; Edo. de México: Tlalnepantla de Baz	2.49450401
El Tepozteco	Morelos y Ciudad de México	Morelos: Cuernavaca, Tepoztlán, Huitzilac, Yautepec y Tlalnepantla; Ciudad de México: Milpa Alta	232.585608
Fuentes Brotantes de Tlalpan	Ciudad de México	Tlalpan	0.22027545
Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla	Estado de México y Ciudad de México	Edo. de México: Ocoyoacac, Lerma y Huixquilucan; Ciudad de México: Cuajimalpa de Morelos	18.8996561
Iztaccíhuatl-Popocatepetl	Estado de México, Puebla y Morelos	Edo. de México: Texcoco, Ixtapaluca, Chalco, Tlalmanalco, Amecameca, Atlautla, Ecatzingo; Morelos: Tetela del Volcán; Puebla: San Salvador El Verde, Huejotzingo, San Nicolás de los Ranchos, Tlahuapan y Tochimilco	398.190862
Lomas de Padierna	Ciudad de México	Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Tlalpan	11.6119679
Los Remedios	Estado de México	Naucalpan de Juárez	4.00163194
Molino de Flores Netzahualcoyotl	Estado de México	Texcoco	0.49272744
Sacromonte	Estado de México	Amecameca y Ayapango	0.45301446
El Chico	Hidalgo	Mineral del Chico, Mineral del Monte y Pachuca de Soto	27.3969675



2.4 Geología

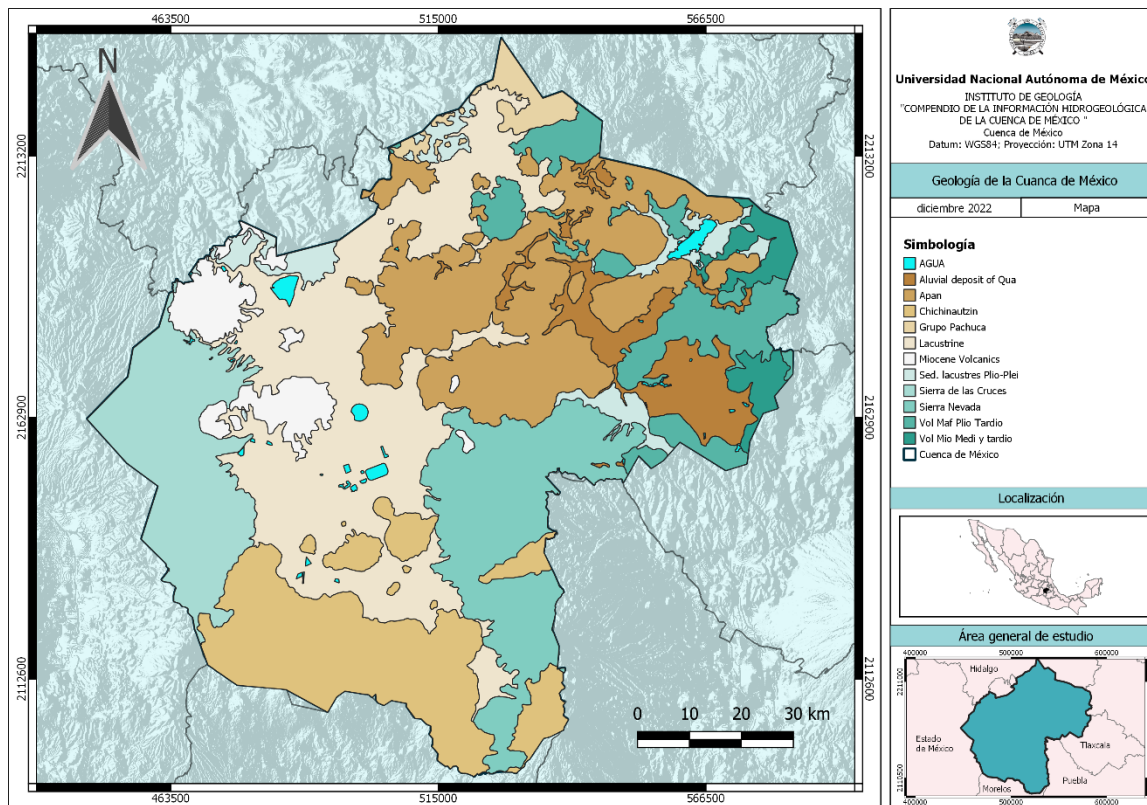
En la Cuenca de México, existen sistemas de fallas que muestran orientaciones preferenciales E-W y NE-SW., dichas fallas están asociadas a las cadenas montañosas de origen volcánico que delimitan la cuenca.

El sector sur de la cuenca está limitado por los sistemas de fallas normales Xochimilco y Xicomulco, con orientación E-W, cuyo bloque caído está al norte (García-Palomo et al., 2008). Al sur del sistema Xochimilco, de forma aproximadamente paralela se ubica el sistema de fallas normales de La Pera, cuyo bloque de techo ubicado hacia Cuernavaca, Morelos (Delgado-Granados et al., 1995; Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005) define el pilar tectónico de Chichinautzin (Siebe et al., 2004b; Colín-Rodríguez, 2006). La Sierra de las Cruces está constituida por tres bloques delimitados por fallas con dirección aproximada E-W: las fallas de Ixtlahuaca y Otomí limitan el bloque norte y central, la falla Contreras con dirección NE-SW forma parte del bloque central, mientras que la falla Xochimilco podría delimitar el bloque meridional (García-Palomo et al., 2008) (Figura 2). En la zona interna de la cuenca se ha documentado una falla normal con dirección preferencial NW-SE que cruza la Ciudad de México, a la que se ha denominado Falla de Mixhuca, cuyo bloque caído corresponde al segmento poniente (Pérez-Cruz, 1988) y un sistema de fallas y lineamientos regionales con orientación NE-SW denominado zona de cizallamiento Tenochtitlan (de Cserna et al., 1988; Aguayo-Camargo et al., 1989; Santoyo-Villa et al., 2005), del que forma parte el graben de Santa Catarina (Arce et al., 2013a).

Birkle, P. (2015) menciona que de manera simplificada se pueden distinguir las siguientes unidades litológicas en el Valle de México:

- Arcillas lacustres
- Piroclástitas volcánicas
- Lavas volcánicas
- Carbonatos cretácicos

A continuación, se muestra la distribución espacial de los tipos de roca en la Cuenca de México.



Mapa 8. Distribución de las formaciones geológicas en la Cuenca de Cuenca de México



En la Tabla se presenta información descriptiva de cada litología que integra la superficie de la Cuenca de México.

Tabla 4. Descripción de los tipos de litología presente en la Cuenca de México

Era	Periodo	Edad	Litología	Descripción
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Andesita-Basalto Qho(A-B)	La formación de estas rocas se considera como producto de una actividad volcánica efusiva y estromboliana. Constituye los derrames del volcán La Guadalupana y se encuentra aflorando como pequeños conos volcánicos en la porción noroeste de la Cuenca de México (Secretaría de Economía, 2000)
			Aluvial Qho(al)	Depósitos aluviales conformados de gravas, arenas, cenizas y arcillas originados de la erosión hídrica de los aparatos volcánicos. Se observan arcillas desarrolladas a partir de tobas y cenizas volcánicas depositadas en agua, con horizontes de turba y de tierra diatomácea (Secretaría de Economía, 2000)
			Lahar-Toba andesítica Qho(Lh-TA)	Pertenece a la Formación Tlayecac. La unidad se encuentra aflorando en toda la porción sur del volcán Popocatepetl. Se encuentra principalmente constituida por material muy mal clasificado, que fue depositado por corrientes de lodo provenientes del Popocatepetl. Estos materiales se clasifican como tobas híbridas, ya que junto con el material piroclástico forman terrígenos que van desde 1m hasta el tamaño de la arcilla (Ordáz, 1977).
			Toba andesítica Qho(TA)	Esta unidad se encuentra al oriente de Atlacomulco, Edo. de México y constituye la mayor parte del volcán Jocotitlán. Consiste en tobas de composición dacítica andesítica. Los piroclásticos se presentan como depósitos volcánicos de toba de ceniza y lapilli, con abundante cantidad de pómez. Los derrames andesíticos son de gris claro con textura amigdaloides de calcita y presenta una estructura compacta y ligera por el escape de gases (Sánchez, 1986).
		Pleistoceno	Andesita-Dacita Q(A-Da)	Llamada también Formación Popocatepetl, se describen un miembro inferior y superior. El miembro inferior está compuesto por andesitas de color gris claro, esencialmente afaníticas. Se presentan en forma masiva, con capas poco definidas. El miembro superior en las andesitas porfídicas está compuesto por abundantes fenocristales de plagioclasa sódica con mesostásis vítrea (Carrasco, 1985).
			Basalto-Andesita Q(B-A)	Esta unidad se denomina "Formación Chichinautzin", que está compuesta por basaltos y andesitas basálticas, aflora al sur de la Cuenca de México, entre las Sierras Nevada y Sierra de Las Cruces. Se presentan basaltos con cuarzo, basaltos sin olivino, andesitas basálticas, andesitas de anfíboles y piroxenos y piedra pómez cuarcífera y sin cuarzo (Mooser, 1961).
			Andesita-Basalto Qpt(A-B)	Conocida como Andesita Atlacomulco y Basalto Metates. Se refiere a una secuencia de derrames y brechas volcánicas de composición andesítico-basáltico, que afloran en la periferia de Atlacomulco, Edo. de México. Se trata de un afloramiento irregular compuesto por una intercalación de derrames de composición basáltica y depósitos piroclásticos escoriaceos (Sánchez, 1984).

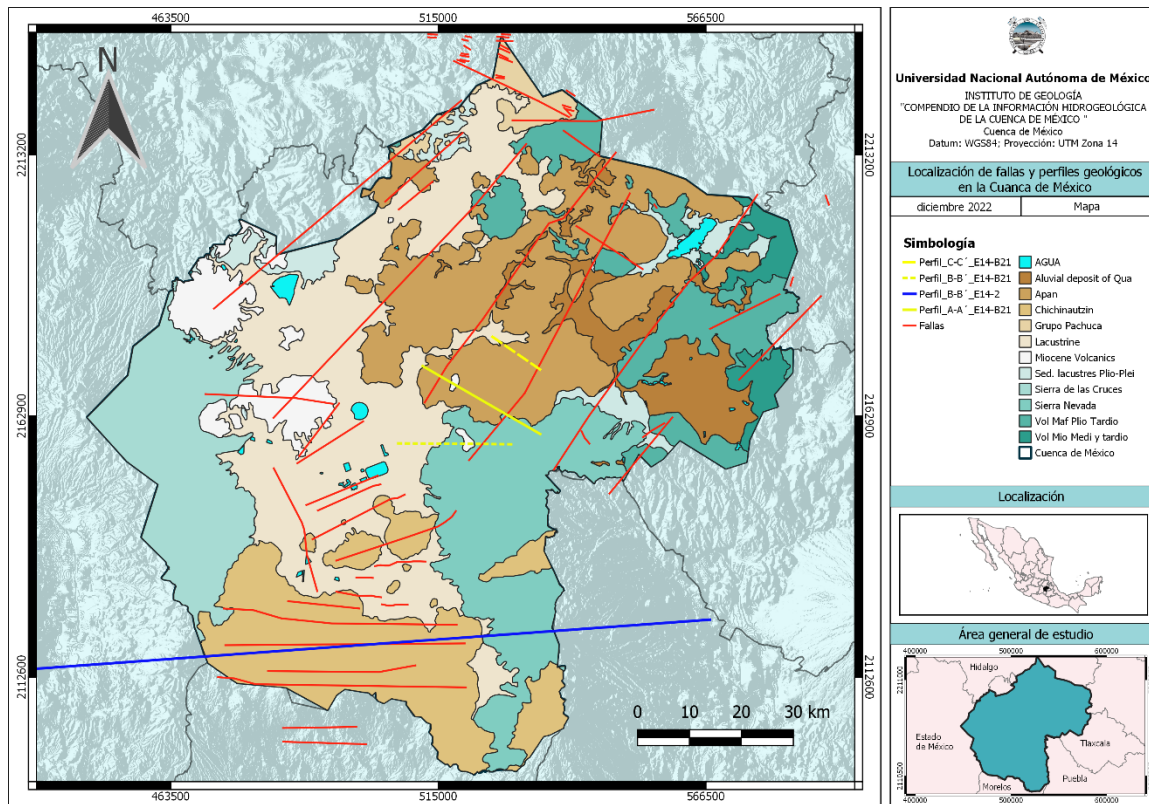


Era	Periodo	Edad	Litología	Descripción
	Neógeno	Plioceno	Toba andesítica-Andesita Qpt(TA-A)	Estas rocas se distribuyen en la porción nororiental de la carta abarcando los poblados de Cd. Sahagún, Tizayuca, Apizaco y los alrededores de Chignahuapan. Está constituida principalmente por depósitos piroclásticos asociados a conos cineríticos y derrames de composición andesítica-basáltica relacionados a un vulcanismo monogenético (Fries, 1962).
			Andesita TplQpt(A)	Perteneciente a la Formación Iztaccíhuatl, son andesitas porfídicas de piroxeno con textura porfídica y componentes de oligoclasa y albita en un 25% (Mooser, 1962).
			Andesita-Dacita TplQpt(A-Da)	Pertenecientes a la Formación Tláloc, es un conjunto de derrames riolíticos que forman la parte principal de la sierra de Río Frío, constituidos por rocas porfídicas mesocráticas. Las rocas que constituyen a estos son tobas de color gris, siendo las más inferiores de color más oscuro. Todas las rocas presentan una textura porfídica, los derrames superiores son de grano grueso, mientras que en la parte media e inferior son de grano medio (Schlaepfer, 1968)
			Lacustre TplQpt(la)	Conocida como la Formación Calpulalpan, se localiza en los inferiores de la Sierra de Calpulalpan y en el flanco norte de la Sierra de Río Frío. Consiste en fragmentos andesíticos gruesos, angulosos y subangulosos, del tamaño de arenas, gravas, matatenas y grandes cantos rodados; la parte media consiste de horizontes de arena de color rosa y depósitos de clásticos gruesos y la parte superior está compuesta por horizontes delgados de vidrio volcánico pumítico y de ceniza volcánica de color amarillento (Ledezma, 1987).
			Andesita Tpl(A)	Esta litología forma parte del Campo Volcánico Guadalupe-Sierra La Muerta. Se encuentran aflorando en la periferia de la formación Chiquihuite en la Sierra La Muerta. Estas rocas presentan coloraciones de gris oscuro a rojizo y de texturas afaníticas, conformada por plagioclasas e intercaladas con tobas de similar composición (Secretaría de Economía, 2000).
			Andesita-Dacita Tpl(A-Da)	Conocida como Andesitas La Peña, es una andesita de textura afanítica a porfídica con minerales de plagioclasa sódica y hornblenda. Estas rocas constituyen las prominencias más sobresalientes del Valle de los Espejos, como el cerro La Peña y el cerro El Colmilludo, Acambay, Edo. de México, ambos constituidos por domos de composición andesítica, dacítica y tobas de la misma composición (Galindo & Quintana, 1983).
			Lahar-Toba andesítica Tpl(Lh-TA)	Esta unidad pertenece a la Secuencia Volcánica de San Antonio que consiste en lahares y tobas andesíticas. Las tobas andesíticas se presentan estratificadas de color beige y pardo amarillento. Los lahares se caracterizan por tener clastos de dacita y pómez en una matriz arenoso (García-Palomo, 1998).
			Riolita-Toba dacítica Tpl(R-TDa)	Pertenece a la Secuencia Piroclástica de Ñado y se encuentra expuesta en las cercanías de Jilotepec, Acambay y San Juan Cuajomulco, Edo. de México. Esta secuencia está compuesta por productos piroclásticos constituidos por cenizas, derrames de pómez e ignimbritas.



Era	Periodo	Edad	Litología	Descripción
				Las cenizas son generalmente de color gris violáceo con manchas blancas, material semicompacto, mal consolidado y los derrames de pómez son de color gris claro semicompactos. Los derrames de ignimbritas están representados por riolitas y riodacitas de color gris claro y con presencia de cuarzo, feldespato y plagioclasa (Silva, 1997).
			Toba andesítica-Andesita Tpl(TA-A)	La unidad se encuentra al este del Valle de Acambay, Edo. de México, sobre la falda oriental del Volcán Temascalcingo. Consiste en rocas piroclásticas principalmente de tobas y brechas volcánicas de composición andesítica dacítica, caracterizadas por presentar una pseudoestratificación subhorizontal. Las andesitas tienen una matriz afanítica con fenocristales de feldespato (Galindo & Quintana, 1983).
		Mioceno	Andesita-Dacita Tm(A-Da)	Esta unidad aflora en el noroeste de la Cuenca de México, cerca de pequeñas serranías al norte de Atlacomulco. Las andesitas son de color gris con textura porfídica, fenocristales de plagioclasa y cristales de biotita. Las dacitas son de color gris con manchas ocre y presentan cristales de cuarzo, feldespato y minerales arcillosos (Sánchez, 1984).
			Riodacita Tm?(Rd)	Conjunto de derrames riodacíticos, constituidos por rocas porfídicas mesocráticas. La litología de esta unidad consiste en una roca de color rojizo parda con manchas blancas y ocre, de estructura compacta (fluidal), textura porfídica, con minerales como el cuarzo, feldespatos y ferromagnesianos alterados (Schlaepfer, 1968)

En el siguiente mapa, además de la geología se muestra la distribución de fallas geológicas y la localización de perfiles geológicos. La distribución espacial de las fallas es auxiliar para comprender el movimiento del flujo subterránea de agua.



Mapa 9. Distribución de las formaciones, perfiles y fallas geológicas en la Cuenca de Cuenca de México

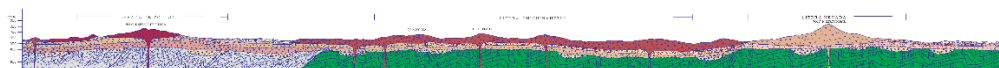


Imagen 1. Perfil B-B' de la carta geológica E14-2

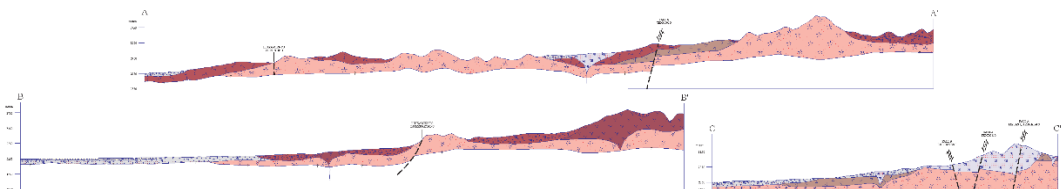
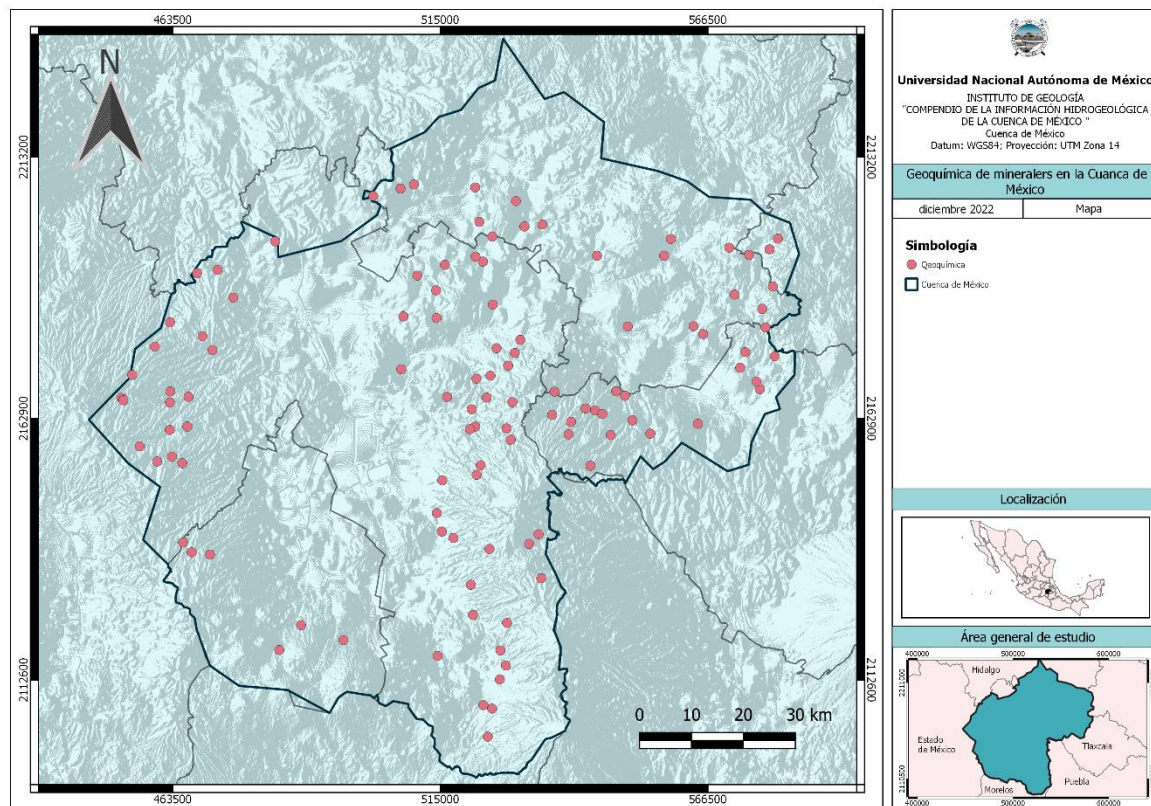


Imagen 2. Perfiles A-A', B-B' y C-C' de la carta geológica E14-B21

2.4.1 Geoquímica

En el cuanto al análisis geoquímico, se analizaron elementos y compuestos tales como: hierro, galio, magnesio, manganeso, molibdeno, níquel, oro, plata, plomo, fósforo, potasio, selenio, sodio, antimonio, escandio, estaño, estroncio, talio, telurio, aluminio, berilo, bismuto, bario, cadmio, calcio, cobalto, cobre, cromo, uranio, tungsteno, zinc y arsénico. Estos datos se pueden encontrar detallados en el Anexo Geoquímica.

A diferencia de otros parámetros, hay una ausencia de datos en la porción centro-oeste de la cuenca de México, así como en la sierra Guadalupe y Santa Catarina. Hay muy poca densidad de datos en la Sierra De las Cruces y Chichinautzin. El conocer la composición de las rocas es de utilidad, ya que a través de modelación hidrogeoquímica, se puede saber el tipo de rocas por las que ha circulado el agua, brindando así datos para apoyar otros estudios y poder determinar las posibles trayectorias de flujo y definición de zonas de recarga.



Mapa 10. Localización de puntos muestreados para análisis geoquímico en la Cuenca de México

2.5 Clima

El clima en una región específica se refiere a la descripción de las condiciones atmosféricas en largos plazos de tiempo. Para definir el clima de una región se desarrolla una descripción estadística con datos recopilados de al menos treinta años de precipitación, temperatura, humedad, velocidad del viento, etc, los cuales se denominan *normales climatológicas* (NOAA, 2018). Asimismo, se tienen que observar las condiciones de nubosidad, trayectoria de los huracanes, masas de aire frío, etc (INECC, 2018).

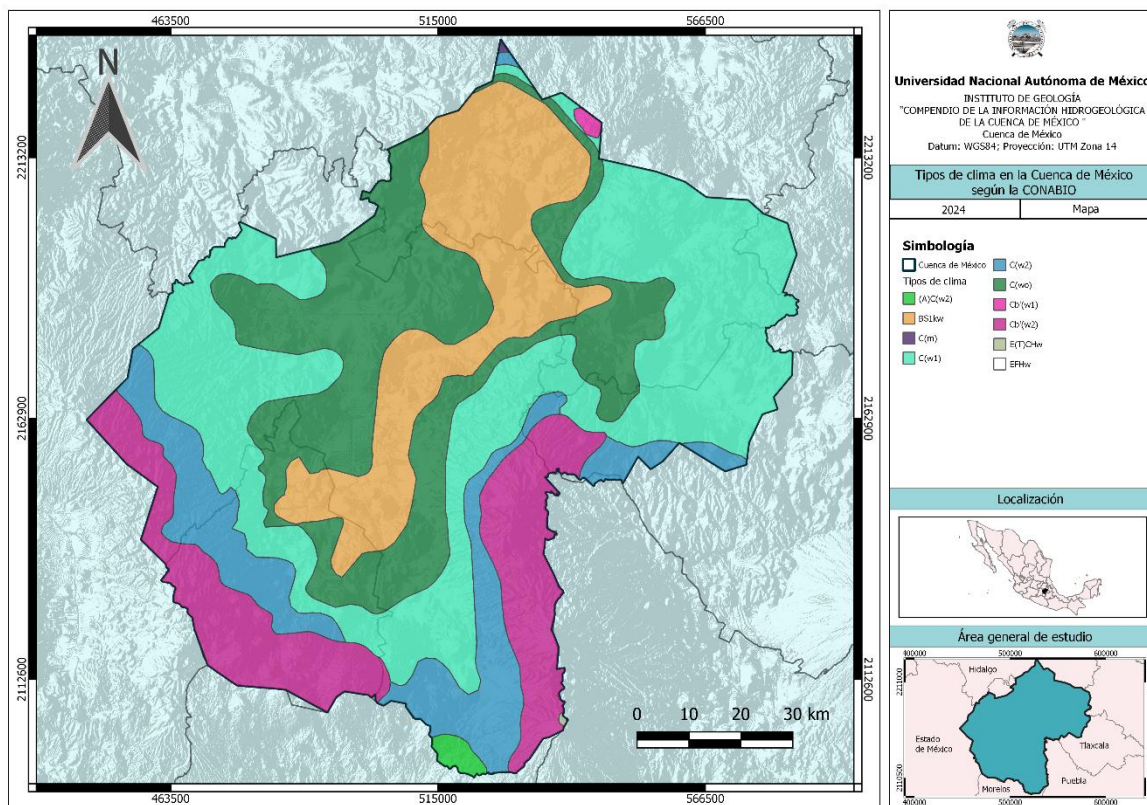
Esta descripción nos proporciona información valiosa sobre las condiciones esperadas a lo largo de las estaciones del año en una región; sin embargo, esta no nos provee información sobre su variación específica en un día determinado. Por el contrario, el estado de tiempo se refiere a la variación de las condiciones atmosféricas que suceden en una región en plazos cortos de tiempo (horas, días y semanas). La observación diaria de estas variaciones conformará a lo largo del tiempo las condiciones promedio de una región en específico (NOAA, 2018).

En cuanto a la descripción del clima, se ha desarrollado el sistema de clasificación climática de Köppen que agrupa características relacionadas con el comportamiento de la temperatura y precipitación en distintas partes del mundo resultando en cinco tipos de clima principales. Relacionado a esto, en 1964, Enriqueta García propuso una modificación a este sistema adoptada a las condiciones particulares de la República Mexicana.

La Cuenca de México con su superficie de 9219.29 km² alberga seis tipos de climas según la modificación realizada por Enriqueta García (Tabla 1).

Tabla 5. Tipos de clima en la Cuenca de México (García, 2001).

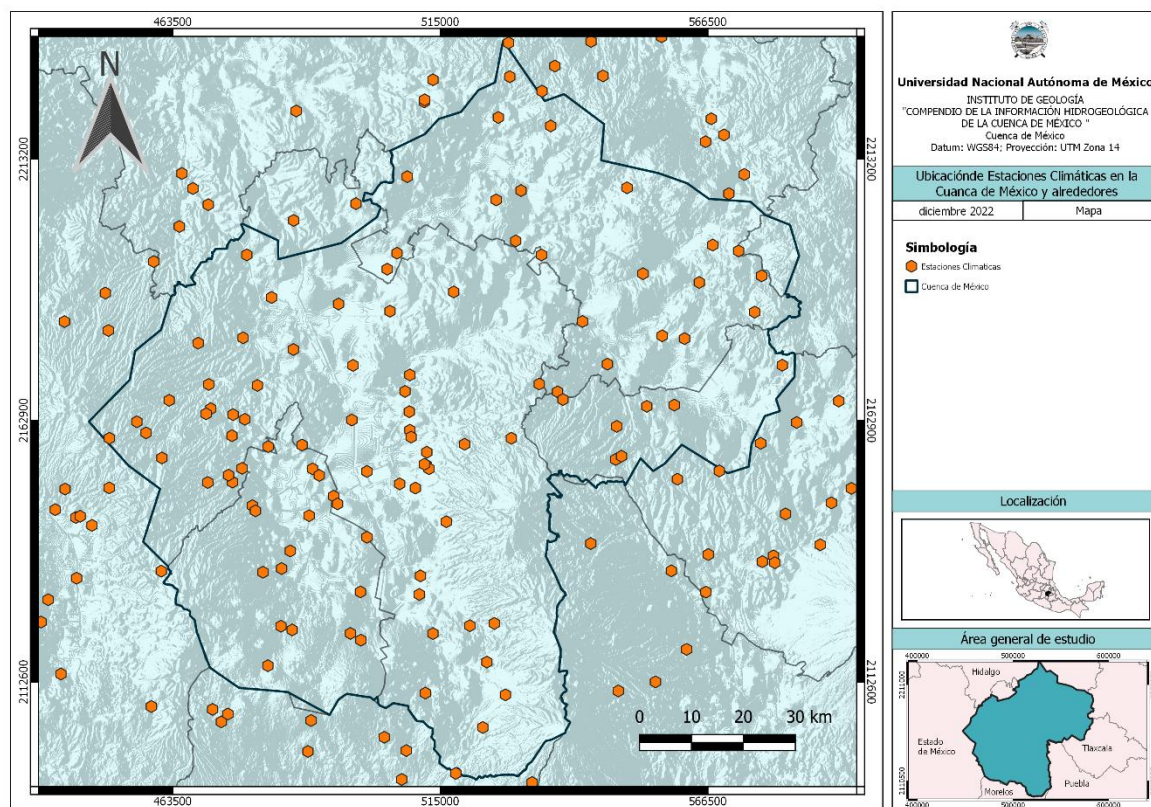
Tipo de clima	Descripción	
	Temperatura	Precipitación
Semiárido templado (BS1kw)	Temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C. Temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C.	Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
Templado subhúmedo (C(wo))	Temperatura del mes más caliente menor de 22 °C.	Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual.
Templado subhúmedo (C(w1))		Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
Templado subhúmedo (C(w2))		Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.
Semifrío subhúmedo (Cb'(w1))	Verano fresco largo. Temperatura media anual entre 5 °C y 12 °C. Temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C.	Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de precipitación invernal del 5 al 10.2% del total anual.
Semifrío subhúmedo Cb'(w2)	Temperatura del mes más caliente menor de 22 °C.	



Mapa 11. Distribución de los tipos de clima en la Cuenca de México

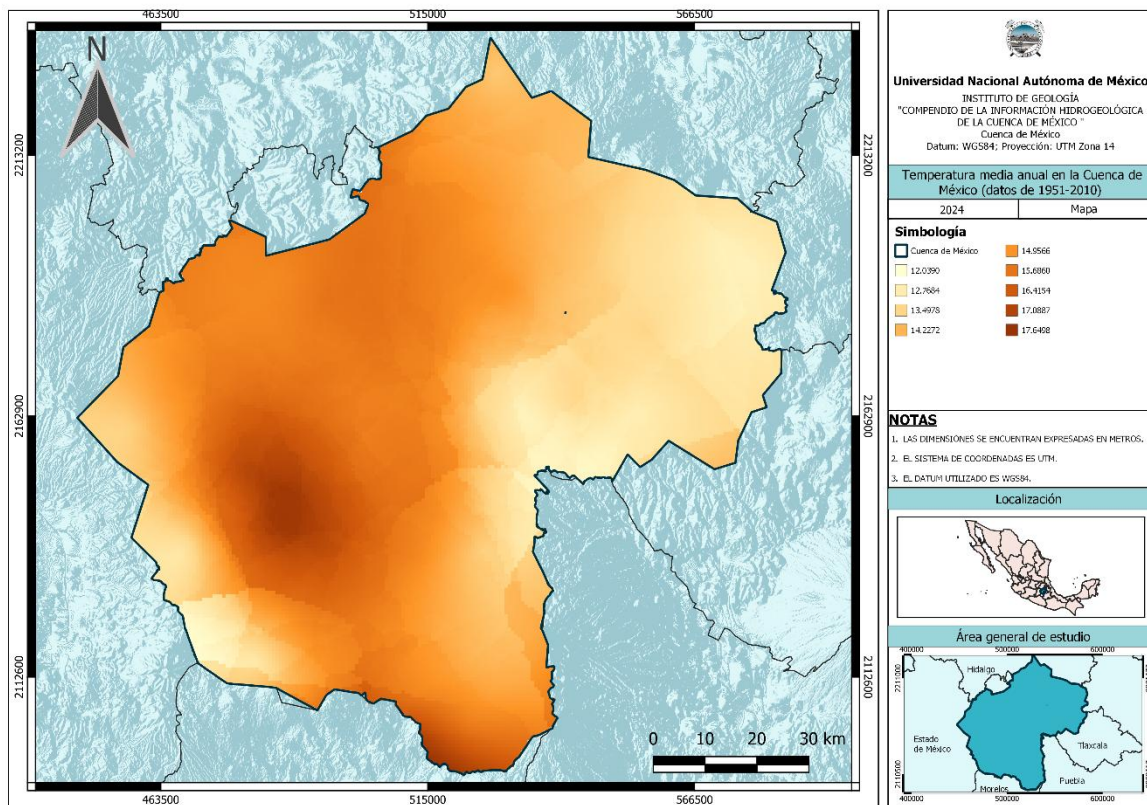
Las estaciones climatológicas reportan valores de precipitación, evaporación, temperatura máxima y mínima; cuentan con registros de tiempo que varían de acuerdo con cada estación y región medida, igualmente, la frecuencia de las mediciones también es variable.

Los valores de precipitación y evaporación son de utilidad para la realización de balances hidrológicos, ya que se consideran entradas y salidas. Así mismo, la evapotranspiración y las temperaturas son auxiliares en los balances hídricos. El conjunto del balance hidrológico e hídrico sirven como fuente de información para construir un modelo conceptual y realizar modelos hidrogeológicos. En el Anexo Clima, se pueden encontrar más detalles acerca de estas estaciones.



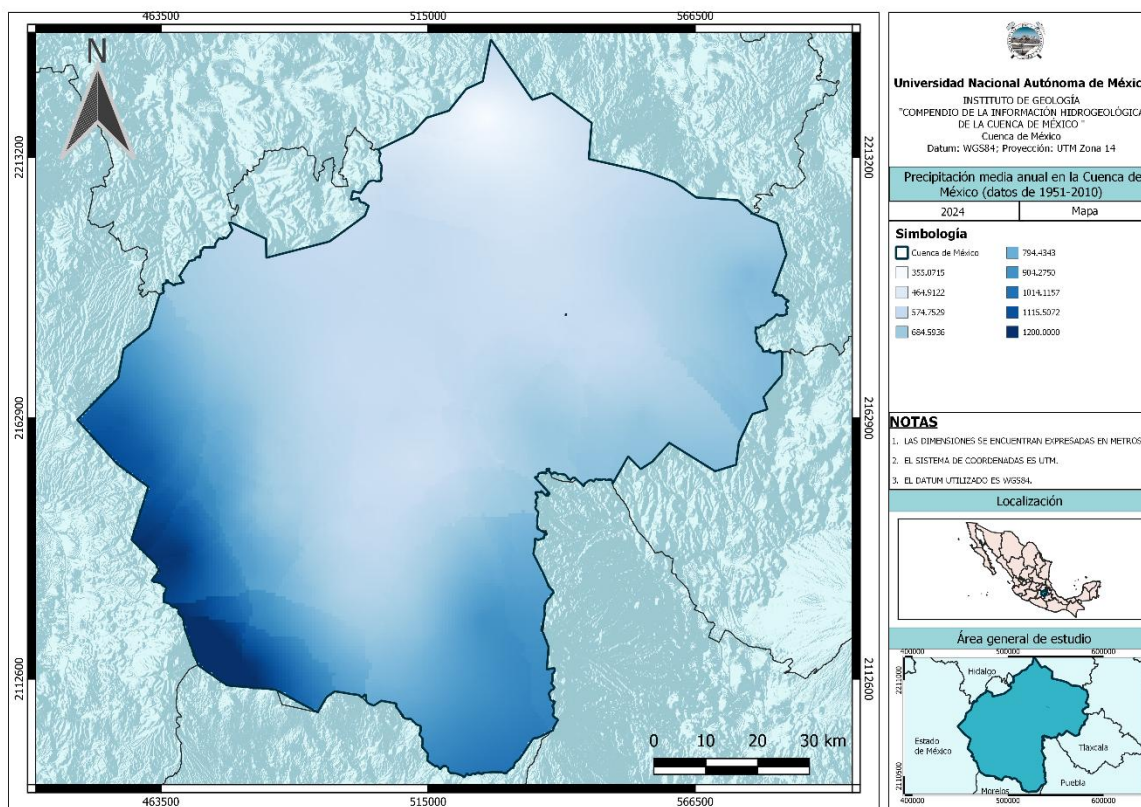
Mapa 12. Ubicación de Estaciones climatológicas en la Cuenca de México y alrededores

En el siguiente mapa se muestran las temperaturas promedio anuales de la Cuenca de México, se aprecian las variaciones de este parámetro, que van desde los 12 °C en las zonas Noreste, Este y las partes montañosas del Suroeste, hasta alcanzar los 17.6 °C en la parte plana o lacustre del suroeste de la Cuenca, que corresponde con la parte centro y norte de la Ciudad de México y en el límite Sureste del Estado de México con Morelos. El resto de la Cuenca presenta una temperatura media anual que ronda los 14°C y 15 °C.



Mapa 13. Distribución de la temperatura media anual en la Cuenca de México

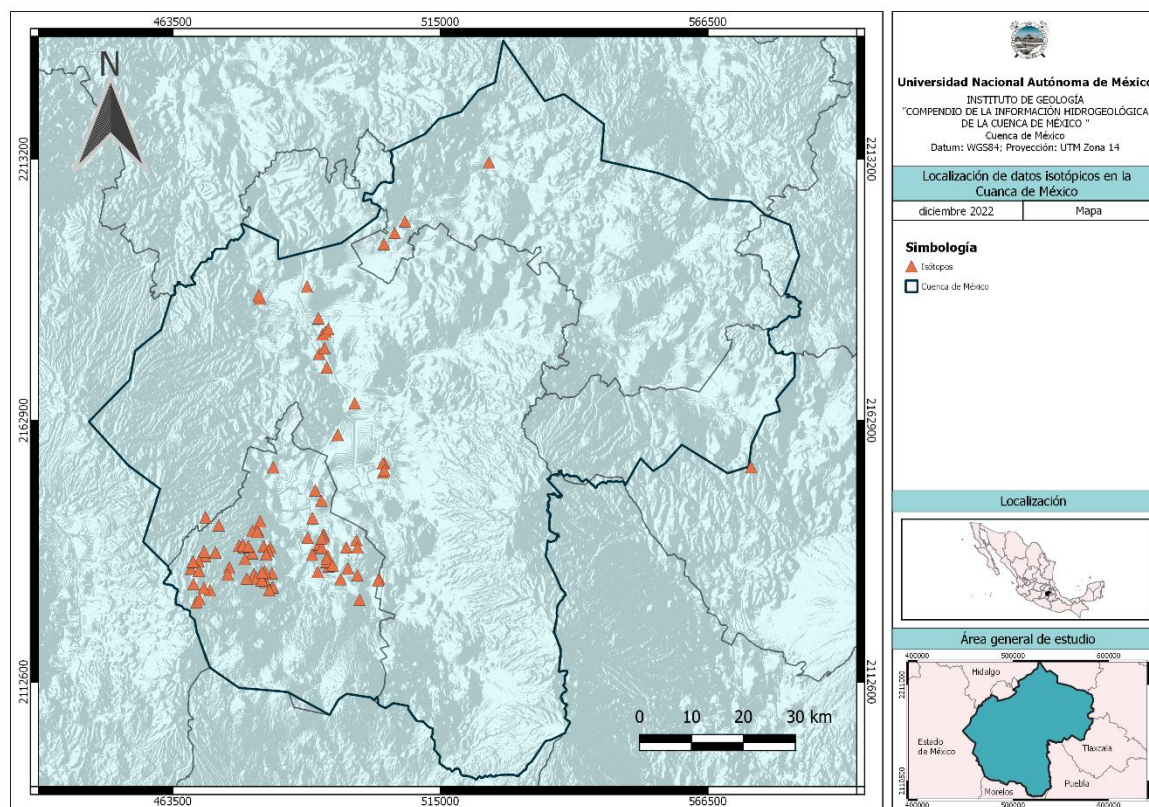
En cuanto a la precipitación media anual en la Cuenca de México, se tiene el siguiente mapa, donde se observan valores de 355 mm en la mayor parte de la cuenca: Norte y centro, incrementando un poco los valores hacia el noreste con 464 mm hasta 684 mm anuales. Le sigue la zona montañosa del Sureste, correspondiente a la Sierra Nevada, con valores de precipitación media anual de 794 mm hasta 1014 mm aproximadamente. Finalmente, la zona con mayor precipitación en la cuenca es la parte montañosa de la Sierra de las Cruces al Oeste.



Mapa 14. Distribución de la precipitación media anual en la Cuenca de México

2.6 Isótopos

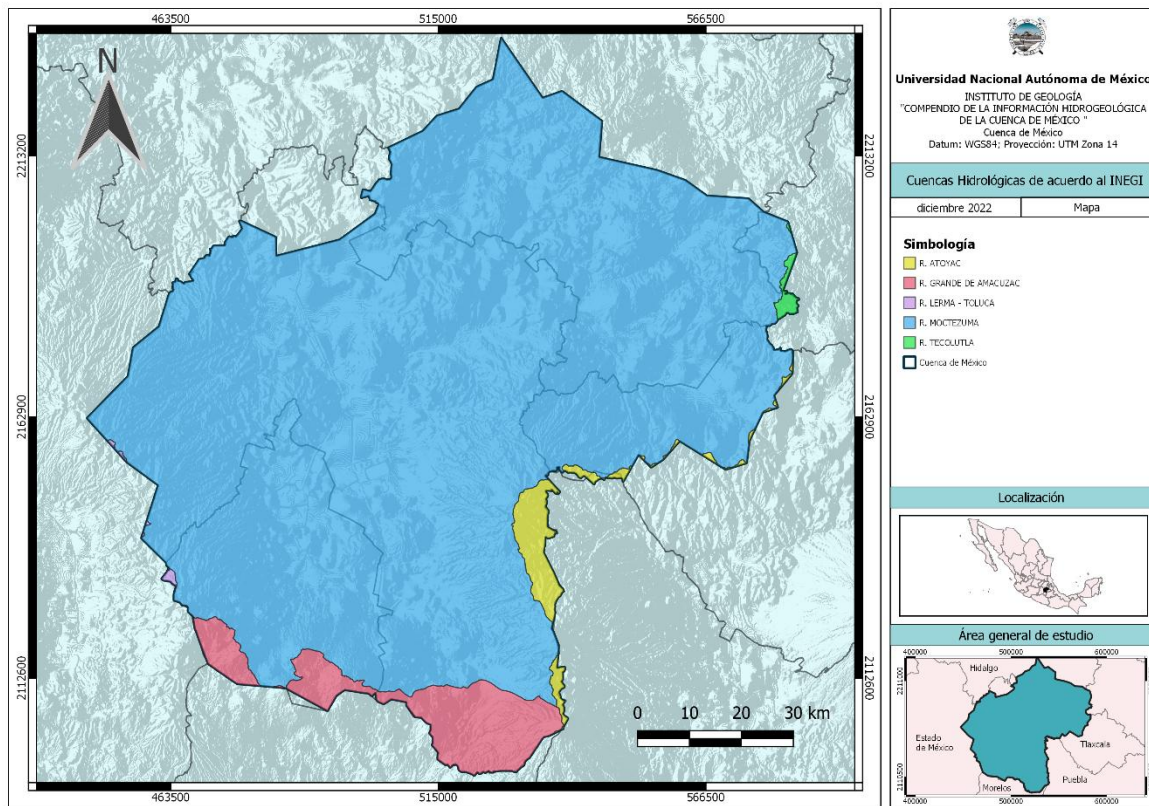
La localización de sitios en los que han sido analizados isótopos, se concentra en la franja oeste de la Cuenca de México. La realización de un análisis mejor distribuido, tanto en zonas de recarga y descarga, como puntos intermedios y a diferentes profundidades, brindaría mayor información para entender mejor el comportamiento del flujo subterráneo, se puede obtener información tal como: tiempo residencia, elevación de la infiltración, construcción de líneas meteóricas, determinación de procesos de evaporación, entre otras aplicaciones. Los datos isotópicos fueron obtenidos tanto de bases de datos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA o IAEA por sus siglas en inglés) y de diferentes artículos científicos, se obtuvieron datos de Carbono-13, Carbono-14, deuterio y tritio. En el Anexo Isótopos, se puede encontrar esta información detallada.



Mapa 15. Localización de puntos muestreados para análisis de isótopos en la Cuenca de México

2.7 Aguas superficiales

La Cuenca de México se encuentra conformada por 5 cuencas hidrológicas: Río Atoyac, al sureste; Río Grande de Amacuzac, al sur; Río Lerma – Toluca, una pequeña porción al oeste; Río Mocetzuma, en su mayoría; y Río Tecolutla, al noreste. Una cuenca hidrológica se define como el área de tierra desde la cual fluye el agua hacia un río y luego en ese río hacia el mar. Se puede definir en términos de su topografía mediante la suposición de que toda el agua que cae en la superficie fluye cuesta abajo. De esta manera, se puede trazar un límite de cuenca denominado parteaguas. En otras palabras, es una región terrestre donde todas las aguas de lluvia, nieve y escorrentía se recopilan y descargan a través de un único punto de salida. (Davie, 2002).



Mapa 16. Cuencas Hidrológicas embebidas en el área de la Cuenca de México

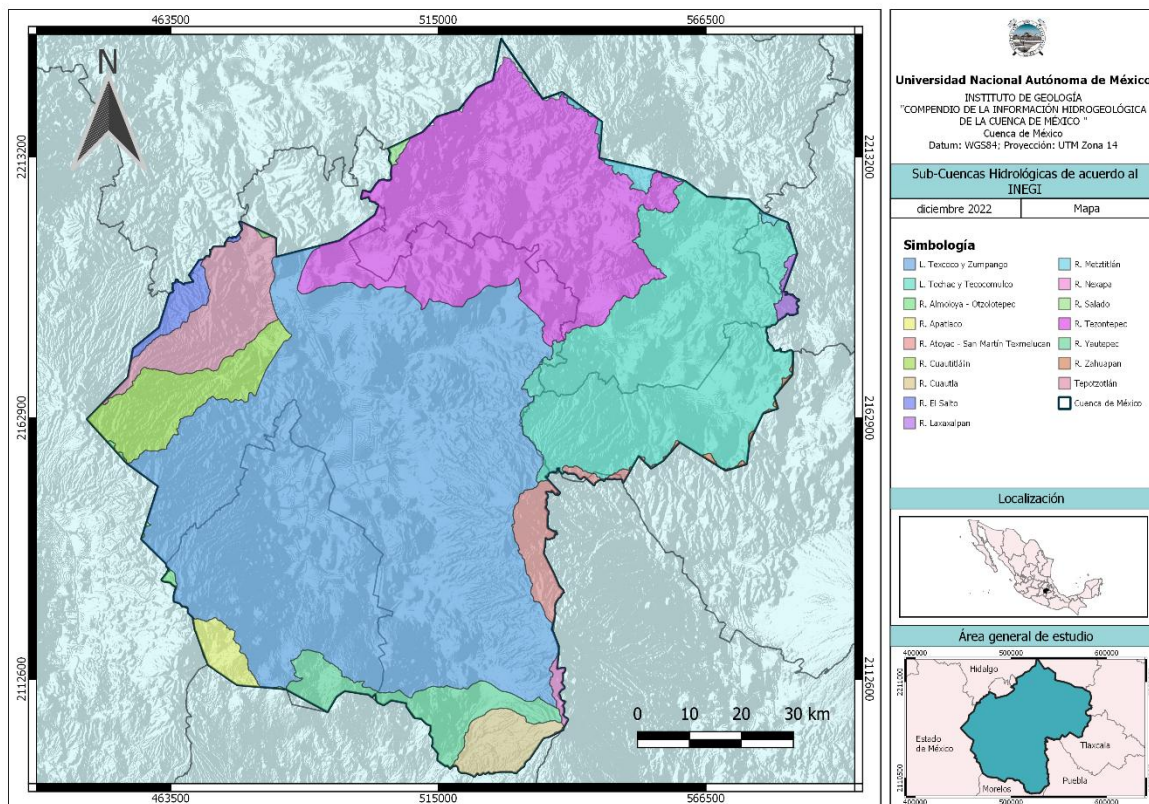


Igualmente, se encuentra conformada por 16 Sub-cuencas: Lago Texcoco y Zumpango, Lago Tochac y Tecocomulco, Río Almoloya-Otzolotepec, Río Apatlaco, Río Atoyac-San Martín Texmelucan, Río Cuautitlán, Río Cuautla, Río El Salto, Río Laxaxalpan, Río Metztlán, Río Nexapa, Río Salado, Río Tezontepec, Río Yautepec, Río Zahuapan, Tepotzotlán. Una subcuenca hidrológica es una subdivisión de una cuenca hidrológica más grande. Es una región más pequeña dentro de la cuenca principal, delimitada por sus propias características topográficas y donde las aguas fluyen hacia un punto de salida específico dentro de la cuenca principal. Las subcuencas son útiles para estudios más detallados y gestión de recursos hídricos a nivel local, ya que permiten un análisis más específico de las condiciones hidrológicas en áreas más pequeñas (GWP,2011).

Tabla 6. Descripción de las Cuencas Hidrológicas de la Cuenca de México

Cuenca hidrológica	Descripción
R. Atoyac	R. Atoyac es una cuenca perteneciente a la Región H. Balsas que abarca casi en su totalidad el estado de Tlaxcala, parte del centro de Puebla y el noroeste de Oaxaca. La cuenca se considera de tipo exorreica y cuenta con un perímetro de 1300.33 km y una superficie de 31480.54 km ² . El principal cauce es el R. Zahuapan en el norte de la cuenca el cual drena hacia el suroeste en el R. Atoyac – Tehuitzingo en el estado de Puebla. Asimismo, se encuentra el R. Mixteco en el sur el cual drena en el noroeste de la misma manera en el R. Atoyac – Tehuitzingo.
R. Grande de Amacuzac	R. Grande de Amacuzac es una cuenca perteneciente a la Región H. Balsas abarcando en su mayor parte el estado de Morelos y en menor parte el Estado de México, Ciudad de México, Puebla y Guerrero. La cuenca se considera de tipo exorreica y cuenta con un perímetro de 665.78 km y una superficie de 9536.21 km ² . La cuenca inicia con los cauces R. Yautepec y R. Apatlaco que se originan por los escurrimientos provenientes del Nevado de Toluca y termina en el R. Bajo Amacuzac en el estado de Guerrero.
R. Lerma – Toluca	R. Lerma – Toluca es una cuenca perteneciente a la Región H. Lerma – Santiago abarcando parte importante del Estado de México y en menor parte los estados de Michoacán y Guanajuato. La cuenca se considera de tipo exorreica y cuenta con un perímetro de 613.19 km y una superficie de 8566.98 km ² . El drenaje de la cuenca inicia en el extremo sureste de la cuenca con el cauce R. Almoloya – Otzolotepec el cual drena hacia el noroeste para desembocar en la P. Solís en el estado de Guanajuato.

Cuenca hidrológica	Descripción
R. Moctezuma	R. Moctezuma es una cuenca perteneciente a la Región H. Pánuco que abarca casi la totalidad de la Ciudad de México e Hidalgo, el norte de Tlaxcala, noreste del Estado de México y partes de Querétaro, Veracruz, San Luis Potosí y Guanajuato. La cuenca se considera de tipo exorreica y cuenta con un perímetro de 1490.41 km y una superficie de 43622.05 km². En el sur de la cuenca se concentran cuerpos endorreicos como el Lago de Texcoco y Zumpango. Asimismo, se encuentran los afluentes R. Amajac, R. Actopan, R. Tula y R. San Juan que drenan al R. Moctezuma, que, a su vez drena en la cuenca del R. Pánuco.
R. Tecolutla	R. Tecolutla es una cuenca perteneciente a la Región H. Tuxpan – Nautla la cual se extiende en el norte del estado de Puebla y una pequeña parte al norte de Veracruz. La cuenca se considera de tipo exorreica y cuenta con un perímetro de 559.61 km y una superficie de 7821.78 km². Esta cuenca está compuesta de tres zonas: la parte alta, en donde los cauces se encuentran alejados en cañones angostos y profundos; la parte media, en donde disminuye la pendiente y existen vasos de almacenamiento, y la parte baja que atraviesa la planicie costera hasta el Golfo de México. El R. Tecolutla es el principal río, este recibe aportes desde el suroeste de los ríos Apulco, Tecuantepec, Laxaxalpan y Necaxa.



Mapa 17. Sub-Cuencas Hidrológicas embebidas en el área de la Cuenca de México



Tabla 7. Descripción de las Subcuencas Hidrológicas de la Cuenca de México

Subcuenca hidrológica	Descripción
L. Texcoco y Zumpango	La subcuenca L. Texcoco y Zumpango abarca casi toda la totalidad de la Ciudad de México y parte del Estado de México. Comprende las alcaldías Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Cuajimalpa de Morelos, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan, Venustiano Carranza y Xochimilco de la Ciudad de México; los municipios Emiliano Zapata del estado de Hidalgo; Acolman, Amecameca, Atenco, Atizapán de Zaragoza, Atlautla, Axapusco, Ayapango, Chalco, Chiautla, Chicoloapan, Chiconcuac, Chimalhuacán, Coacalco de Berriozábal, Cocotitlán, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Ecatepec de Morelos, Huixquilucan, Ixtapaluca, Jaltenco, Jilotzingo, Juchitepec, La Paz, Lerma, Melchor Ocampo, Naucalpan de Juárez, Nextlalpan, Nezahualcóyotl, Nicolás Romero, Nopaltepec, Ocoyoacac, Otumba, Papalotla, San Martín de las Pirámides, Tecámac, Temamatla, Temascalapa, Tenango del Aire, Teoloyucan, Teotihuacán, Tepetlaoxtoc, Tequixquiac, Texcoco, Tezoyuca, Tianguistenco, Tlalmanalco, Tlalnepantla de Baz, Tonanitla, Tultepec, Tultitlán, Valle de Chalco, Xonacatlán y Zumpango del Estado de México; Huitzilac y Tepoztlán de Morelos; Huejotzingo, San Nicolás de los Ranchos y San Salvador el Verde de Puebla, y Calpulalpan de Tlaxcala. Se encuentra al sur de la cuenca hidrológica del R. Moctezuma y pertenece a la Región H. Pánuco; asimismo, forma parte de la Región Hidrológica Prioritaria “Remanentes del complejo lacustre de la Cuenca de México”. La subcuenca es de tipo endorreica y cuenta con un perímetro de 393.84 km y superficie de 4865.49 km². La elevación máxima de la subcuenca es de 5200 msnm y la mínima de 2240 msnm.
L. Tochac y Tecocomulco	La subcuenca L. Tochac y Tecocomulco abarcan pequeña parte de la Ciudad de México, este de Tlaxcala y sureste de Hidalgo. Comprende los municipios Almoloya, Apan, Cuauhtémoc de Hinojosa, Emiliano Zapata, Singuilucan, Tepeapulco del estado de Hidalgo; Axapusco, Otumba y Tepetlaoxtoc y Texcoco del Estado de México; Chignahuapan y Tlahuapan de Puebla, y Atlangatepec y Calpulalpan del estado de Tlaxcala. Se encuentra al extremo sureste de la cuenca hidrológica R. Moctezuma y pertenece a la Región H. Pánuco. La subcuenca es de tipo exorreica con un perímetro de 257.75 km y superficie de 1901.56 km². El lago Tecocomulco es alimentado por el R. Coatlico mientras que el lago Tochac vierte sus aguas en la laguna de Apan.



Subcuenca hidrológica	Descripción
R. Almoloya – Otzolotepec	La subcuenca R. Almoloya – Otzolotepec abarca una pequeña franja al extremo suroeste de la Cuenca de México y el área del Valle de Toluca en el Estado de México. Comprende las alcaldías de Cuajimalpa, Magdalena Contreras y Tlalpan de la Ciudad de México; los municipios de Almoloya del Río, Capulhuac, Huixquilucan, Isidro Fabela, Xalatlaco, Jilotzingo, Joquicingo, Mexicaltzingo, Naucalpan de Juárez, Ocoyoacac, Ocuilan, Otzolotepec, Rayón, Tenango del Valle, Texcalyacac, Toluca, Xonacatlán, Lerma, Metepec, San Mateo Atenco, Atizapán, Calimaya y Tianguistenco del Estado de México. Se encuentra en el sur de la cuenca hidrológica R. Lerma-Toluca y pertenece a la Región H. Lerma – Santiago. La subcuenca es de tipo exorreica con un perímetro de 179.46 km y superficie de 1326.55 km². El R. Almoloya drena hacia el noroeste en el R. Otzolotepec para drenar en el R. Atlacomulco que se encuentra en la subcuenca R. Otzolotepec – Atlacomulco.
R. Apatlaco	La subcuenca R. Apatlaco ocupa parte del sur de la Ciudad de México y una pequeña parte del noroeste y centro del estado de Morelos. En ella se encuentra la alcaldía de Tlalpan de la Ciudad de México; los municipios de Xalatlaco, Ocuilan y Tinaguistenco del Estado de México, y Cuernavaca, Emiliano Zapata, Huitzilac, Jiutepec, Jojutla, Miaatlán, Puente de Ixtla, Temixco, Tepoztlán, Tlaltizapán de Zapata, Tlaquiltenango, Xochitepec y Zacatepec de Morelos. Además, se encuentra dentro de la cuenca hidrológica R. Grande de Amacuzac y forma parte de la Región H. Balsas. La subcuenca es de tipo exorreica con un perímetro de 168.57 km y superficie de 809.95 km². El R. Apatlaco nace en los bosques del estado de Morelos, en las lagunas de Zempoala, recorre 63 km hacia el sur para cambiar de nombre al R. Jojutla y desembocar en el R. Yautepec.
R. Atoyac – San Martín Texmelucan	La subcuenca R. Atoyac – San Martín Texmelucan se encuentra entre el Estado de México, Tlaxcala y parte del noroeste de Puebla. En ella se encuentran los municipios de Chalco, Ixtapaluca, Texcoco y Tlalmanalco del Estado de México; Calpan, Coronango, Cuautlancingo, Chiautzingo, Domingo Arenas, Huejotzingo, Juan C. Bonilla, Ocoyucan, Puebla, San Andrés Cholula, San Felipe Teotlancingo, San Gregorio Atzompa, San Jerónimo Tecuanipan, San Martín Texmelucan, San Matías Tlalancaleca, San Miguel Xoxtla, San Pedro Cholula, San Salvador el Verde, Tepatlaxco de Hidalgo, Tlahuapan y Tlaltenango del estado de Puebla, y Españita, Hueyotlipan, Ixtacuixtla, Mazatecochco, Tepetitla, Sanctorum de Lázaro Cárdenas, Nanacamilpa, Nativitas, San Pablo del Monte, Tenancingo, Teolochocho, Tetlatlahuca, Papalotla de Xicohténcatl, Xicohtzinco, Zacatelco, Santa Ana Nopalucan, Santa Apolonia Teacalco y Santa Catarina Ayometla del estado de Tlaxcala. Además, se encuentra en una porción noroeste de la cuenca hidrológica R. Atoyac formando parte de la Región H. Balsas. La subcuenca es de tipo exorreica con un perímetro de 260.56 km y superficie de 1967.50 km². El R. Atoyac es un río poco sinuoso que nace en la Sierra Nevada de Puebla para recorrer entre los límites del estado de Tlaxcala y Puebla; posteriormente, se reintegra al último y desemboca en la P. Miguel Ávila Camacho.



Subcuenca hidrológica	Descripción
R. Cuautitlán	La subcuenca R. Cuautitlán se encuentra en el estado de México. Comprende los municipios de Atizapán de Zaragoza, Cuautitlán, Isidro Fabela, Jilotzingo, Melchor Ocampo, Nicolás Romero, Otzolotepec, Teoloyucan, Tlalnepantla de Bax, Tultepec, Tultitlán y Cuautitlán Izcalli. Además, se encuentra en la porción sur de la cuenca hidrológica R. Moctezuma formando parte de la Región H. Pánuco. La subcuenca es de tipo exorreica con un perímetro de 128.5 km y superficie de 385.17 km ² . El R. Cuautitlán se origina en la Sierra de Monte Bajo, desciende 610 metros por los ríos San Pedro, Chiquito, Grande, Xinte y El Muerto para desembocar en el Río Tepetzotlán.
R. Cuautla	La subcuenca R. Cuautla se encuentra casi en su totalidad en el estado de Morelos y pequeña parte en el Estado de México. Comprende los municipios de Atlautla, Ecatingo y Ozumba del Estado de México, y Atlatláhuacan, Ayala, Cuautla, Jantetelco, Jojutla, Jonacatepec, Ocuilco, Tepalcingo, Tetela del Volcán, Tlaltizapán de Zapata, Tlaquiltenango, Yautepec, Yecapixtla, Zacualpan de Amilpas y Temoac del estado de Morelos. Además, forma parte de la porción este de la cuenca hidrológica R. Grande de Amacuzac y conforma la Región H. Balsas. La subcuenca es de tipo exorreica con un perímetro de 238.15 km y superficie de 1177.97 km ² . El R. Cuautla tiene orígenes en las faldas del volcán Popocatepetl y recibe aportes de los ríos “La Cuera” y Achichipico. Asimismo, drena hacia el suroeste para desembocar en el R. Bajo Amacuzac
R. El Salto	La subcuenca R. El Salto se encuentra entre los límites del Estado de México e Hidalgo. Comprende los municipios de Atotonilco de Tula, Tula de Allende y Tepeji del Río de Ocampo del estado de Hidalgo, y Huehuetoca, Jilotepec, Jiquipilco, Morelos, Nicolás Romero, Tepetzotlán, Tequiquiac y Villa del Carbón del Estado de México. Además, forma parte de la cuenca hidrológica R. Moctezuma y la Región H. Pánuco. La subcuenca es de tipo exorreica con un perímetro de 157.59 km y superficie de 856.98 km ² . El R. Salto drena hacia el noreste pasando por la presa Taxhimay y desemboca en la subcuenca R. Tula.
R. Laxaxalpan	La subcuenca R. Laxaxalpan se encuentra casi en su totalidad en el estado de Puebla y partes del estado de Hidalgo y Veracruz. Comprende el municipio de Almoloya de Hidalgo y los municipios de Ahuacatlán, Amixtlán, Aquixtla, Camocuautla, Coatepec, Chiconcuautla, Chignahuapan, Hermenegildo Galeana, Huauchinango, Huehuetla, Hueytlalpan, Ixtacamaxtitlán, Jopala, Olinthla, San Felipe Tepatlán, Tepango de Rodríguez, Tepetzintla, Tlaola, Tlapacoya, Zacatlán, Zapotitlán de Méndez y Zongozotla del estado de Puebla, y Coxquihui, Coyutla, Chumatlán, Filomeno Mata, Mecatlán y Zozocolco de Hidalgo de Veracruz. Además, forma parte de la cuenca hidrológica R. Tecolutla y a su vez, de la Región H. Tuxpan – Nautla. La subcuenca es de tipo exorreica con un perímetro de 289.34 km y superficie de 1608.95 km ² . El R. Laxaxalpan, también llamado R. Ajajalpan, forma parte de los afluentes principales que alimentan al R. Tecolutla.



Subcuenca hidrológica	Descripción
R. Metztlán	La subcuenca R. Metztlán se encuentra en su mayor parte en el estado de Hidalgo y menor parte en Puebla y Veracruz. Comprende los municipios Acatlán, Acaxochitlán, Agua Blanca de Iturbide, Atotonilco el Grande, Cuauhtepac de Hinojosa, Eloxochitlán, Epazoyucan, Huasca de Ocampo, Metepec, San Agustín Metzquitlán, Metztlán, Mineral del Monte, Omitlán de Juárez, San Bartolo Tutotepec, Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Singuilucan, Tenango de Doria, Tulancingo de Bravo, Xochicoatlán, Zacualtipán de Ángeles del estado de Hidalgo; Chignahuapan, Honey y Zacatlán del estado de Puebla, y Huayacocotla y Zacualpan del estado de Veracruz. Además, forma parte del este de la cuenca hidrológica R. Moctezuma y conforma la Región H. Pánuco. La subcuenca es de tipo endorreica con un perímetro de 361.38 km y superficie de 2821.42 km². El R. Metztlán se origina al norte de Puebla, en donde recibe el nombre de río Chico; este va corriendo hacia el sur hasta el vaso de almacenamiento La Esperanza y cruza la ciudad de Tulancingo para desembocar en la laguna Metztlán.
R. Nexapa	La subcuenca R. Nexapa se encuentra entre los límites de los estados de Morelos y Puebla ocupando pequeñas porciones del Estado de México y Guerrero. Funge como límite entre las cuencas hidrológicas del R. Atoyac y el R. Grande de Amacuzac. Comprende los municipios de Atenango del Río y Copalillo del estado de Guerrero; Amecameca y Atlautla del Estado de México; Axochiapan, Jantetelco, Jonacatepec de Leandro Valle, Ocuilco, Tepalcingo, Tetela del Volcán, Tlalquiltenango, Zacualpan de Amilpas y Temoac del estado de Morelos, y Actopan, Ahuatlán, Atlixco, Atzala, Atzitzihuacán, Calpan, Cohetzala, Cohuecan, Chiauhtla, Chietla, Epatlán, Huaquechula, Huehuetlán el Chico, Huejotzingo, Ixcamilpa de Guerrero, Izúcar de Matamoros, Jolalpan, Nealtican, Ocoyucan, Puebla, San Diego de la Mesa Tochimiltzingo, San Gregorio Atzompa, San Jerónimo Tecuanipan, San Martín Totoltepec, San Nicolás de los Ranchos, San Pedro Cholula, San Salvador el Verde, Santa Isabel Cholula, Teopantlán, Teotlalco, Tepemaxalco, Tepeojuma, Tepexco, Tianguismanalco, Tilapa, Tlapanalá, Tochimilco, Xicotlán y Xochiltepec del estado de Puebla. Además, se encuentra en el oeste de la cuenca hidrológica R. Atoyac fungiendo como límite entre esta y la cuenca R. Grande de Amacuzac. Asimismo, conforma la Región H. Balsas. La subcuenca es de tipo exorreica con un perímetro de 407.6 km y superficie de 4440.54 km². El R. Nexapa nace en la falda oriental del Popocatepetl y tiene como afluentes a los ríos Atotonilco y Atila. Este río fluye hacia el sur para desembocar en el R. Atoyac.
R. Salado	La subcuenca R. Salado se encuentra en el sur del estado de Hidalgo y parte norte del Estado de México. Comprende los municipios de Ajacuba, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, San Agustín Tlaxiaca, Tetepango, Tezontepec de Aldama, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan, Tolcayuca, Tula de Allende y Zapotlán de Juárez del estado de Hidalgo, y Apaxco, Hueypoxtla, Tequixquiac y Zumpango del Estado de México. Además, conforma parte central de la cuenca hidrológica R. Moctezuma, y a su vez, a la Región H. Pánuco. La subcuenca es de tipo exorreica con un perímetro de 160.41 km y superficie de 661.73 km². El R. Salado drena hacia el noroeste en la subcuenca del R. Tula.



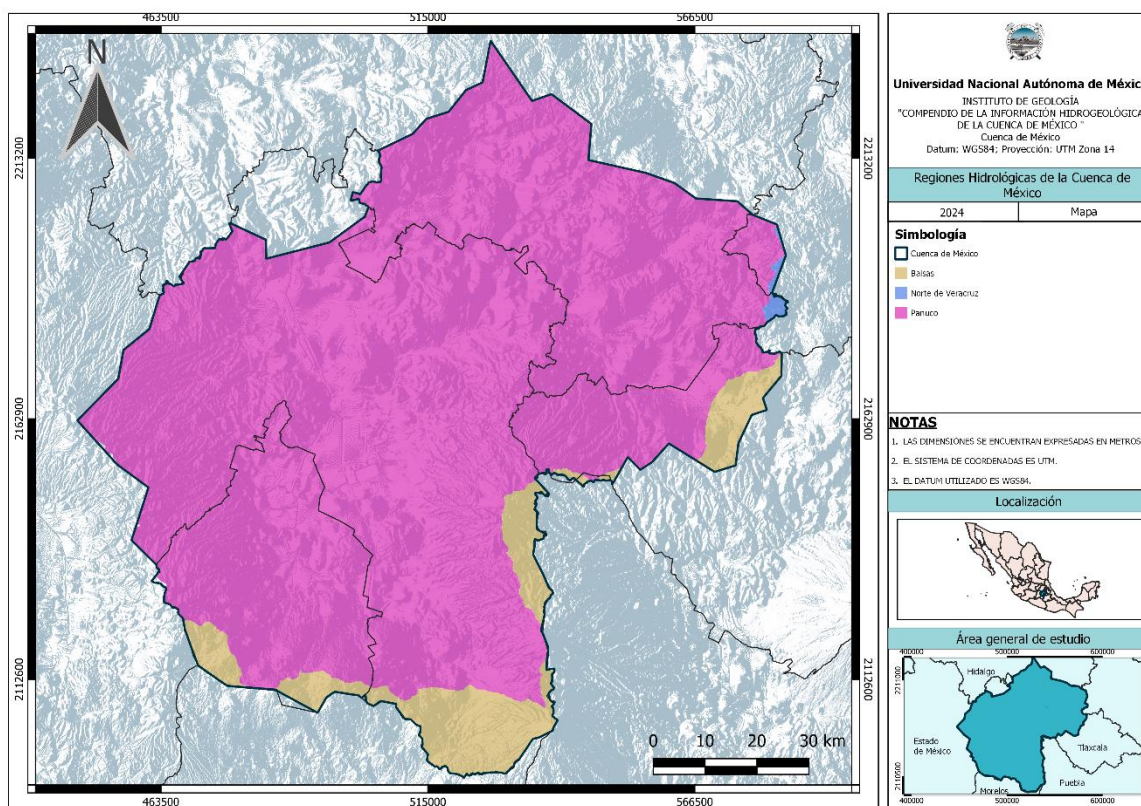
Subcuenca hidrológica	Descripción
R. Tezontepec	La subcuenca R. Tezontepec se encuentra en el sur del estado de Hidalgo y este del Estado de México. Comprende los municipios de Emiliano Zapata, Epazoyucan, Mineral del Chico, Mineral del Monte, Pachuca de Soto, Mineral de la Reforma, San Agustín Tlaxiaca, Singuilucan, Tepeapulco, Villa de Tezontepec, Tizayuca, Tlanalapa, Tolacayuca, Zapotlán de Juárez y Zempoala del estado de Hidalgo, y Axapusco, Hueypoxtla, Nopaltepec, San Martín de las Pirámides, Tecámac, Temascalapa, Teotihuacán y Zumpango del Estado de México. Además, conforma la parte del centro de la cuenca hidrológica R. Moctezuma y a la vez, la Región H. Pánuco. La subcuenca es de tipo exorreica con un perímetro de 277.39 km y superficie de 2067.25 km².
R. Yautepec	La subcuenca del R. Yautepec se encuentra en mayor parte en el estado de Morelos y en menor parte en el sur de la Ciudad de México y Estado de México. Comprende las alcaldías de Milpa Alta y Tlalpan de la Ciudad de México; los municipios de Amecameca, Atlautla, Ayapango, Juchitepec, Ozumba y Tepetlaxpa del Estado de México, y Atlatlahucan, Ayala, Cuautla, Cuernavaca, Emiliano Zapata, Huitzilac, Jiutepec, Jojutla, Tepoztlán, Tlanepantla, Tlaltizapán de Zapata, Tlaquiltenango, Tlayacapan, Totolapan, Xochitepec, Yautepec y Zacatepec del estado de Morelos. Además, conforma la parte norte de la cuenca hidrológica R. Grande de Amacuzac y forma parte de la Región H. Balsas. La subcuenca es de tipo exorreica con un perímetro de 272.11 km y superficie de 1534.43 km². El R. Yautepec se origina en los manantiales El Bosque y La Poza Azul en Oaxtepec. El río fluye hacia el suroeste 8 km hasta desembocar en el río Amacuzac.
R. Zahuapan	La subcuenca del R. Zahuapan se encuentra casi en su totalidad en el estado de Tlaxcala ocupando una pequeña porción del estado de Puebla. Comprende los municipios de Chignahuapan e Ixtacamaxtitlán de Puebla, y Amaxac de Guerrero, Apetatitlán de Antonio Carvajal, Atlangatepec, Apizaco, Cuaxomulco, Chiautempan, Muñoz de Domingo Arenas, España, Huamantla, Hueyotlipan, Ixtacuixtla de Mariano de Matamoros, Mazatecochco de José María Morelos, Contla de Juan Cuamatzi, Sanctórum de Lázaro Cárdenas, Acuananala de Miguel Hidalgo, Nativitas, Panotla, San Pablo del Monte, Santa Cruz Tlaxcala, Teolocholco, Tepeyanco, Terrenate, Tetla de la Solidaridad, Tetlatlahuca, Tlaxcala, Tlaxco, Tocatlán, Totolac, Xaltocan, Papalotla de Xicohténcatl, Xicohtzinco, Yauhquemehcan, Zacatelco, Lázaro Cárdenas, La Magdalena Tlaltelulco, San Damián Texaloc, San Francisco Tetlanohcan, San Jerónimo Zacualpan, San José Teacalco, San Juan Huactzinco, San Lorenzo Axocomanitla, San Lucas Tecopilco, Santa Ana Nopalucan, Santa Apolonia Teacalco, Santa Catarina Ayometla, Santa Cruz Quilehtla, Santa Isabel Xiloxotla, Xaloztoc y Tzompantepec del estado de Tlaxcala. Además, forma parte de la cuenca hidrológica R. Atoyac fungiendo como límite entre esta y el suroeste de la cuenca R. Tecolutla; a su vez, conforma la Región H. Balsas. La subcuenca es de tipo exorreica con un perímetro de 225.5 km y superficie de 1632.65 km². El R. Zahuapan es receptor de las aguas residuales de origen urbano e industrial en el estado de Tlaxcala; asimismo, drena hacia el sur para desembocar en el R. Atoyac.



Subcuenca hidrológica	Descripción
R. Tepotzotlan	La subcuenca R. Tepotzotlán se encuentra en el Estado de México, limitando con el estado de Hidalgo. Comprende los municipios de Atotonilco de Tula y Tepeji del Río de Ocampo de Hidalgo, y Coyotepec, Cuautitlán, Huehuetoca, Nicolás Romero, Teoloyucan, Tepotzotlán, Tequixquiac, Zumpango, Cuautitlán Izcalli y Villa del Carbón. Además, forma parte de la franja sur de la cuenca hidrológica R. Moctezuma y conforma la Región H. Pánuco. La subcuenca es de tipo endorreica con un perímetro de 132.24 km y superficie de 420.35 km².

La región hidrológica, se conceptualiza como una entidad geográfica claramente delimitada que comparte características hidrológicas específicas. Este enfoque se basa en el análisis integral de los patrones de distribución y movimiento del agua en la superficie terrestre y en el subsuelo, así como en la estructura de las cuencas hidrográficas y la red de ríos que las componen. La delimitación de las regiones hidrológicas se sustenta en estudios detallados de la interacción entre la precipitación, la escorrentía superficial y subterránea, y otros factores geográficos que afectan el comportamiento hídrico de una zona específica. Estos análisis permiten identificar áreas con características hidrológicas similares, facilitando la comprensión y gestión integral de los recursos hídricos.

La Cuenca de México está conformada por tres Regiones Hidrológicas, en su mayoría por la Región Hidrológica Pánuco, al sur por Balsas y una pequeña región al este por la Región Norte de Veracruz.



Mapa 18. Regiones Hidrológicas embebidas en el área de la Cuenca de México



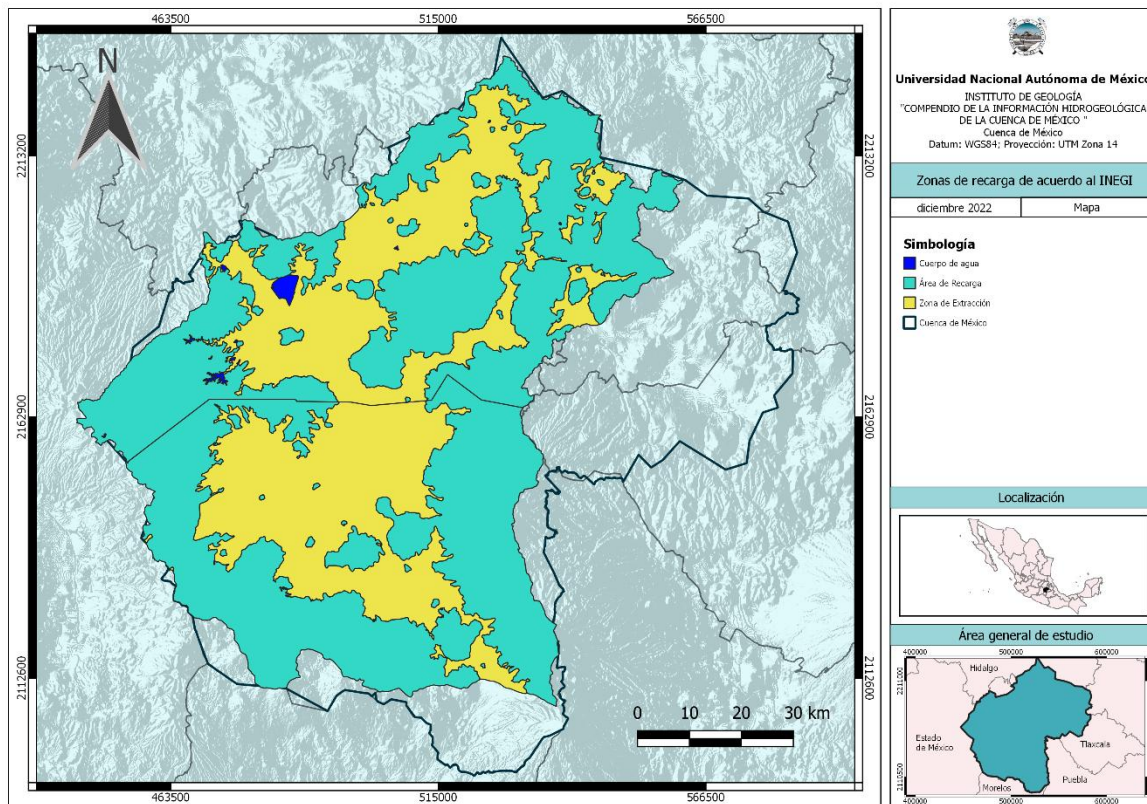
Tabla 8. Regiones Hidrológicas de la Cuenca de México

Región hidrológica	Área (Km ²)	Estados	Cuencas hidrológicas	Escorrentamiento (Millones de metros cúbicos (Mm ³ /año))
N° 26 Pánuco	97,196	Ciudad de México y los estados de Guanajuato, Hidalgo, México, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz, así como pequeñas partes de los estados de Nuevo León, Puebla y Tlaxcala.	17	25,600
N° 18 Balsas	117,305.9	Morelos, Tlaxcala, Puebla, México, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Jalisco, así como muy pequeñas porciones del Distrito Federal y del Estado de Veracruz	15	117,405

Diario Oficial de la Federación (2010,2022)

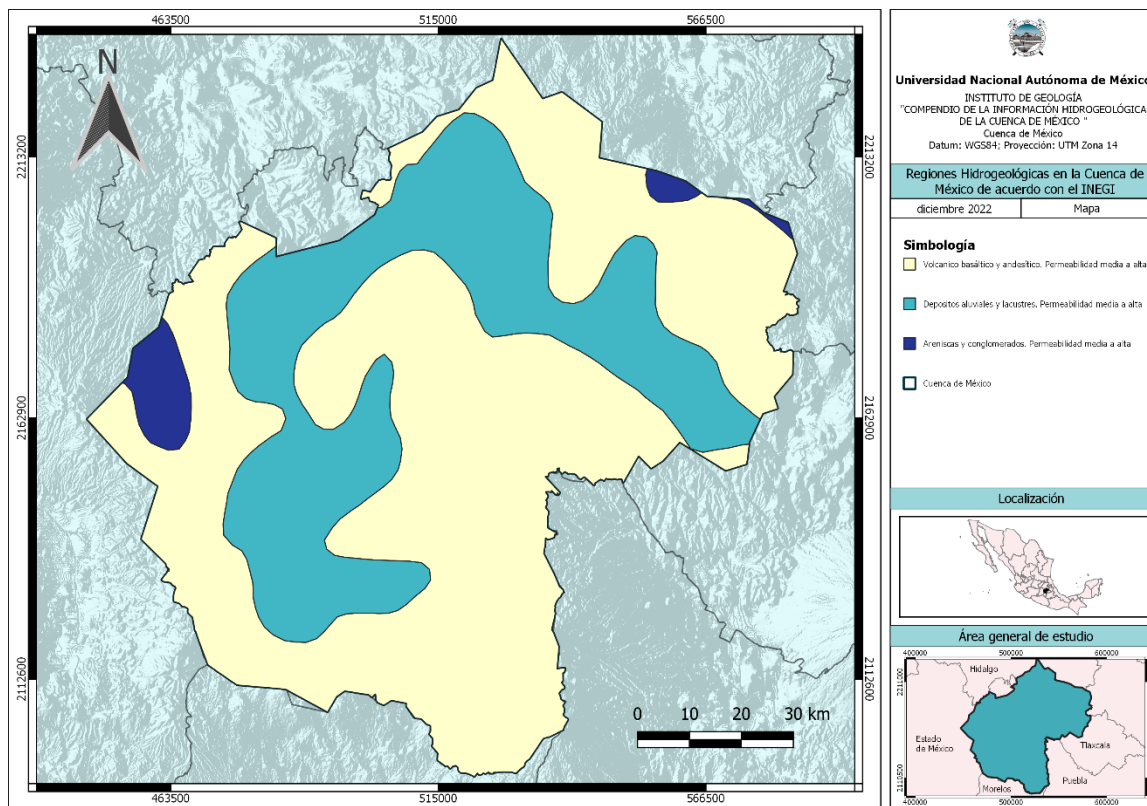


En el siguiente mapa, se muestra la distribución de zonas de recarga en color azul claro y zonas de extracción en color amarillo, esto de acuerdo con información del INEGI.

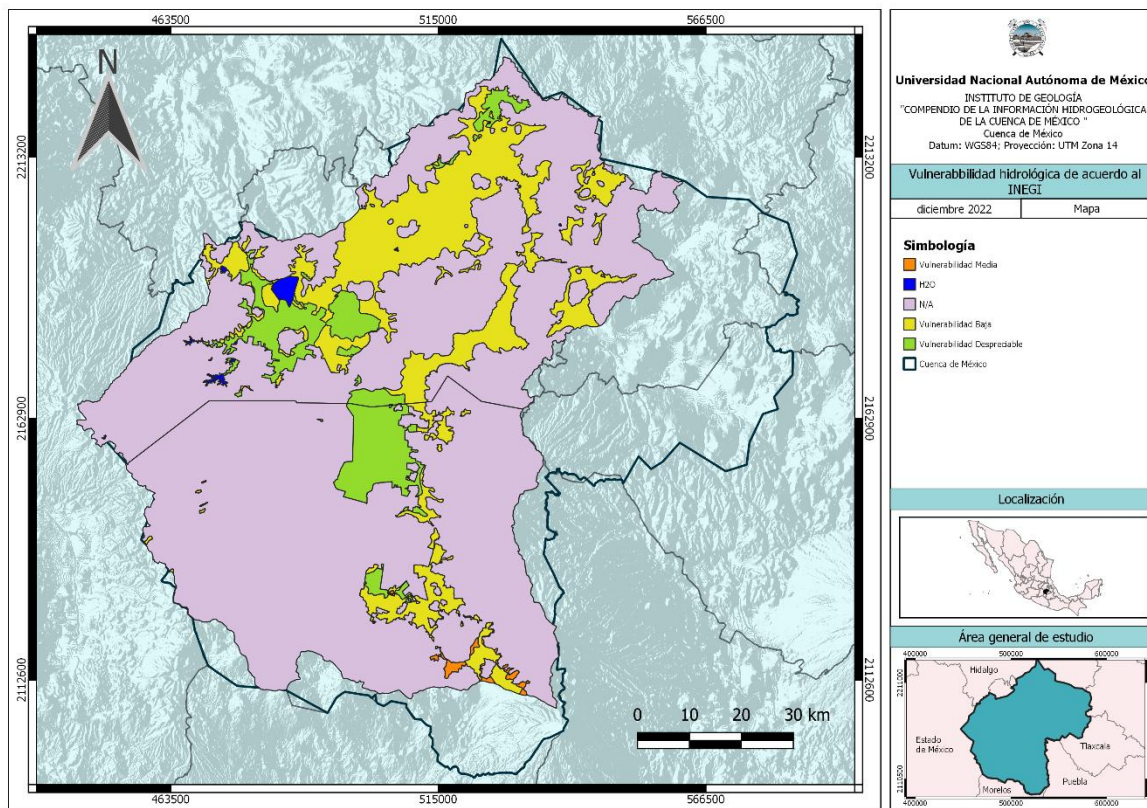


Mapa 19. Distribución de las zonas de recarga en la Cuenca de Cuenca de México, de acuerdo al INEGI

Igualmente, de acuerdo con el INEGI, se muestra una distribución general de las permeabilidades del suelo en la Cuenca de México; sin embargo, para estudios mas locales, se requiere una caracterización mas detallada.

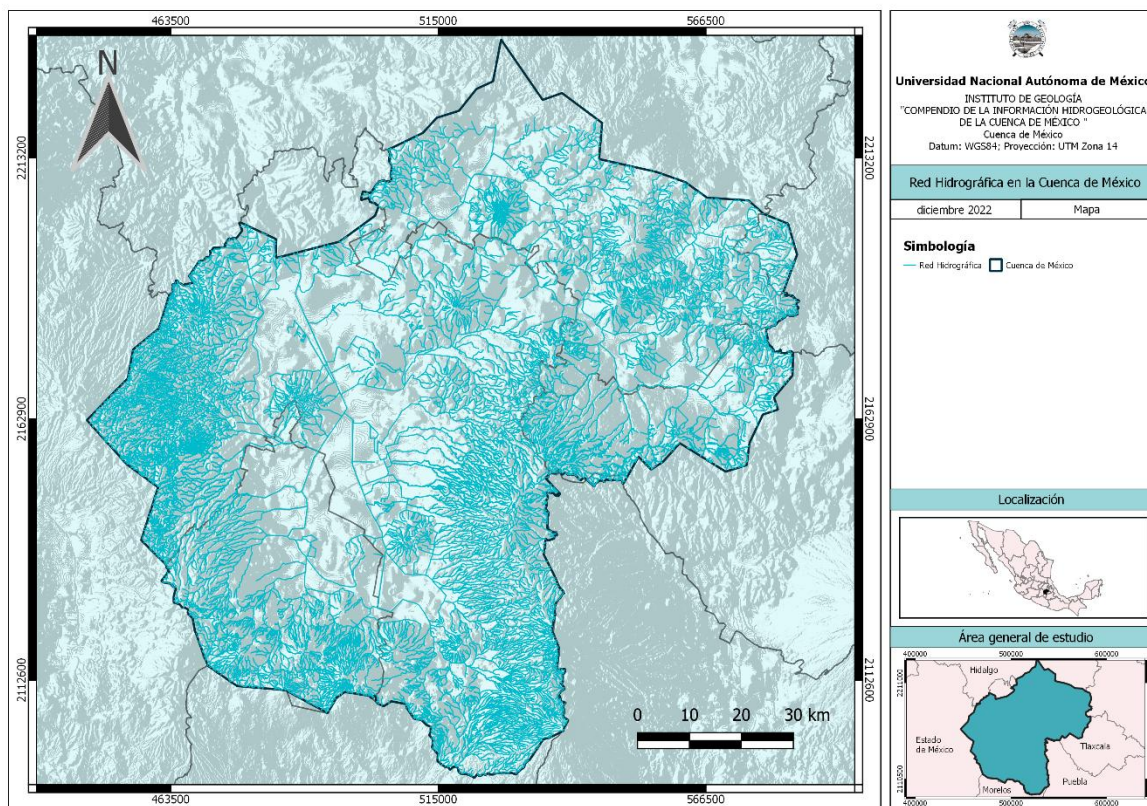


El INEGI, también nos brinda información acerca de la vulnerabilidad hidrológica, en este caso al norte de la cuenca, predomina la baja vulnerabilidad; en el centro y noroeste se concentra una región con de vulnerabilidad despreciable; finalmente la zona de vulnerabilidad media se localiza al sur de la cuenca.



Mapa 21. Distribución de la vulnerabilidad hidrológica en la Cuenca de Cuenca de México, de acuerdo al INEGI

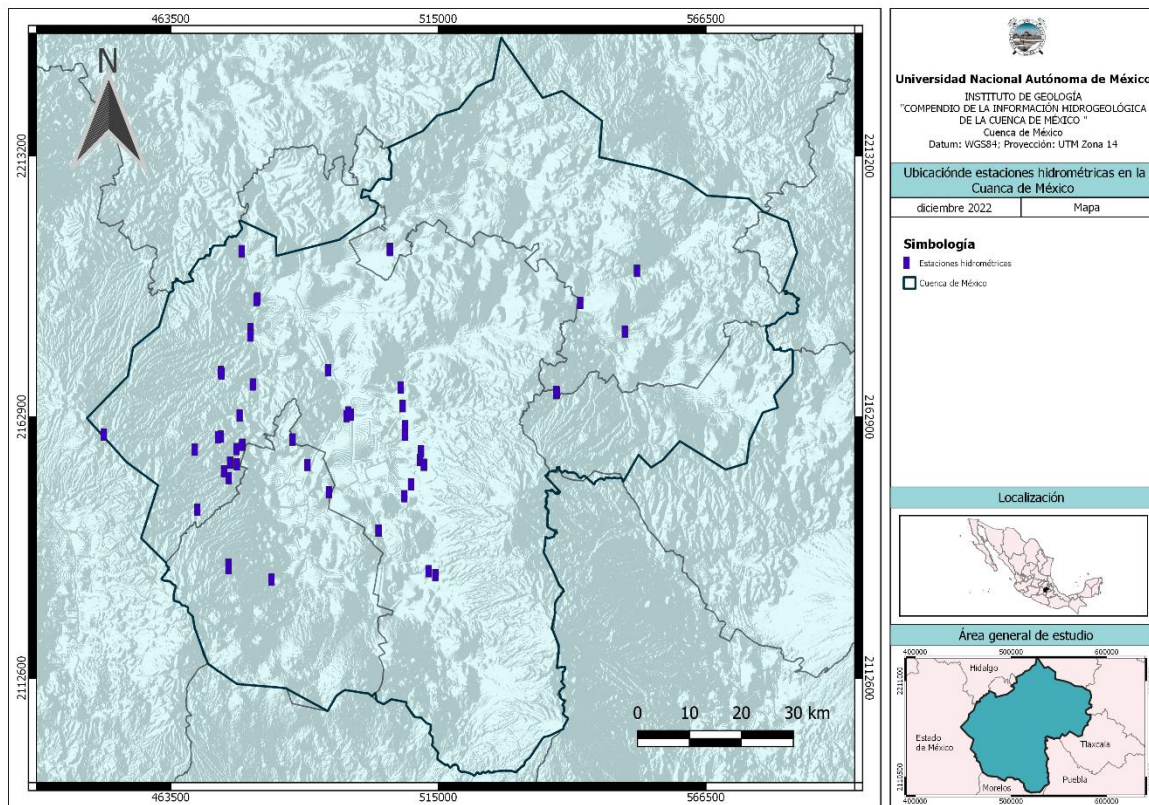
A continuación, se muestra el mapa de la Cuenca de México con la red hidrográfica embebida en la misma, ésta cuenta con corrientes intermitentes y perennes.



Mapa 22. Red Hidrográfica en la Cuenca de México

Las estaciones hidrométricas miden la cantidad de agua que fluye en ríos, canales, tuberías y a la salida de las presas, por lo que sirven para conocer la cantidad disponible de agua. El caudal es generado principalmente por la precipitación pluvial, así como por la entrada de agua subterránea de los canales superficiales. (Conagua, 2021)

A continuación, se muestra la distribución de las 53 estaciones hidrométricas en la Cuenca de México. Observamos una buena distribución de las estaciones cerca de la Sierra Guadalupe, la Sierra Nevada y la Sierra de Río Frío; sin embargo, es evidente un déficit de estaciones en la Sierra de Las Cruces, dicha zona es importante para la recarga en la Ciudad de México. Adicionalmente, falta cobertura de dichas estaciones en la región norte, el extremo este y el extremo sur de la cuenca.



Mapa 23. Ubicación de Estaciones hidrométricas en la Cuenca de México y alrededores

Tabla 9. Estaciones hidrométricas de la Cuenca de México

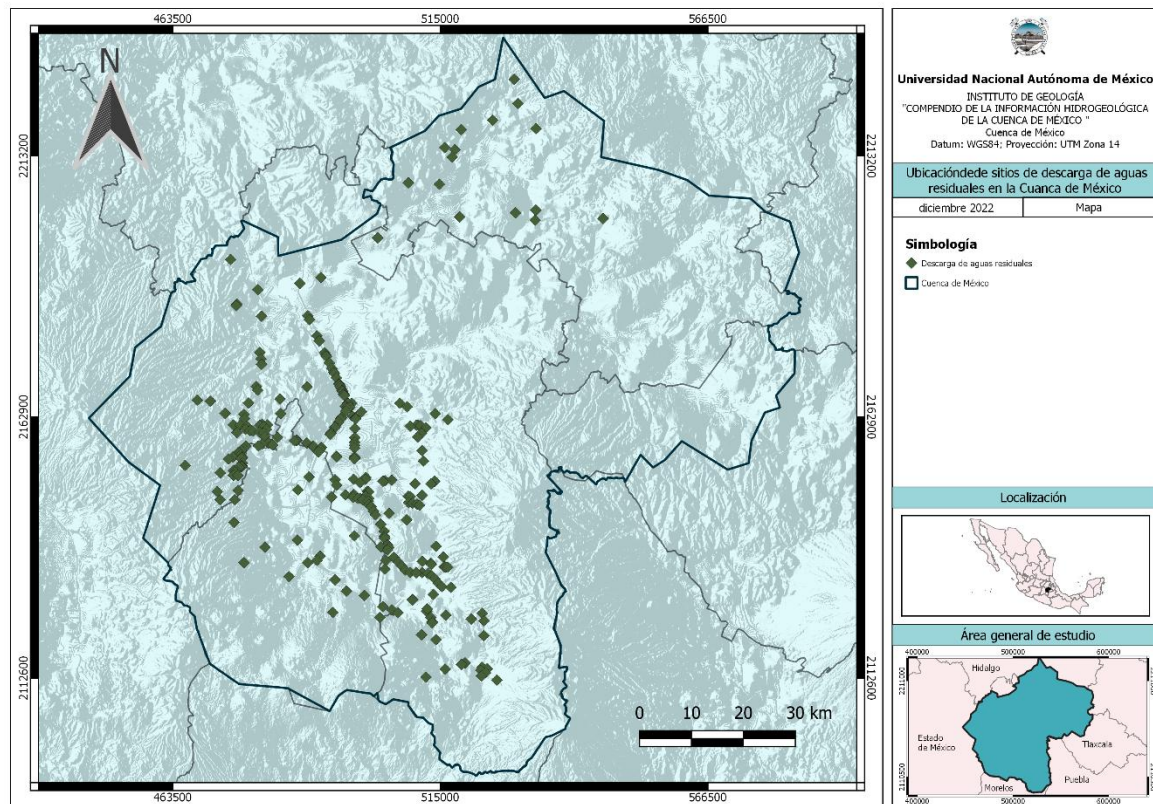
ID	Clave	Estación	Estado	Región Hidrológica	Longitud	Latitud
1	26032	MOLINO BLANCO	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.221	19.478
2	26039	KM. 6 +250	CDMX	PÁNUCO	-99.091	19.477
3	26053	EL MOLINITO	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.236	19.454
4	26054	SAN JUAN IXHUATEPEC	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.119	19.521
5	26056	HUEHUETOCA	HIDALGO	PÁNUCO	-99.213	19.849
6	26057	TOTOLICA	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.244	19.465
7	26071	TEXCOCO	EDO. MEX.	PÁNUCO	-98.883	19.501
8	26120	LA AURORA	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.251	19.638



ID	Clave	Estación	Estado	Región Hidrológica	Longitud	Latitud
9	26165	SANTO TOMAS II	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.183	19.767
10	26178	ATENCO	EDO. MEX.	PÁNUCO	-98.912	19.544
11	26183	CHAPINGO	EDO. MEX.	PÁNUCO	-98.885	19.485
12	26184	SAN ANDRES	EDO. MEX.	PÁNUCO	-98.913	19.529
13	26193	LA GRANDE	EDO. MEX.	PÁNUCO	-98.917	19.579
14	26194	TEPEXPAN	EDO. MEX.	PÁNUCO	-98.920	19.611
15	26195	TEJOCOTE	EDO. MEX.	PÁNUCO	-98.901	19.443
16	26254	DESFOGUE PRESA GUADALUPE	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.249	19.636
17	26273	EL SALITRE	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.298	19.503
18	26274	SAN MATEO	EDO. MEX.	PÁNUCO	-98.878	19.477
19	26275	SAN LUCAS	EDO. MEX.	PÁNUCO	-98.857	19.285
20	26276	SAN MARCOS	EDO. MEX.	PÁNUCO	-98.869	19.292
21	26281	VENTORRILLO	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.251	19.526
22	26307	KM. 14+000	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.017	19.568
23	26308	KM. 2+120 BOMBAS	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.012	19.564
24	26312	EL MANANTIAL	HIDALGO	PÁNUCO	-98.940	19.851
25	26313	KM. 27 +250	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.054	19.641
26	26315	PUENTE DE VIGAS	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.211	19.512
27	26316	EL MANANTIAL	HIDALGO	PÁNUCO	-98.940	19.853
28	26323	EL MANANTIAL	HIDALGO	PÁNUCO	-98.940	19.851
29	26344	LAGUNA DE APAN	HIDALGO	PÁNUCO	-98.508	19.708
30	26346	PUENTE COLGANTE	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.185	19.764
31	26347	SAN JERONIMO	HIDALGO	PÁNUCO	-98.486	19.814
32	26352	LAS ARBOLEDAS	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.216	19.563
33	26354	SAN LORENZO	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.196	19.713
34	26356	SAN LORENZO KM. 24 +523	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.196	19.702
35	26357	SAN MARTIN KM. 13 +521	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.192	19.617
36	26360	ETCHEGARAY	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.233	19.481
37	26361	IROLO	HIDALGO	PÁNUCO	-98.590	19.758
38	26402	LA DRAGA	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.019	19.562
39	26412	EL CONDE	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.244	19.465
40	26436	PUENTE LA LLAVE	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.052	19.429
41	26438	LA CONCHITA	CDMX	PÁNUCO	-99.236	19.297
42	26439	CALACOAYA III	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.255	19.525
43	26440	SANTA TERESA	CDMX	PÁNUCO	-99.236	19.303
44	26441	LOS REYES	EDO. MEX.	PÁNUCO	-98.961	19.363
45	26442	SANTA CRUZ	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.222	19.504
46	26443	CALACOAYA IV	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.256	19.525
47	26445	GARCES	EDO. MEX.	PÁNUCO	-98.914	19.422
48	26457	PRESA ITURBIDE	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.465	19.529
49	26458	SAN BARTOLITO	EDO. MEX.	PÁNUCO	-99.293	19.398
50	26500	EMISOR REQUENA	HIDALGO	PÁNUCO	-98.635	19.603
51	26501	POTRERITO	HIDALGO	PÁNUCO	-98.635	19.601
52	26502	GOLONDRINAS	HIDALGO	PÁNUCO	-98.633	19.602
53	26514	LA AGRARIA	CDMX	PÁNUCO	-99.157	19.277

2.7.1 Descarga de aguas residuales

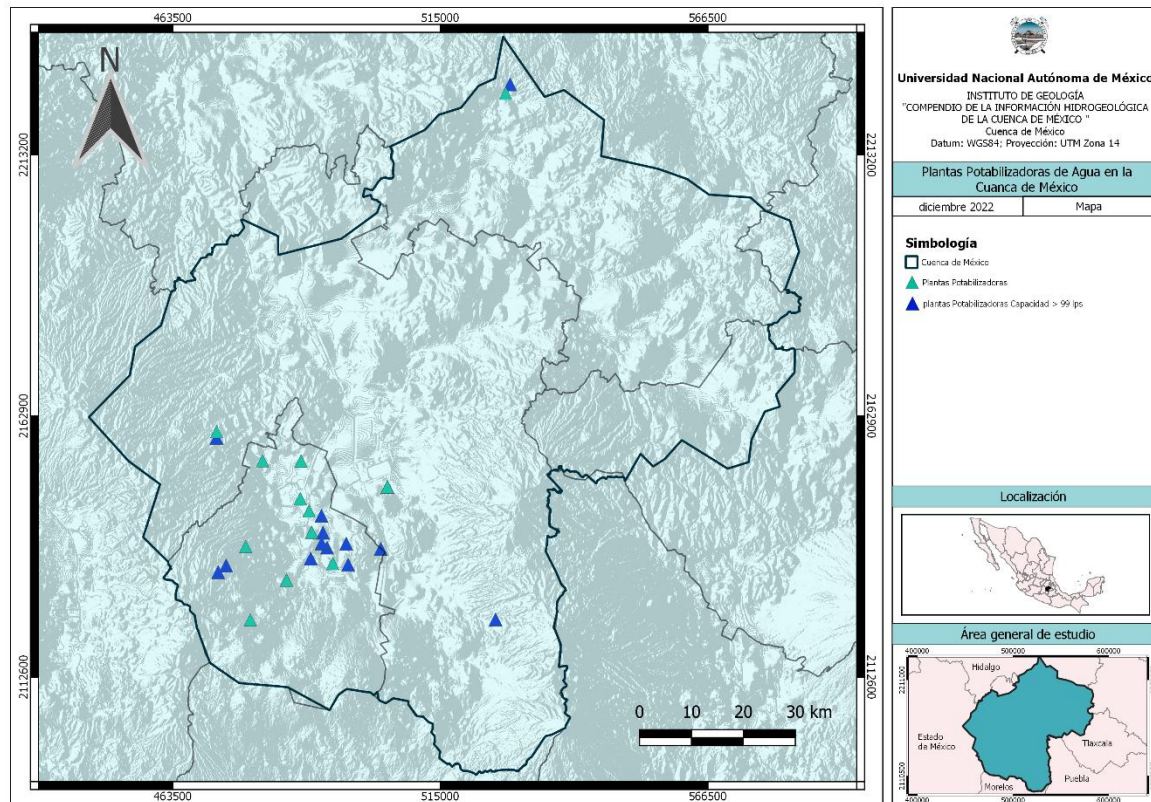
En el siguiente mapa, se muestra la distribución de los sitios de descarga de agua residuales. Particularmente hay un déficit en el registro de la existencia de este tipo de descargas en los acuíferos administrativos Apan, Soltepec y Tecocomulco.



Mapa 24. Ubicación de los sitios de descarga de aguas residuales en la Cuenca de México

2.7.2 Plantas potabilizadoras

Las plantas potabilizadoras de agua se localizan principalmente en el acuífero administrativo Zona Metropolitana de la Ciudad de México, cuenta con 62 plantas de tratamiento, a diferencia del acuífero administrativo Cuautitlán-Pachuca en el cual se localizan 2 plantas al norte. Por otra parte, los acuíferos administrativos Texcoco y Chalco-Amecameca, cuentan con una planta potabilizadora cada uno y finalmente Apan, Soltepec y Tecocomulco no cuentan con ninguna.



Mapa 25. Ubicación de Plantas Potabilizadoras de agua en la Cuenca de México

Tabla 10. Plantas potabilizadoras en el año 2017

ID Planta Potabilizadora	Nombre	No. RHA	RHA	Estado	Alcaldía	Capacidad instalada (L/s)	Caudal potabilizado (L/s)
1174	Deportivo Ferrería	13	Valle de México	Cd Mx	Azcapotzalco	50	50
1173	Trabajadores Del Hierro	13	Valle de México	Cd Mx	Azcapotzalco	60	54
1131	Deportivo Los Galeana	13	Valle de México	Cd Mx	Gustavo A. Madero	80	40
1175	Panamericana	13	Valle de México	Cd Mx	Gustavo A. Madero	50	50



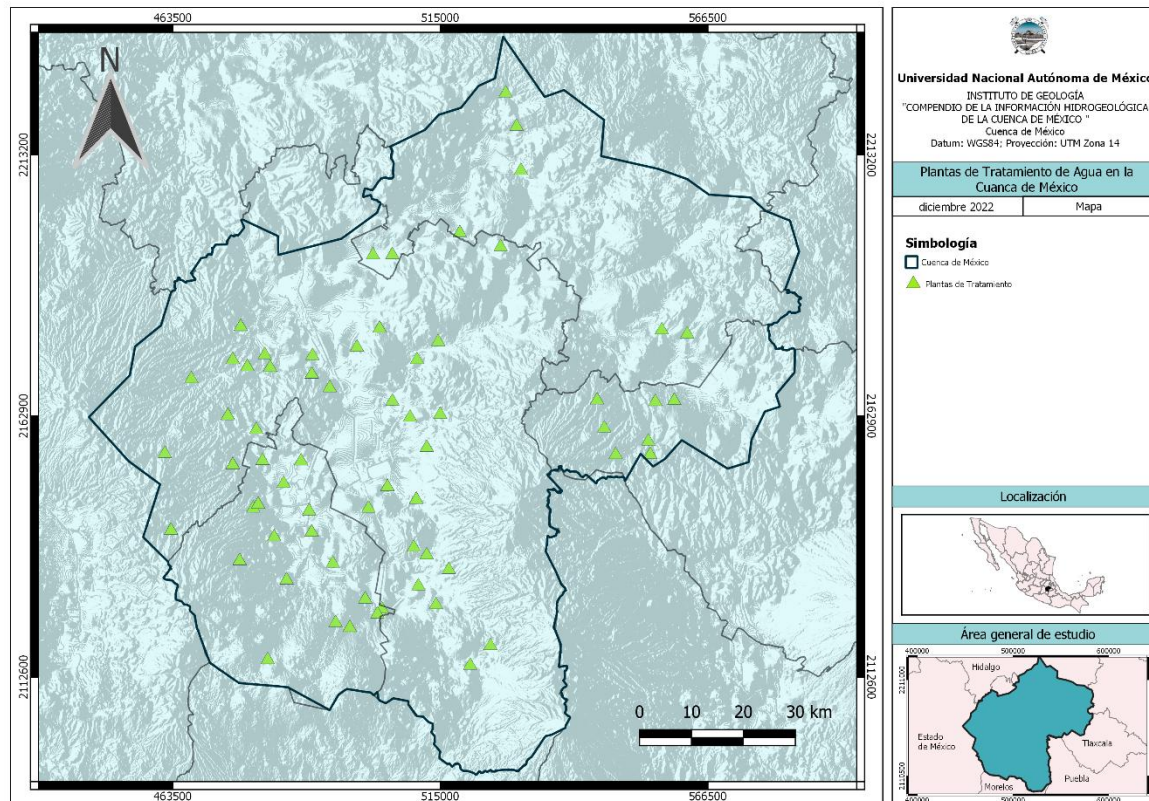
ID Planta Potabilizadora	Nombre	No. RHA	RHA	Estado	Alcaldía	Capacidad instalada (L/s)	Caudal potabilizado (L/s)
1211	Ciudad Deportiva 2	13	Valle de México	Cd Mx	Iztacalco	100	74
1572	Río Hondo	13	Valle de México	Cd Mx	Iztacalco	50	50
585	Tlacotal	13	Valle de México	Cd Mx	Iztacalco	50	50
586	Viga 4	13	Valle de México	Cd Mx	Iztacalco	60	38
1094	Xaltepec	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	500	370
1095	Acueducto Sierra Sta. Catarina	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	250	248
37	Agrícola Oriental	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	240	120
567	Carlos L. Gracidas	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	38	38
568	Cerro de La Estrella 2	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	60	60
1123	El Sifón	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	60	60
569	Granjas San Antonio	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	60	38
571	Iztapalapa 1	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	60	60
572	Iztapalapa 2	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	60	38
570	Iztapalapa 8	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	40	40
573	La Caldera	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	700	510
716	Panteón Civil	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	180	70
1463	Peñón 2	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	50	50
574	Purísima 2	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	60	60
575	Purísima 3 Y 7	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	135	100
577	Purísima Democrática	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	60	55
576	Purísima Iztapalapa 5	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	60	42
729	Purísima Iztapalapa I	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	60	38
1124	San Lorenzo Tezonco	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	6	6
1153	San Lorenzo Tezonco Nuevo	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	60	6
1121	Santa Catarina 10	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	60	50
580	Santa Catarina 11	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	40	40
1122	Santa Catarina 13	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	60	50
1172	Santa Catarina 8 Y 9	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	100	85
584	Sta. Cruz Meyehualco	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	120	65



ID Planta Potabilizadora	Nombre	No. RHA	RHA	Estado	Alcaldía	Capacidad instalada (L/s)	Caudal potabilizado (L/s)
1576	Tecomitl 2	13	Valle de México	Cd Mx	Iztapalapa	60	57
588	Río Magdalena	13	Valle de México	Cd Mx	La Magdalena Contreras	210	210
1093	Río Magdalena 2	13	Valle de México	Cd Mx	La Magdalena Contreras	200	200
1514	Acueducto Tláhuac-La Caldera	13	Valle de México	Cd Mx	Tláhuac	40	40
579	Santa Catarina	13	Valle de México	Cd Mx	Tláhuac	500	120
1577	Selene	13	Valle de México	Cd Mx	Tlalpan	120	60
591	Balbuena 2	13	Valle de México	Cd Mx	Venustiano Carranza	40	40
1578	Peñón	13	Valle de México	Cd Mx	Venustiano Carranza	50	50
1125	Vista Alegre	13	Valle de México	Cd Mx	Venustiano Carranza	40	37
592	Cerillos 2	13	Valle de México	Cd Mx	Xochimilco	40	40
593	Cerillos 3	13	Valle de México	Cd Mx	Xochimilco	40	40
589	Escudo Nacional 2	13	Valle de México	Cd Mx	Xochimilco	40	40
1347	R-11	13	Valle de México	Cd Mx	Xochimilco	40	40
590	S-13	13	Valle de México	Cd Mx	Xochimilco	40	40
594	San Luis Nuevo	13	Valle de México	Cd Mx	Xochimilco	60	60
960	San Juan Pachuca	13	Valle de México	Hidalgo	Pachuca de Soto	120	100
84	Madín	13	Valle de México	México	Atizapán de Zaragoza	600	450
1096	Chimalhuacán	13	Valle de México	México	Chimalhuacán	20	20
701	Ramal Peñon- Texcoco	13	Valle de México	México	Chimalhuacán	630	630

2.7.3 Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)

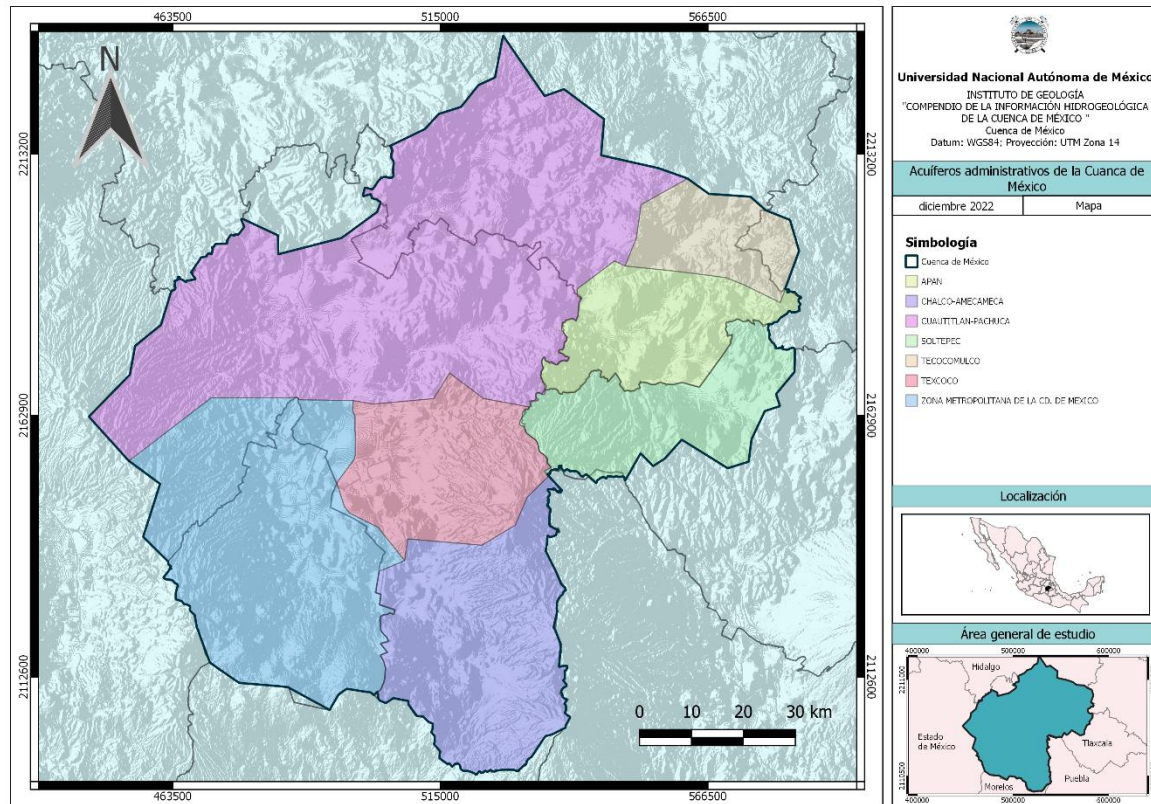
En cuanto a las 141 plantas de tratamiento, éstas presentan una distribución uniforme en la cuenca, siendo el acuífero administrativo Soltepec el único que no cuenta con una. De las 141 plantas 114 se encuentran activas, 7 en condición baja y 20 fuera de operación. En el Anexo Plantas de Tratamiento, se puede encontrar la información disponible acerca de las plantas representadas en el mapa, como la clave que tiene en el INEGI, el Estado, Alcaldía o Municipio, Nombre de la PTAR, así como su capacidad, caudal tratado, las coordenadas de su localización, entre otros.



Mapa 26. Ubicación de Plantas de Tratamiento de agua en la Cuenca de México

2.8 Límite de acuíferos

La Cuenca de México se encuentra ubicada en la porción central de México y se encuentra conformada por los acuíferos administrativos Apan, Chalco-Amecameca, Cuautitlán-Pachuca, Soltepec, Tecocomulco, Texcoco y Zona Metropolitana de la Ciudad de México.



Mapa 27. Acuíferos administrativos de la Cuenca de México

2.9 Hidrogeología

La Cuenca de México es de carácter lacustre. Dichas zonas lacustres son producto de lagos que existieron al final de la época glacial. En el Cuaternario Superior se generó la Sierra Chichinautzin cerrando el valle, lo cual dio paso a la formación de la cuenca, fue así como las aguas pluviales quedaron encajonadas, formando un conjunto de lagos someros ya que durante los últimos 700 000 años la Sierra del Chichinautzin ha modificado drásticamente su morfología limitación del drenaje hacia el sur. (Vázquez-Sánchez y Jaimes-Palomera, 1989).

En la zona sur de la cuenca se pueden identificar de manera general cinco unidades hidrogeológicas (Morales Casique et al., 2014).

- Primera: Situada en la parte superior con 70 m de espesor aproximadamente, formada por depósitos lacustres.
- Segunda: de esta se extrae agua actualmente, ubicada entre los 70 y los 500 m de profundidad. Esta unidad presenta gran heterogeneidad, formada por materiales granulares y rocas volcánicas fracturadas.
- Tercera: va de los 500 a los 750 m, es de origen volcánico con intercalación de sedimentos lacustres.
- Cuarta: entre los 750 y 1140 m, compuesta por ignimbrita, secuencias de lava y presencia de material arcilloso.
- Quinta: va de los 1140 a 2008 m, formada por rocas de origen volcánico con zonas fracturadas. Mooser y Molina (1993) identifican una unidad hidroestratigráfica, después de las secuencias de lava, constituida por rocas carbonatadas.

2.10 Pozos profundos

Los pozos profundos en la Cuenca de México se localizan principalmente en el acuífero administrativo Zona Metropolitana de la Ciudad de México, contando éste con 18 pozos profundos; por otra parte, el acuífero administrativo Texcoco cuenta con 1 y Chalco-Amecameca con 2; tendiendo así un total de 21.

A continuación, se muestran los pozos “profundos” perforados desde los años 60 hasta la actualidad. Todos los pozos, a excepción del pozo “El Mirador” cuentan con columna lito estratigráfica.

En los años 60, la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Departamento del Distrito Federal perforaron 8 pozos en la Ciudad de México con profundidades desde los 800 a los 1356 [m] y uno adicional en Texcoco de 2065 [m]:

- Río San Joaquín 1289 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)
- Avenida 100 metros 1200 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)
- La Castañeda – 5 1302 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)
- Centenario – 6 1123 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)
- San Juan de Aragón 1356 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)



- Tláhuac – 3 1207 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)
- Coapa – 7 1066 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)
- Coapa – 8 800 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)
- Texcoco 2065 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)

Después del sismo de 1985, entre los años 1986 y 1987, la Comisión Federal de Electricidad y Petróleos Mexicanos, perforaron 4 pozos con profundidades que variaban entre 2258 a los 3200 [m]:

- Mixhuca – 1 2452 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)
- Tulyehualco – 1 3000 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)
- Roma – 1 3200 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)
- Copilco – 1 2258 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)

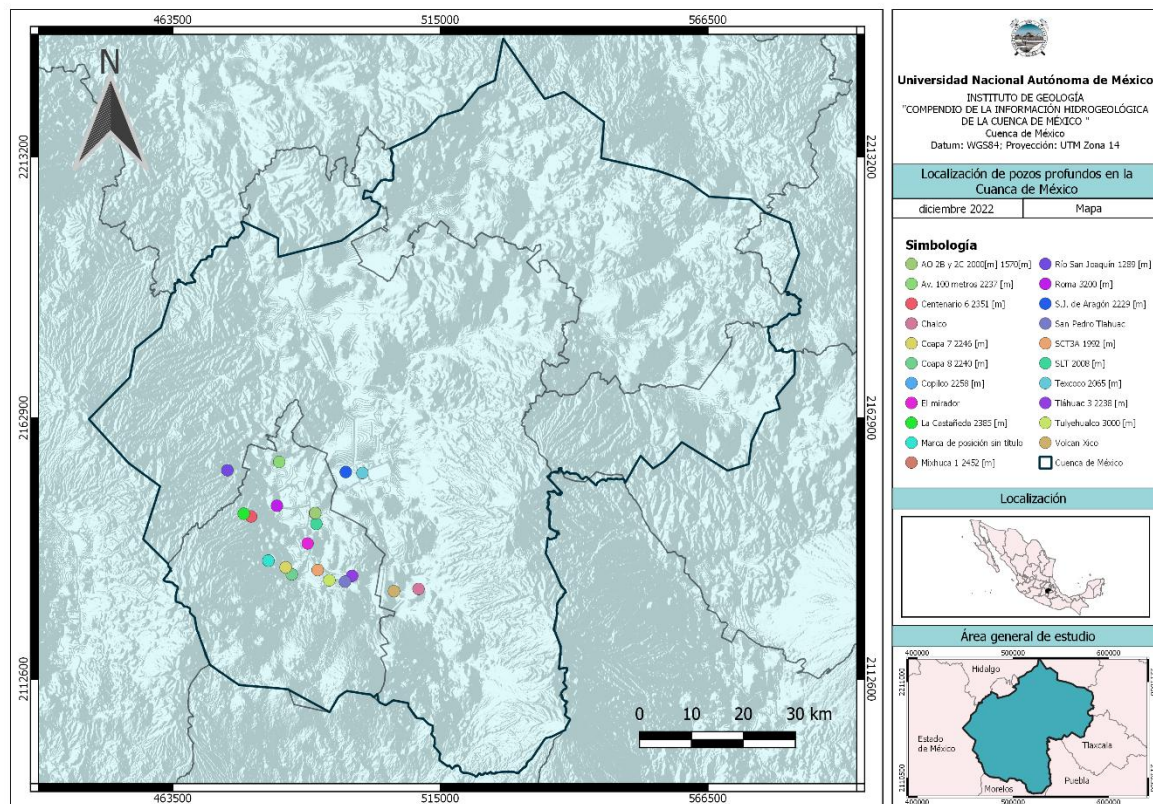
A partir del 2011 Petróleos Mexicanos, en colaboración con el Sistema de Aguas de la Ciudad de México y CONAGUA perforaron 5 pozos cuyas profundidades varían entre los 1570 y 2289 [m]:

- San Lorenzo Tezonco 2008 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)
- Agrícola Oriental 2B 2000 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)
- Agrícola Oriental 2C 1570 [m] (se cuenta con columna litoestratigráfica)
- Santa Catarina 3-A 1992 [mv] y 2026 [md] (se cuenta con columna)
- El Mirador 2289 [mv] y 3294 [md] (no se cuenta con columna litoestratigráfica)

Estudios realizados en los pozos:

- Pozos AO2 B y 2C:
 - Muestras de canal
 - Núcleos
 - Registros geofísicos de pozos
 - Análisis químicos de las rocas
 - Análisis e muestras de gas
- Pozo Santa Catarina 3A:
 - Registros geofísicos de pozos
 - Núcleos
 - Muestras de canal
 - Análisis químicos de las rocas
 - Análisis químicos de agua
- San Lorenzo Tezonco:
 - Registros geofísicos de pozos
 - Pruebas de aforo
 - Análisis químicos de agua
 - Isotopos estables y datación por ^{14}C para agua
 - Análisis químicos de las rocas

- Fechamiento de muestras litológicas
- Mixhuca:
 - Registros geofísicos



Mapa 28. Localización de los pozos profundos perforados en la Cuenca de México

A continuación, se presentan las columnas litoestratigráficas de algunos de los pozos profundos.
(SACMEX, CONAGUA)

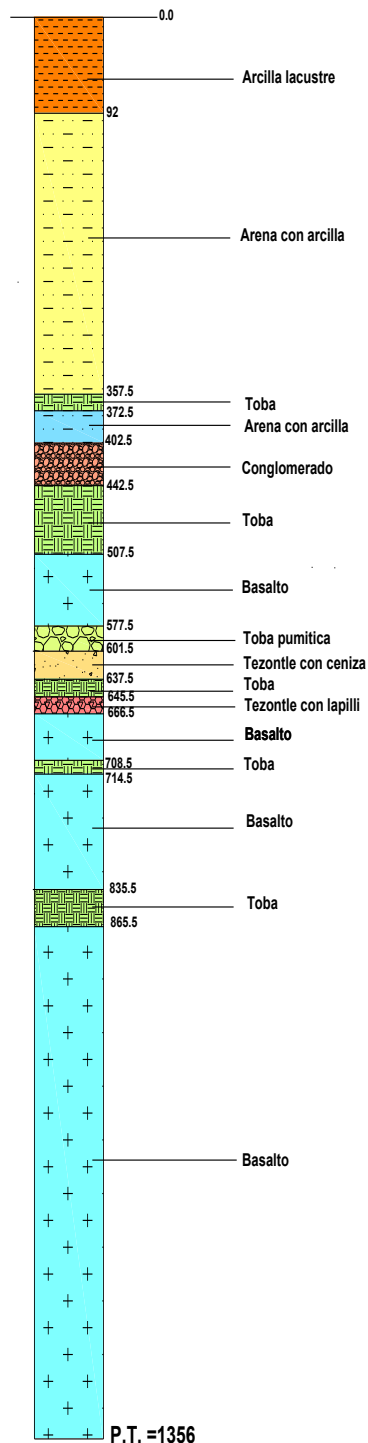
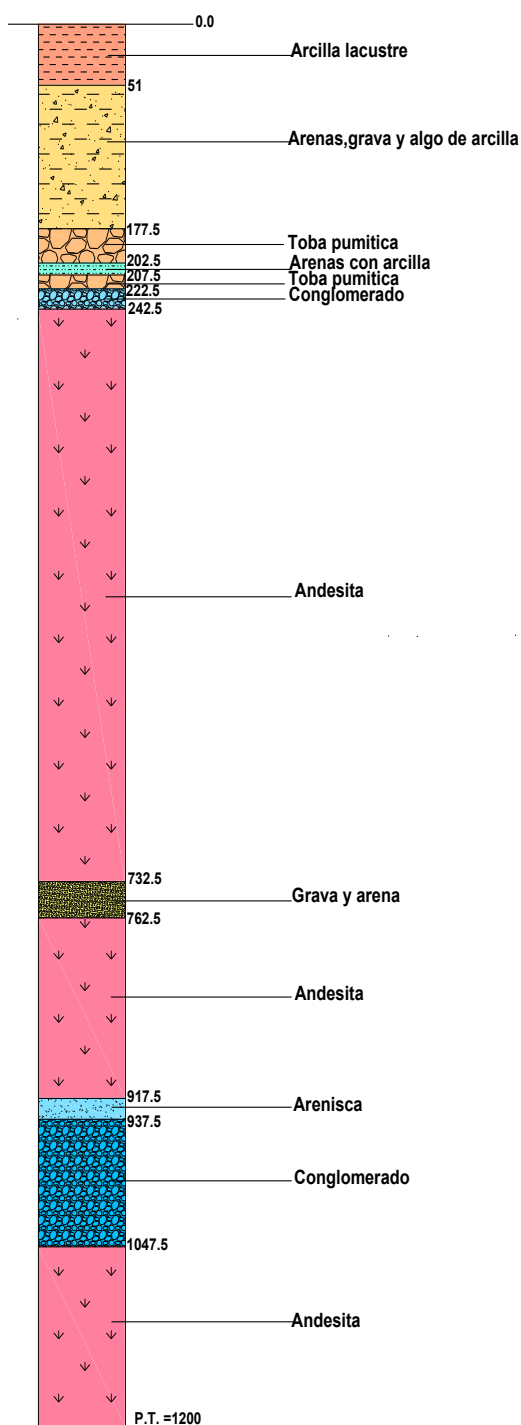


Imagen 3. Columna Litoestratigráfica Pozo Av 100 m

Imagen 4. Columna Litoestratigráfica Pozo San Juan de Aragón

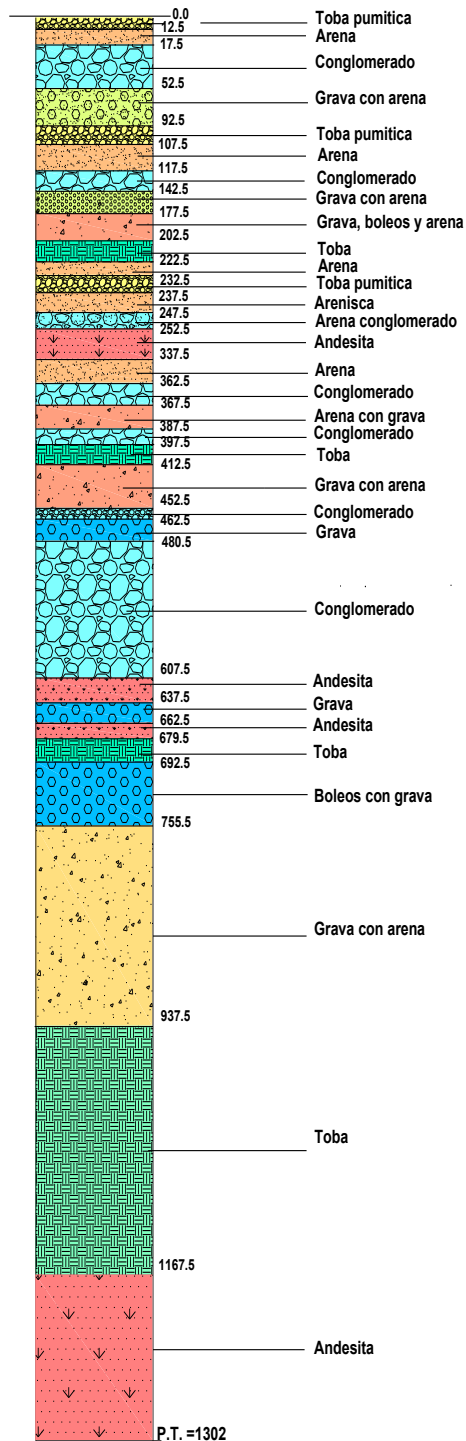


Imagen 5. Columna Litoestratigráfica Pozo La Castañeda

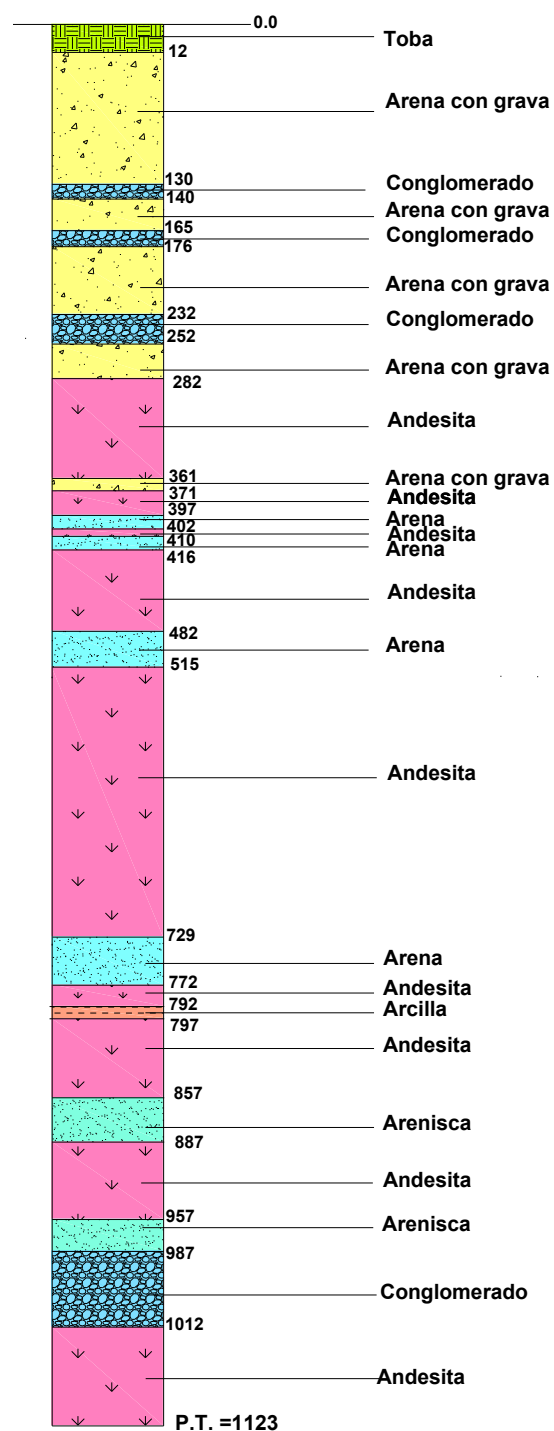


Imagen 6. Columna Litoestratigráfica Pozo Centenario 6

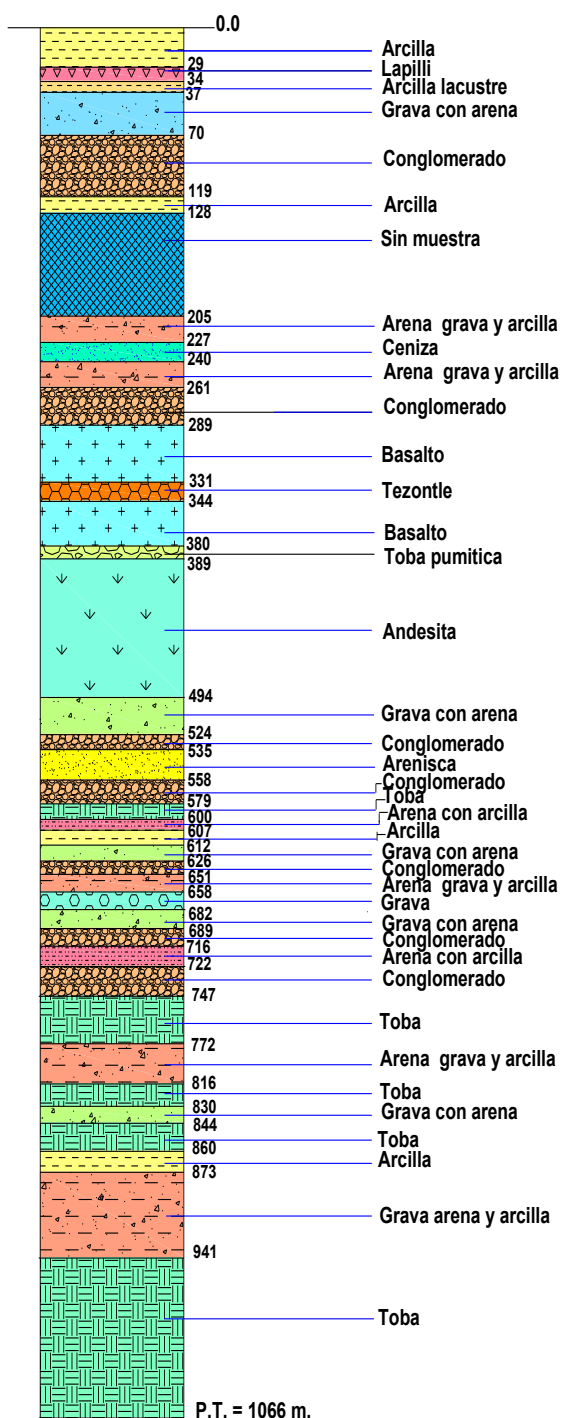


Imagen 7. Columna Litoestratigráfica Pozo Coapa 7

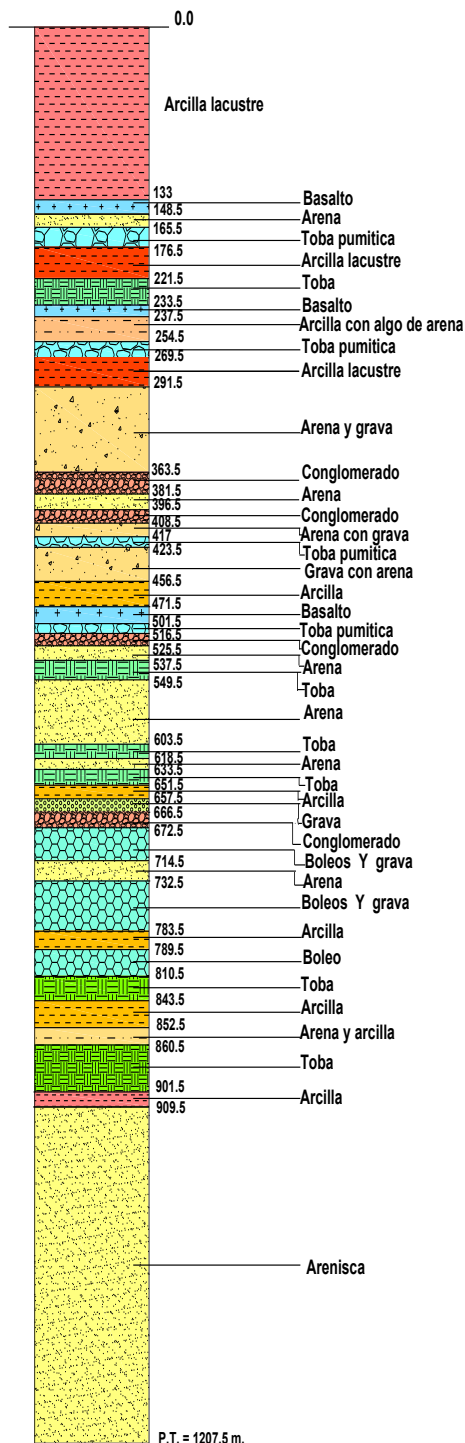


Imagen 8. Columna Litoestratigráfica Pozo Tláhuac

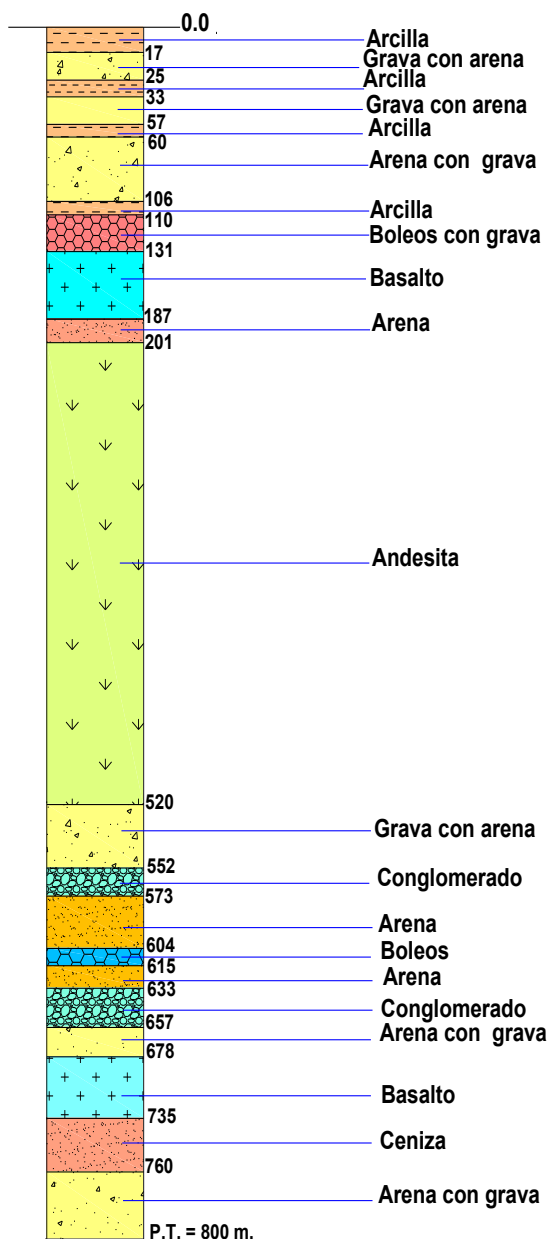


Imagen 9. Columna Litoestratigráfica Pozo Coapa 8

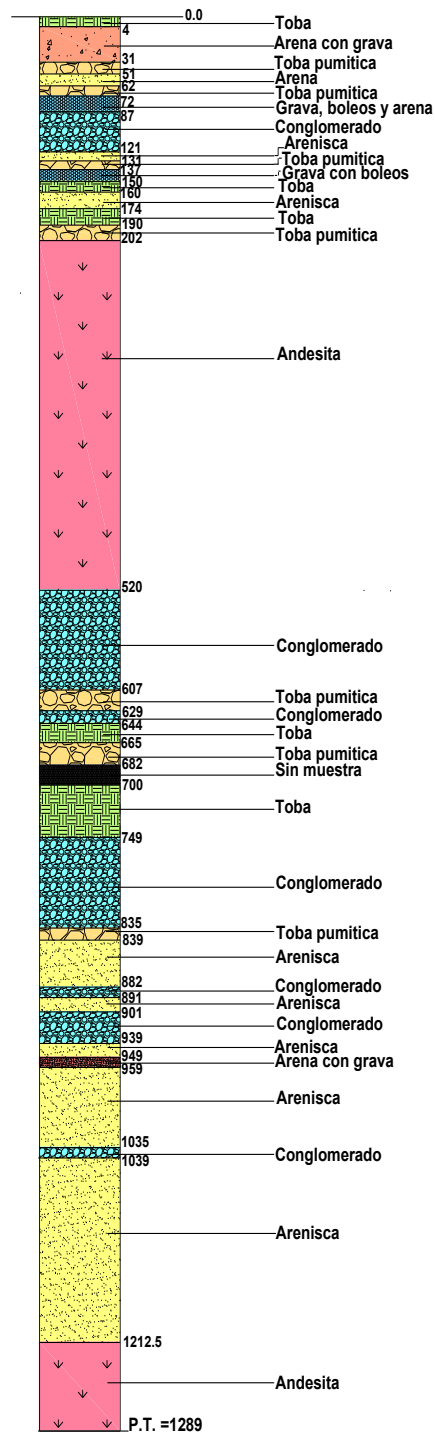
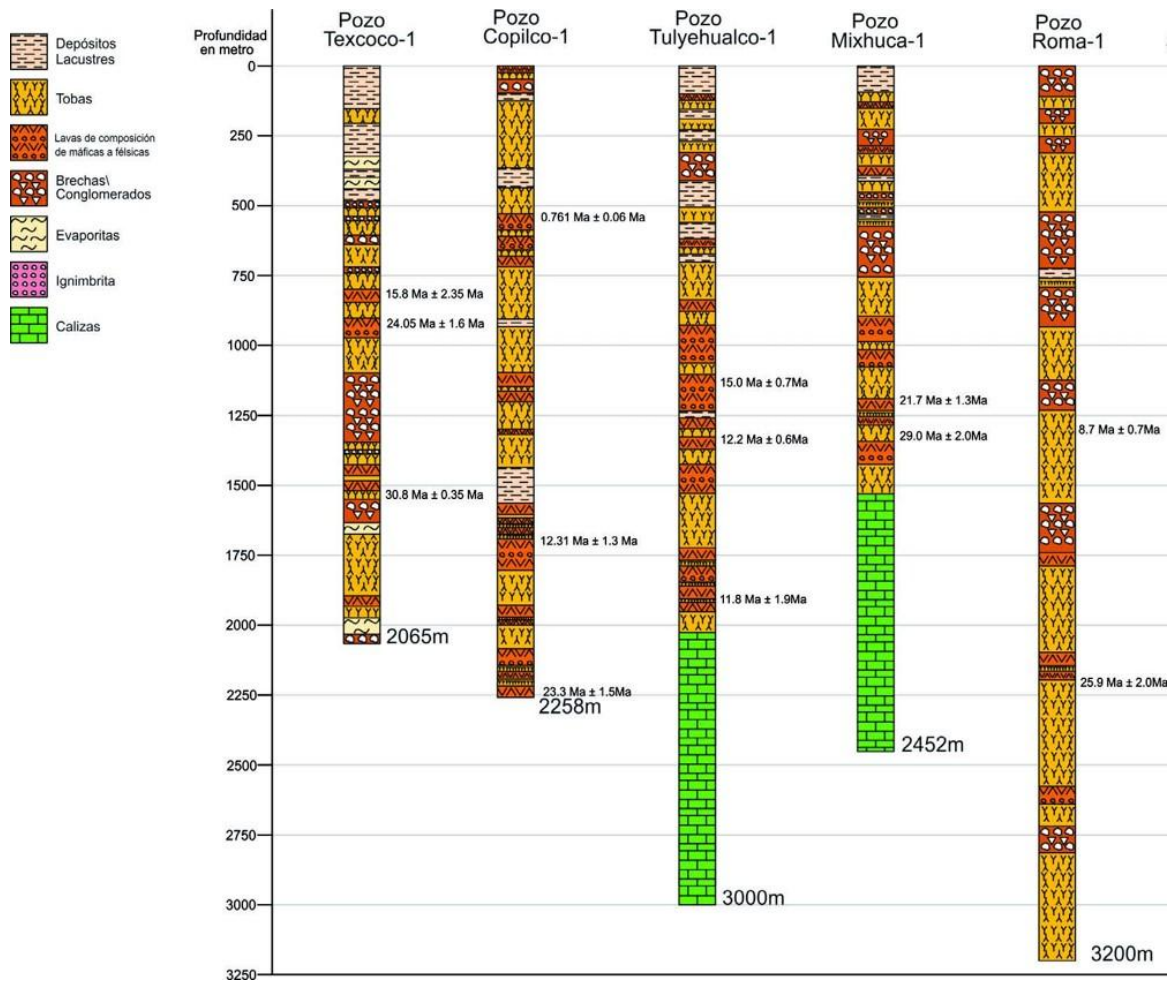
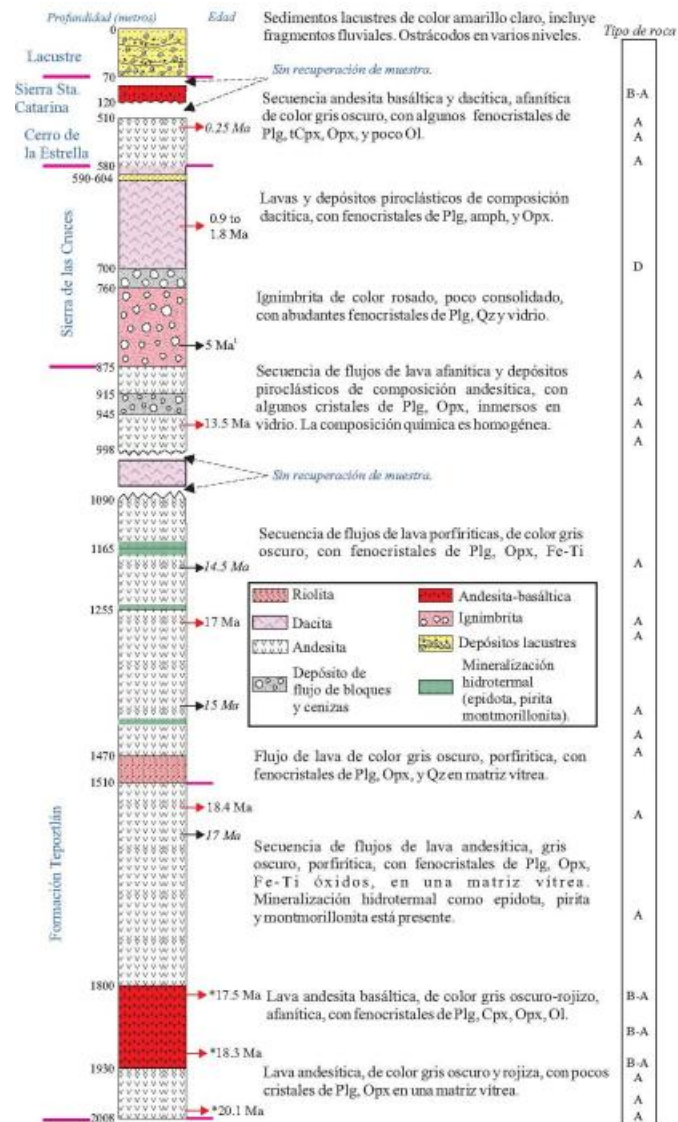


Imagen 10. Columna Litoestratigráfica Pozo San Joaquín



Tomado de: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen 67, núm. 2, 2015, p. 285-297

Imagen 11. Columnas Litoestratigráficas de los pozos Texcoco-1, Copilco 1, Tulyehualco 1, Mixhuca 1 y Roma 1



Tomado de: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen 67, núm 2, 2015, p. 123 – 143. Arce et al. (2017)

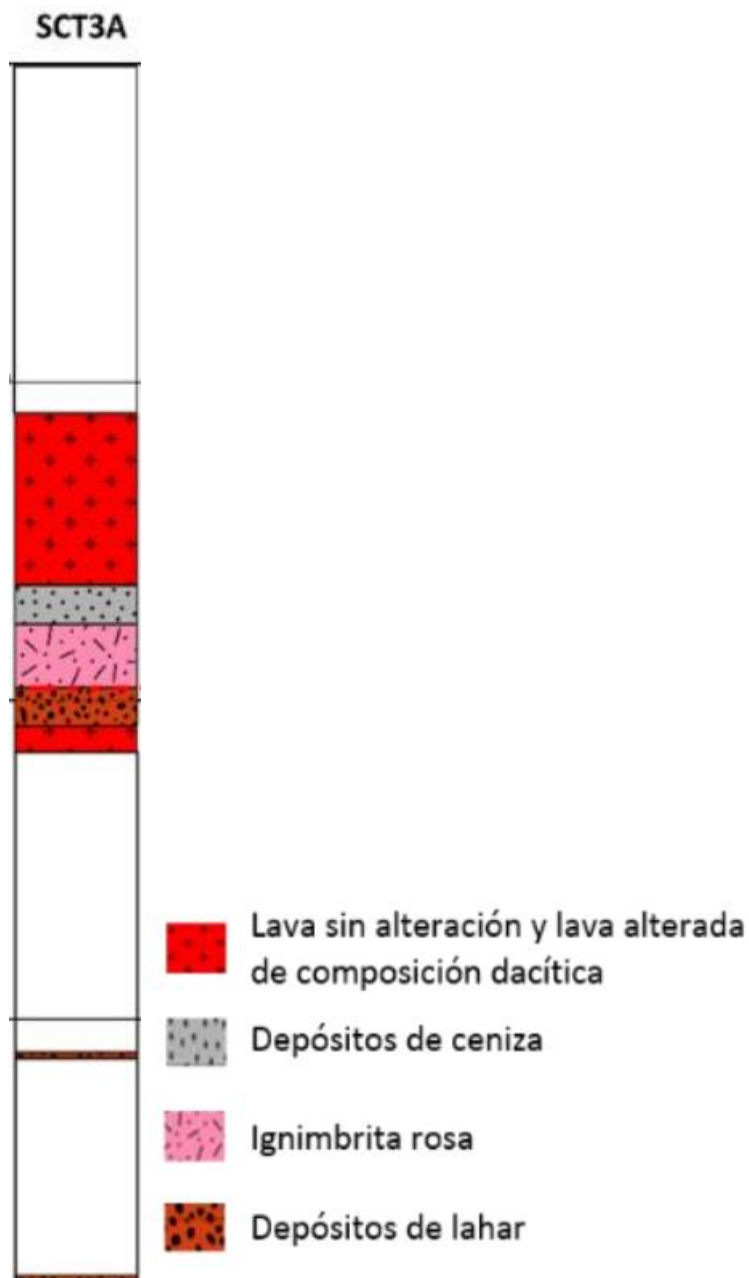
Imagen 12. Columna Litoestratigráfica pozo San Lorenzo Tezonco.

El tipo de roca está basado en análisis químico de roca total (A, andesita; D, dacita; BA, andesitabasáltica). Las edades con asterisco son de este trabajo (Tabla 2). Las edades retomadas de Arce et al. (2013a) son de UPb 1 en circones y las demás son 40Ar/39Ar. La separación en paquetes se llevó a cabo con base en la edad, composición química y relaciones de campo (ver la discusión en el texto). Modificado de Arce et al. (2013a).



Tomado de: Boletín del Instituto de Geología. No. 121. Morales Casique et al. (2018)

Imagen 13. Columna Litoestratigráfica del sitio de los pozos Agrícola Oriental 2B y 2C.

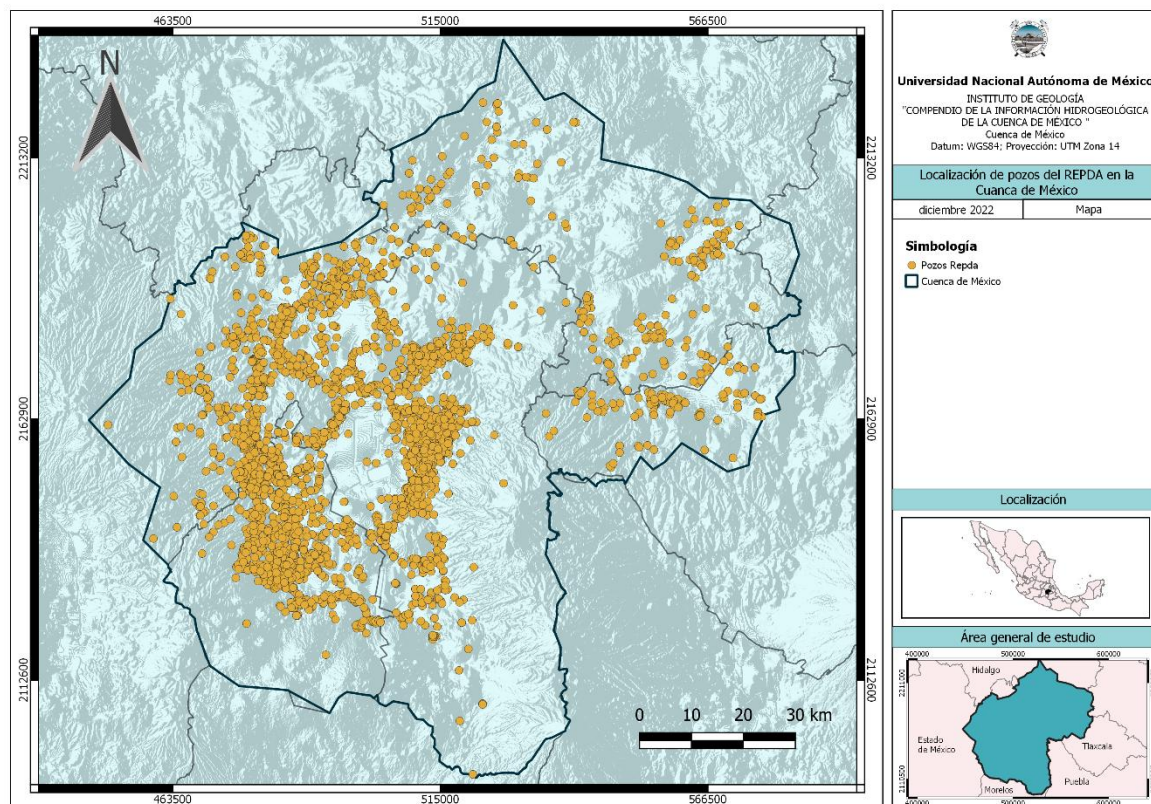


Tomado de: Tesis de maestría. Martínez Casas (2022).

Imagen 14. Columna Litoestratigráfica del sitio de los pozos Agrícola Oriental 2B y 2C.

2.11 Monitoreo del agua subterránea

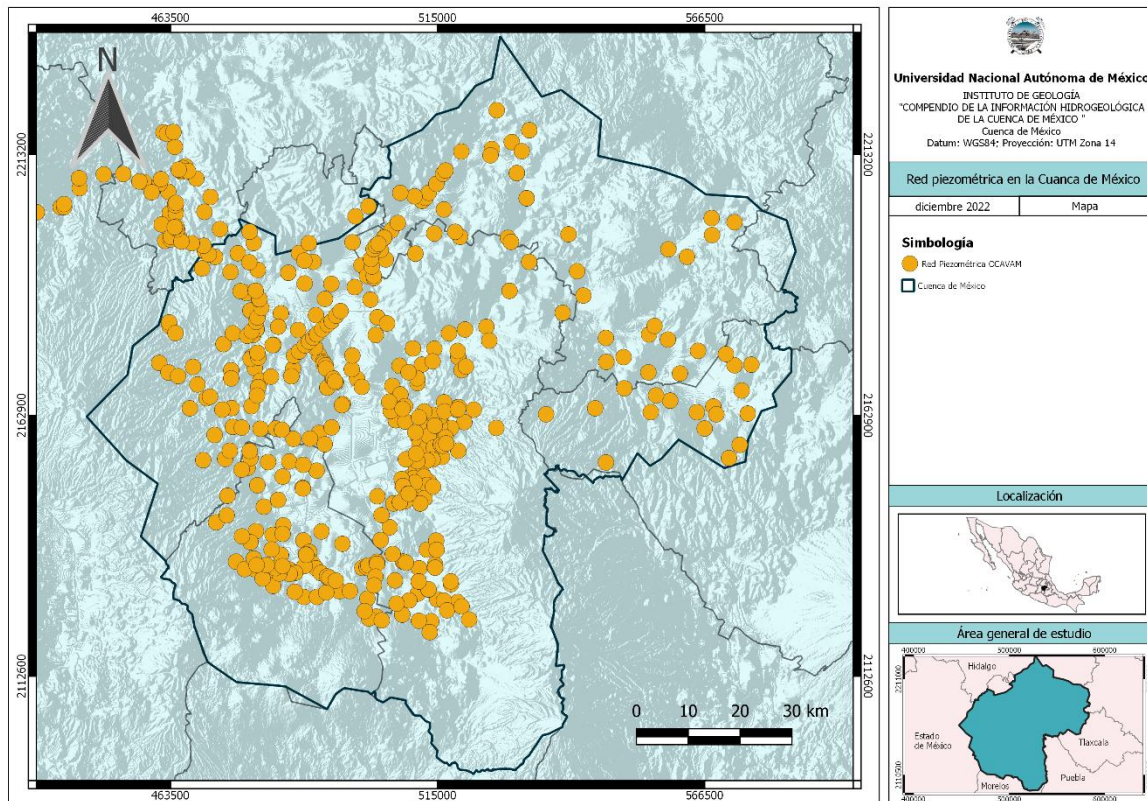
A continuación, se muestran los 2959 pozos del REPDA ubicados en la Cuenca de México, de los cuales 1 está registrado como uso para agricultura; 671 como agrícola; 14 para diferentes usos; 31 para uso doméstico; 2 para generación de energía eléctrica; 623 de uso industrial; 396 para usos múltiples; 71 para uso pecuario; 970 para uso público-urbano y 180 para servicios.



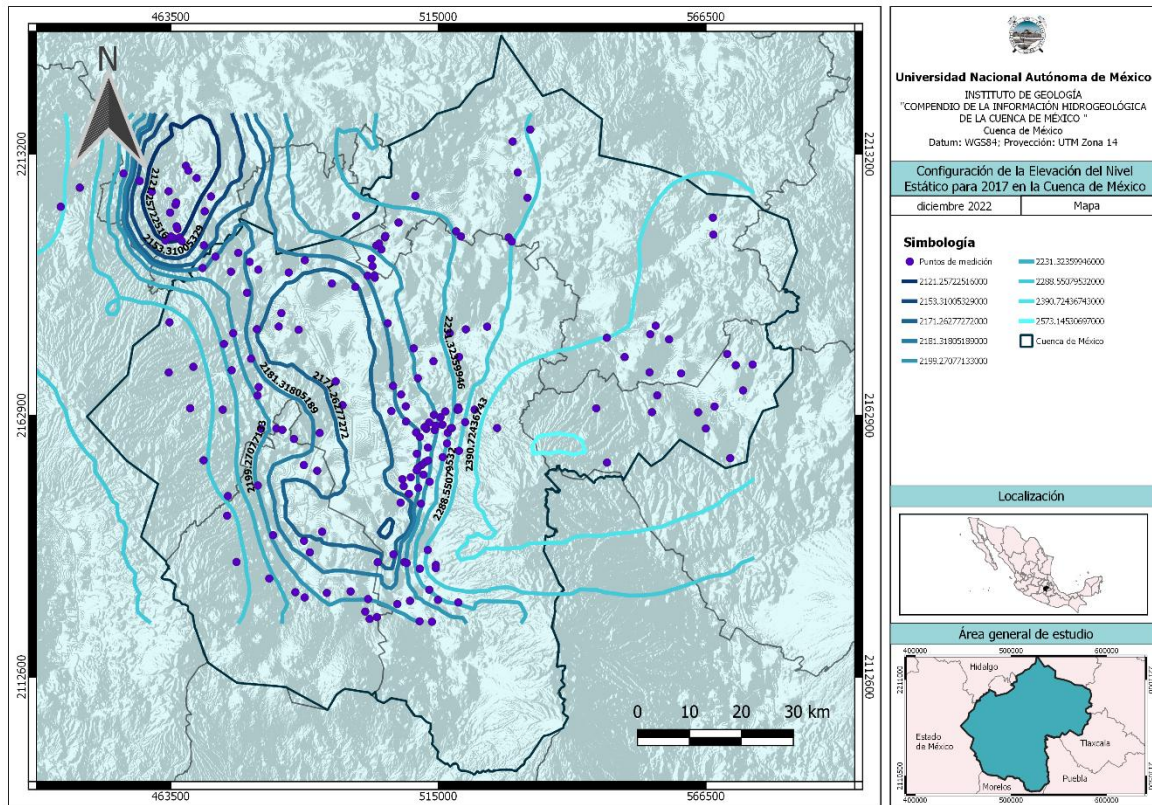
Mapa 29. Ubicación de los pozos del REPDA en la Cuenca de México

2.11.1 Monitoreo de la red piezométrica de la Cuenca de México

A continuación, se presentan las configuraciones de ENE (Elevación de Nivel Estático) para los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021. Como se puede observar en los mapas la mejor configuración es la generada por los datos del 2017, ya que, de los 5 años analizados, es el que cuenta con mayor cantidad de datos y una distribución uniforme de los mismos.



Mapa 30. Red Piezométrica de la Cuenca de México



Mapa 31. Configuración de la Elevación del Nivel Estático en la Cuenca de México, para datos recabados en el año 2017

En la siguiente tabla se presentan los datos con los que se realizó la configuración del nivel estático de la cuenca de México para el año 2017. Se enlista el nombre de la estación (ID), las coordenadas geográficas, así como la profundidad del nivel estático (PNE) y la elevación del nivel estático (ENE).

Tabla 11. Pozos con coordenadas y valores de nivel estático para el año 2017

ID	X [m]	Y [m]	Z [m]	PNE [m]	ENE [m]	ID	X [m]	Y [m]	Z [m]	PNE [m]	ENE [m]
0.2004	489257	2127870	2275	41.8	2233.2	.B-497V	508783	2161714	2245	71.89	2173.11
0.2146	503179	2124091	2283	38.19	2244.81	.C-953V	512686	2160290	2252	51.47	2200.53
0.2147	501777	2123737	2263	42.53	2220.47	CB-73V	478937	2173808	2270	130.37	2139.63
0.2235	500938	2125146	2254	42.83	2211.17	.CB-91	473714	2176646	2300	74.4	2225.6
0.2239	501480	2127565	2273	53.23	2219.77	.CC-47v*	475519	2178715	2272	102.2	2169.8
0.2614	482446	2131510	2290	30.35	2259.65	.CG-10	484791	2182573	2238	69.59	2168.41
0.4276	550879	2174126	2478	40.87	2437.13	.CL-37V	484270	2179997	2246	69.07	2176.93
0.6381	483178	2139859	2252	82.2	2169.8	.D-868	511146	2148940	2251	85.56	2165.44
0.778	478192	2186481	2304	155.38	2148.62	.DK-50	488115	2179361	2240	71.37	2168.63
.100-B	486213	2190383	2249	79.81	2169.19	.E-194	506280	2168573	2248	80.49	2167.51
.104-B	480350	2190940	2257	99.35	2157.65	.DO-35	520159	2161604	2371	101.25	2269.75
.109-BV	463241	2180808	2395	7.65	2387.35	.EA-82V	515788	2161123	2272	35.52	2236.48

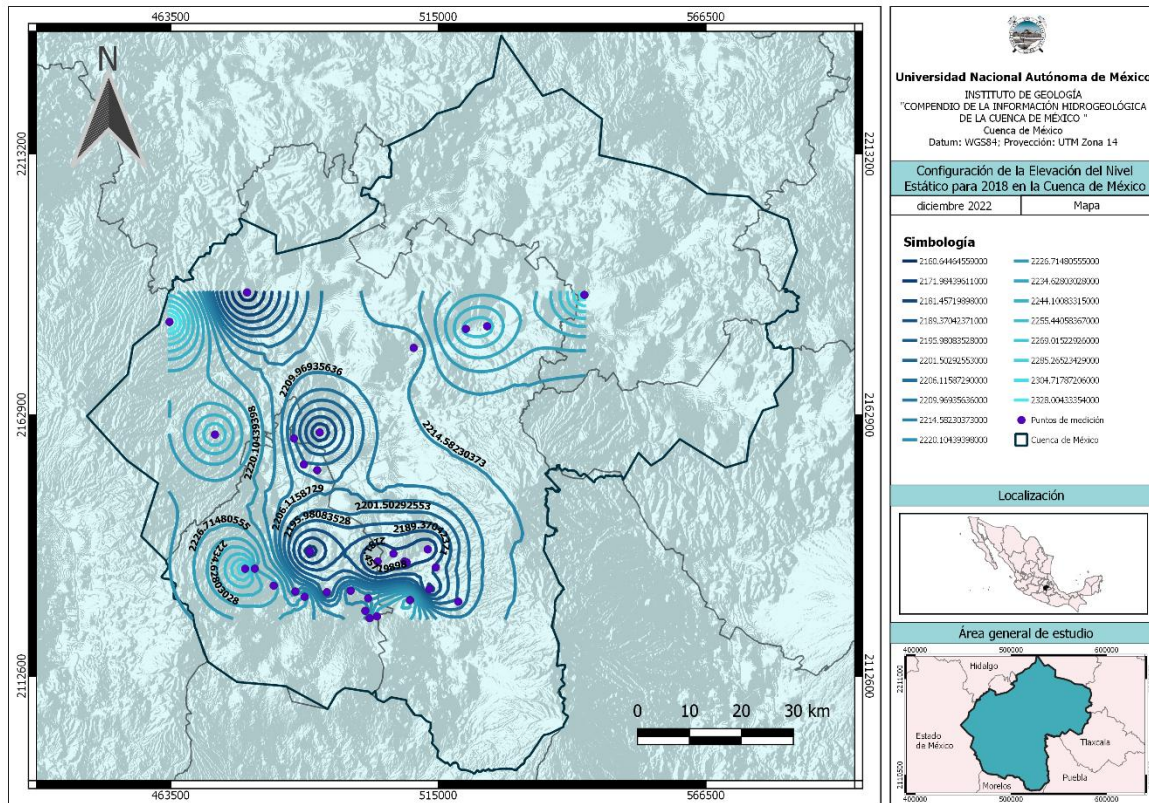


ID	X [m]	Y [m]	Z [m]	PNE [m]	ENE [m]	ID	X [m]	Y [m]	Z [m]	PNE [m]	ENE [m]
.127-B	475083	2190543	2264	78.07	2185.93	.EB-15	514299	2160088	2258	73.87	2184.13
.1549V	514931	2127414	2261	73.99	2187.01	.EC-11	513227	2161552	2253	70.02	2182.98
.1609V	508474	2134675	2238	65.39	2172.61	.EC-35	508743	2164656	2254	59.58	2194.42
0.1691	512973	2136994	2258	85.65	2172.35	.ED-12	512356	2160643	2251	69.03	2181.97
0.1767	511439	2133407	2238	64.52	2173.48	.EJ-18	516804	2159534	2275	88.93	2186.07
.1805V	514520	2134131	2990	91.16	2898.84	.EJ-20	517369	2160384	2285	49.82	2235.18
.1934V	513779	2123191	2272	81.1	2190.9	.EJ-51V	518650	2163988	2292	53.88	2238.12
0.1944	518848	2126907	2280	76.84	2203.16	.EJ-72	518830	2164447	2293	35.88	2257.12
.7V2	514524	2133525	2279	86.97	2192.03	.EJ-86	517603	2160466	2280	45.2	2234.8
.79-B	509548	2127214	2257	6.3	2250.7	.EL-87V	515421	2162547	2263	66.67	2196.33
.83-B	503315	2134655	2250	88.59	2161.41	.EM-03	514170	2162998	2258	64	2194
.94-B	511391	2123287	2260	61.85	2198.15	.EM-74	516352	2163662	2275	74.75	2200.25
.119-B	506357	2136163	2251	71.37	2179.63	.EM-92	518926	2164058	2293	57.59	2235.41
.120-B	507102	2126596	2236	58.25	2177.75	.EN-83	511442	2158767	2246	72.06	2173.94
.132-B	508909	2134481	2238	69.4	2168.6	.EO-20V	512999	2156719	2265	75.75	2189.25
.196V	513258	2129350	2249	73.3	2175.7	.EP-55V	511765	2153340	2253	74.19	2178.81
0.6695	491682	2152243	2234	29.37	2204.63	.EP-87	510721	2159609	2245	70.39	2174.61
.6878V	489109	2153353	2235	46.36	2188.64	.ER-14	511021	2152754	2248	70.61	2177.39
0.8037	487202	2158358	2248	44.75	2203.25	.ER-26V	509692	2150985	2245	72.46	2172.54
0.8138	492163	2159518	2239	67.6	2171.4	.ER-27V	510843	2152323	2245	69.98	2175.02
0.1971	487464	2128877	2255	25.9	2229.1	.ER-87V	512431	2153896	2252	80.33	2171.67
.102-B	476142	2134696	2421	88.99	2332.01	.ER-88	513050	2154210	2265	86.42	2178.58
0.2002	493529	2128749	2240	47.9	2192.1	.ER-96	512131	2151504	2260	72.39	2187.61
.2157-V	498108	2129028	2255	48	2207	.ES-05V	513344	2150127	2296	110.37	2185.63
0.2599	490268	2136564	2249	83.73	2165.27	.ET-75	508083	2150621	2238	45.05	2192.95
0.2819	510265	2175795	2265	58.6	2206.4	.ET-77V	508333	2149284	2249	67.18	2181.82
0.42	518993	2174151	2298	58.3	2239.7	.EX-07V	510853	2155517	2247	66.65	2180.35
0.4216	517210	2178738	2310	44.96	2265.04	.E-44V	511068	2170050	2273	72.69	2200.31
0.4235	520294	2179456	2311	49.2	2261.8	.E-133	518979	2156089	2392	120.67	2271.33
.4240V	524406	2179973	2340	75.56	2264.44	.E-708V	514453	2160919	2257	74.13	2182.87
0.4288	555796	2178513	2459	26.83	2432.17	.F-107	509340	2147819	2248	55.58	2192.42
0.4293	568179	2164605	2514	61.47	2452.53	.FA-03V	480244	2149422	2247	77.6	2169.4
0.4296	565020	2163504	2519	78.6	2440.4	.FS-96V	472098	2193448	2291	109.21	2181.79
0.4306	557143	2166752	2524	88.33	2435.67	.GE-40	489308	2192748	2261	82.6	2178.4
0.4314	545394	2164265	2613	107.97	2505.03	.GO-14	494524	2188268	2255	145.55	2109.45
0.4328	556848	2180153	2461	31.67	2429.33	.HA-77V	469805	2154260	2349	41.17	2307.83
0.4396	567856	2200942	2535	17.4	2517.6	.GO-73V	499031	2187629	2248	82.15	2165.85
0.4399	567942	2197679	2528	2.73	2525.27	.HB-52	467848	2172248	2368	29.23	2338.77
0.443	561743	2170982	2529	88.57	2440.43	.PRH-1	476482	2194161	2247	79.19	2167.81
0.4432	559429	2177526	2514	59.7	2454.3	.PRH-3	478688	2192429	2249	79.19	2169.81
0.4483	573664	2167697	2547	91.11	2455.89	.RE-16C	495236	2169430	2240	81.97	2158.03



ID	X [m]	Y [m]	Z [m]	PNE [m]	ENE [m]	ID	X [m]	Y [m]	Z [m]	PNE [m]	ENE [m]
0.4491	572268	2172557	2518	63.35	2454.65	.RT-15C*	480063	2179488	2253	113	2140
0.4438	528551	2197126	2366	99.74	2266.26	.RTIZ 9B	504704	2197151	2250	110.6	2139.4
0.452	510568	2205140	2330	123.8	2206.2	.RTIZ 10	504804	2197412	2344	129	2215
.4528V	532696	2217892	2378	68.15	2309.85	.RTIZ 14	507341	2199997	2336	120	2216
.4530V	529308	2215597	2353	96.76	2256.24	.T-01	436555	2200996	2560	61.06	2498.94
0.4575	519368	2197323	2325	124.45	2200.55	.T-03	442308	2203041	2473	39.5	2433.5
0.4493	570615	2174723	2553	67.03	2485.97	.T-06	445979	2206718	2420	131.06	2288.94
0.4926	504044	2194838	2281	38.49	2242.51	.T-11	430840	2220666	2655	143.15	2511.85
0.5066	501386	2189776	2265	92.89	2172.11	.T-112	463356	2201920	2140	49.05	2090.95
.5208-V	505265	2180629	2256	78.14	2177.86	.T-13	454384	2209446	2330	86.5	2243.5
.5681-V	489145	2138768	2252	101.1	2150.9	.T-15	457496	2208013	2170	26.38	2143.62
.5977-V	492616	2140504	2240	55.8	2184.2	.T-29	463070	2206018	2155	42.96	2112.04
0.8845	499167	2201279	2298	67.38	2230.62	.T-35	464412	2203421	2134	53.4	2080.6
.9163V	518412	2198305	2327	126.22	2200.78	.T-40	464535	2203860	2209.94	125.12	2084.82
0.9385	529155	2196354	2390	95.83	2294.17	.T-41	469602	2191254	2213.78	40.19	2173.59
.60-BV	532178	2204768	2367	104.33	2262.67	.T-47	469866	2195615	2310	158.33	2151.67
.65-B	530292	2209631	2354	89.59	2264.41	.T-52	465192	2197121	2170	49.21	2120.79
.68-B	547457	2177833	2462	68.33	2393.67	.T-56	463891	2197106	2138	11.86	2126.14
.69-B	555658	2171193	2516	75.73	2440.27	.T-62	462464	2196560	2169	61.87	2107.13
.78-B	480193	2166729	2270	87.6	2182.4	.T-65	463575	2197315	2135	5.09	2129.91
.A-374	514061	2173321	2280	48.02	2231.98	.T-67	465598	2196438	2185	37	2148
.AO-24	483836	2160373	2249	23.81	2225.19	.T-73	464778	2198760	2170	22.46	2147.54
.BO-37V	515860	2154870	2352	130.62	2221.38	.T-75	464619	2199289	2135	21.27	2113.73
.B-273V	507830	2166924	2244	61.58	2182.42	.T-77	459867	2205923	2138	73.97	2064.03
.B-465V	505961	2163726	2243	72.19	2170.81	.T-83	470026	2202155	2198	40.43	2157.57
.B-493	526329	2160468	2629	9.9	2619.1	.T-85	471234	2205012	2215	19.93	2195.07
.B-512	575522	2172690	2528	31.43	2496.57	.T-86	468469	2208562	2115	22.79	2092.21
.B-575	547483	2153813	2666	61.8	2604.2	.T-87	466413	2210920	2100	8.21	2091.79
.B-742	556130	2163520	2559	117.89	2441.11	.T-93A	466873	2210008	2100	5.12	2094.88
.B-752	571203	2154664	2543	93.19	2449.81	.F-626V	507730	2146110	2219	69.22	2149.78
.B-766	566505	2160378	2534	97.87	2436.13	.F-992V	511670	2145913	2263	92.1	2170.9
.BG-37V	463102	2171165	2456	53.1	2402.9	.110-B	516669	2157498	2290	104.12	2185.88
.BG-63	473494	2163998	2309	49.75	2259.25	.HER-1	474485	2147386	2330	117.99	2212.01
.BH-03	475215	2171579	2302	94.77	2207.23	.RTIZ-1	502766	2189392	2271	96.5	2174.5
.BI-83V	480410	2168347	2270	77.7	2192.3	.RTIZ.2	502688	2189817	2270	95.4	2174.6
.BO-67	480849	2160316	2253	38.41	2214.59	.RTIZ-3	502333	2191609	2269	94	2175
.BX-50V	496559	2164867	2241	73.91	2167.09	.RTIZ-6B	502144	2193047	2267	84.81	2182.19
.C-333	474348	2143614	2495	128.63	2366.37	.RTIZ-7B	503090	2195598	2280	86.4	2193.6
.C-411V	484975	2160126	2251	7.44	2243.56	.RTIZ-8	503588	2195965	2284	99.9	2184.1
.C-529	467237	2164269	2440	54.9	2385.1	.DO-41	521998	2164002	2390	66.97	2323.03

A diferencia del 2017, la cantidad de lecturas realizadas en 2018 disminuyó espacialmente al norte y este de la cuenca, generando que la configuración de ENE se concentre +únicamente en el centro y sur de la cuenca; sin embargo, se aprecian curvas muy suavizadas y concéntricas debido a la cantidad de lecturas tampoco es suficiente para generar una configuración representativa para este año.



Mapa 32. Configuración de la Elevación del Nivel Estático en la Cuenca de México, para datos recabados en el año 2018

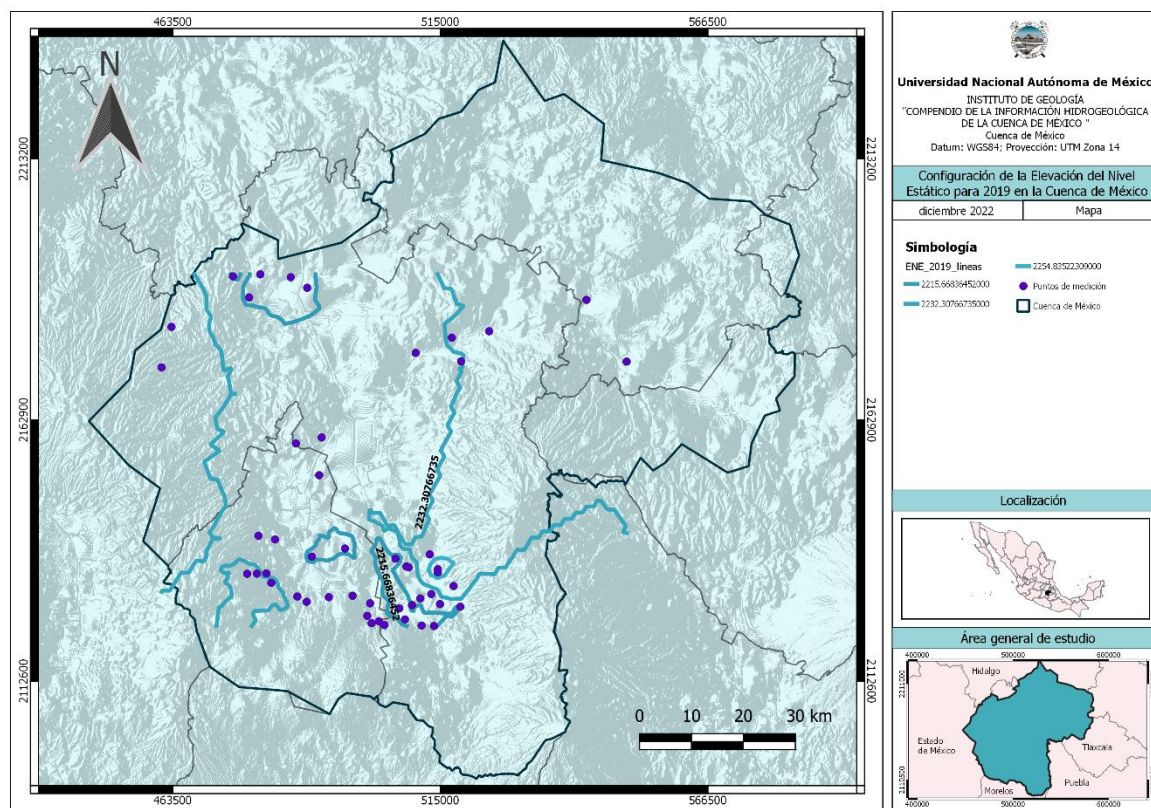
En la siguiente tabla se presentan los datos con los que se realizó la configuración del nivel estático de la cuenca de México para el año 2018. Se enlista el nombre de la estación (ID), las coordenadas geográficas, así como la profundidad del nivel estático (PNE) y la elevación del nivel estático (ENE).



Tabla 12. Pozos con coordenadas y valores de nivel estático para el año 2018

ID	X [m]	Y [m]	Z [m]	PNE [m]	ENE [m]	ID	X [m]	Y [m]	Z [m]	PNE [m]	ENE [m]
0.2004	489257	2127870	2275	42.8	2232.2	0.6695	491682	2152243	2234	30.4	2203.6
0.2146	503179	2124091	2283	38.2	2244.8	.6878V	489109	2153353	2235	33.93	2201.07
0.2147	501777	2123737	2263	42.7	2220.3	0.8037	487202	2158358	2248	46.64	2201.36
0.2235	500938	2125146	2254	50	2204	0.8138	492163	2159518	2239	69.67	2169.33
0.2239	501480	2127565	2273	53.99	2219.01	.137-B	472003	2159110	2370	93.78	2276.22
0.9101	543133	2186015	2445	111.37	2333.63	0.1971	487464	2128877	2255	42.5	2212.5
0.778	478192	2186481	2304	156.93	2147.07	.113-B	479674	2133278	2325	92.19	2232.81
.109-BV	463241	2180808	2395	5.75	2389.25	.114-B	477805	2133256	2381	67.2	2313.8
.1609V	508474	2134675	2238	66.6	2171.4	.133-B	483306	2130008	2325	84	2241
0.1691	512973	2136994	2258	89.06	2168.94	0.2002	493529	2128749	2240	47.99	2192.01
0.1944	518848	2126907	2280	77.93	2202.07	.2157-V	498108	2129028	2255	34.15	2220.85
.7V2	514524	2133525	2279	87.91	2191.09	0.2599	490268	2136564	2249	84.79	2164.21
.79-B	509548	2127214	2257	5.56	2251.44	0.2819	510265	2175795	2265	58.79	2206.21
.83-B	503315	2134655	2250	89.37	2160.63	0.4235	520294	2179456	2311	50.2	2260.8
.119-B	506357	2136163	2251	72.4	2178.6	.4240V	524406	2179973	2340	76.93	2263.07
.132-B	508909	2134481	2238	61.7	2176.3	.196V	513258	2129350	2249	74.47	2174.53

Para el año 2019, sucede algo muy similar que para el año 2018, es decir, debido a la poca cantidad de datos, no se puede realizar una configuración de ENE representativa para este año.



Mapa 33. Configuración de la Elevación del Nivel Estático en la Cuenca de México, para datos recabados en el año 2019

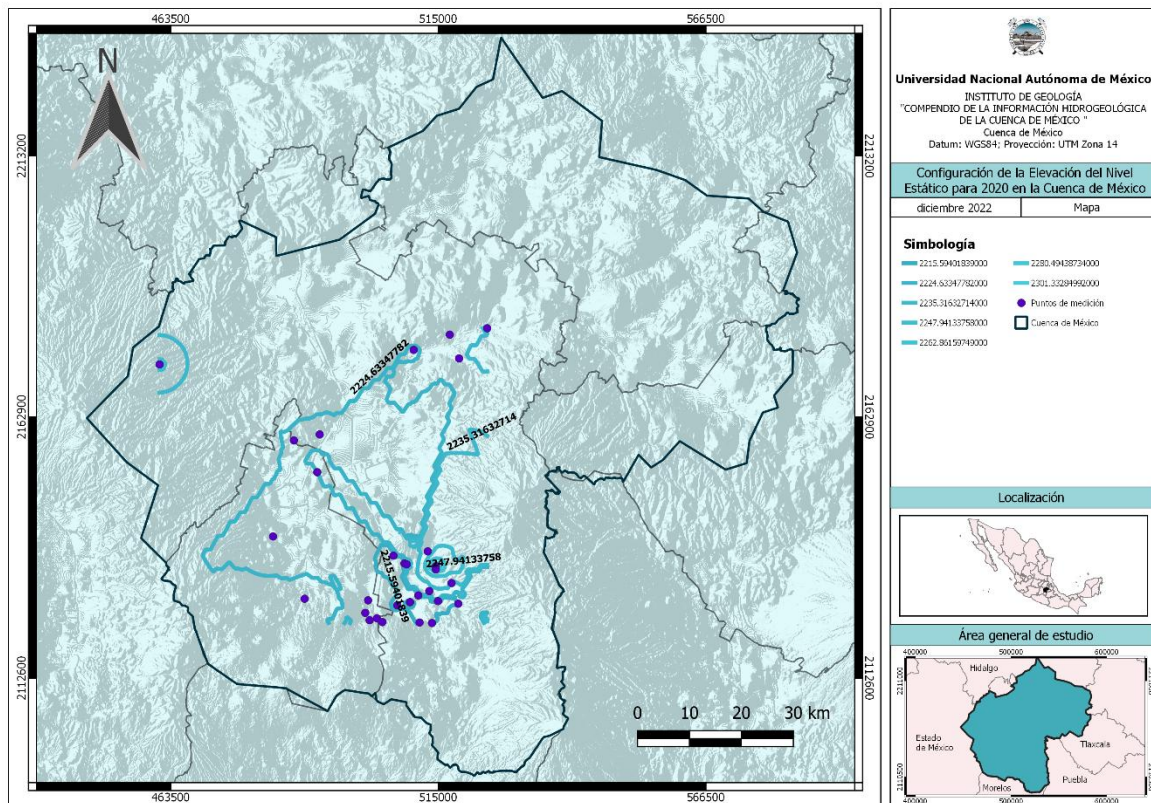
En la siguiente tabla se presentan los datos con los que se realizó la configuración del nivel estático de la cuenca de México para el año 2019. Se enlista el nombre de la estación (ID), las coordenadas geográficas, así como la profundidad del nivel estático (PNE) y la elevación del nivel estático (ENE).



Tabla 13. Pozos con coordenadas y valores de nivel estático para el año 2019

ID	X [m]	Y [m]	Z [m]	PNE [m]	ENE [m]	ID	X [m]	Y [m]	Z [m]	PNE [m]	ENE [m]
0.2004	489257	2127870	2275	42.87	2232.13	0.1541	511148	2128512	2239	76.21	2162.79
0.2146	503179	2124091	2283	39.5	2243.5	.1549V	514931	2127414	2261	72.73	2188.27
0.2147	501777	2123737	2263	43.67	2219.33	.1609V	508474	2134675	2238	68.2	2169.8
0.2235	500938	2125146	2254	51	2203	0.1691	512973	2136994	2258	91.28	2166.72
0.2239	501480	2127565	2273	54	2219	.1805V	514520	2134131	2990	102.74	2887.26
0.2614	482446	2131510	2290	32.35	2257.65	.1934V	513779	2123191	2272	80.87	2191.13
0.2616	481508	2133326	2283	65	2218	0.1944	518848	2126907	2280	78.45	2201.55
0.4276	550879	2174126	2478	39.55	2438.45	.7V2	514524	2133525	2279	88.99	2190.01
0.5821	496653	2138122	2249	57.44	2191.56	.79-B	509548	2127214	2257	5.9	2251.1
0.6381	483178	2139859	2252	87.2	2164.8	.82-B	504238	2123374	2241	71.57	2169.43
0.9101	543133	2186015	2445	112.4	2332.6	.94-B	511391	2123287	2260	52.16	2207.84
0.252	461334	2173008	2589	171.68	2417.32	.119-B	506357	2136163	2251	82.14	2168.86
0.778	478192	2186481	2304	152	2152	.120-B	507102	2126596	2236	60.92	2175.08
.100-B	486213	2190383	2249	109.4	2139.6	.132-B	508909	2134481	2238	64.53	2173.47
.104-B	480350	2190940	2257	93.7	2163.3	.196V	513258	2129350	2249	75.13	2173.87
.109-BV	463241	2180808	2395	13.17	2381.83	0.6402	479984	2140574	2282	95.03	2186.97
.127-B	475083	2190543	2264	107.63	2156.37	0.6695	491682	2152243	2234	27.54	2206.46
.131-B	489368	2188345	2245	84.69	2160.31	0.8037	487202	2158358	2248	46.02	2201.98
.1528-V2	508194	2124458	2270	71.57	2198.43	0.8138	492163	2159518	2239	71.74	2167.26
.245V2	517545	2130887	2273	87.22	2185.78	0.1971	487464	2128877	2255	18.89	2236.11
0.2599	490268	2136564	2249	85.83	2163.17	.113-B	479674	2133278	2325	92.19	2232.81
0.2819	510265	2175795	2265	59.95	2205.05	.114-B	477805	2133256	2381	68.36	2312.64
0.42	518993	2174151	2298	65.1	2232.9	0.2002	493529	2128749	2240	50.97	2189.03
0.4216	517210	2178738	2310	44.59	2265.41	.2157-V	498108	2129028	2255	49.1	2205.9
.4240V	524406	2179973	2340	83.97	2256.03						

Una vez más, para el año 2020, se puede apreciar que no hay continuidad en la configuración de ENE

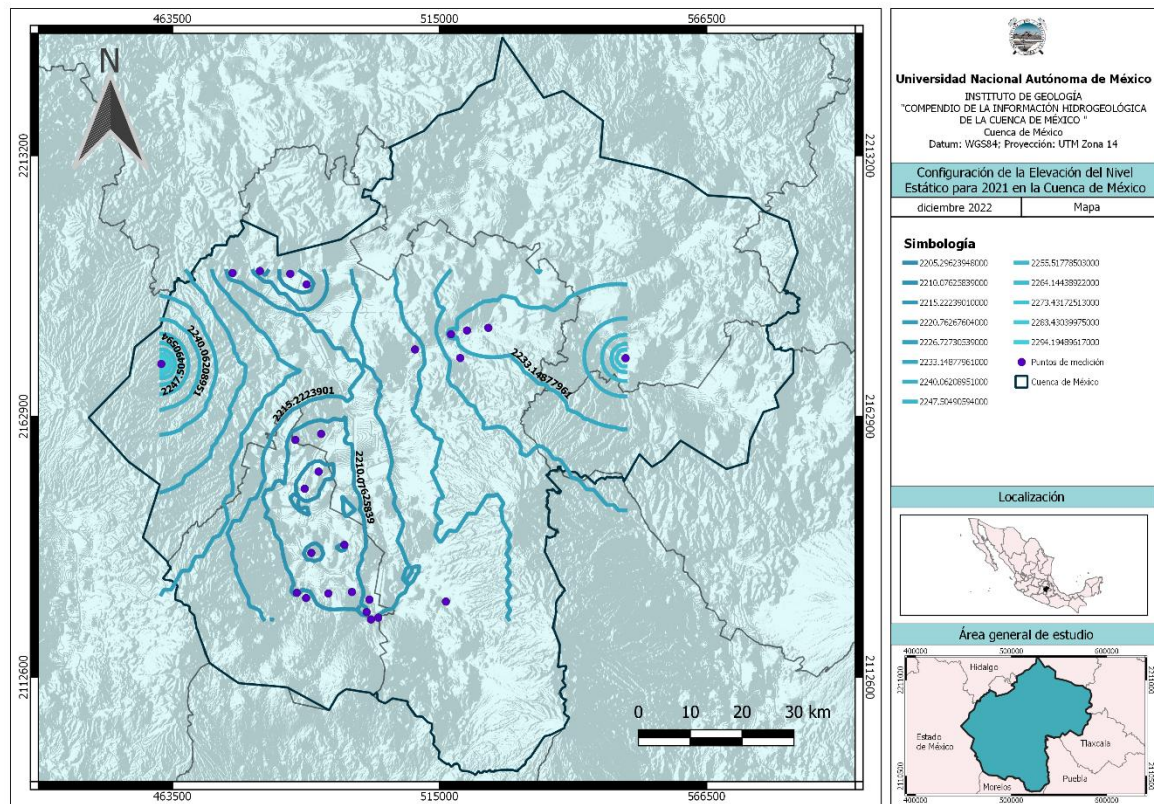


Mapa 34. Configuración de la Elevación del Nivel Estático en la Cuenca de México, para datos recabados en el año 2020

En la siguiente tabla se presentan los datos con los que se realizó la configuración del nivel estático de la cuenca de México para el año 2020. Se enlista el nombre de la estación (ID), las coordenadas geográficas, así como la profundidad del nivel estático (PNE) y la elevación del nivel estático (ENE).

Tabla 14. Pozos con coordenadas y valores de nivel estático para el año 2020

ID	X [m]	Y [m]	Z [m]	PNE [m]	ENE [m]	ID	X [m]	Y [m]	Z [m]	PNE [m]	ENE [m]
0.2004	489257	2127870	2275	42.3	2232.7	.79-B	509548	2127214	2257	5.66	2251.34
0.2146	503179	2124091	2283	38.49	2244.51	.82-B	504238	2123374	2241	73.1	2167.9
0.2147	501777	2123737	2263	42.69	2220.31	.94-B	511391	2123287	2260	53.38	2206.62
0.2235	500938	2125146	2254	49.09	2204.91	.119-B	506357	2136163	2251	84.63	2166.37
0.2239	501480	2127565	2273	53.96	2219.04	.120-B	507102	2126596	2236	62.58	2173.42
0.6381	483178	2139859	2252	88.18	2163.82	.132-B	508909	2134481	2238	79.83	2158.17
0.252	461334	2173008	2589	173.7	2415.3	.196V	513258	2129350	2249	74.99	2174.01
0.1541	511148	2128512	2239	76.96	2162.04	0.6695	491682	2152243	2234	28.1	2205.9
.1549V	514931	2127414	2261	74.16	2186.84	0.8037	487202	2158358	2248	46.85	2201.15
.1609V	508474	2134675	2238	70.54	2167.46	0.8138	492163	2159518	2239	72.25	2166.75
0.1691	512973	2136994	2258	93.33	2164.67	.245V2	517545	2130887	2273	88.9	2184.1
.1805V	514520	2134131	2990	104.25	2885.75	0.2819	510265	2175795	2265	64.37	2200.63
.1934V	513779	2123191	2272	95.82	2176.18	0.42	518993	2174151	2298	66.6	2231.4
0.1944	518848	2126907	2280	79.02	2200.98	0.4216	517210	2178738	2310	45.61	2264.39
.7V2	514524	2133525	2279	90.06	2188.94	.4240V	524406	2179973	2340	83.43	2256.57



Mapa 35. Configuración de la Elevación del Nivel Estático en la Cuenca de México, para datos recabados en el año 2021



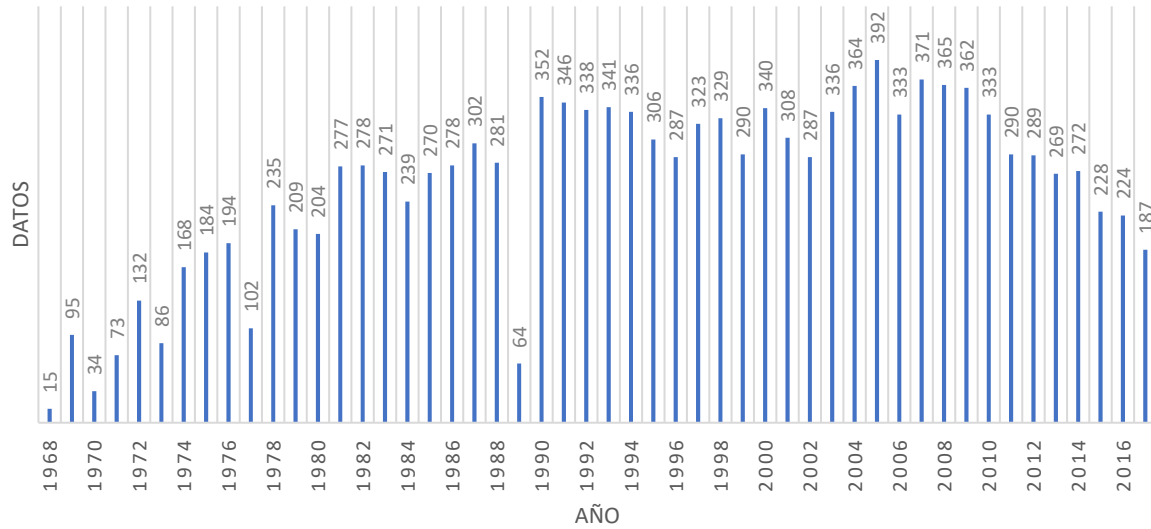
En la siguiente tabla se presentan los datos con los que se realizó la configuración del nivel estático de la cuenca de México para el año 2021. Se enlista el nombre de la estación (ID), las coordenadas geográficas, así como la profundidad del nivel estático (PNE) y la elevación del nivel estático (ENE).

Tabla 15. Pozos con coordenadas y valores de nivel estático para el año 2021

ID	X [m]	Y [m]	Z [m]	PNE [m]	ENE [m]	ID	X [m]	Y [m]	Z [m]	PNE [m]	ENE [m]
0.2004	489257	2127870	2275	42.86	2232.14	0.6501	488999	2148946	2230	59.73	2170.27
0.2146	503179	2124091	2283	39.02	2243.98	0.6695	491682	2152243	2234	28.11	2205.89
0.2147	501777	2123737	2263	43.1	2219.9	0.8037	487202	2158358	2248	47.22	2200.78
0.2235	500938	2125146	2254	49.73	2204.27	0.8138	492163	2159518	2239	72.79	2166.21
0.2239	501480	2127565	2273	54.26	2218.74	0.1971	487464	2128877	2255	19.12	2235.88
0.4276	550879	2174126	2478	41.13	2436.87	0.2002	493529	2128749	2240	51.21	2188.79
0.5821	496653	2138122	2249	58.19	2190.81	.2157-V	498108	2129028	2255	49.64	2205.36
0.252	461334	2173008	2589	174.14	2414.86	0.2599	490268	2136564	2249	86.04	2162.96
.100-B	486213	2190383	2249	80.74	2168.26	0.2819	510265	2175795	2265	64.41	2200.59
.104-B	480350	2190940	2257	94.21	2162.79	0.42	518993	2174151	2298	58.84	2239.16
.127-B	475083	2190543	2264	108.11	2155.89	0.4216	517210	2178738	2310	45.64	2264.36
.131-B	489368	2188345	2245	87.42	2157.58	0.4235	520294	2179456	2311	48.2	2262.8
.81-B	516219	2127184	2273	79.3	2193.7	.4240V	524406	2179973	2340	84.68	2255.32

En los mapas de Configuración de Elevación de Nivel Estático es evidente la diferencia que existe en ésta, de un año a otro. Esto se debe a la cantidad de datos con los que se cuenta, la frecuencia de la lectura de nivel estático de los pozos no es la misma para todos los años, como se puede apreciar en la gráfica 1. Se cuenta con un registro desde 1968, año a partir del cual incrementa la cantidad de medidas realizadas, llegando a su máximo en el año 2005, con 392 sitios medidos. Después de 2005 se registra una disminución gradual de los datos, llegando a tener 187 registros en el 2017. Finalmente, en el año 2021, se midió el nivel estático únicamente en 26 puntos. En la imagen 2 se muestran 5 categorías en las que se agrupó la cantidad de datos con los que cuenta cada estación.

DATOS POR AÑO



Gráfica 1. Frecuencia de medición de niveles estáticos de pozos

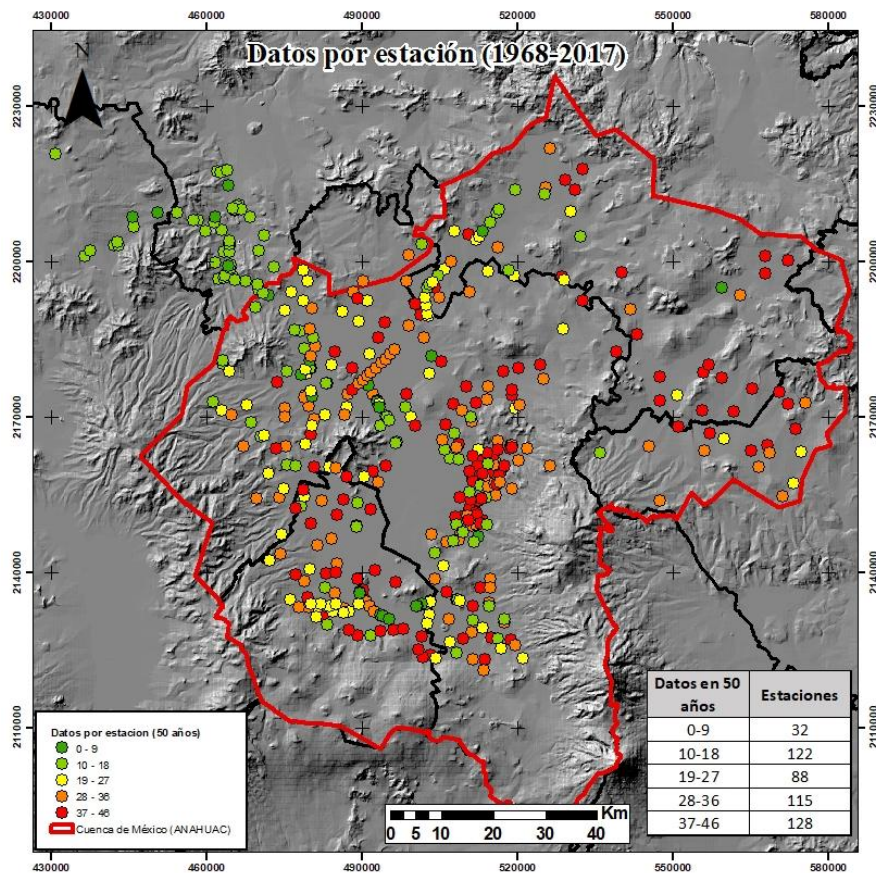
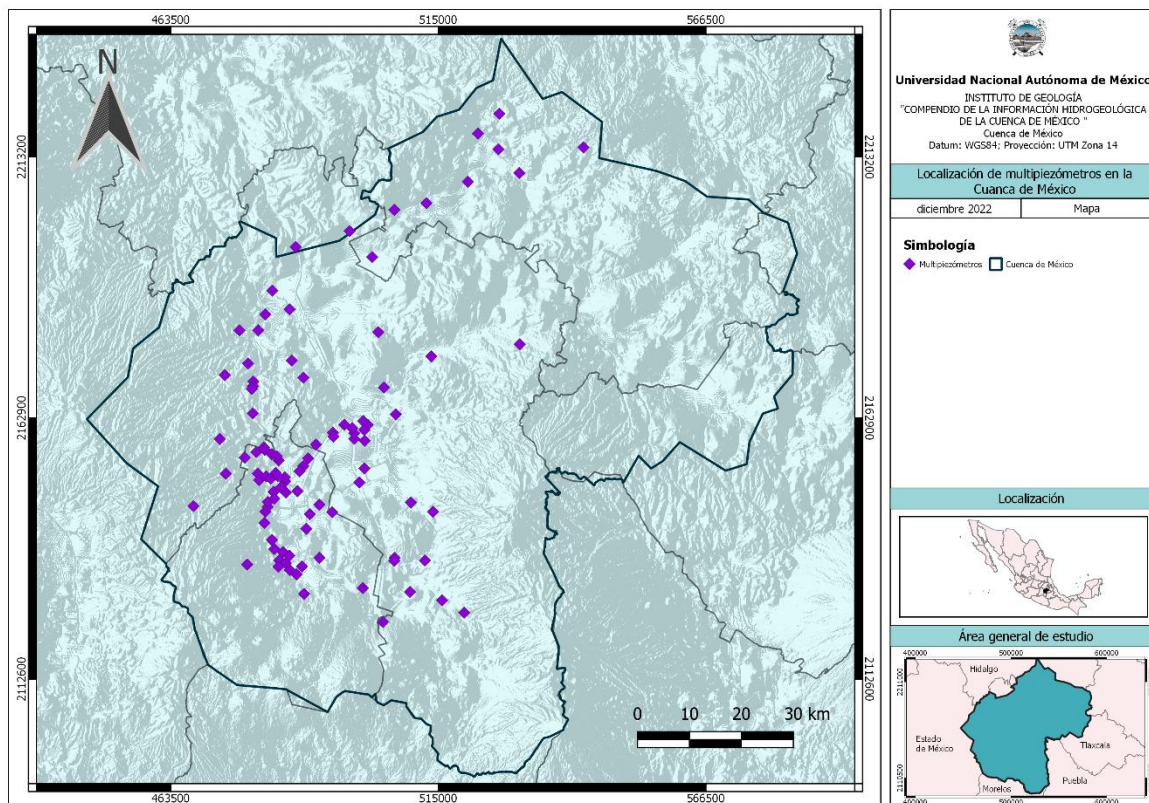


Imagen 15. Cantidad de lecturas de nivel estático

Multipiezómetros

En la Cuenca de México se localizan 99 estaciones multipiezométricas con registros desde 1955 hasta 2018, teniendo la mayor frecuencia de datos en 1969 con 4317 lecturas, a partir de ese año hay una clara disminución en la cantidad de piezómetros que fueron medidos llegando hasta 124 datos en 2018. En la imagen 1 se muestran 5 categorías en las que se agrupó la cantidad de datos con los que cuenta cada estación. Los multipiezómetros cuentan con diferentes profundidades de investigación, desde los 2 hasta los 286.6 metros. En general, en todos estos se observa una tendencia en la disminución de los niveles de agua subterránea en todas las profundidades de investigación, como se muestra en los hidrogramas del Anexo de Multipiezómetros. Especialmente la mayoría de los multipiezómetros se encuentran localizados en el acuífero administrativo Zona Metropolitana de la Ciudad de México, así mismo, es la zona en la que se cuenta con mayor cantidad de registro de datos; sin embargo, hay ausencia de este tipo de estaciones al este de la cuenca, en los acuíferos administrativos Soltepec, Apan y Tecocomulco.



Mapa 36. Localización de multipiezómetros en la Cuenca de México

Tabla 16. Coordenadas de los multipiezómetros

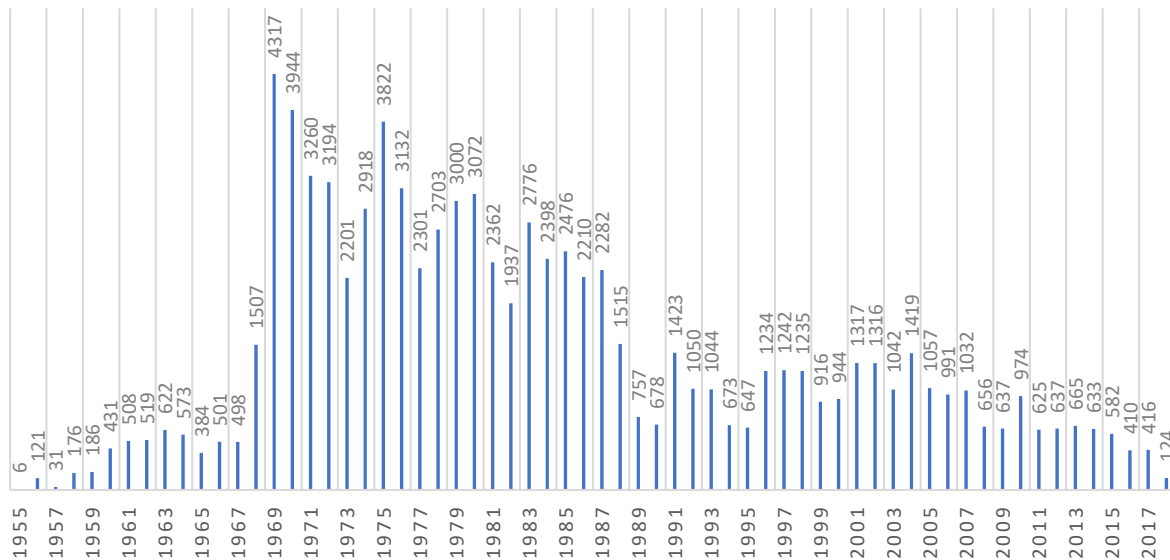


ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	Pozo	ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	Pozo
1	509737	2146612		P577	51	542929	2215018	2535	P28-E
2	481678	2182813		P546	52	498429	2160937		P536-11
3	500827	2158503		P536	53	486802	2173937		P512
4	500766	2153142		P536-18	54	513655	2174757		P570
5	480331	2179753		P544	55	494810	2159296		P536-21
6	479392	2169897		P552	56	496897	2161570	2282	P536-12
7	476718	2179769		P547	57	487544	2195813	2290	P576
8	478354	2173369		P551	58	502272	2193895		P548
9	501386	2161569		P536-8	59	497917	2198891	2305	P11-E
10	491446	2157734		P494	60	530681	2177090	2458	P5-E
11	479933	2156289	2239	P506-2	61	506796	2163578		P39
12	489052	2170646	2252	P516	62	506607	2135941		P206-1
13	503417	2179407		P541	63	509537	2129376		P518
14	499801	2150463		P37	64	512403	2135438		P519
15	500541	2162278		P536-7	65	472926	2158845	2312	P580-M
16	481410	2157237	2246	P506-1	66	504521	2168749		P579
17	481591	2156759		P550-3	67	506526	2135365		P477-2
18	481689	2144823		P199	68	473885	2171123	2290	P581-G
19	487895	2148797		P186	69	484255	2154720		P528
20	494564	2144711	2222	P38	70	480228	2152180		P190
21	494692	2160038		P454	71	480483	2150912		P531
22	488997	2153596		P530	72	492073	2146188		P450
23	488293	2152615		P430	73	481862	2151632		P440
24	485521	2150668		P407	74	482742	2151209		P475
25	489923	2155074		P487	75	485456	2151431		P293
26	500466	2130106		P584	76	483695	2152283		P432
27	479304	2163765		P532	77	484106	2151710		P453
28	500733	2160596		P536-6	78	477725	2155259		P457
29	479296	2168992		P411	79	482980	2139376		P198
30	479103	2168479		P438	80	481522	2142669		P196
31	467855	2145892	2535	P489	81	482904	2155887		P280
32	474102	2152150		P469-1	82	483882	2155516	2241	P307-1
33	498827	2158871		P536-3	83	483289	2148663		P208
34	498812	2159937		P536-9	84	484657	2149512		P184-2
35	513981	2144806		P13	85	482173	2146737		P243
36	483042	2187426		P571	86	483412	2147342		P195
37	512694	2204261		P565	87	483436	2137633		P268-3
38	506527	2202975	2332	P48	88	485100	2137051		P268-4
39	519973	2125386		P524	89	478188	2134668	2366	P574
40	515731	2127742		P554	90	486325	2136360		P268-5
41	486361	2183811		P557	91	489141	2128987		P560-1
42	504360	2123597		P537	92	484369	2135439		P442



ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	Pozo	ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	Pozo
43	520673	2208388		P569	93	485622	2134931		P332
44	485653	2148540		P247	94	492102	2135941		P500
45	530576	2210066		P564	95	490267	2144346		P202
46	488751	2134297		P493	96	486414	2133577		P419-1
47	482152	2145751		P240	97	489587	2141546		P583
48	526738	2221494		P562	98	484223	2134221		P504
49	522632	2217656		P566	99	487682	2132760		P443
50	526564	2214648		P563					

DATOS POR AÑO



Gráfica 2. Frecuencia de lecturas en los multipiezómetros de la Cuenca de México

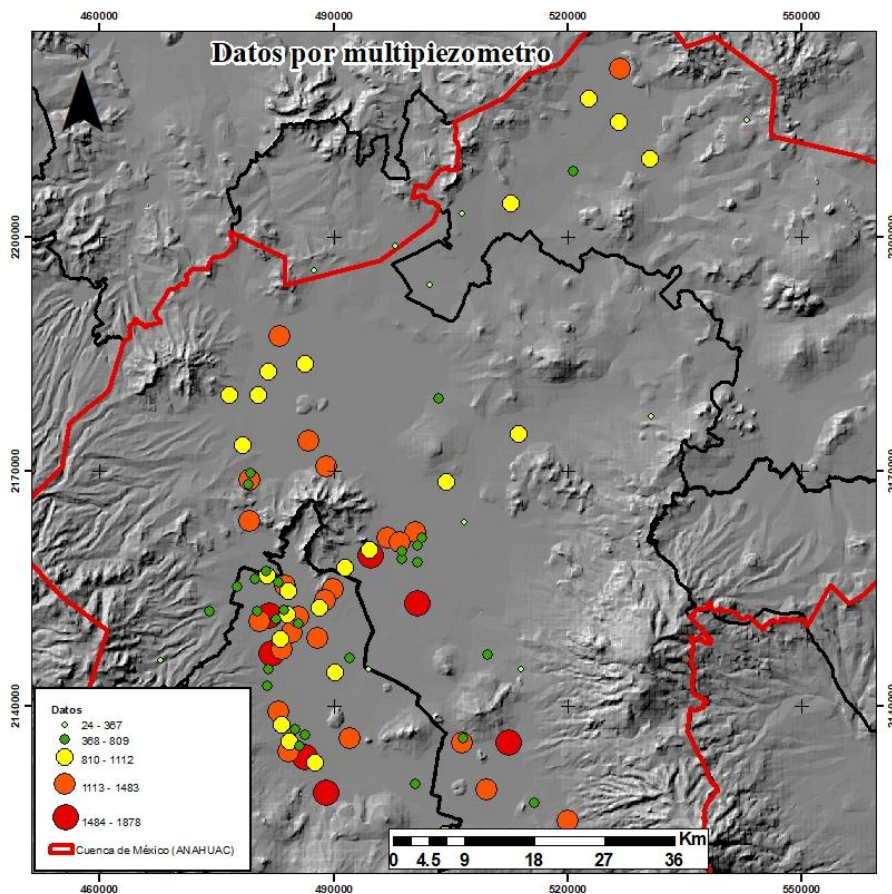
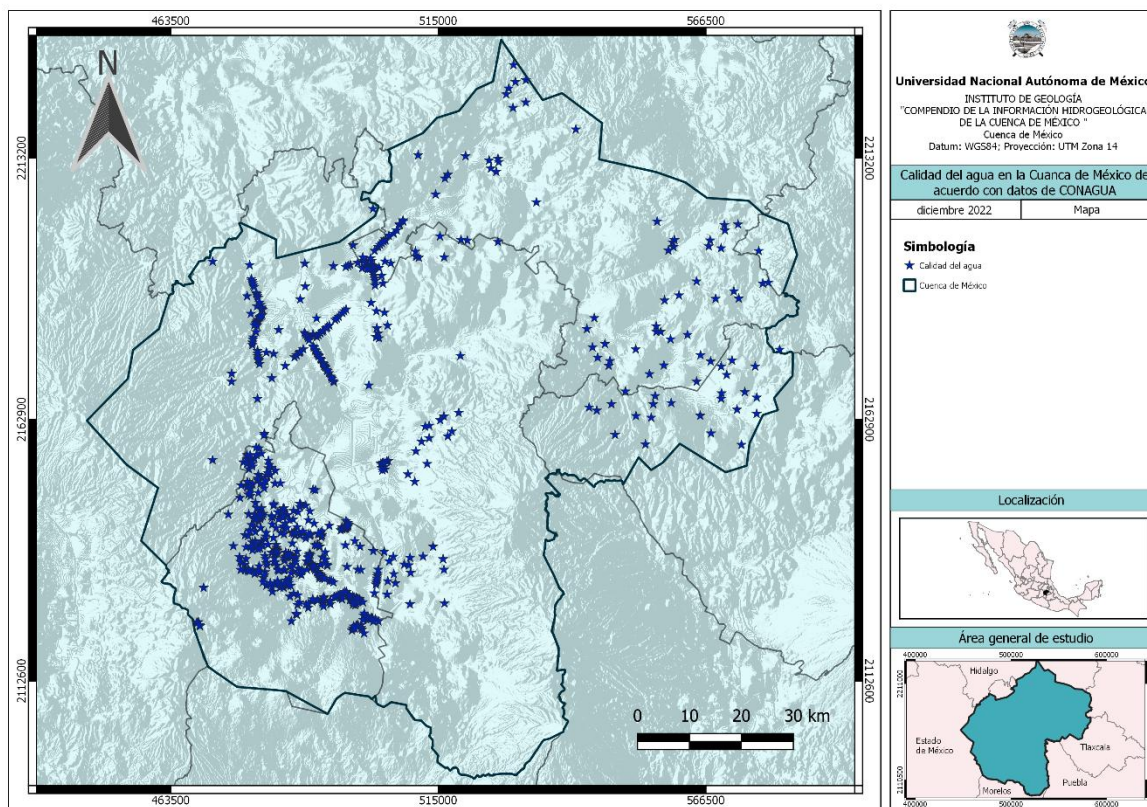


Imagen 16. Cantidad de datos por multipiezómetro

2.11.2 Monitoreo de la calidad del agua

En el siguiente mapa, se muestra la distribución espacial de los sitios en los cuales se han medido parámetros químicos del agua de acuerdo con registros de la Comisión Nacional de Agua. Se analizaron elementos y compuestos tales como: manganeso, amonio, hierro, carbonato, nitrato, flúor, arsénico, sílice, magnesio, calcio, bicarbonato, sodio, potasio, cloruro y sulfato. En cuanto a parámetros físico-químicos se tiene registro de pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos. En el Anexo Calidad, se encuentra la tabla con los datos de los 688 sitios muestreados.

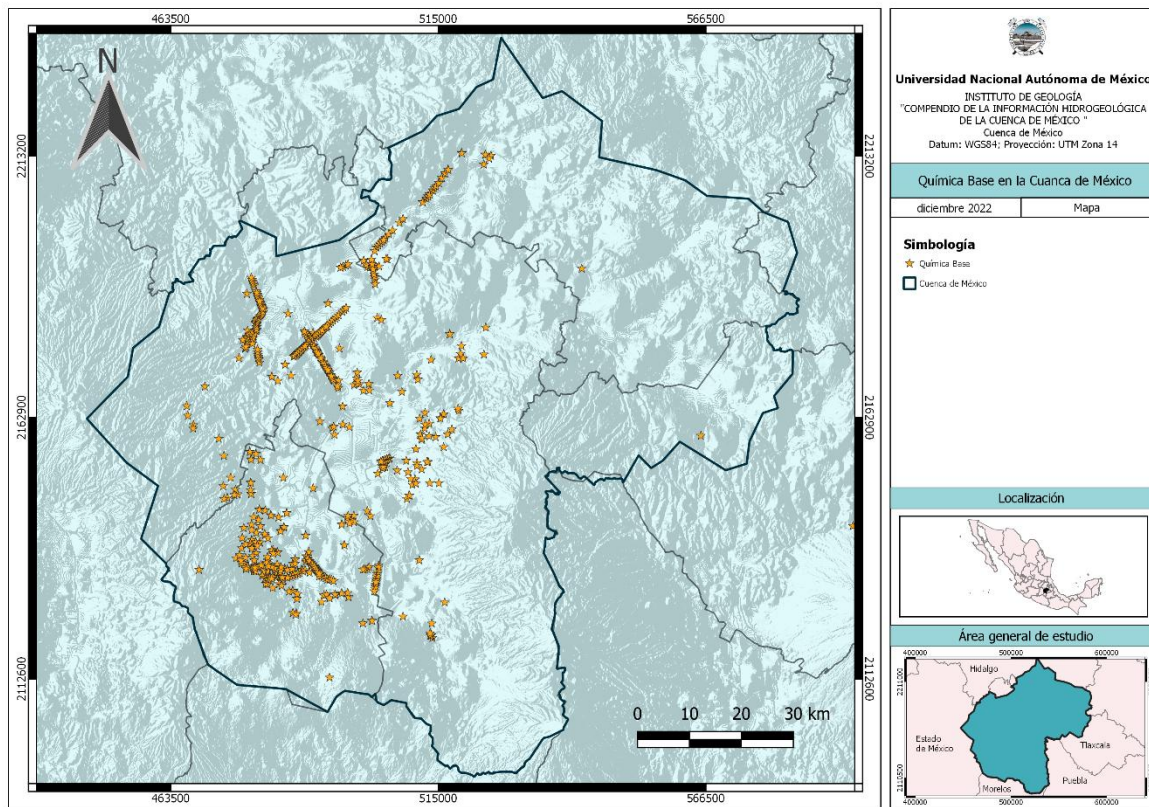
La mayor densidad de análisis se concentra en el acuífero administrativo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y Cuautitlán Pachuca. Por otra parte, hay muy pocos puntos muestreados en la región central de la cuenca, dirección N-S.



Mapa 37. Calidad del agua en la Cuenca de México, según datos de CONAGUA

2.11.3 Hidrogeoquímica

Al igual que con el muestreo de isótopos, el análisis de la química base se distribuye principalmente en la mitad oeste de la cuenca con muy pocos puntos al este. El análisis de la química base del agua es de utilidad para detectar si hay algún elemento o compuesto que se pueda caracterizar como “contaminante”, la presencia de ciertos elementos que no son benéficos para la salud humana, no siempre se consideran como contaminantes, ya que por la naturaleza de las rocas por las que circula puede contener esos elementos de manera natural. Lo anterior es de utilidad para decidir la ubicación de pozos y el uso o tratamiento que se le dará al agua. En el Anexo Química Base se puede encontrar mayor información acerca de los parámetros muestreados en cada punto para los años 1995 y 2007.



Mapa 38. Localización de puntos muestreados para el análisis de la química base en la Cuenca de México

3. Sistema regional de flujo-Sistema Anáhuac

Un sistema regional de flujo regional de agua subterránea es un sistema único de agua subterránea compuesto por diferentes trayectorias o componentes de flujo o movimiento relativas a las características físicas, químicas y climatológicas del agua subterránea. Tienen unas componentes denominadas:

- Local: poca evolución hidrogeoquímica del agua, principalmente aguas carbonatadas; fuerte influencia del clima del presente; circulación somera; niveles base de descarga local; su temperatura es similar a la temperatura de infiltración
- Intermedia: su evolución es característica de aguas sulfatadas, poca influencia del clima del presente, circulación más profunda que la local



- Regional: alta evolución hidrogeoquímica característica de aguas cloruradas, no tiene influencia el clima del presente, circulación profunda, puede estar afectada por el gradiente geotérmico de la tierra, su nivel base de descarga es global.

Escolero (2018) definió detalladamente los Sistemas de Flujo Regional de Agua Subterránea en México (SIRAS) con el objetivo de comprender mejor la distribución y dinámica de este recurso vital. La metodología contempla criterios que se presentan a continuación:

En 1961, Norvatov y Popov establecieron que la 1) la influencia del clima y 2) el nivel base de descarga, son factores que fueron estudiados por Mankarenko (1948). Los 3) las redes de flujo y 4) el potencial hidráulico fue abordados y ampliamente difundidos por Tóth (1963). Otros factores reconocidos en la década de los 60's por el investigador estadounidense Mifflin (1968) incluyen la 5) temperatura del agua en el punto de extracción o de descarga, 6) edad o tiempo de residencia del agua subterránea y 7) composición química del agua subterránea. Sin embargo, fue hasta el 2003 que Walker estableció las longitudes de trayectorias del flujo de agua subterráneas y define que el 8) flujo regional es a partir de 160 km de trayectoria. Adicionalmente, introdujo el 9) impacto en el balance de las cuencas superficiales y 10) penetración del agua subterránea. Y el último factor se basa en el 11) tiempo de tarda una componente en un sistema (Back, 1994; Kazemi et al., 2006).

Basándose en esos criterios Escolero (2018) establece 65 Sistemas de Flujo Regional de Agua Subterránea (SIRAS) en todo el país. El sistema que abarca la Cuenca de México es el sistema Anáhuac, delimitado al sur desde Tetela del Volcán, al oeste con la Sierra de las Cruces en la CDMX, al norte hasta la ciudad de Pachuca, al este casi llegando a la ciudad de Tlaxco, y al sureste hasta la Sierra Nevada. Este sistema tiene 10,324 km² y su nivel de descarga es en una llanura de inundación.

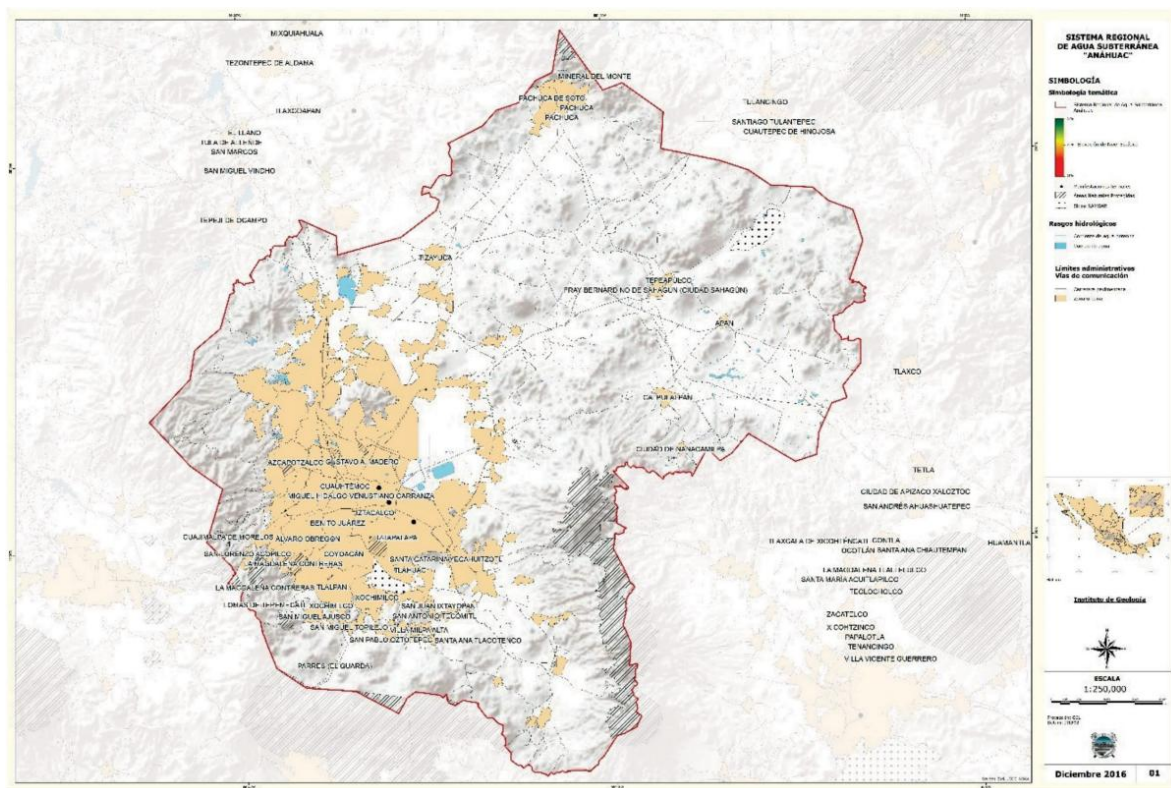


Imagen 17. Localización del Sistema Anáhuac

Tomado de: Sistemas Regionales de Flujo de Agua Subterránea en México, Escolero (2018)



Imagen 18. Esquema del flujo de agua subterránea del Sistema Anáhuac (elaborado con base en las redes de flujo obtenidas de CONAGUA, IMTA, UNAM)

Tomado de: Sistemas Regionales de Flujo de Agua Subterránea en México, Escolero (2018)

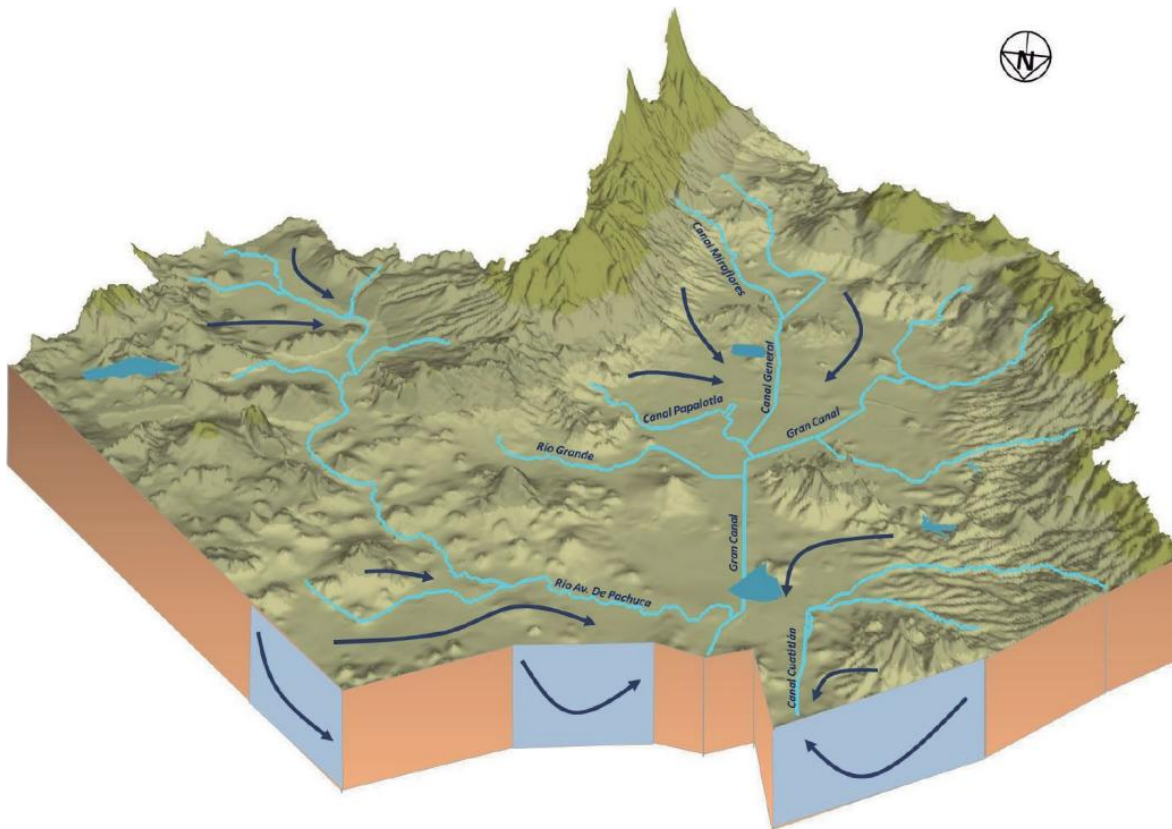


Imagen 19. Bloque 3D y esquema del flujo de agua subterránea del Sistema Anáhuac (elaborado con base en las redes de flujo obtenidas de CONAGUA, IMTA, UNAM)

Tomado de: Sistemas Regionales de Flujo de Agua Subterránea en México, Escolero (2018)

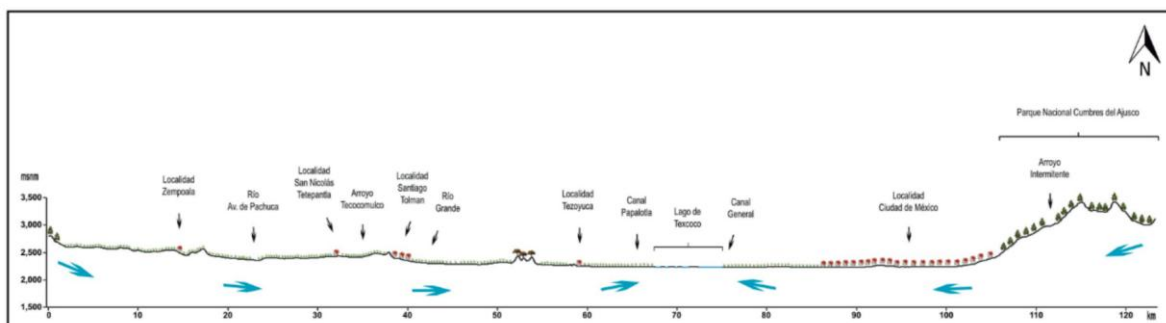


Imagen 20. Perfil topográfico y esquema del flujo de agua subterránea del Sistema Anáhuac (elaborado con base en las redes de flujo obtenidas de CONAGUA, IMTA, UNAM)

Tomado de: Sistemas Regionales de Flujo de Agua Subterránea en México, Escolero (2018)



4. Acuíferos administrativos de la Cuenca de México

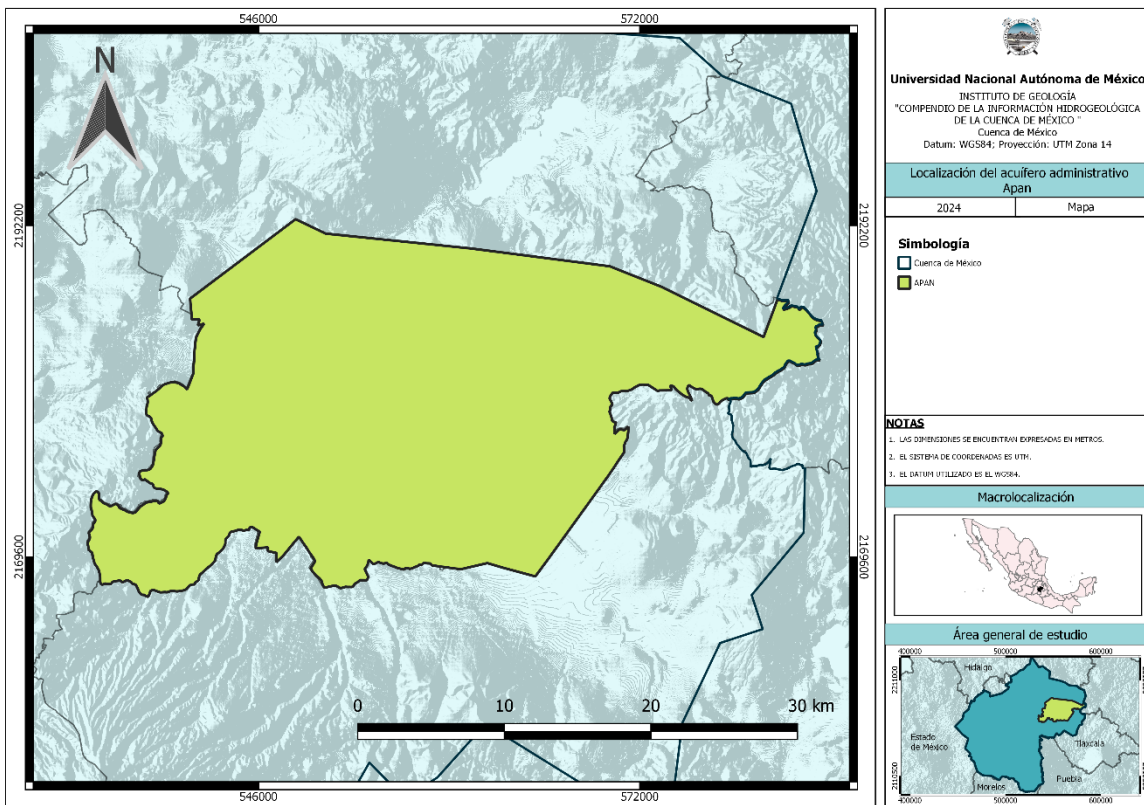
En este apartado se muestra la información de los puntos anteriores, pero específicamente para cada uno de los acuíferos administrativos de la Cuenca de México.

4.1 Acuífero administrativo Apan

El acuífero Apan, identificado con la clave 1320, se localiza en la zona suroriental del Estado de Hidalgo, en el límite con el Estado de Tlaxcala con una superficie de 733km². Geopolíticamente comprende la totalidad del municipio Emiliano Zapata, la mayor parte de Apan, Almoloya y Tepeapulco, y una pequeña porción del municipio Tlanalapa.

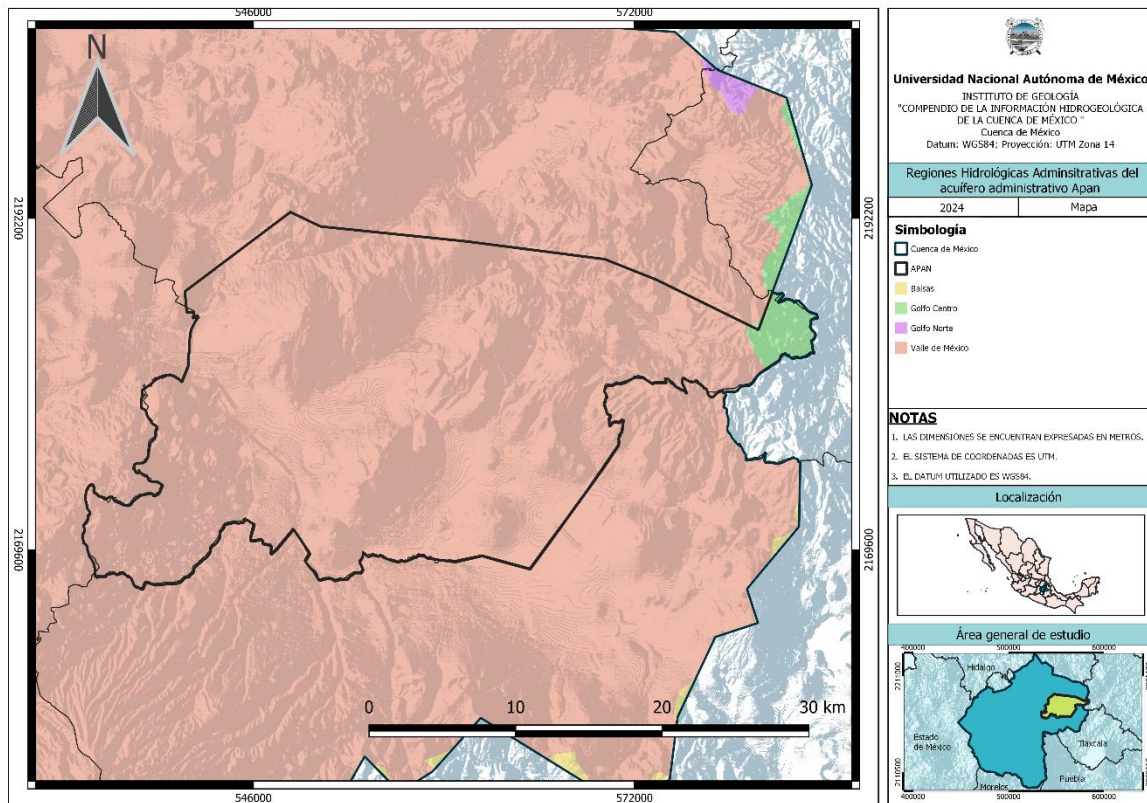
Este acuífero es administrado por el Organismo de Cuencas Aguas del Valle de México. Su territorio completo se encuentra vedado por la mitad. Tanto en la en el occidente como en el oriente sólo se permite la extracción de agua subterránea para uso doméstico, pero existe el peligro de abatir los niveles.

La recarga total del acuífero se calculó a través de ecuaciones que consideran las entradas y salidas de flujos horizontales y verticales, y del cual se tuvo un resultado de 30.3 hm³/año de los cuales 18,014,99 m³/año están concesionados, por lo que la disponibilidad de aguas subterráneas (DAS) cuenta con un volumen disponible de 12'285,401 m³ anuales para otorgar nuevas concesiones con fecha de corte en marzo 2013, sin embargo, en febrero 2020 el volumen de extracción de aguas subterráneas es de 30,007,901 m³/año, por lo que queda disponibles 292,099 m³/año. (CONAGUA, 2023)



Mapa 39. Ubicación del acuífero administrativo Apan

En el siguiente mapa se aprecia que solo una pequeña porción al Este del acuífero Apan es representado por la Región Hidrológica Administrativa del Golfo Centro; mientras el resto del acuífero es representado por la Región Hidrológica Administrativa del Valle de México.

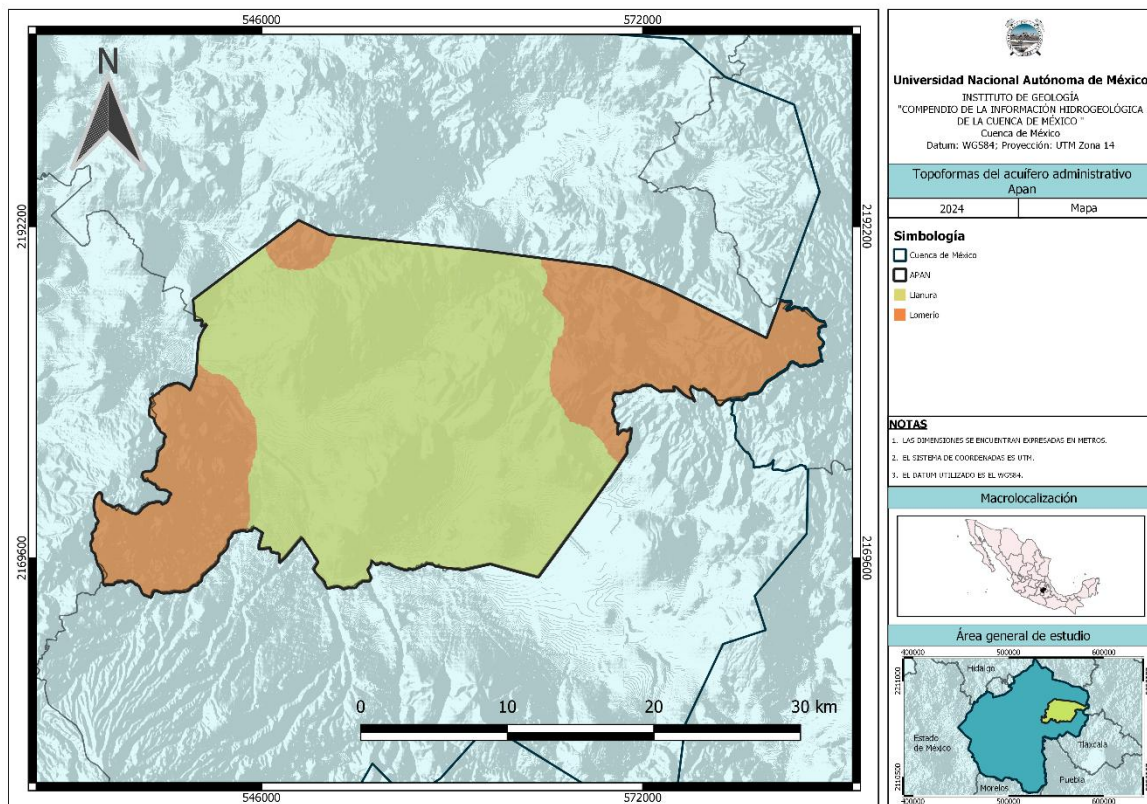


Mapa 40. Regiones Hidrológico-Administrativas abarcadas por el acuífero Apan

4.1.1 Fisiografía del acuífero Apan

La existencia de microcuencas se debe a la presencia de un relieve que se compone principalmente de montañas, barrancas y pequeñas llanuras. El acuífero se distingue en particular por tener dos valles principales cuya continuidad está interrumpida por varios volcanes en declive y en etapa de erosión. Los cerros Santa Ana, El Águila, Tlazala, Tompeatillo, Chulco, El Tepozán, Tultengo y La Paila se encuentran entre los más significativos. Tochac y Apan son valles que tienen una elevación promedio de 2500 metros sobre el nivel del mar, siendo este último el más extenso y significativo. Hasta hace unos años, la cuenca era endorreica, pero ahora se ha conectado artificialmente con la Cuenca de México en su extremo noroccidental, hacia el acuífero Cuautitlán-Pachuca. Además, la descarga superficial se dirige hacia la Laguna Tochac. (CONAGUA,2023).

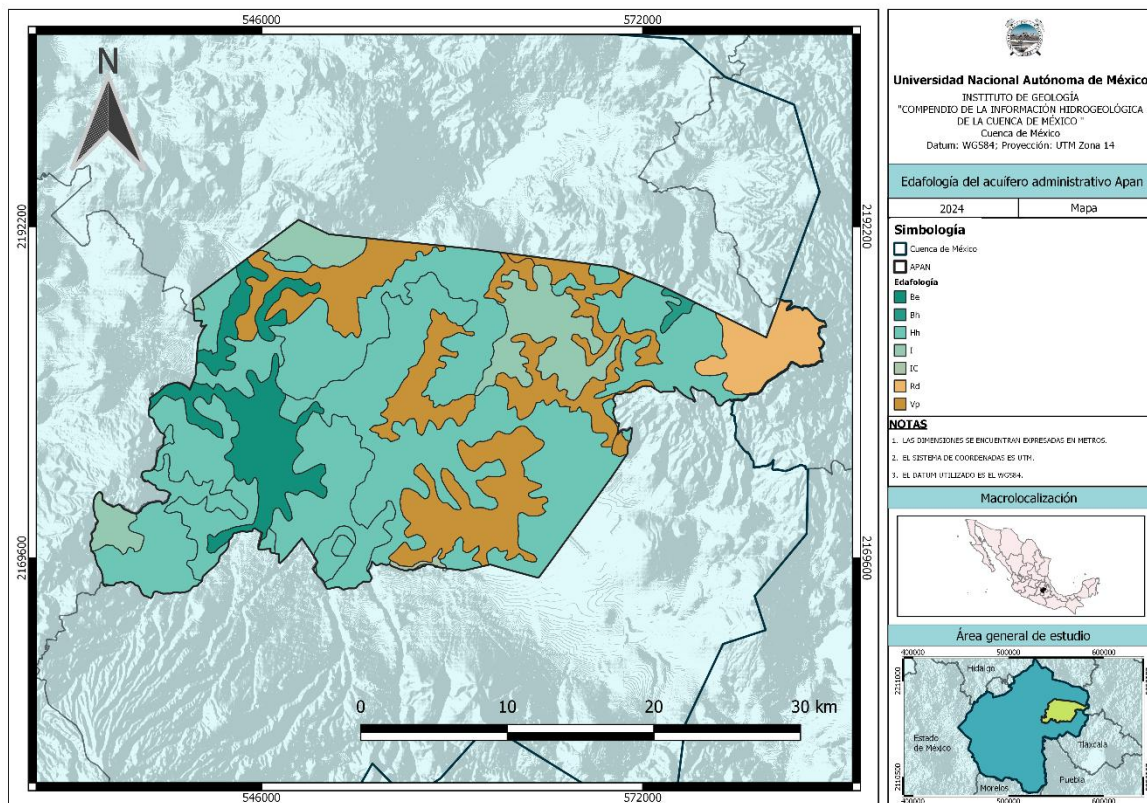
En el siguiente mapa sobre la fisiografía se aprecia que las formas topográficas existentes en el acuífero Apan son las Llanuras y Lomeríos, distribuyéndose en toda la porción central, centro-norte y centro-sur los primeros; mientras los segundos, prevalecen en los extremos Este y Oeste del acuífero, así como en una muy pequeña porción al Norte



Mapa 41. Topoformas presentes en el acuífero Apan

4.1.2 Edafología del acuífero Apan

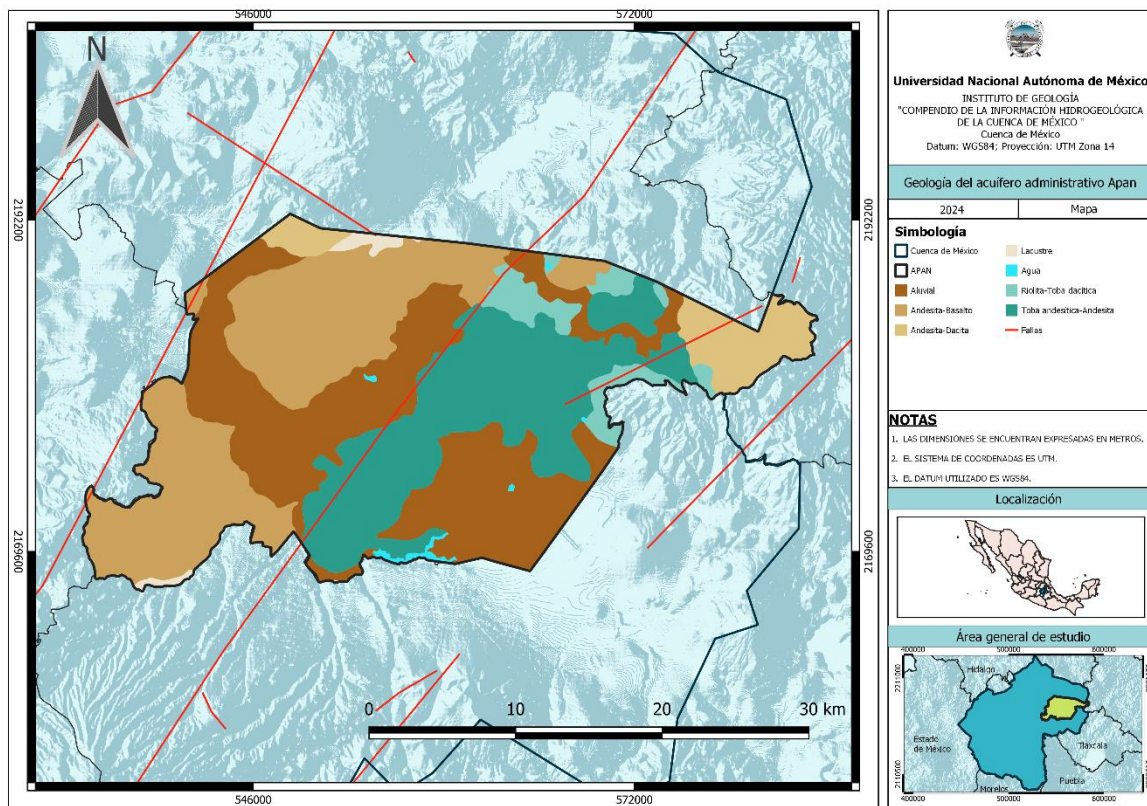
El mapa el siguiente mapa sobre la edafología del acuífero Apan muestra siete tipos de suelo, aunque predomina el tipo 'Hh' en todo el acuífero, posteriormente el tipo 'Vp' presente en la zona Norte, centro y Sur. Los tipos: 'Rd' solo se encuentra en la punta Este del acuífero; 'Bh' en un pequeña área del Noreste; 'IC' presente en pequeñas porciones al Norte, Noreste y Oeste.



Mapa 42. Edafología presente en el acuífero Apan

4.1.3 Geología del acuífero Apan

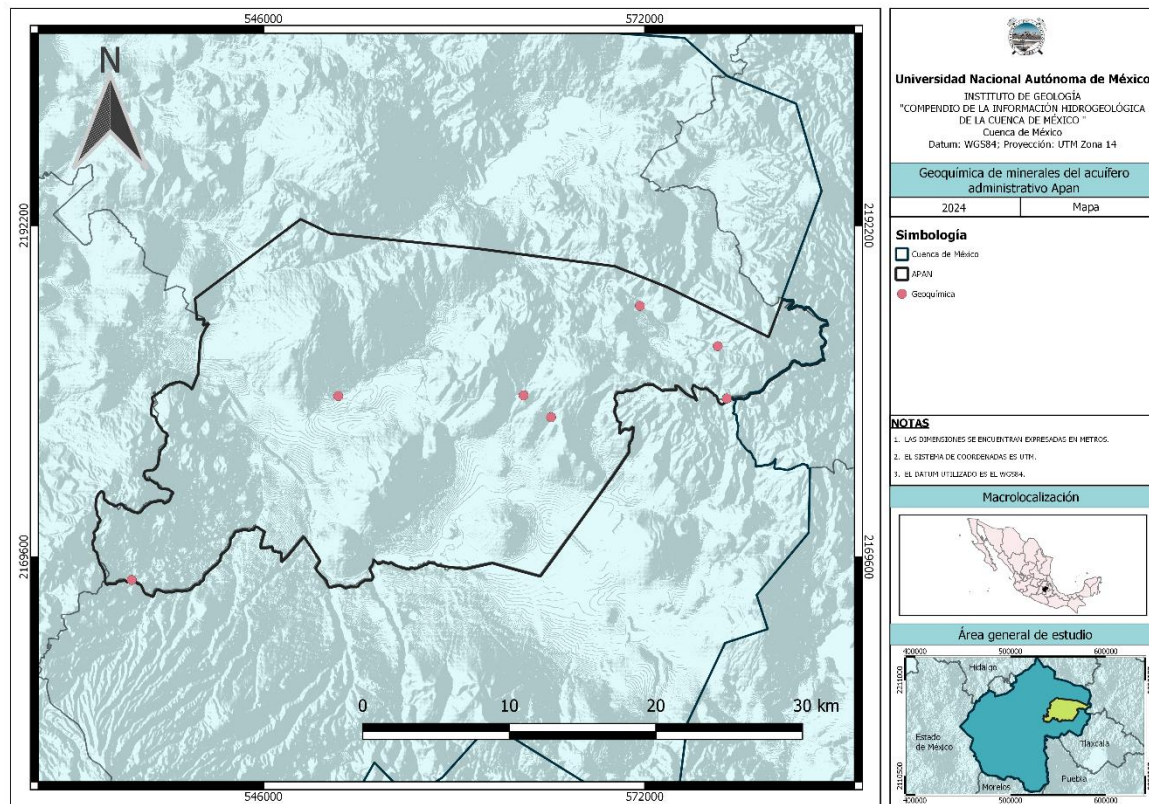
La parte superior del acuífero está constituido por sedimentos de granulometría variada con algunos cientos de metros de espesor, la cual actualmente se explota para las necesidades de agua en la región. En la parte inferior se aloja una secuencia principalmente de basaltos, tobas y andesitas. (CONAGUA, 2023). En el siguiente mapa se aprecia el tipo de roca existente en el acuífero Apan, siendo las predominantes la Toba Andesítica, la Andesita-Basalto y la parte Aluvial. Mientras, en áreas más pequeñas en los límites del acuífero se presentan Andesitas-Dacitas, Riolita-Toba dacítica y sedimentos lacustres. El acuífero presenta dos fallas dentro del mismo: una lo cruza por completo en la parte central y otra más pequeña en su extremo Este. Aunado a estas fallas, existen dos más alrededor del acuífero, una que colinda con todo el lado Oeste y otra que cruza con la anterior y toca el límite Noroeste del acuífero



Mapa 43. Litología y fallas geológicas presentes en el acuífero Apan

4.1.3.1 Geoquímica del acuífero Apan

El mapa sobre la geoquímica de las rocas del acuífero de Apan indica siete sitios en los que se ha identificado esta propiedad, ubicados tres de ellos en la parte Este, dos al Sureste, uno en el centro y otro en el límite Suroeste del acuífero



Mapa 44. Puntos de muestreo para geoquímica en el acuífero Apan



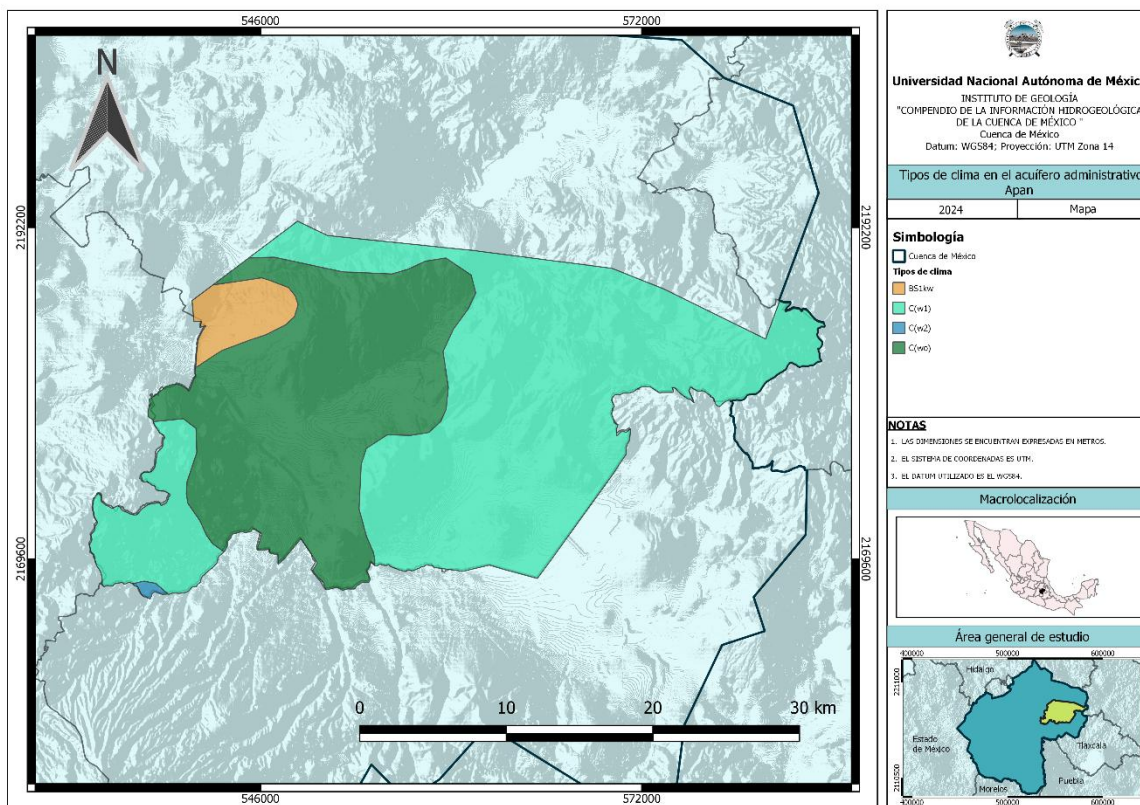
4.1.4 Clima en el acuífero Apan

El acuífero de Ápan está caracterizado por tres tipos de clima: C(w1), C(wo) y BS1kw. Los climas C(w1) y C(wo) son climas templados subhúmedos con lluvias en verano y una precipitación invernal menor del 5% mientras que el clima BS1kw es semiárido templado con lluvias en verano y precipitación invernal entre 5 y 10.2%. El tipo de clima predominante en el acuífero es el C(w1) extendiéndose en el centro, Sur, Este, la porción límite Oeste del acuífero y una delgada franja al Norte. El segundo tipo en ocupar más área es el C(w0) presente en la zona Oeste del acuífero, aunque una pequeña porción del tipo BS1kw se ubica en el límite Noroeste

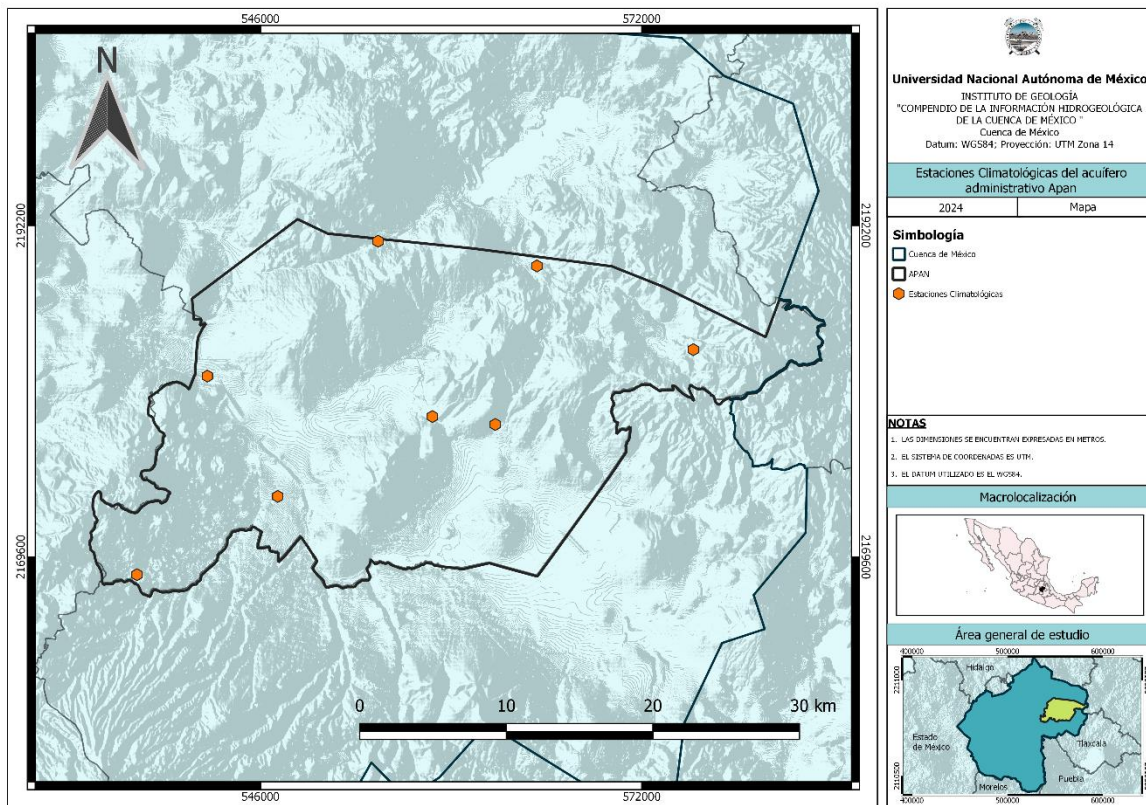
Para la determinación de las variables climatológicas se cuenta con información de 7 estaciones que tienen influencia en el área del acuífero: Presa Golondrinas, Presa Almoloya, Hueyotlipan, Mazapa, San Marcos, Zoquiapan y Benito Juárez. La distribución de estas estaciones es cercana a una cobertura homogénea, dispersándose tres de ellas desde el Norte hacia el Este, posteriormente, se encuentra dos estaciones cercanas entre sí en la parte centro del acuífero y las últimas tres de lado Oeste, una de ellas en el límite Suroeste del acuífero

Con estos datos, se determinaron valores promedio anuales de precipitación y temperatura de 610 mm y 14 °C respectivamente. De igual manera se obtuvo un valor de evaporación potencial promedio de 1413 mm anuales (Conagua, 2023).

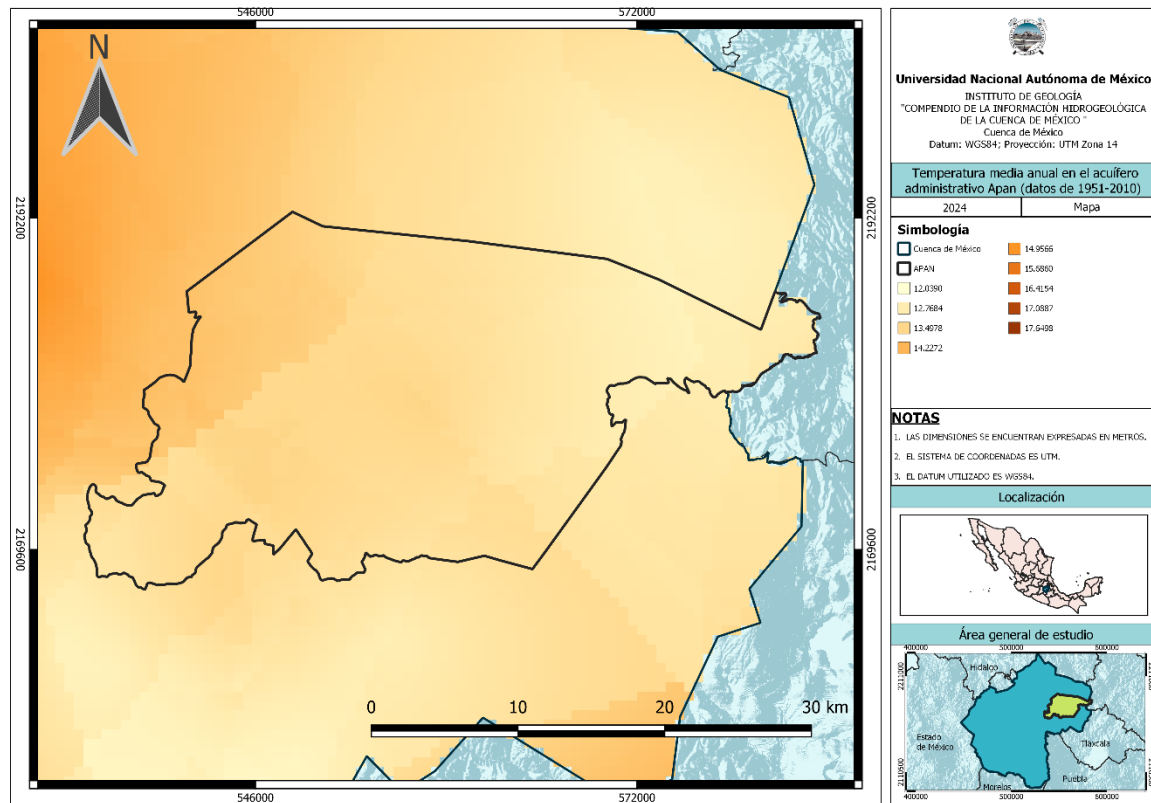
En el siguiente mapa se observa que el rango de temperatura promedio anual dominante en el acuífero es de 12.7 °C a 13.4 °C, ya que solo en la parte Noroeste se alcanzan temperaturas de 14.2 °C. En cuanto a la precipitación promedio anual en el acuífero existe un rango dominante de 465 mm a 684 mm, debido a que solo en el límite Este se presentan valores de precipitación media de 794 mm.



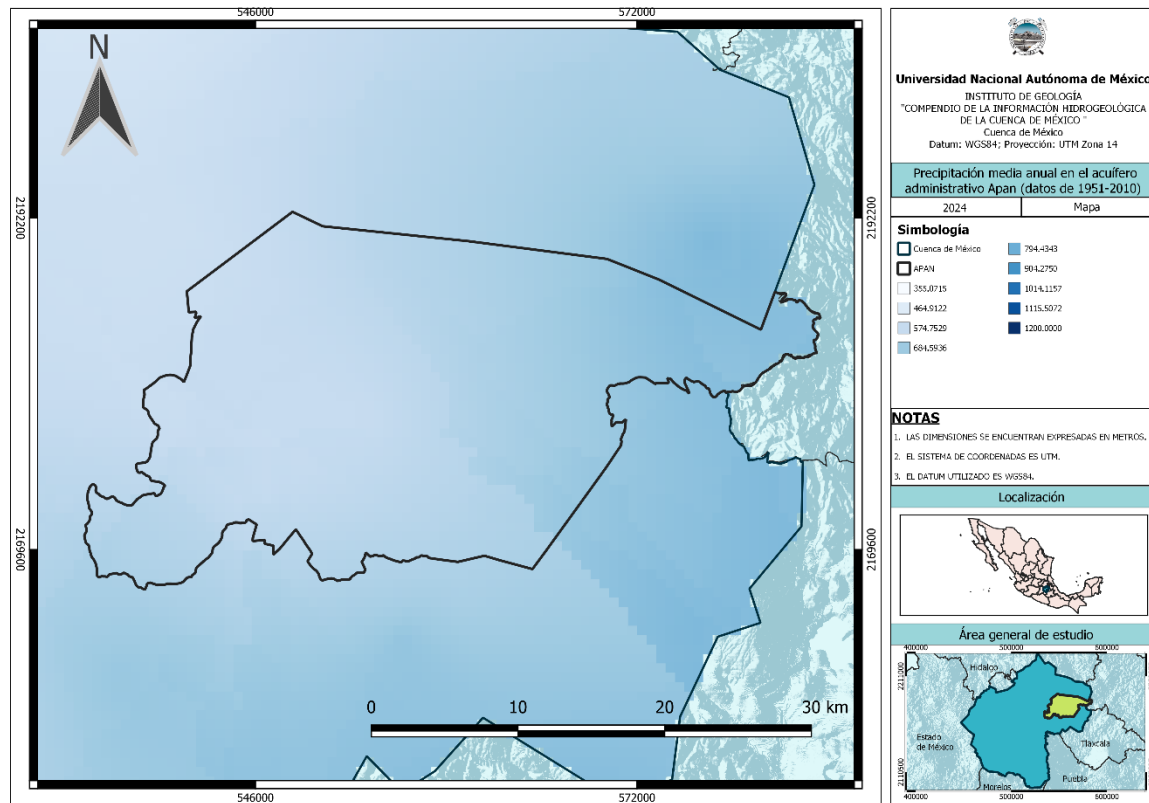
Mapa 45. Distribución de los tipos de clima en el acuífero Apan



Mapa 46. Localización de las estaciones climatológicas en el acuífero Apan



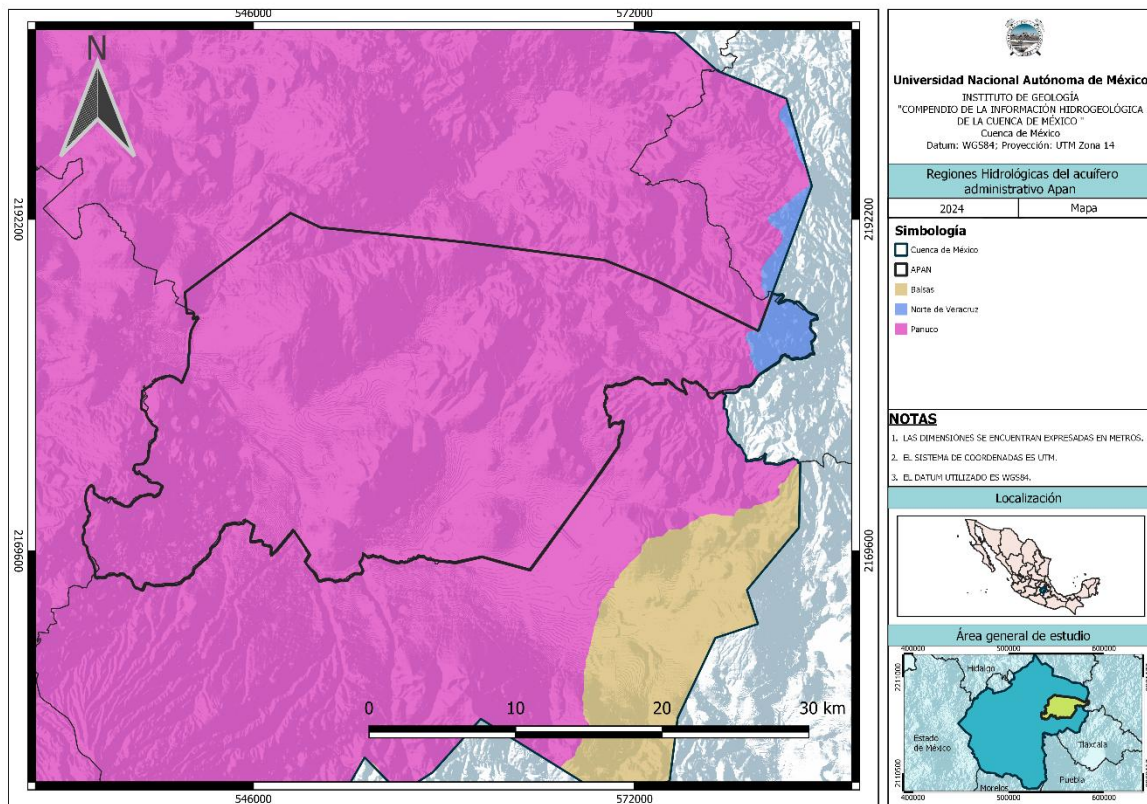
Mapa 47. Distribución de la temperatura media anual en el acuífero Apan



Mapa 48. Distribución de la precipitación media anual en el acuífero Apan

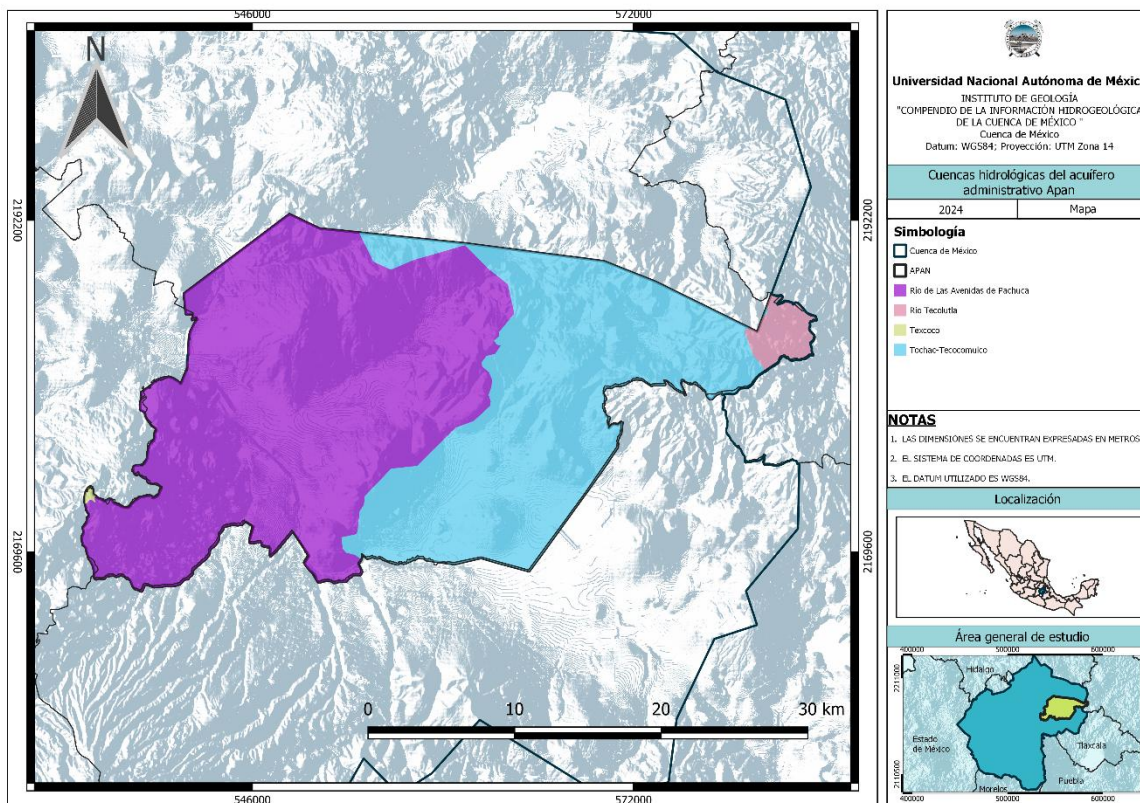
4.1.5 Aguas superficiales en el acuífero Apan

Las Regiones Hidrológicas presentes en el acuífero de Apan son sólo dos: Panuco, que abarca casi totalmente el acuífero y la Norte de Veracruz que ocupa una pequeña parte de la punta Este del acuífero



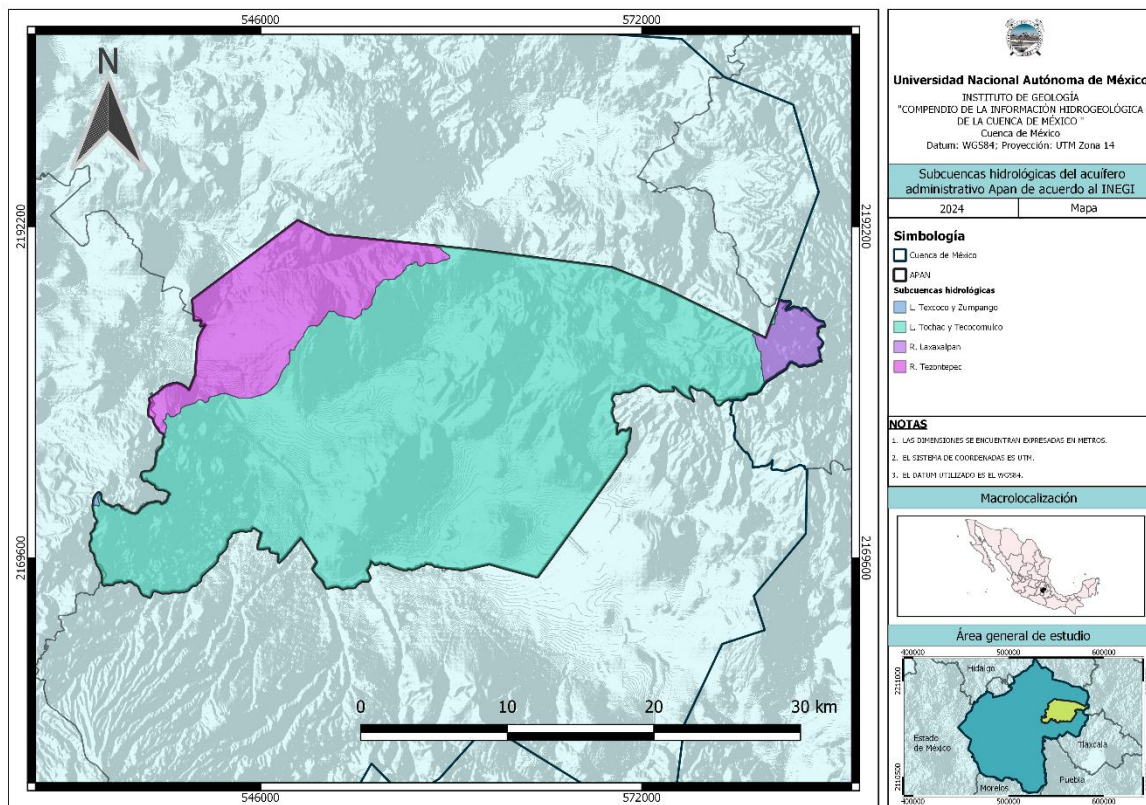
Mapa 49. Regiones Hidrológicas abarcadas por el acuífero Apan

En cuanto a las Cuencas Hidrológicas, el acuífero cuenta con tres de ellas: Río de las Avenidas de Pachuca, Tochac - Tecomulco y Río Tecolutla, siendo las dos primeras las que ocupan casi la mitad del acuífero cada una; mientras, la última solo se encuentra en la punta Este



Mapa 50. Cuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Apan

En el caso de las Subcuencas Hidrológicas, sucede algo similar a las Cuencas, porque se encuentran tres en el acuífero de Apan: Tochach y Tecocomulco, Tezontepec y Laxalpan. Sin embargo, la primera de éstas ocupa casi todo el acuífero; la segunda se encuentra en la porción Noroeste y la tercera en la punta Este

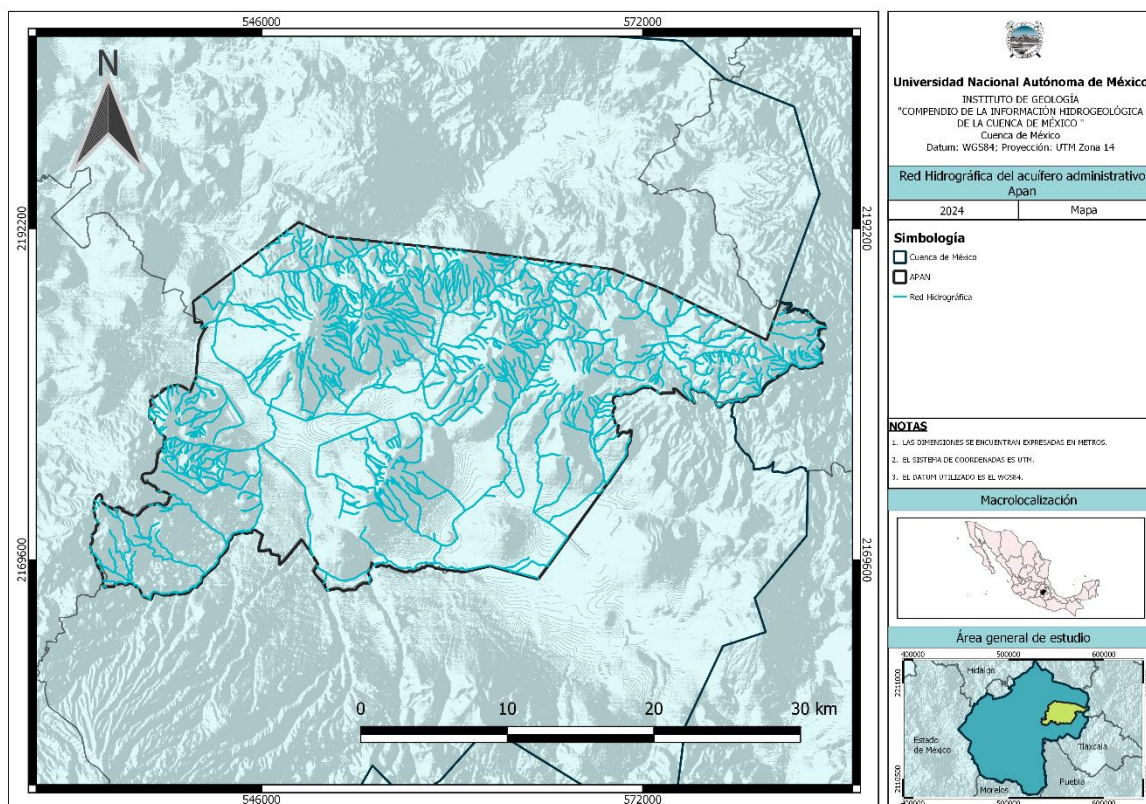


Mapa 51. Subcuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Apan

En general, en el acuífero Apan el drenaje es incipiente y solo se evidencia con mayor nitidez en las áreas de lomeríos que rodean los valles, ya que las rocas que componen las primeras capas de las unidades fisiográficas están hechas de tobas arcillosas de baja permeabilidad. El drenaje paralelo y radial, tanto convergente como divergente, se puede observar en las zonas de lomeríos, así como en los aparatos volcánicos y en la periferia de las lagunas que se han formado en el centro de los valles endorreicos.

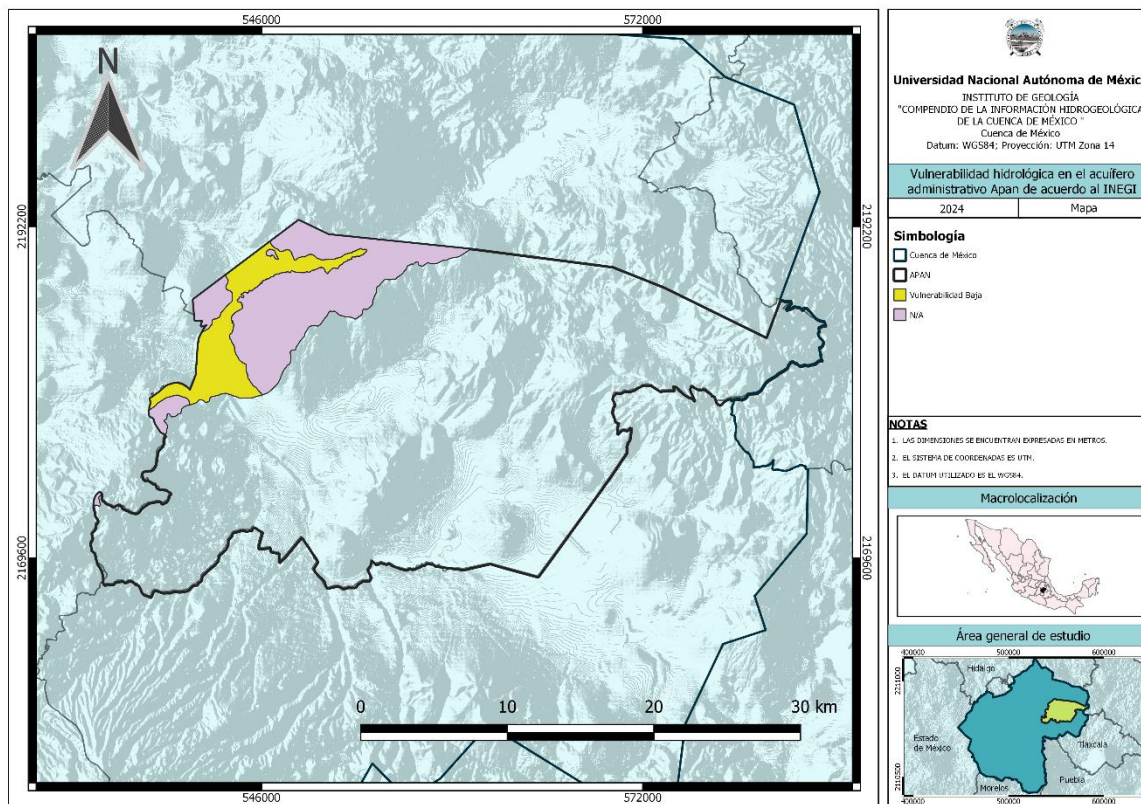
Al oeste de la ciudad de Apan, se encuentran las extensas planicies conocidas como "llanos". Algunos arroyos están conectados por canales, como el Canal Acopinalco. Este canal ayuda a los escurrimientos superficiales que fluyen hacia el oeste desde los alrededores de la ciudad de Apan. El Río Tecocomulco, que continúa hacia el oeste, se conecta con este canal hacia el noroeste mientras pasa por Ciudad Sahagún. Además, en los "llanos" situados al sur de Apan, se pueden encontrar escurrimientos que provienen de las elevaciones del noreste. Cuando llegan al valle, son recogidos por varios canales, como los canales Mala Yerba y Atocha, que llevan sus aguas hasta la laguna San Antonio de Atocha o Tochac. (CONAGUA,2023).

A continuación, se muestra todas las corrientes hídricas que existen en el acuífero Apan, el cual tiene una gran red hídrica. La mayoría de las corrientes se concentran en las zonas Norte y Este del acuífero. Sin embargo, algunas corrientes se extienden desde las partes altas de los cerros hasta la parte plana del centro del acuífero. Las porciones Sur y Oeste son las que presentan menor abundancia de corrientes hídricas comparadas con las porciones Norte y Este del acuífero, debido a la menor cantidad de zonas montañosas



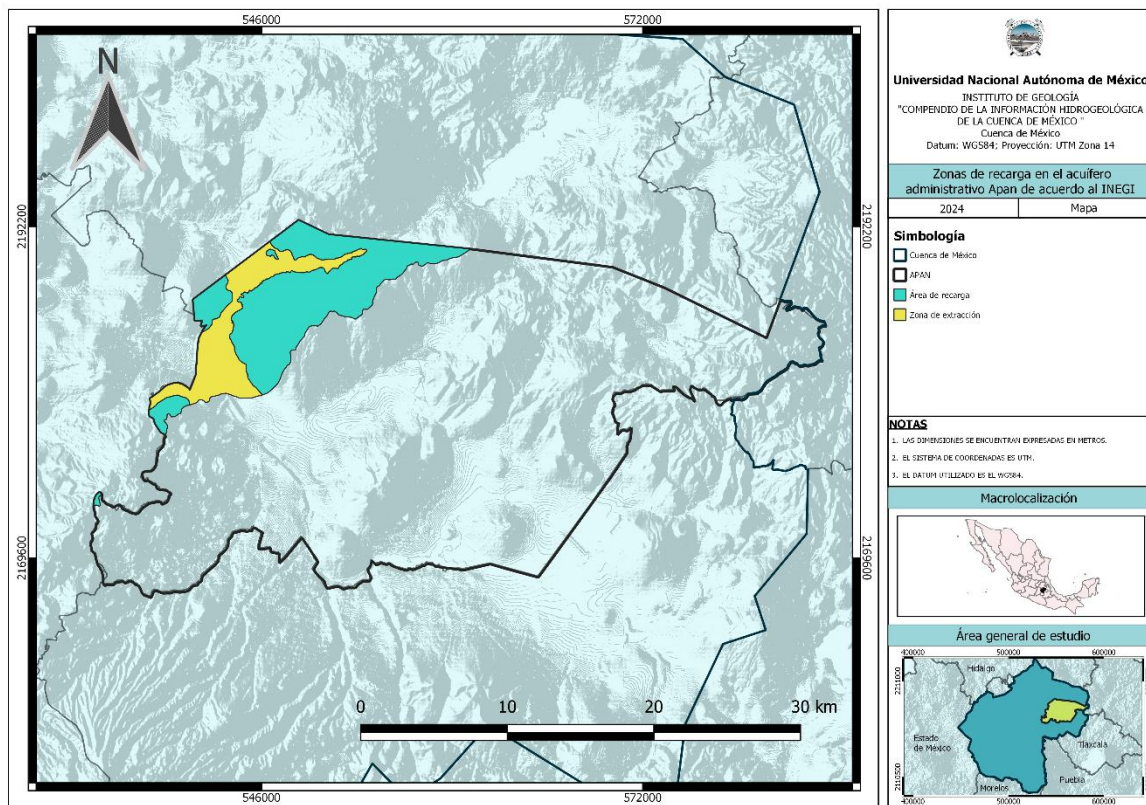
Mapa 52. Red Hidrográfica del acuífero Apan

En el siguiente mapa se indica la información disponible sobre vulnerabilidad hidrológica en el acuífero, la cual es casi nula para todo el acuífero. Sin embargo, de la porción Noroeste con información, sólo una pequeña porción presenta baja vulnerabilidad.



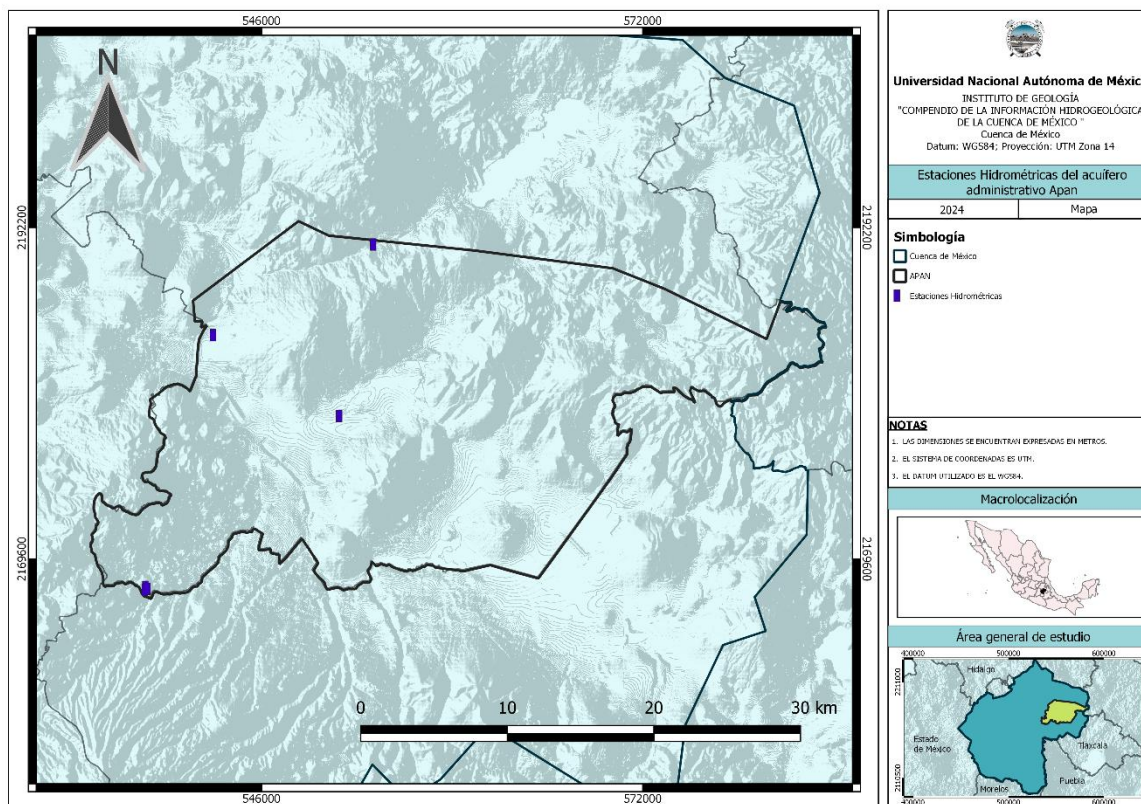
Mapa 53. Distribución de la vulnerabilidad hidrológica en el acuífero Apan

El caso anterior se repite para las zonas de recarga en el acuífero de acuerdo con el INEGI debido a que es la misma porción del Noroeste que cuenta con información, solo que en este caso el área de extracción es la misma que la de baja vulnerabilidad y el sobrante es considerado como área de recarga



Mapa 54. Distribución de las zonas de recarga en el acuífero Apan

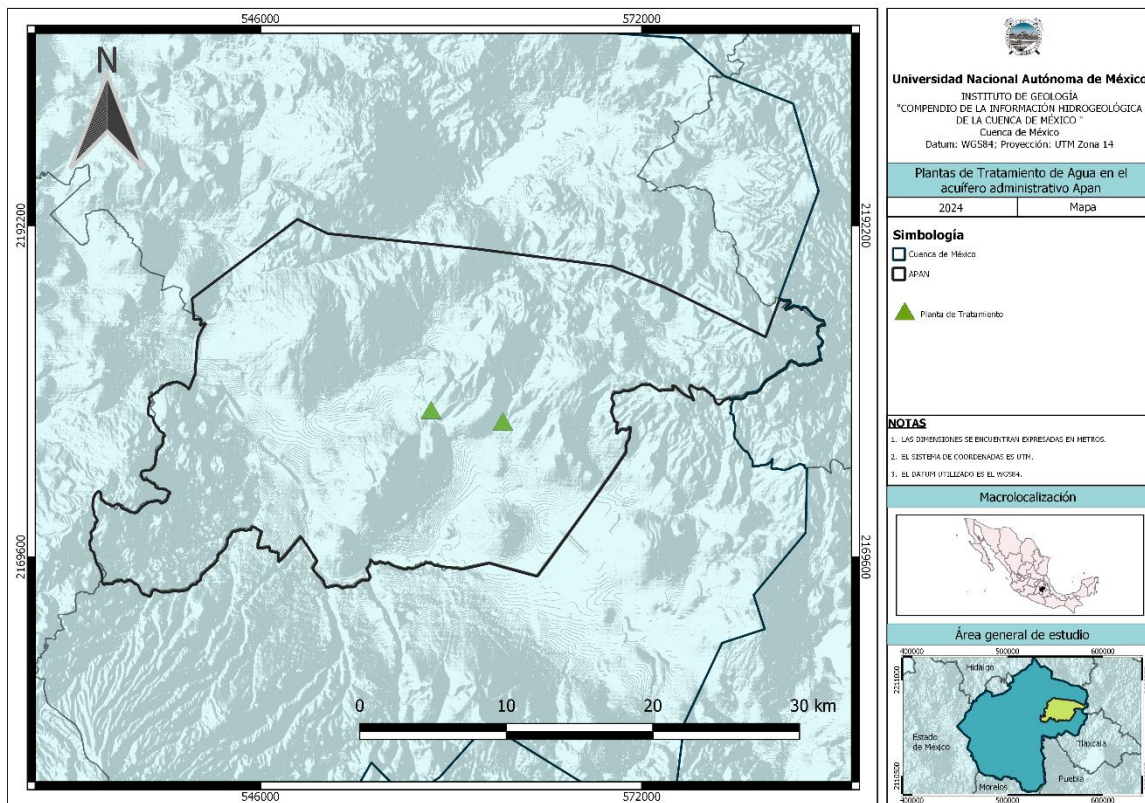
El acuífero Apan cuenta únicamente con cuatro estaciones hidrométricas, ubicadas dos de ellas en la porción Noroeste, una en la parte centro y la otra en el límite Suroeste del acuífero



Mapa 55. Localización de las estaciones hidrométricas en el acuífero Apan

4.1.5.1 Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el acuífero Apan

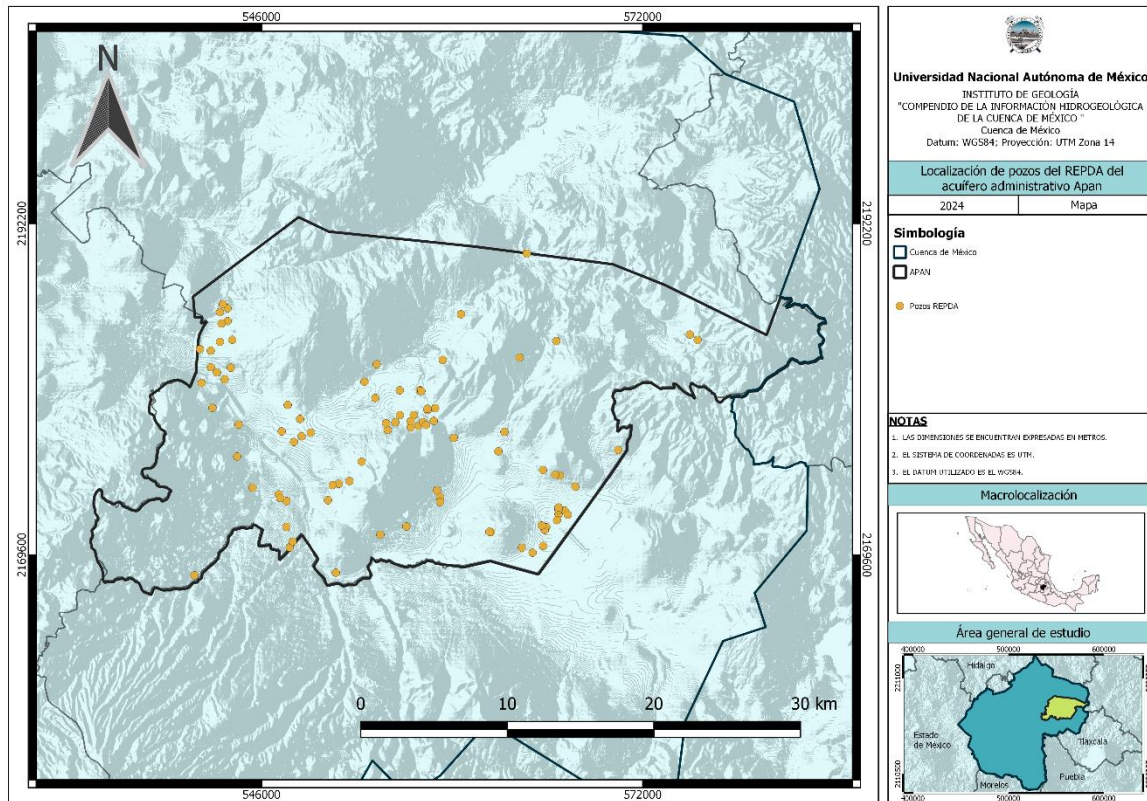
Las plantas de tratamiento en el acuífero Apan sólo son dos, ubicadas en la parte centro del mismo



Mapa 56. Localización de las Plantas de Tratamiento en el acuífero Apan

4.1.6 Monitoreo de agua subterránea en el acuífero Apan

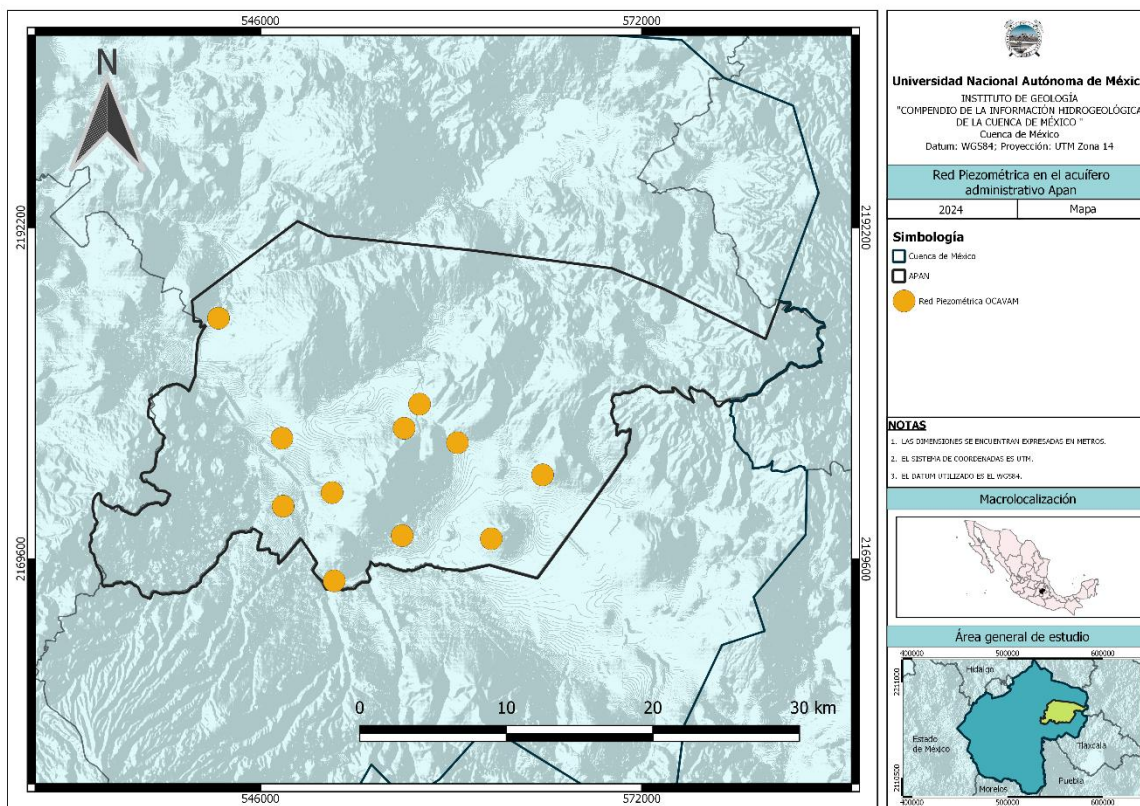
El acuífero Apan cuenta con varios pozos del REPDA que ayudan a monitorear el agua subterránea, la mayoría de ellos se encuentra en la porción central, Sur y Oeste



Mapa 57. Localización de los pozos del REPDA en el acuífero Apan

4.1.6.1 Red piezométrica en el acuífero Apan

El acuífero Apan cuenta con once pozos pertenecientes a Ocavam que conforman la red piezométrica. Estos pozos se ubican en la parte centro y Sur del acuífero, ya que solo uno de ellos se encuentra en el límite Noroeste del acuífero



Mapa 58. Distribución de la Red Piezométrica en el acuífero Apan



4.1.6.2 Monitoreo de la calidad del agua en el acuífero Apan

De acuerdo con un estudio realizado en 2007 en donde se analizaron 22 muestras de agua, se pudo concluir, en el caso de los metales, la mayoría de ellos no fueron detectables además cumple con la NOM-127 para el agua destinada al consumo humano para sólidos totales disueltos (STD) y pH. (CONAGUA, 2023)

La temperatura, el pH, la conductividad eléctrica, los sólidos totales disueltos, los iones mayoritarios, los fosfatos, la dureza de calcio, la dureza total, el flúor y los metales traza fueron algunos de los factores que se determinaron. Se registran valores entre 300 y 400 ppm de sólidos totales disueltos (STD), que no exceden el límite máximo permitido de 1000 ppm establecido en la NOM-127-SSA1-2021 "Agua para uso y consumo humano".

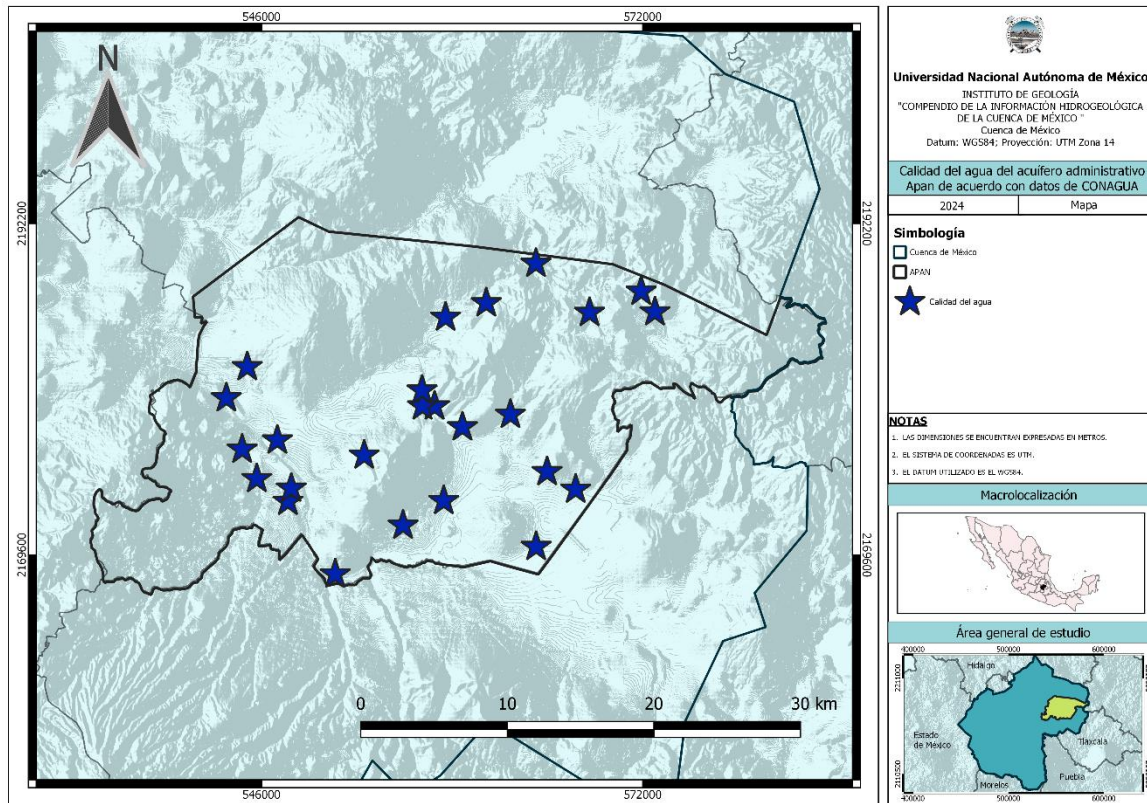
En cuanto a las determinaciones de metales, la mayoría de ellos no se pudieron encontrar y en algunos casos su concentración es extremadamente baja. Debido a que sus valores oscilan entre 300 y 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el agua se clasifica como dulce en términos de conductividad eléctrica según el criterio establecido por la American Potability and Health Association (APHA, 1995).

En cuanto a las familias de agua que tienen un ion dominante, las más predominantes son las familias mixta-bicarbonatada y sódica-bicarbonatada, ambas consideradas como agua de infiltración reciente. La diferencia entre estas familias es que la primera indica un medio de disolución de rocas volcánicas más bajo que la segunda.

Los valores de pH de 6.3 a 7.6, que representan agua neutra, están generalmente entre los límites máximos permitidos por la Norma Oficial Mexicana para el agua destinada al consumo humano.

Los registros de temperatura oscilan entre 17.5 y 25.5 °C. Además, el agua extraída se clasifica como de baja salinidad (C1) y con un bajo contenido de sodio intercambiable (S1), lo que la hace adecuada para el riego sin restricciones, según el criterio de Wilcox, que relaciona la conductividad eléctrica con la Relación de Adsorción de Sodio (RAS). (CONAGUA, 2023).

En el siguiente mapa se muestra veinticinco sitios pertenecientes a la CONAGUA para conocer la calidad del agua en el acuífero Apan. La distribución de estos pozos es en el centro, Sur, Oeste y Noreste del acuífero, hace falta tener más información en la parte Norte y Suroeste



Mapa 59. Localización de puntos de muestreo para la calidad del agua en el acuífero Apan

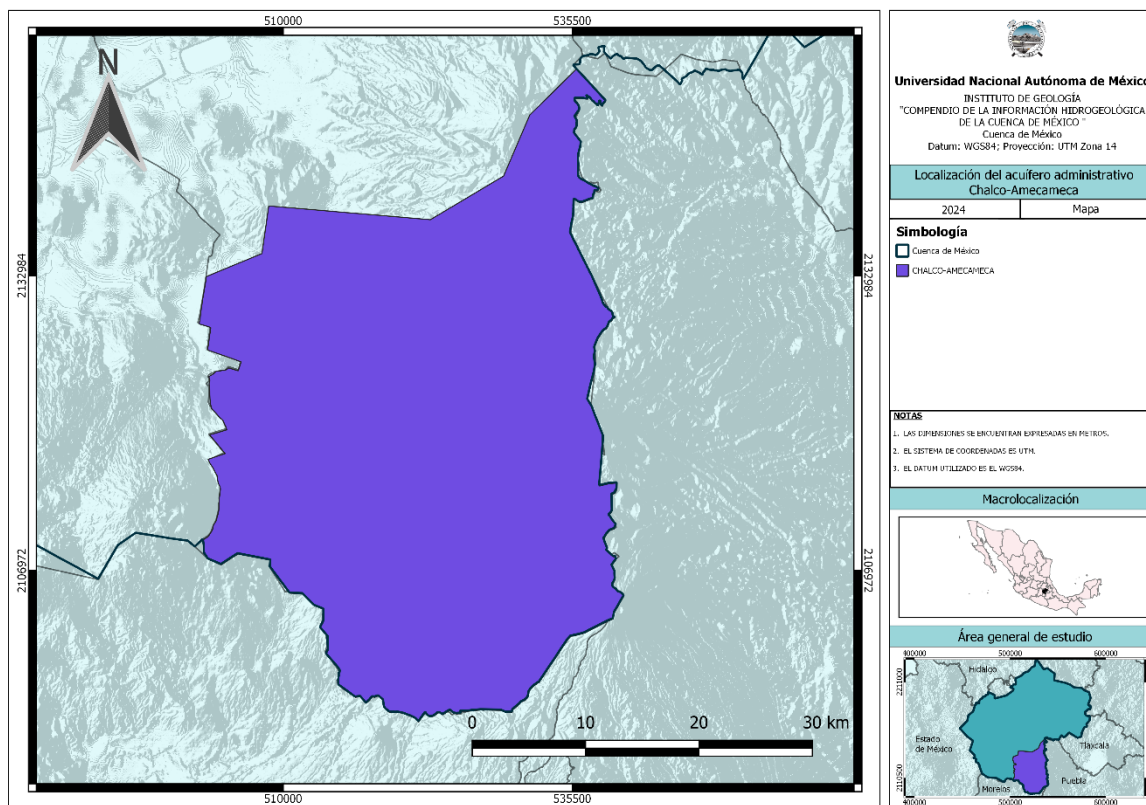
4.2 Acuífero administrativo Chalco-Amecameca

El acuífero Chalco-Amecameca, identificado con la clave 1506, comprende el territorio de la alcaldía Milpa Alta y Tláhuac y, otros diez municipios del Estado de México. Este acuífero se ubica en la parte Sur de la Cuenca de México.

Las delegaciones de Milpa Alta y Tláhuac se encuentran vedadas de manera total desde 1954 y de los municipios del Estado de México cinco se encuentran vedados de manera total y los otros cinco están vedados de manera parcial desde agosto de 1954.

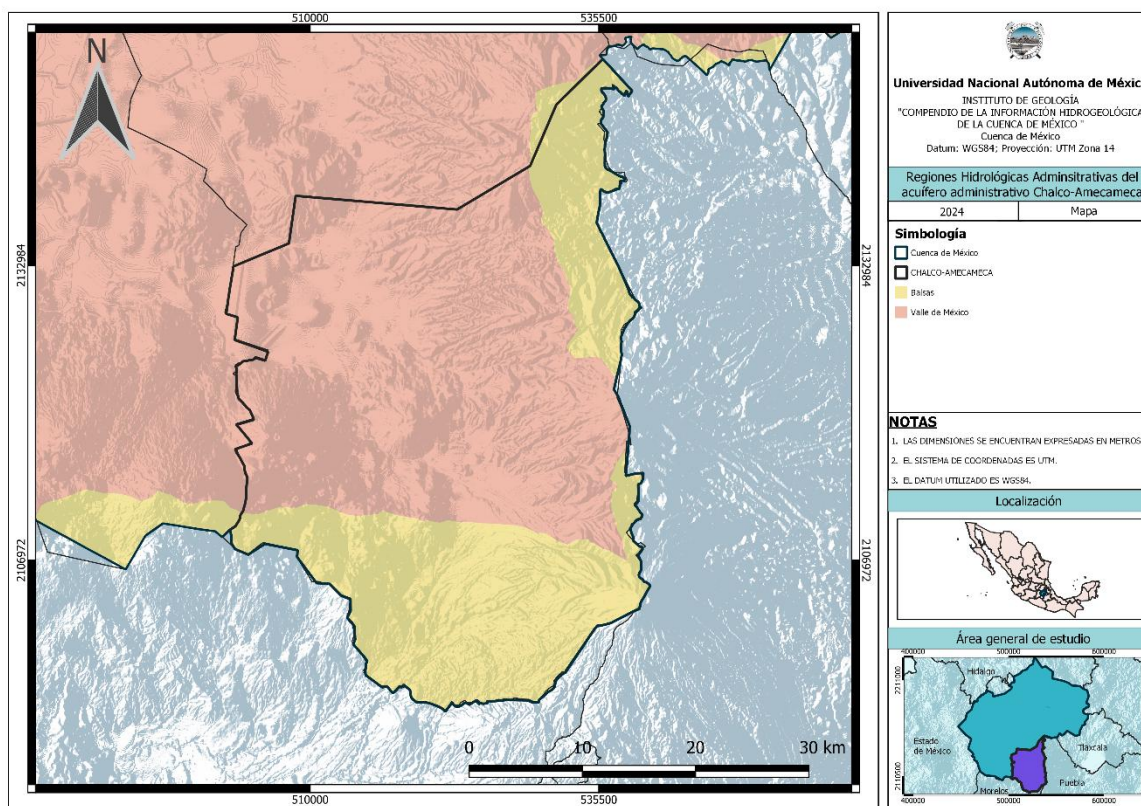
Pertenece a la región Hidrológica no. 26 Alto Panúco y fisiográficamente forma parte central del Eje Neovolcánico que está constituida por lavas basálticas principalmente y tobas del Plioceno y Cuaternario, (Demant, 1978). En esta zona predominan los climas templados o mesotérmino con una precipitación entre 500 y 600 mm y una temperatura anual que varía entre 8° y 11° C.

Según la información calculada el volumen de entradas por flujo horizontal es de 74 mm³/año y por otra parte, el bombeo es la única salida que se presenta con un total de 194 aprovechamientos como pozos y norias con un volumen de extracción 99,422,303 m³ anuales, lo que significa que no existe volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 25, 422,303 m³ anuales que se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero. (CONAGUA, 2023)



Mapa 60. Ubicación del acuífero administrativo Chalco-Amecameca

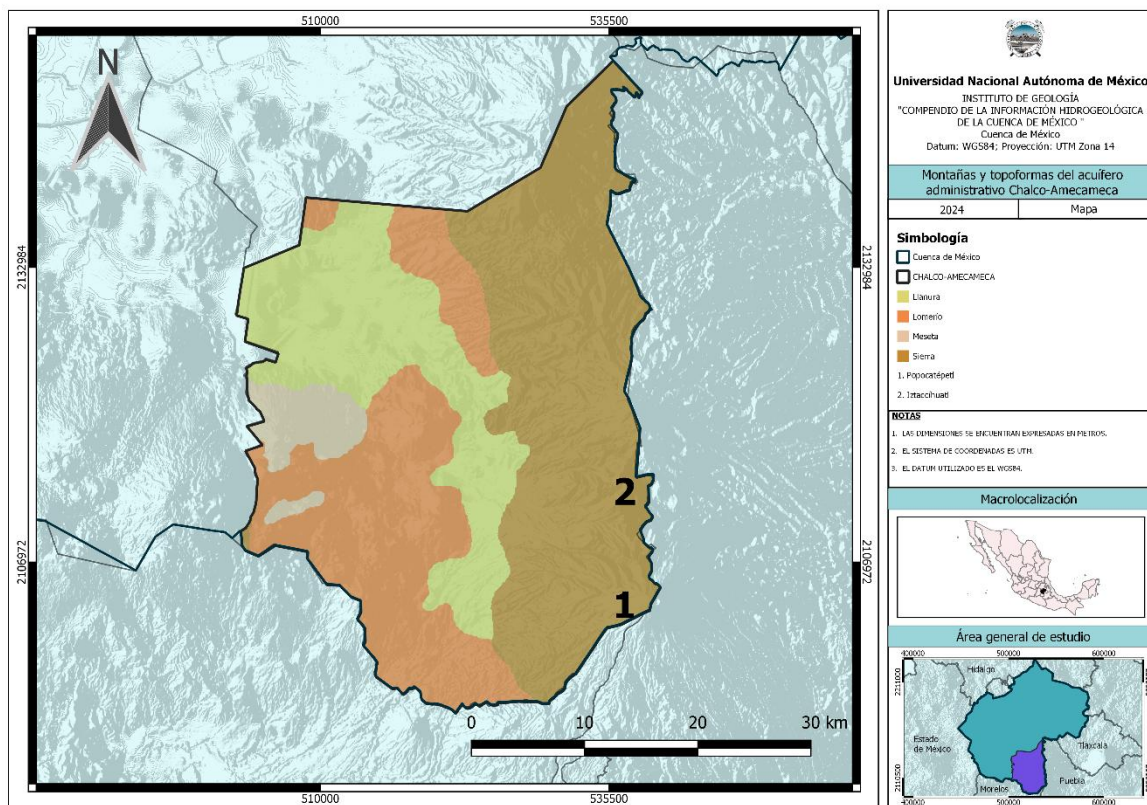
Las Regiones Hidrológicas Administrativas dentro del acuífero Chalco-Amecameca son dos: Valle de México y Balsas, siendo la primera la de mayor extensión, mientras la segunda ocupa la parte Sur y una delgada franja del Este del acuífero, perteneciente a la Sierra Nevada



Mapa 61. Regiones Hidrológico-Administrativas abarcadas por el acuífero Chalco-Amecameca

4.2.1 Fisiografía del acuífero Chalco-Amecameca

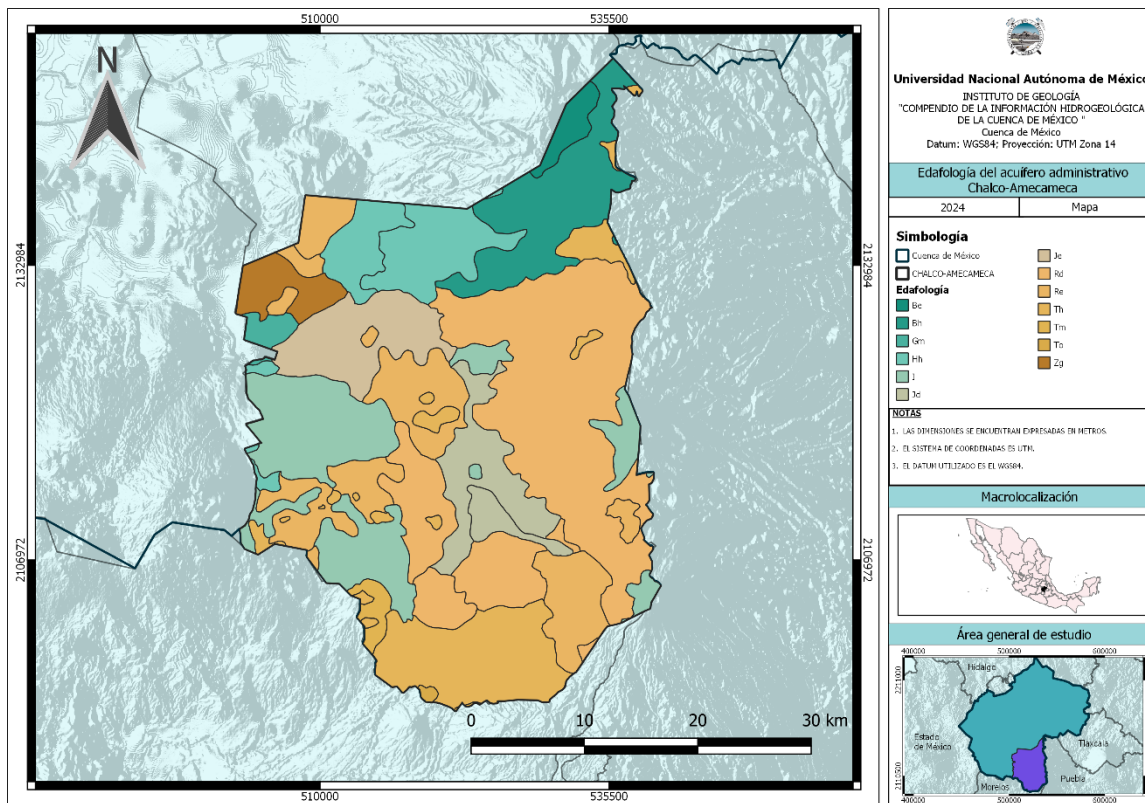
Las formas topográficas existentes en el acuífero Chalco-Amecameca son: Sierras, presentes en toda la zona Este del acuífero; Lomeríos, presente en el Suroeste y una pequeña fracción al Noreste, en el pie de monte de la Sierra Nevada; Llanuras, un polígono irregular que se extiende desde el límite Noroeste y baja adelgazando su forma hacia el Sur del acuífero; finalmente, las Mesetas, que son una pequeña porción en el límite Oeste del acuífero, por la zona de Milpa Alta. En la Subcuenca de Chalco encuentran los conos del Xitle, del Tecate de la Sierra de Santa Catarina y el estratovolcán del Popocatepetl. El Iztaccíhuatl, que ha sufrido la erosión debido a varias glaciaciones durante varios millones de años (CONAGUA,2023).



Mapa 62. Topoformas presentes en el acuífero Chalco-Amecameca

4.2.2 Edafología del acuífero Chalco-Amecameca

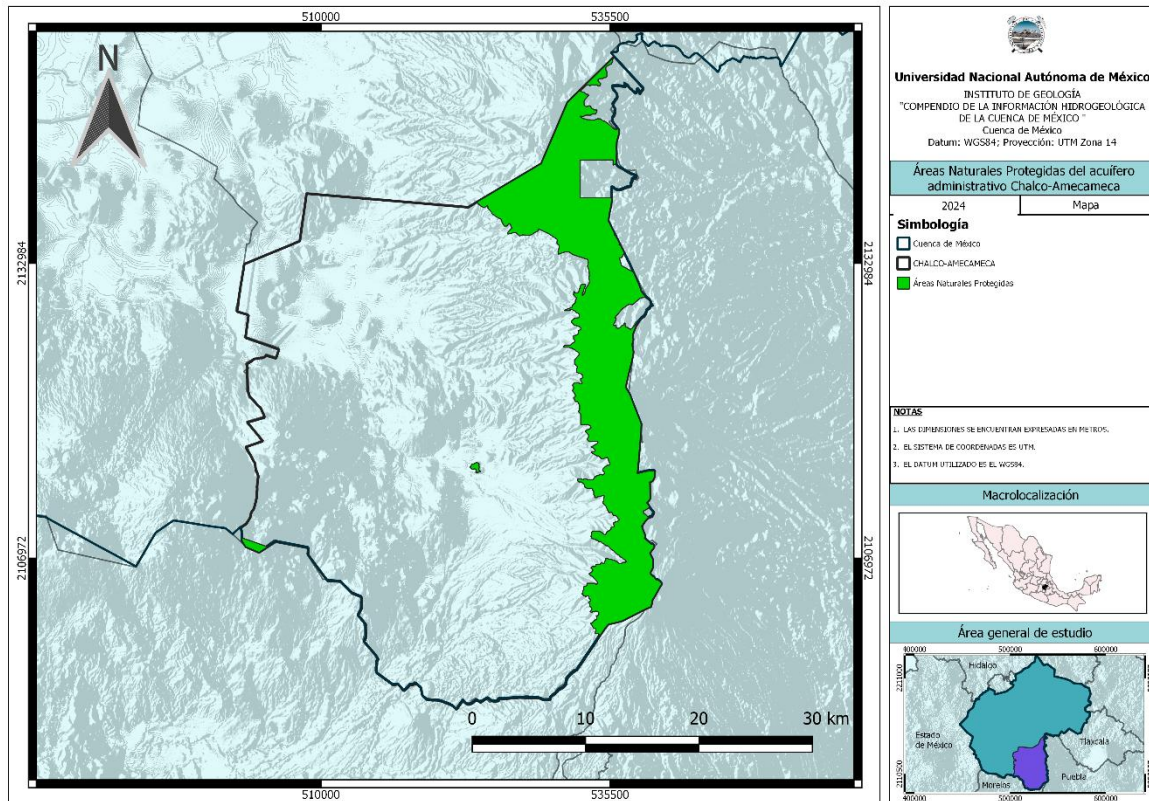
En el siguiente mapa se indica los tipos de suelo presentes en el acuífero Chalco-Amecameca. Aunque, el acuífero contiene trece diferentes suelos, los predominantes son 'Rd' y 'Th'.



Mapa 63. Edafología presente en el acuífero Chalco-Amecameca

4.2.3 Áreas Naturales Protegidas en el acuífero Chalco-Amecameca

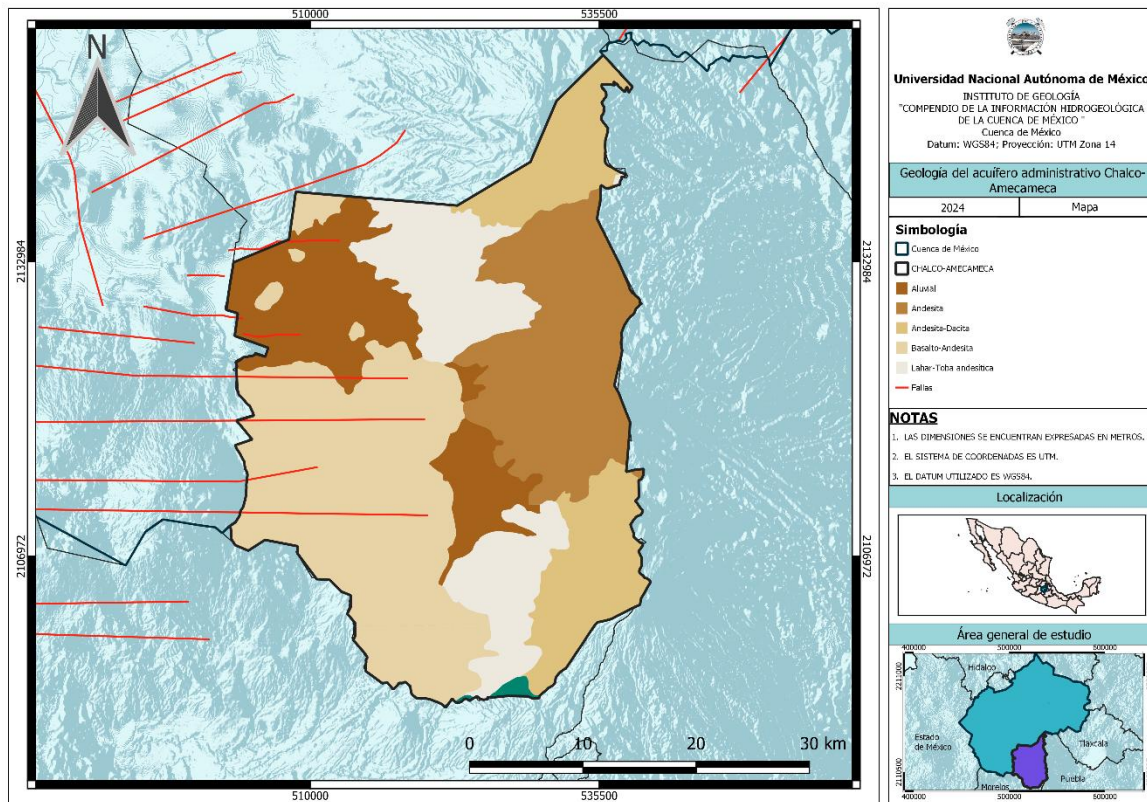
El acuífero Chalco-Amecameca cuenta con una extensa área natural protegida que abarca toda la porción Este, aunque esta limitada del límite del acuífero hasta las zonas altas de la Sierra Nevada. En el mapa también se aprecian otras dos pequeñas áreas naturales protegidas, ubicadas en el centro y al límite Suroeste del acuífero.



Mapa 64. Áreas Naturales Protegidas presentes en el acuífero Chalco-Amecameca

4.2.4 Geología del acuífero Chalco-Amecameca

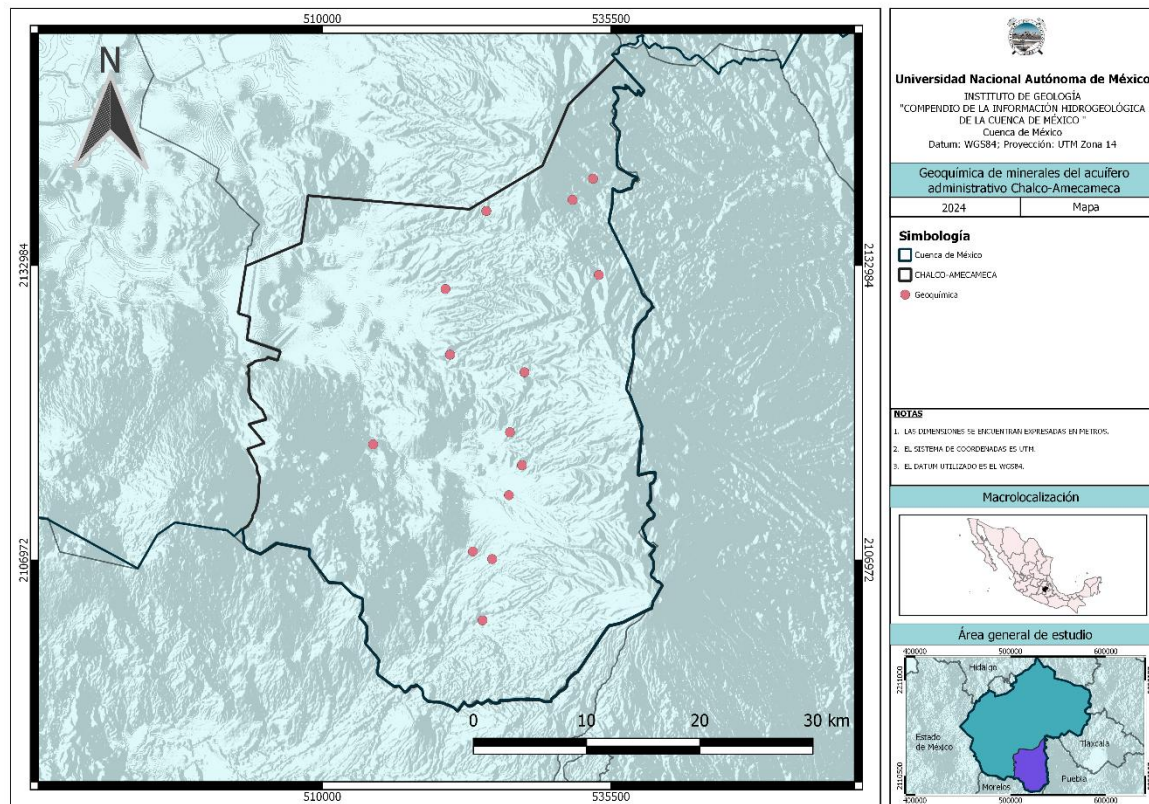
El mapa indica el tipo de rocas y las fallas presentes en el acuífero Chalco-Amecameca, siendo cinco los tipos presentes: Aluvial, Andesita, Andesita-Dacita, Basalto-Andesita y Lahar-Toba andesítica. En cuanto a las fallas, son siete las que cortan al acuífero en su porción Oeste, la única que presenta fallas geológicas



Mapa 65. Litología y fallas geológicas presentes en el acuífero Chalco-Amecameca

4.2.4.1 Geoquímica del acuífero Chalco-Amecameca

El mapa sobre la geoquímica de las rocas del acuífero Chalco-Amecameca muestra catorce sitios en los que se ha identificado esta propiedad. La mayoría de los sitios se encuentran esparcidos en la parte Este, Noreste y Sur del acuífero



Mapa 66. Puntos de muestreo para geoquímica en el acuífero Chalco-Amecameca



4.2.5 Clima en el acuífero Chalco-Amecameca

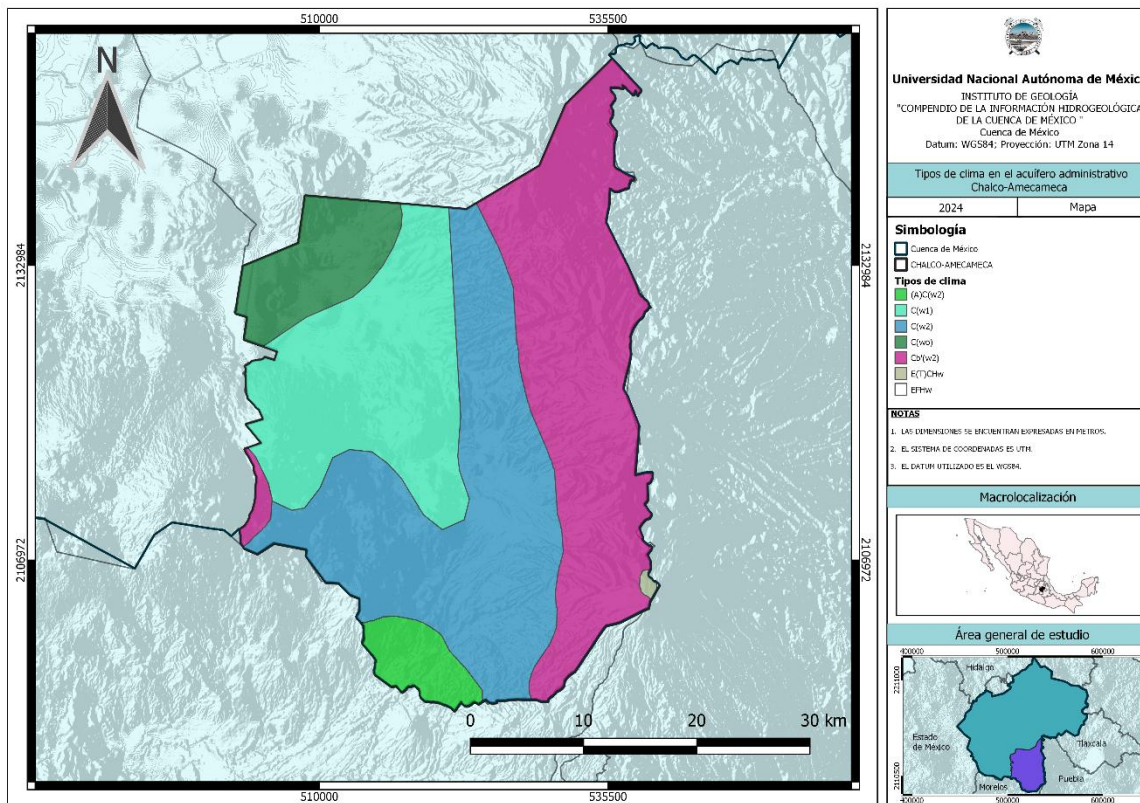
Dentro del acuífero Chalco-Amecameca se tienen tres tipos de clima que son: un clima Semifrío Subhúmedo (Cb'(w2)) y climas Templado subhúmedo (C(w1) y C(w2)).

El clima Semifrío Subhúmedo (Cb'(w2)) se caracteriza por tener un verano fresco largo con lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 a 10.2%. La temperatura media anual es entre 5 y 12 °C y la precipitación en el mes más seco menor a 40 mm.

El clima Templado Subhúmedo (C(w1) y C(w2)) se caracterizan por presentar lluvias de verano con porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2%. La temperatura media anual es entre 12 y 18 °C y la precipitación en el mes más seco menor a 40 mm.

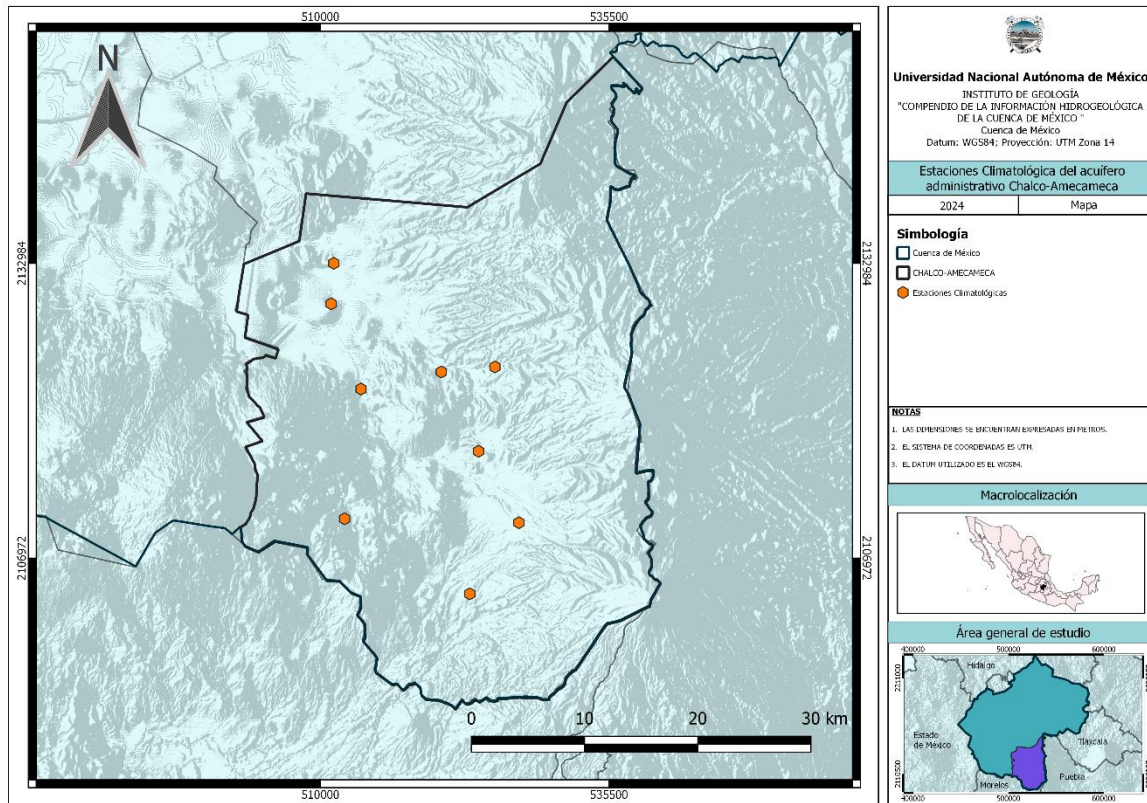
Debido a que domina el clima de tipo Templado Subhúmedo el régimen de precipitaciones se concentra entre 500 y 600 mm y la temperatura media anual varía entre 8° y 11° C. La mayor precipitación pluvial se registra en junio con un valor que oscila entre 100 y 110 mm y la mínima en febrero y diciembre, con valores menores a 5mm. La temperatura media más cálida se presenta en el mes de junio, con un valor entre 12° y 15° C. y la más fría de diciembre a febrero, con valores entre los 3° y los 5° C (Conagua, 2023).

El mapa presenta los cinco tipos de climas del acuífero Chalco-Amecameca, siendo: A(C(w2)), C(w1), C(w2), C(w0) y Cb(w2), encontrándose este último en toda la parte Este del acuífero. Posteriormente, en la parte media de las zonas montañosas desde el Norte hasta el Sur y extendiéndose hacia el Suroeste se distribuye el clima C(w2). En una porción del Oeste y Noroeste se encuentra el tipo C(w1). Mientras en el extremo Noroeste del acuífero ocupa una pequeña porción el tipo C(w0).



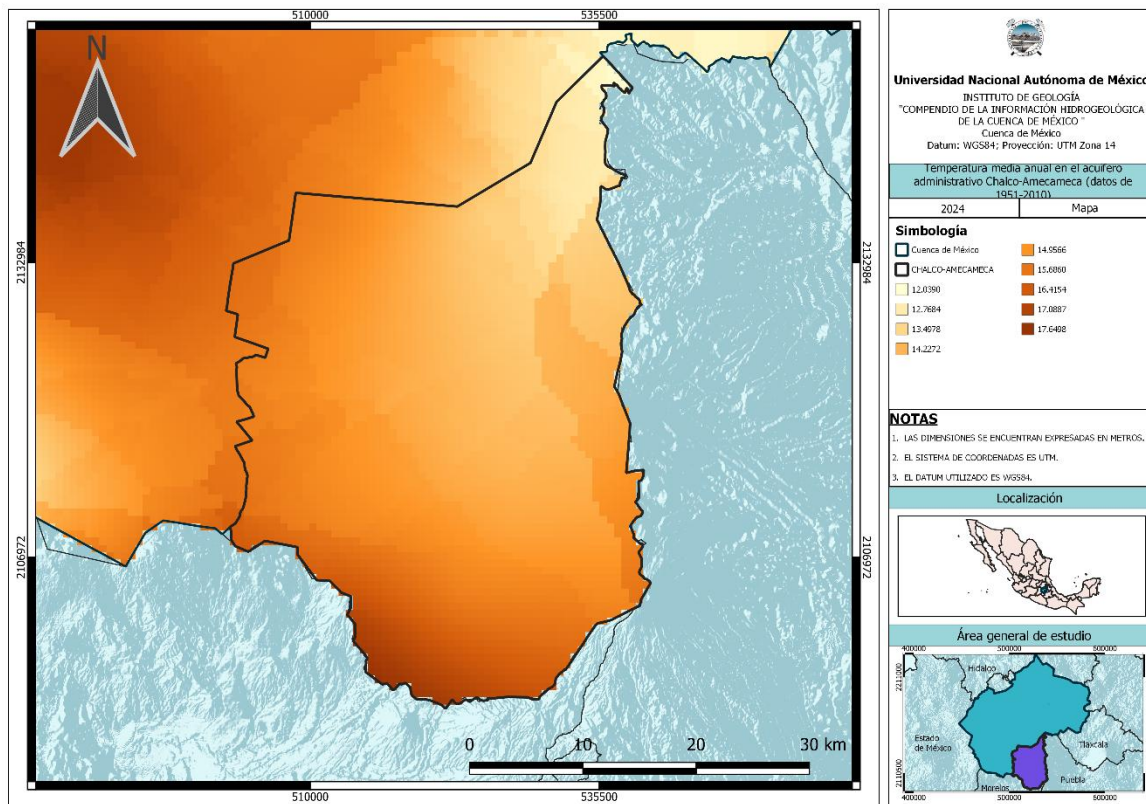
Mapa 67. Distribución de los tipos de clima en el acuífero Chalco-Amecameca

El acuífero cuenta con nueve estaciones climatológicas, distribuidas en las zonas bajas del centro, Sur y Noroeste. Mientras, algunos pocos se ubican en las zonas montañosas del Oeste



Mapa 68. Localización de las estaciones climatológicas dentro del acuífero Chalco-Amecameca

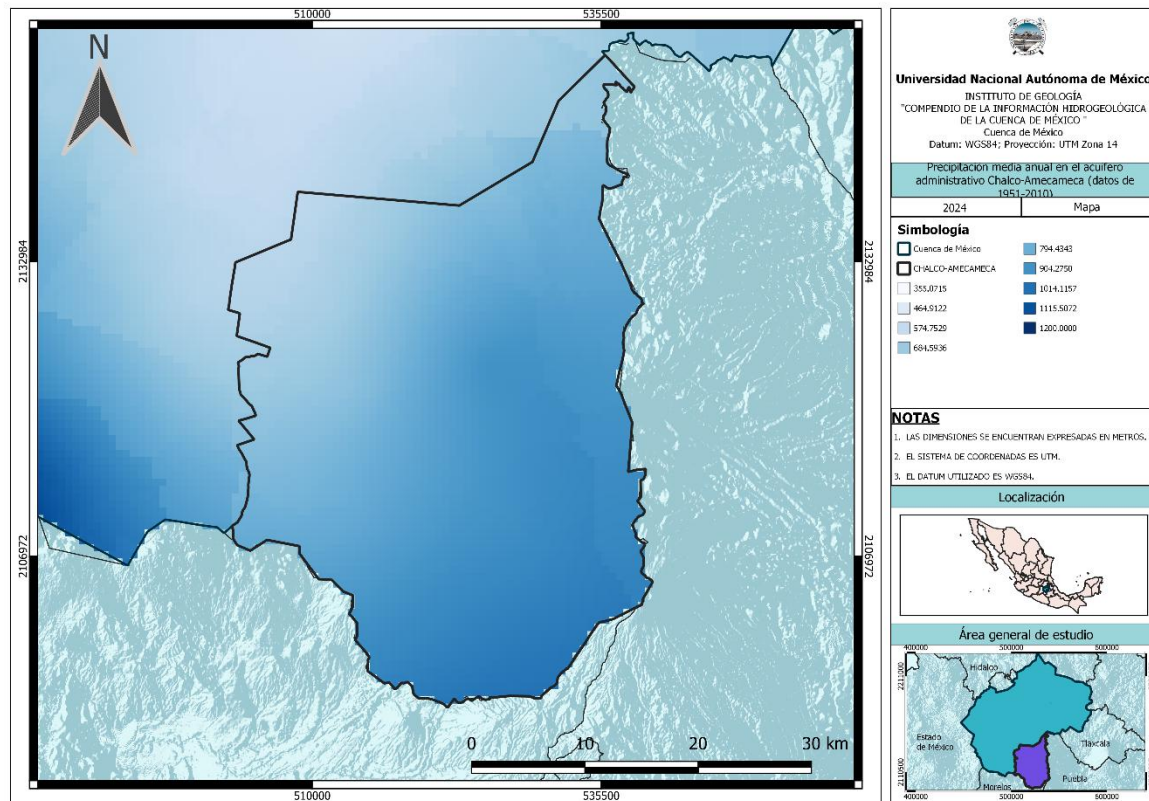
El mapa presenta las variaciones de la temperatura media anual del acuífero Chalco-Amecameca, donde predomina un rango de 12.2 °C a 14.5 °C. Mientras, en el extremo Sur del acuífero las temperaturas medias pueden llegar hasta los 17.6 °C.



Mapa 69. Distribución de la temperatura media anual en el acuífero Chalco-Amecameca



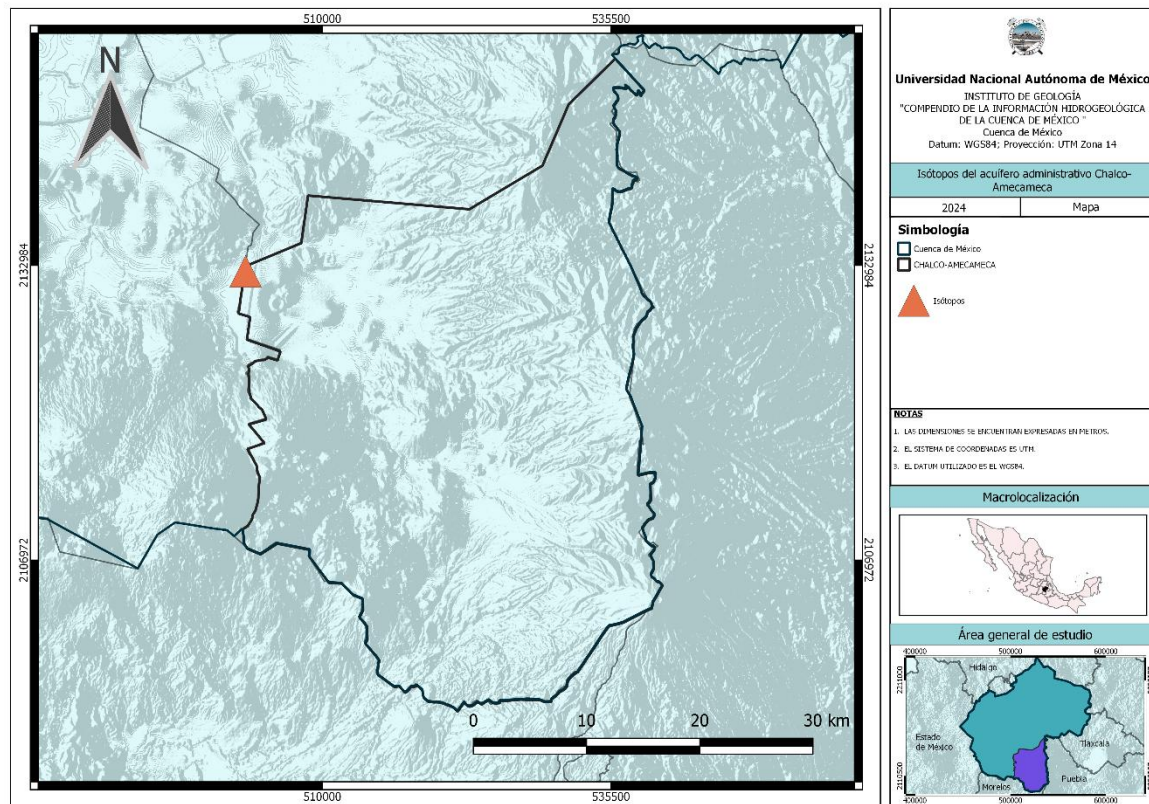
En cuanto a la precipitación media anual, las zonas Este y Sur son las que presentan lluvias más abundantes que van desde los 794 mm hasta los 1115 mm. Mientras, de la parte centro del acuífero hacia el lado Oeste las precipitaciones disminuyen desde los 794 mm hasta los 464 mm



Mapa 70. Distribución de la precipitación media anual en el acuífero Chalco-Amecameca

4.2.6 Isótopos en el acuífero Chalco-Amecameca

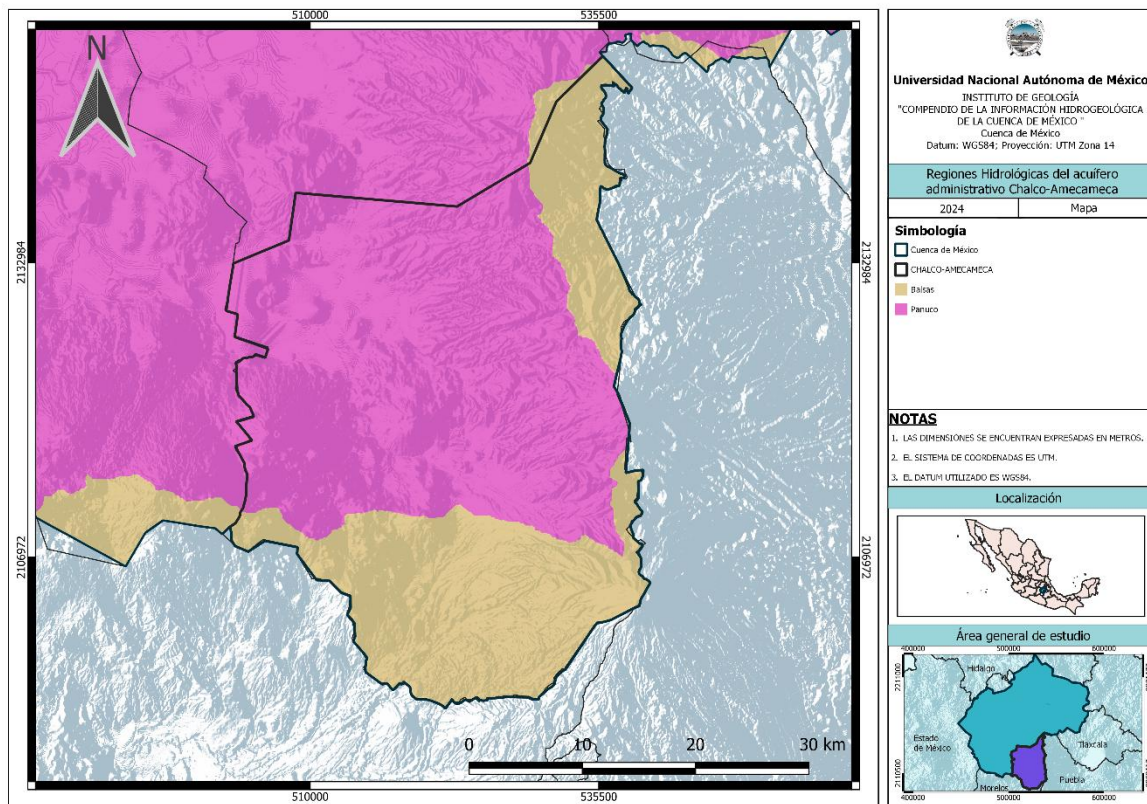
El acuífero Chalco-Amecameca cuenta únicamente con un sitio que proporciona información isotópica y se encuentra en el límite Noroeste colindando con el acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México



Mapa 71. Localización de puntos muestreados para la medición de isótopos en el acuífero Chalco-Amecameca

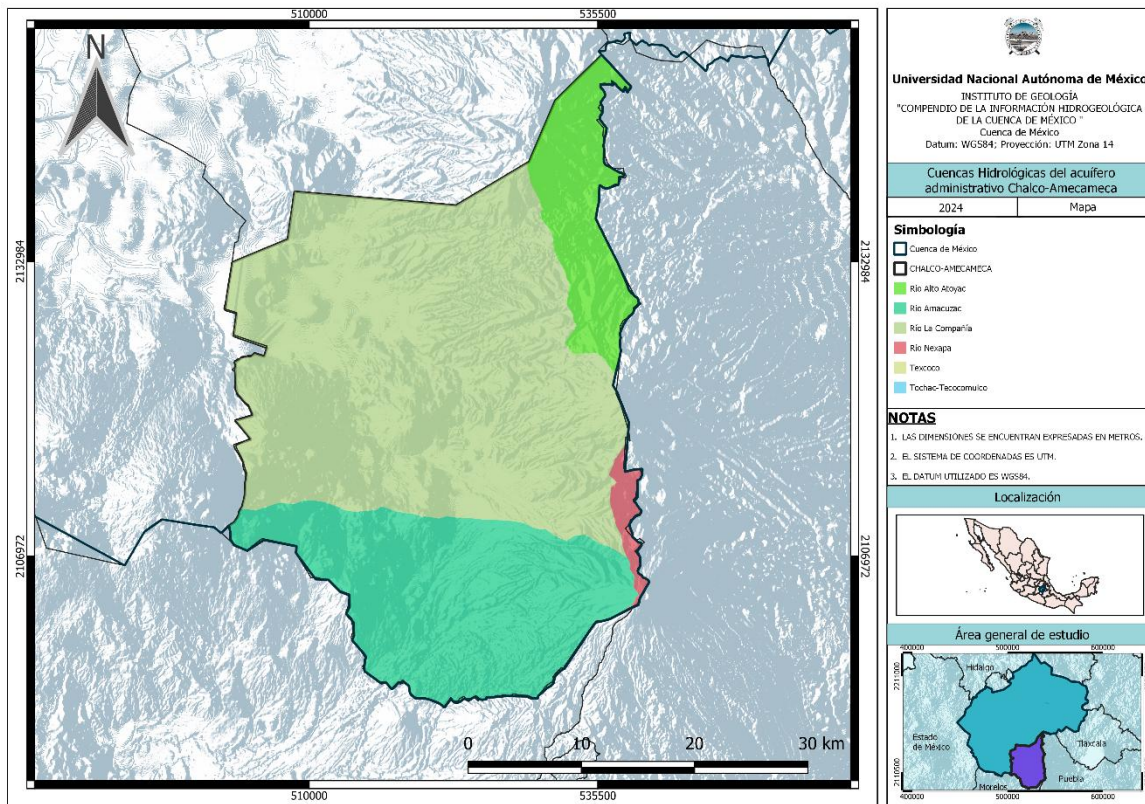
4.2.7 Aguas superficiales en el acuífero Chalco-Amecameca

Las Regiones Hidrológicas del acuífero Chalco-Amecameca son dos: Pánuco y Balsas, siendo la primera la de mayor extensión, mientras la segunda ocupa la parte Sur y una delgada franja del Este del acuífero, perteneciente a la Sierra Nevada



Mapa 72. Regiones Hidrológicas abarcadas por el acuífero Chalco-Amecameca

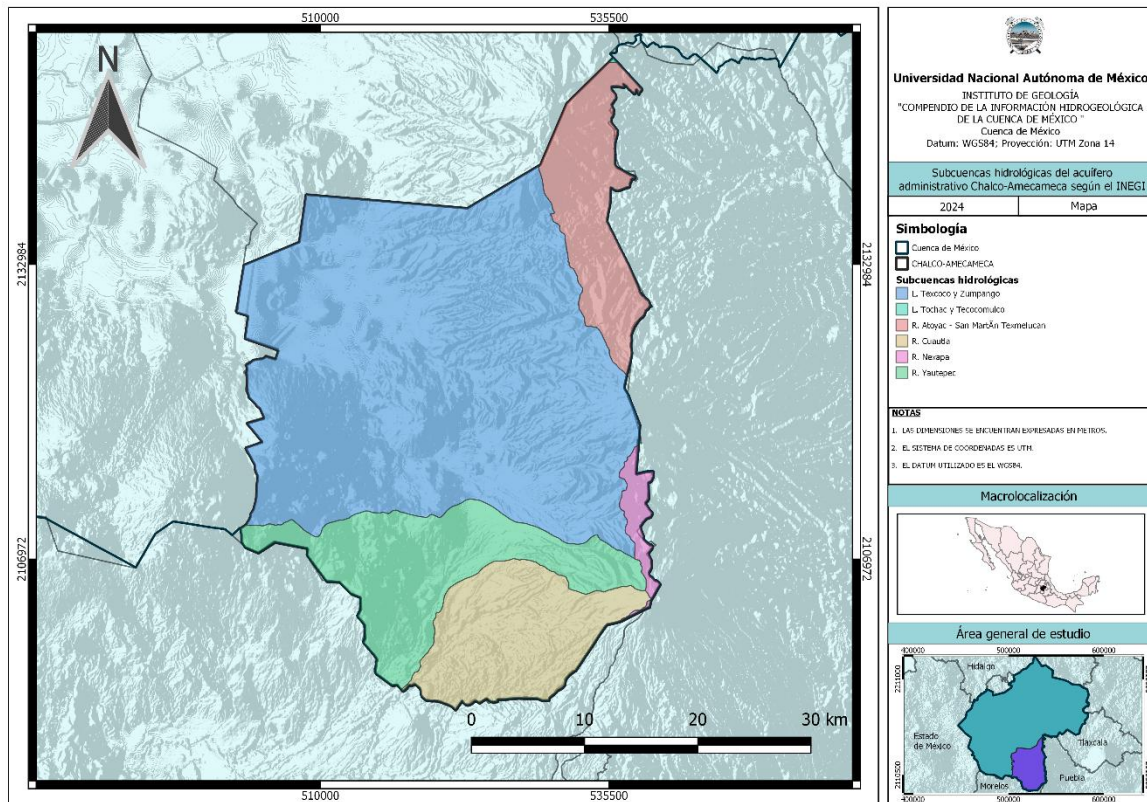
Respecto a las Cuencas Hidrológicas en el acuífero, se encuentran cuatro, en orden de mayor a menor área de ocupación son: Texcoco, Río Amacuzac, Río Alto Atoyac, Río Nexapa



Mapa 73. Cuencas Hidrológicas abarcadas por el acuífero Chalco-Amecameca

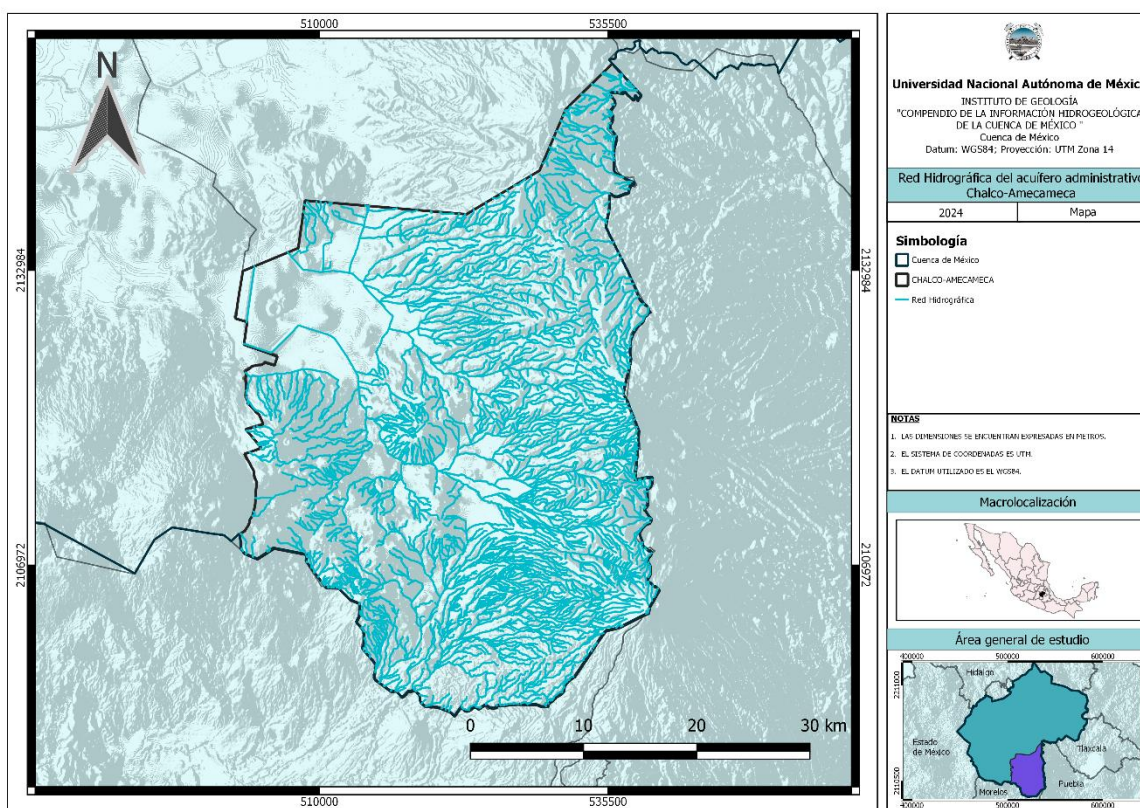
La Subcuenca de Chalco, que pertenece al número VIII Chalco y tiene una superficie de 1,124 km², se puede clasificar como Zona Hidrológica. (CONAGUA,2023).

Las subcuencas hidrológicas en el acuífero Chalco-Amecameca son cinco, de mayor a menor área ocupada en la cuenca: Texcoco y Zumpango; Río Yautepec; Río Cuautla; Río Atoyac – San Martín Texmelucan y Río Nexapa



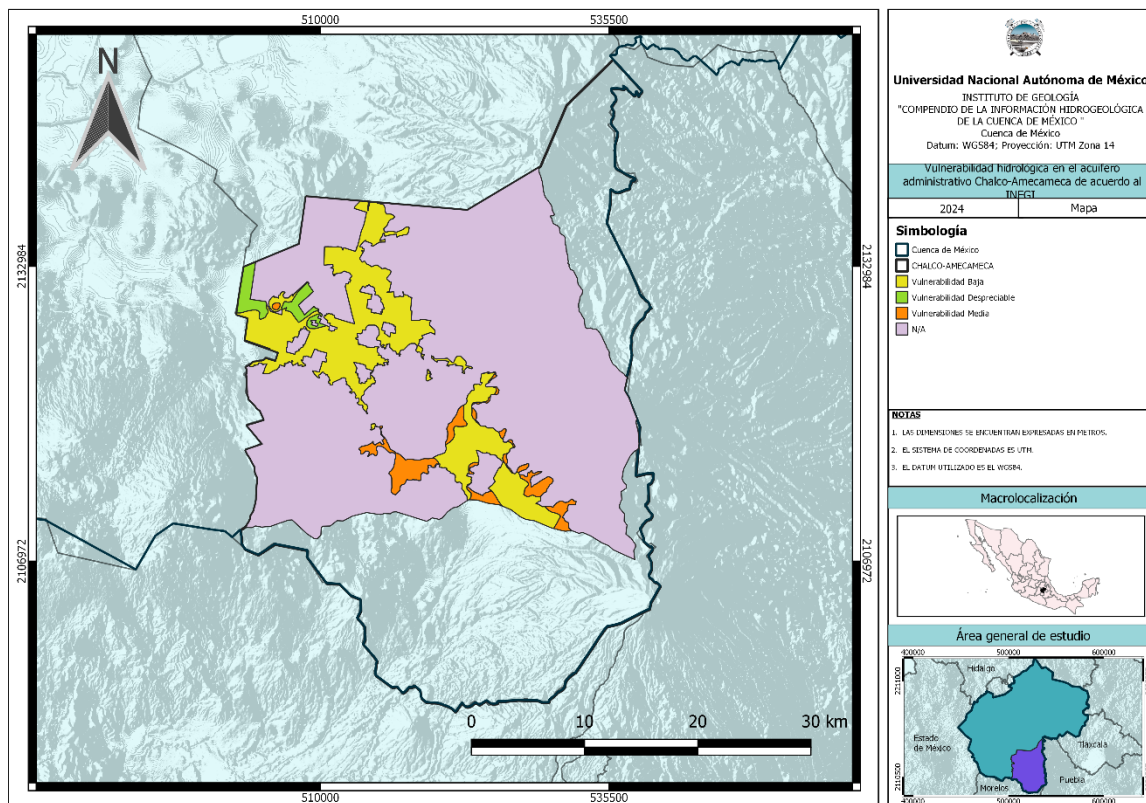
Mapa 74. Subcuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Chalco-Amecameca

En la región suroriente de la Cuenca de México se encuentra la zona hidrológica I Chalco, que incluye los ríos Milpa Alta, Amecameca, Barranca Juchitepec, además del Río de la Compañía y sus afluentes. Todas las corrientes mantienen un régimen estable y un régimen perenne debido a que parte de sus cauces han sido encauzados al ubicarse dentro de la zona urbana. El escurrimiento promedio anual es de 5.7 millones de metros cúbicos; durante el período de lluvias, que comienza en julio y dura hasta octubre, el escurrimiento promedio es de 4.5 millones de metros cúbicos, lo que representa el 79 % del volumen total anual. El volumen de escurrimiento es de solo 0,2 millones de metros cúbicos durante la temporada de estiaje, que se extiende de enero a mayo. (CONAGUA,2023). El acuífero Chalco-Amecameca tiene muchas corrientes hidrológicas, sobre todo en su porción Este, donde se encuentran las Sierras Nevada y Río Frío, al igual que la zona Sur por la parte montañosa y finalmente las zonas centro y Suroeste, donde también existen formas topográficas de alto nivel.



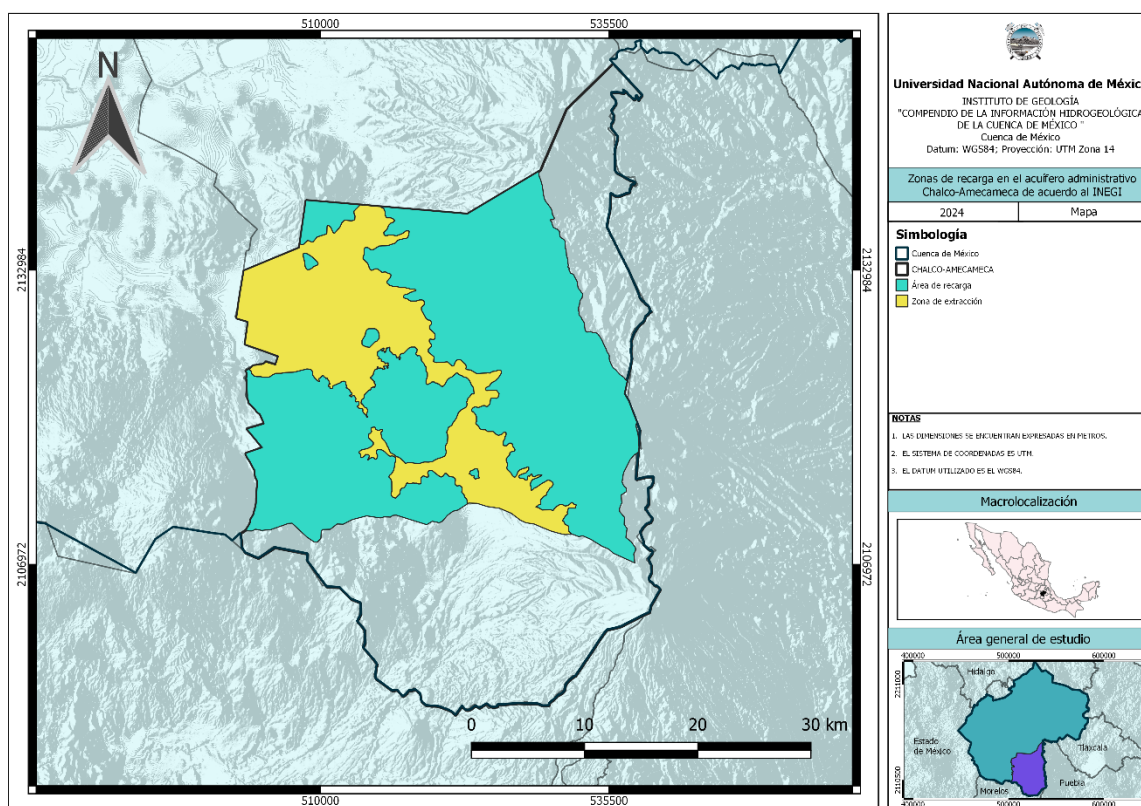
Mapa 75. Red Hidrográfica del acuífero Chalco-Amecameca

Para el acuífero Chalco-Amecameca sólo existe información sobre su vulnerabilidad hidrológica en la Cuenca Hidrológica de Texcoco, dentro de ella varias áreas segmentadas tienen vulnerabilidad baja, algunas otras son de vulnerabilidad media y pocas tienen una vulnerabilidad despreciable, color verde.



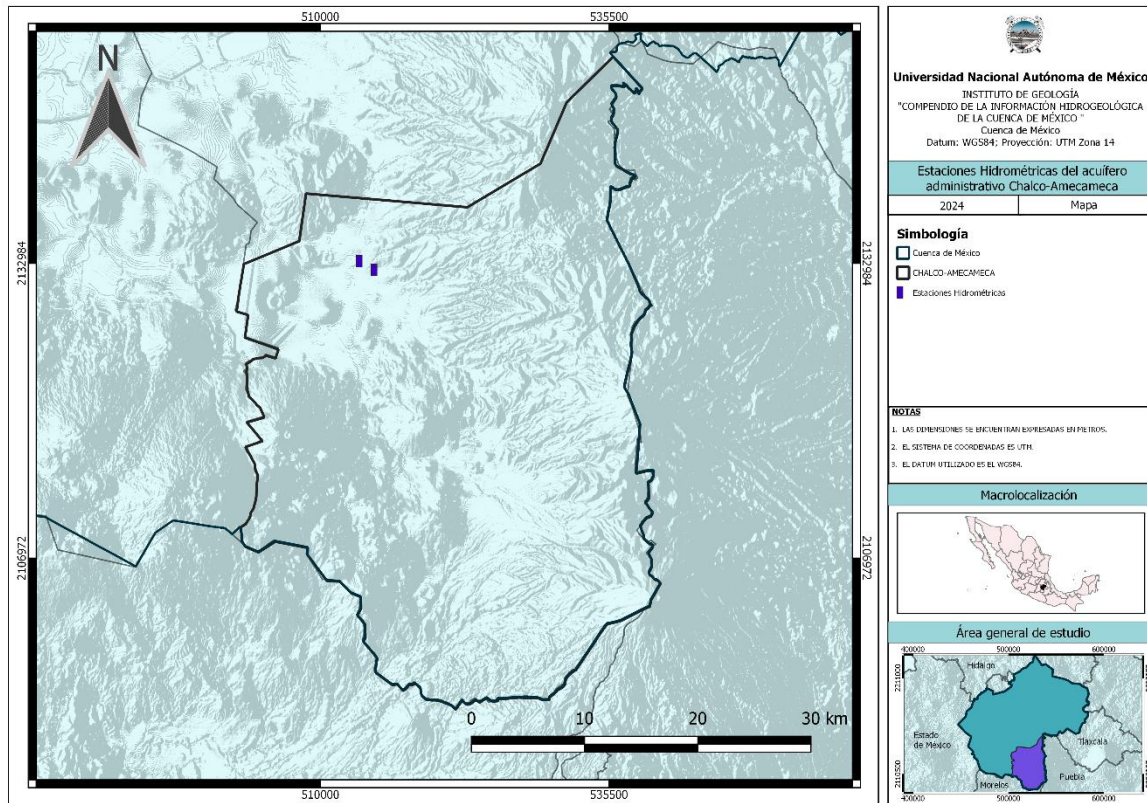
Mapa 76. Distribución de la vulnerabilidad hidrogeológica en el acuífero Chalco-Amecameca

En el caso de las zonas de recarga de acuerdo con el INEGI, sucede lo mismo que en la vulnerabilidad hidrológica, solo existe información en la Cuenca Hidrológica de Texcoco. Sin embargo, para este caso la mayor parte de la Cuenca Hidrológica representa un área de recarga, abarcando la planicie y las zonas de alta montaña del acuífero, como lo son la Sierra Nevada, la Sierra de Río Frío y el Campo Volcánico del Chichinautzin al Oeste y centro-sur. Dos fragmentos dentro de la Cuenca Hidrológica representan áreas de extracción, el principal se ubica al Noroeste del misma. El acuífero Chalco-Amecameca está constituido por una formación arcillosa de baja permeabilidad (Rodríguez, 1986). La profundidad del nivel estático presenta valores que fluctúan de 150 a 80 metros y sus elevaciones varían entre 2,200 y 2,235 msnm. (CONAGUA, 2023)



Mapa 77. Distribución de las zonas de recarga en el acuífero Chalco-Amecameca

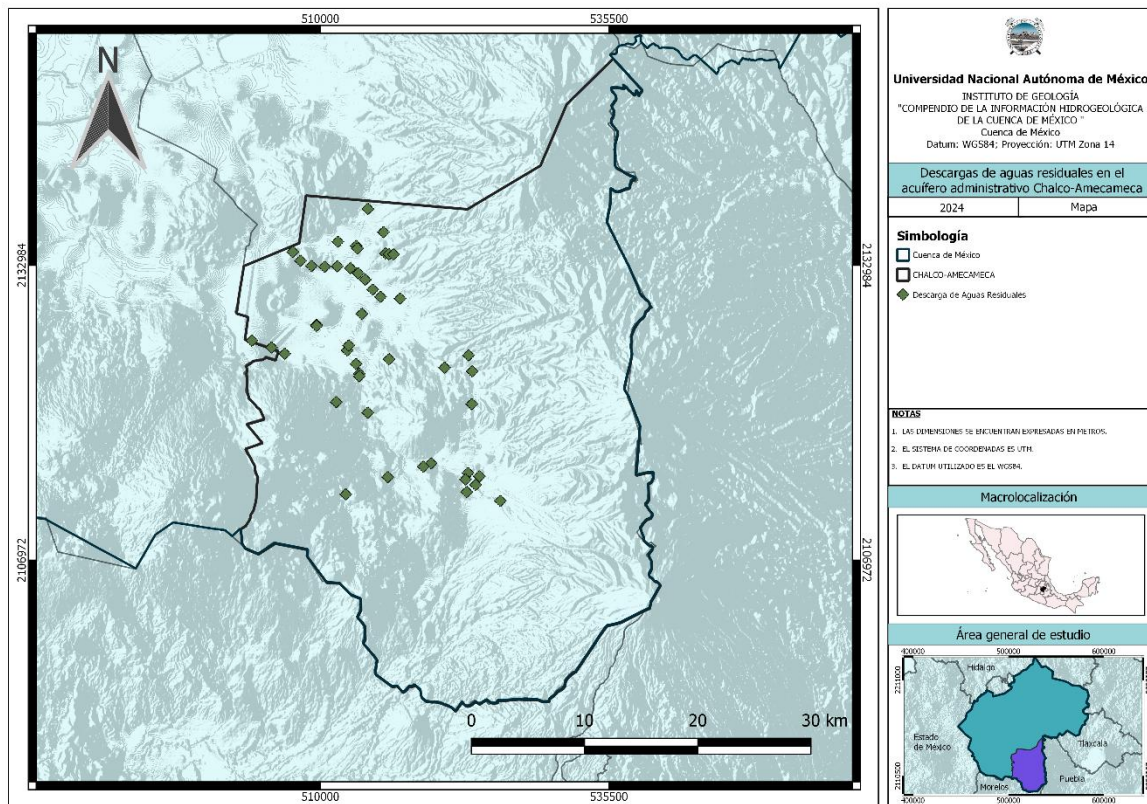
El acuífero Chalco-Amecameca cuenta solamente con dos estaciones hidrométricas, ubicadas en la parte Noroeste.



Mapa 78. Localización de las estaciones hidrométricas en el acuífero Chalco-Amecameca

4.2.7.1 Descarga de aguas residuales en el acuífero Chalco-Amecameca

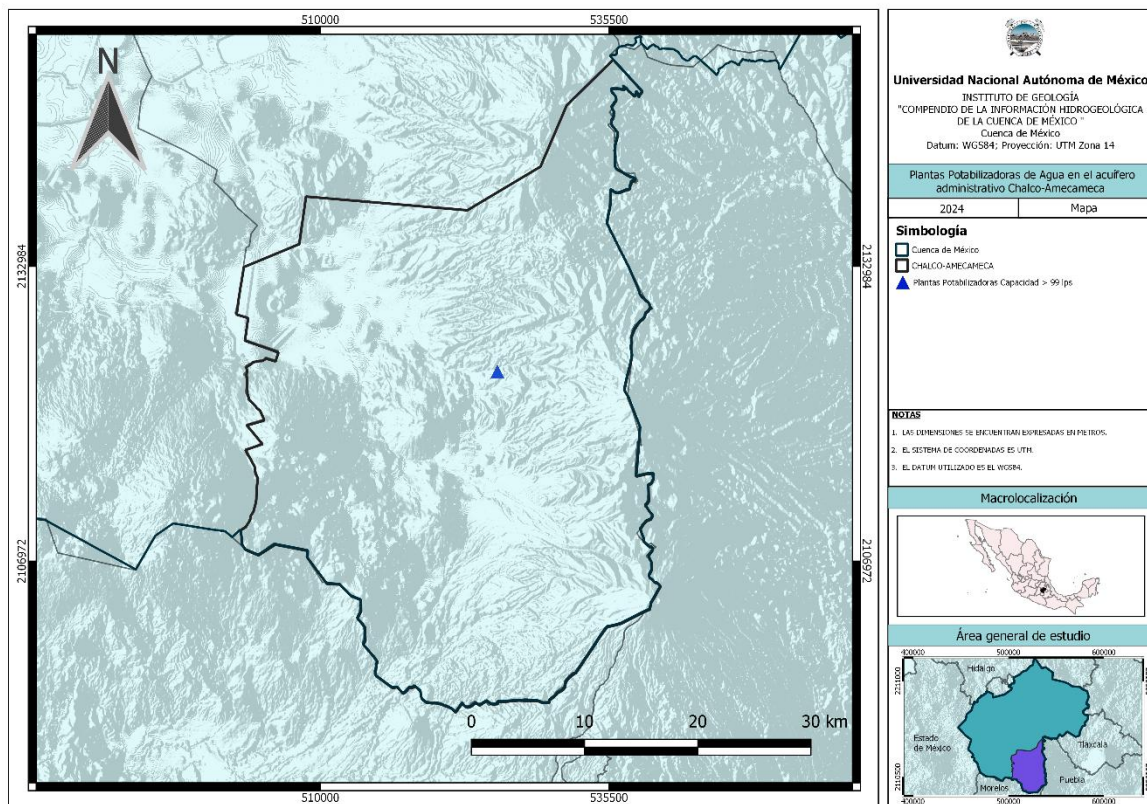
En el siguiente mapa se indican los múltiples sitios en los cuales se descarga aguas residuales dentro del acuífero Chalco-Amecameca. La mayoría de los sitios registrados se encuentran en las partes planas o de pie de monte de la zona Noreste, Oeste y centro del acuífero



Mapa 79. Localización de las descargas de aguas residuales en el acuífero Chalco-Amecameca

4.2.7.2 Plantas potabilizadoras en el acuífero Chalco-Amecameca

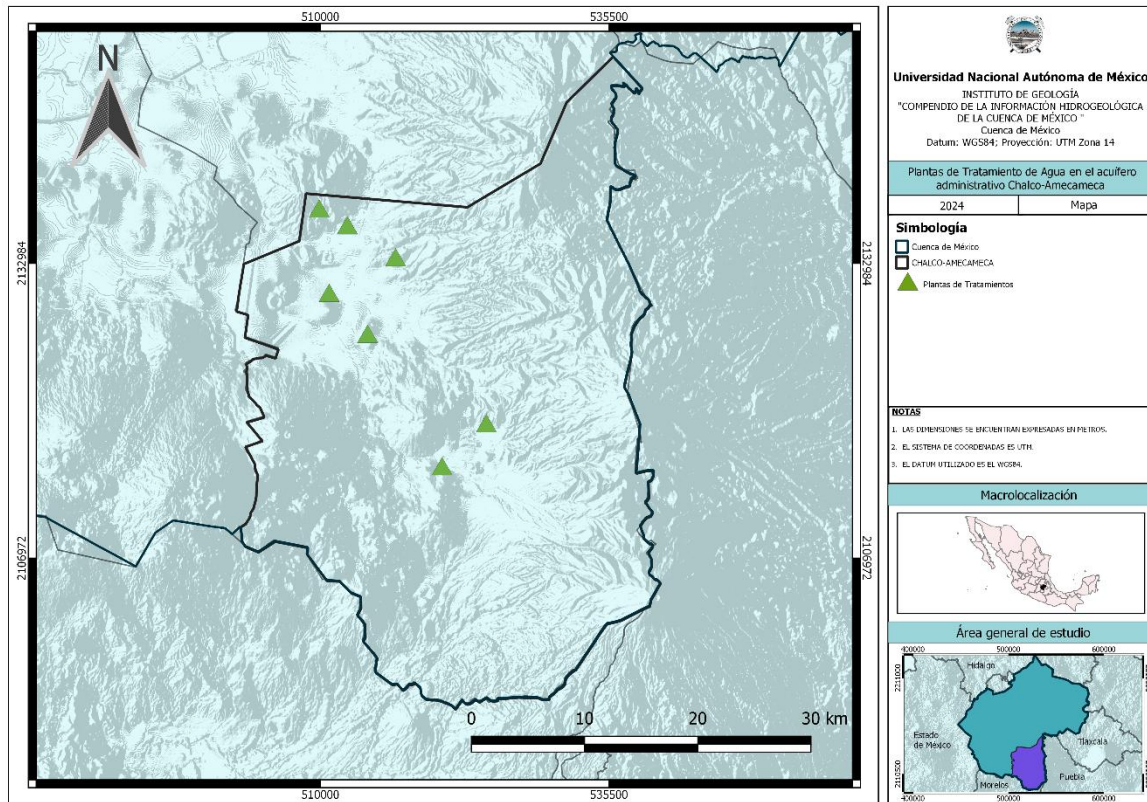
En todo el acuífero Chalco-Amecameca solamente existe una planta potabilizadora registrada con capacidad superior a 90 Lps, ubicada en los pies de monte de la Sierra Nevada, por la zona centro del acuífero



Mapa 80. Localización de las plantas potabilizadoras en el acuífero Chalco-Amecameca

4.2.7.3 Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el acuífero Chalco-Amecameca

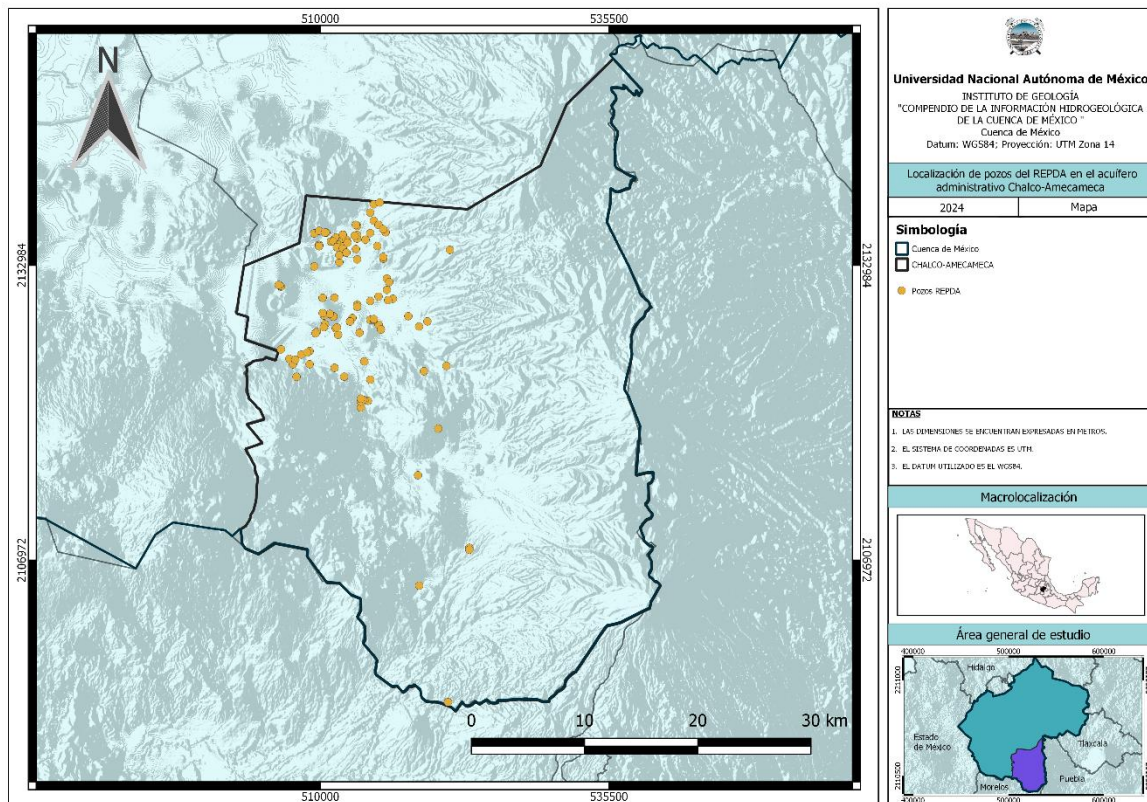
El mapa muestra las siete plantas de tratamiento registradas en el acuífero Chalco-Amecameca. Tres de ellas se encuentran en el límite Noroeste entre la Sierra Santa Catarina y la Sierra Río Frío; otros dos un poco más al Sur de los primeros, entre la planicie y el comienzo del Campo Volcánico del Chichinautzin; mientras, los últimos dos se ubican más al Sur que los anteriores, entre la Sierra Nevada y el Campo Volcánico del Chichinautzin, en la zona centro del acuífero



Mapa 81. Localización de las plantas de tratamiento en el acuífero Chalco-Amecameca

4.2.8 Monitoreo de agua subterránea en el acuífero Chalco-Amecameca

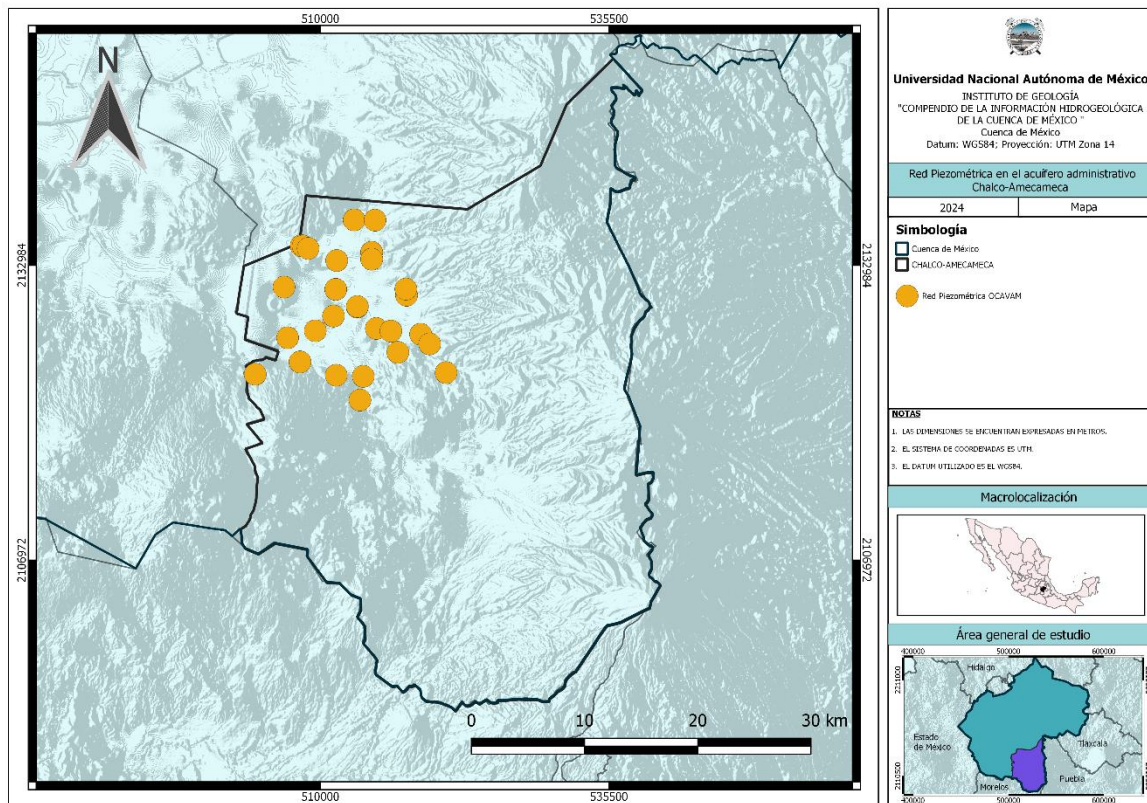
El mapa muestra todos los pozos pertenecientes a la CONAGUA para conocer la calidad del agua en el acuífero Chalco-Amecameca. Estos pozos de la sección denominada REPDA, se encuentran principalmente, en la porción Noroeste del acuífero y algunos pocos, aproximadamente siete, se dispersan hacia las porciones Sur y Suroeste



Mapa 82. Localización de los pozos del REPDA en el acuífero Chalco-Amecameca

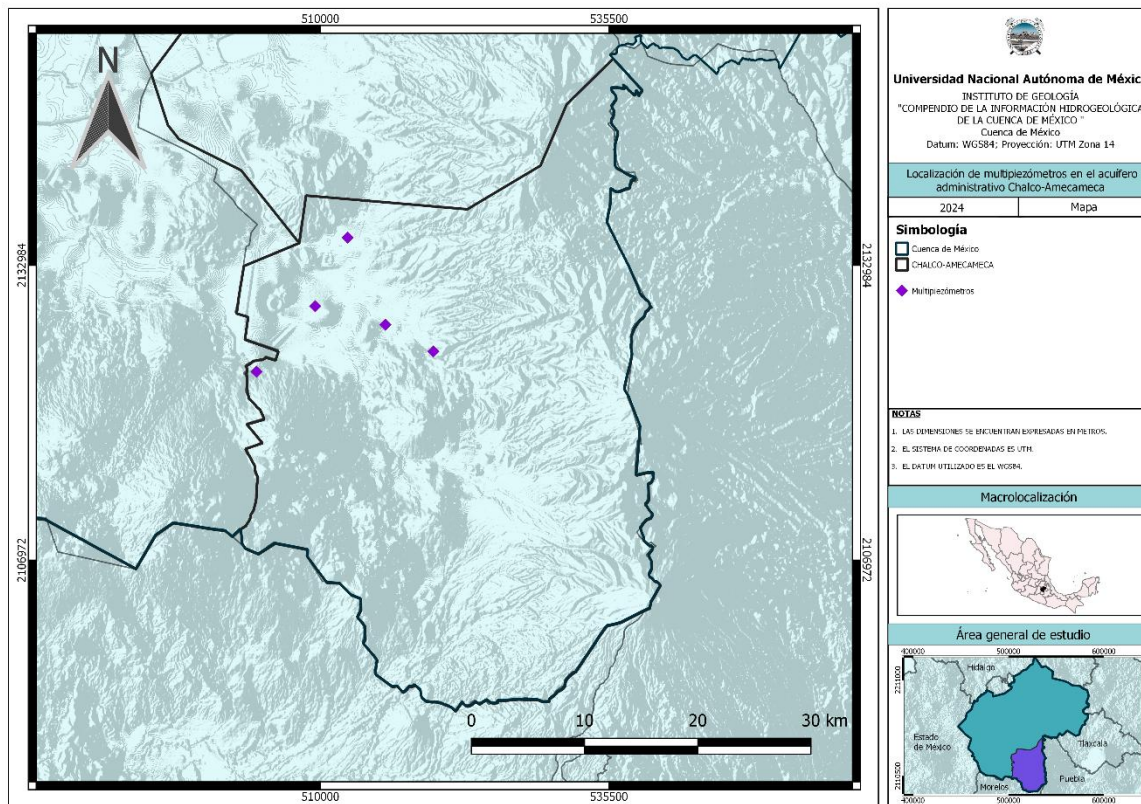
4.2.8.1 Red piezométrica en el acuífero Chalco-Amecameca

El mapa muestra todos los piezómetros existentes en el acuífero Chalco-Amecameca, los cuales son aproximadamente veintiséis pozos concentrados en la parte Noroeste



Mapa 83. Localización de la red piezométrica en el acuífero Chalco-Amecameca

En el mapa se indica la distribución de los cinco multipiezómetros que existen en el acuífero Chalco-Amecameca, todos en la porción Noroeste

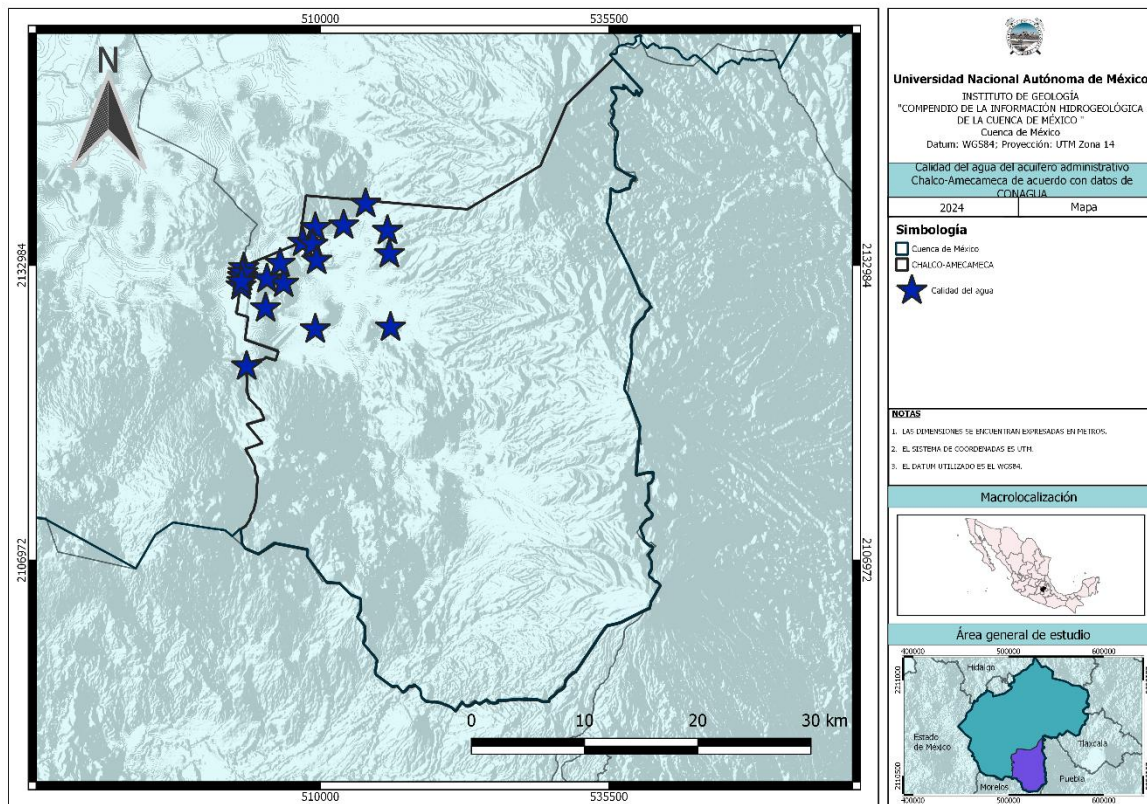


Mapa 84. Localización de los multipiezómetros en el acuífero Chalco-Amecameca

4.2.8.2 Monitoreo de la calidad del agua en el acuífero Chalco-Amecameca

De manera general, la calidad del agua en este acuífero rebasa las concentraciones de la NOM-127. Para la zona de Chalco existen concentraciones iguales al límite permitido por la Secretaría de Salud; la dureza total en 1995 rebasaba hasta 66% el límite permitido; en el este del Lago de Chalco se rebasas el límite en bicarbonatos y residuo seco total. (CONAGUA, 2023)

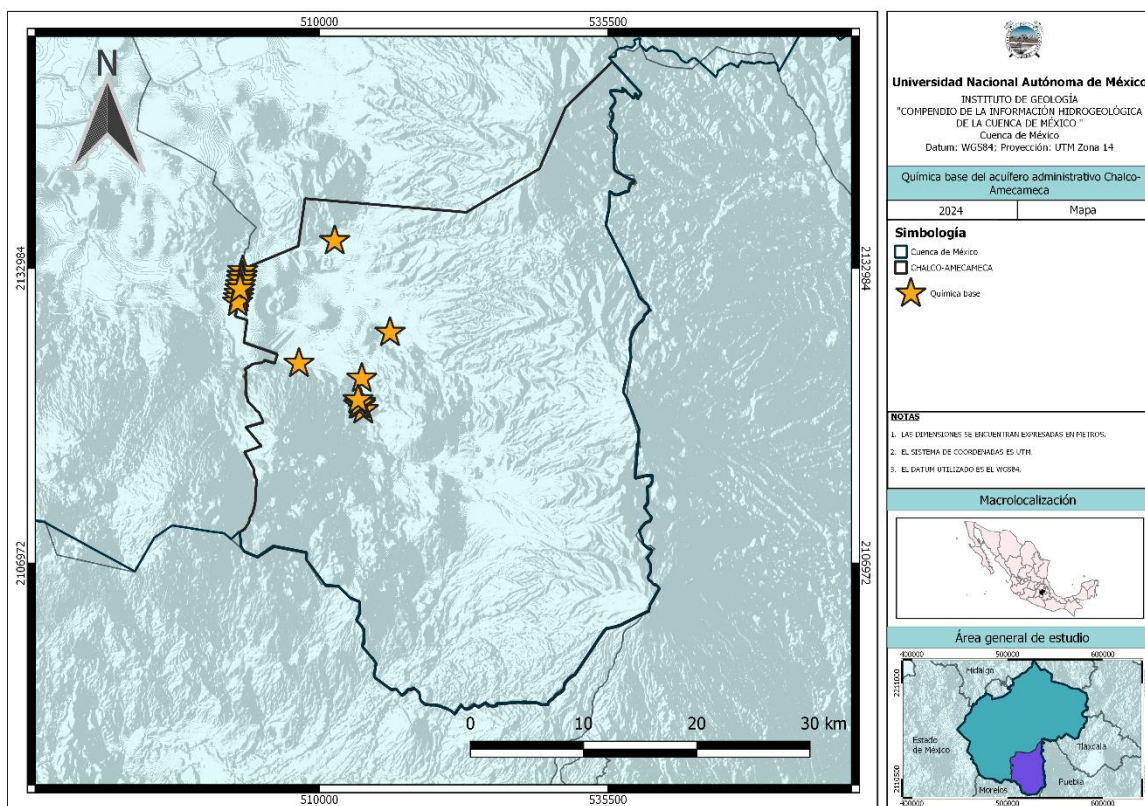
En el mapa se muestran todos los pozos de la CONAGUA que ayudan a determinar la calidad del agua en la zona, de igual manera que datos los anteriores, estos se encuentran en la porción Noroeste del acuífero, muy cerca de los límites del mismo



Mapa 85. Localización de puntos de muestreo para la calidad del agua en el acuífero Chalco-Amecameca

4.2.8.3 Hidrogeoquímica en el acuífero Chalco-Amecameca

El mapa muestra todos los sitios con datos de la química base en el acuífero Chalco-Amecameca, muchos de ellos se encuentran en el límite Noroeste, mientras los demás se encuentran en la zona montañosa del Campo Volcánico del Chichinautzin.

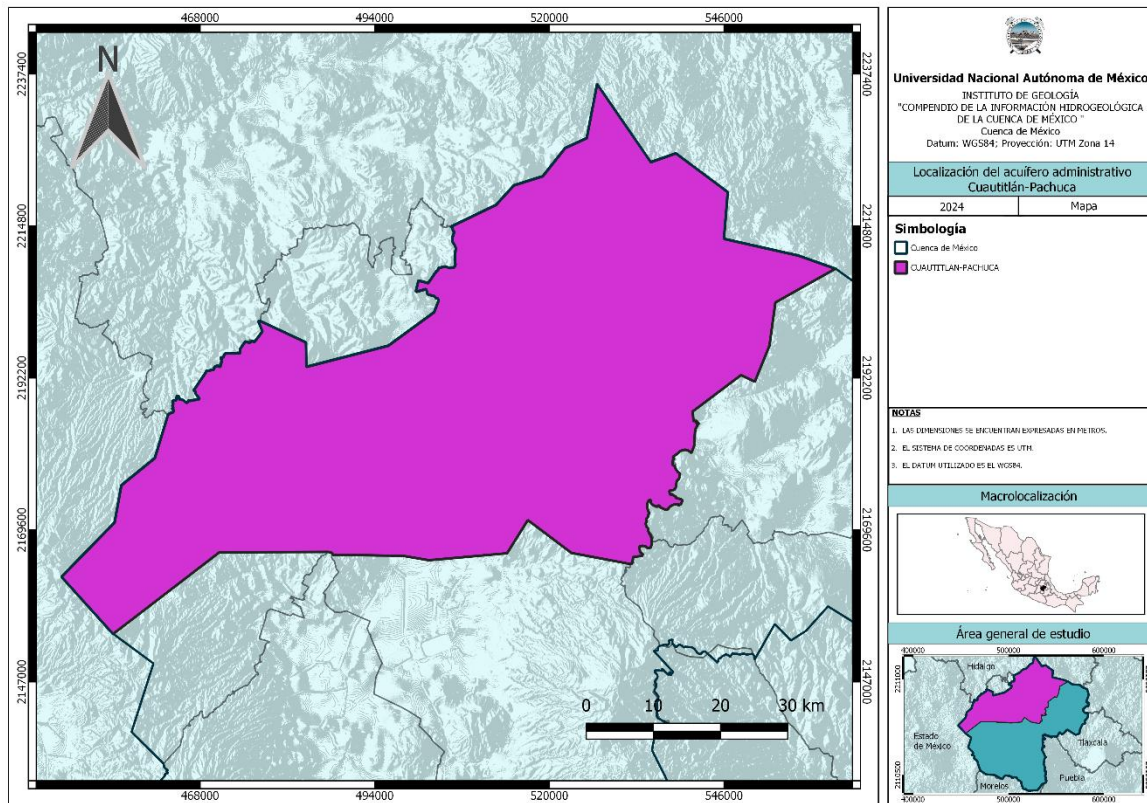


Mapa 86. Localización de puntos de muestreo para la química base en el acuífero Chalco-Amecameca

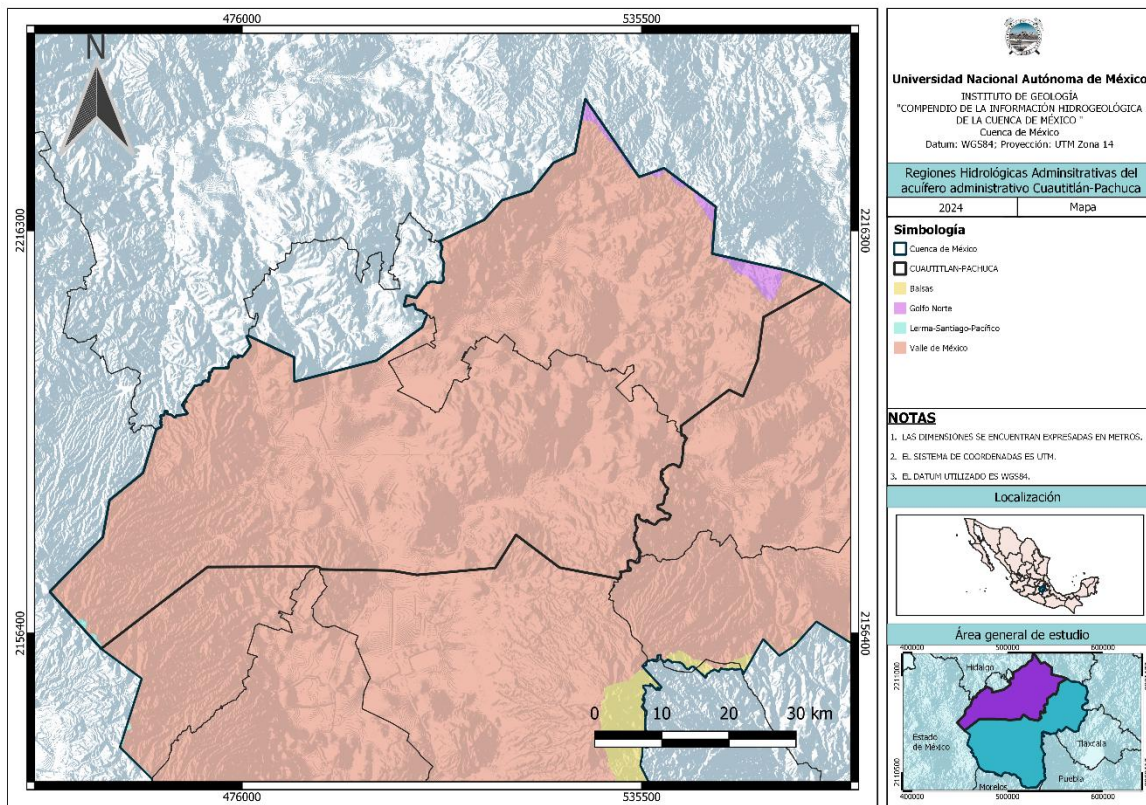
4.3 Acuífero administrativo Cuautitlán-Pachuca

El acuífero Cuautitlán-Pachuca, identificado con la clave 1508, se localiza al norte de la Ciudad de México, en el límite sureste del Estado de Hidalgo. El acuífero cubre una superficie 2,850 km². La zona comprende 38 municipios entre el Estado de México y el Estado de Hidalgo, entre los más importantes se pueden mencionar: Cuatitlán Izcalli, Tultitlán, Tecámac, Zumpango y Tultepec en el Estado de México y para el Estado de Hidalgo; Pachuca, Tizayuca, Tezontepec de Aldama y Zempoala.

La recarga total media anual del acuífero es de 356.7 hm³/año y un volumen de extracción de aguas subterráneas es de 545,396,710m³ anuales, por lo que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones. (CONAGUA, 2023)



Mapa 87. Localización de acuífero Cuatitlan-Pachuca

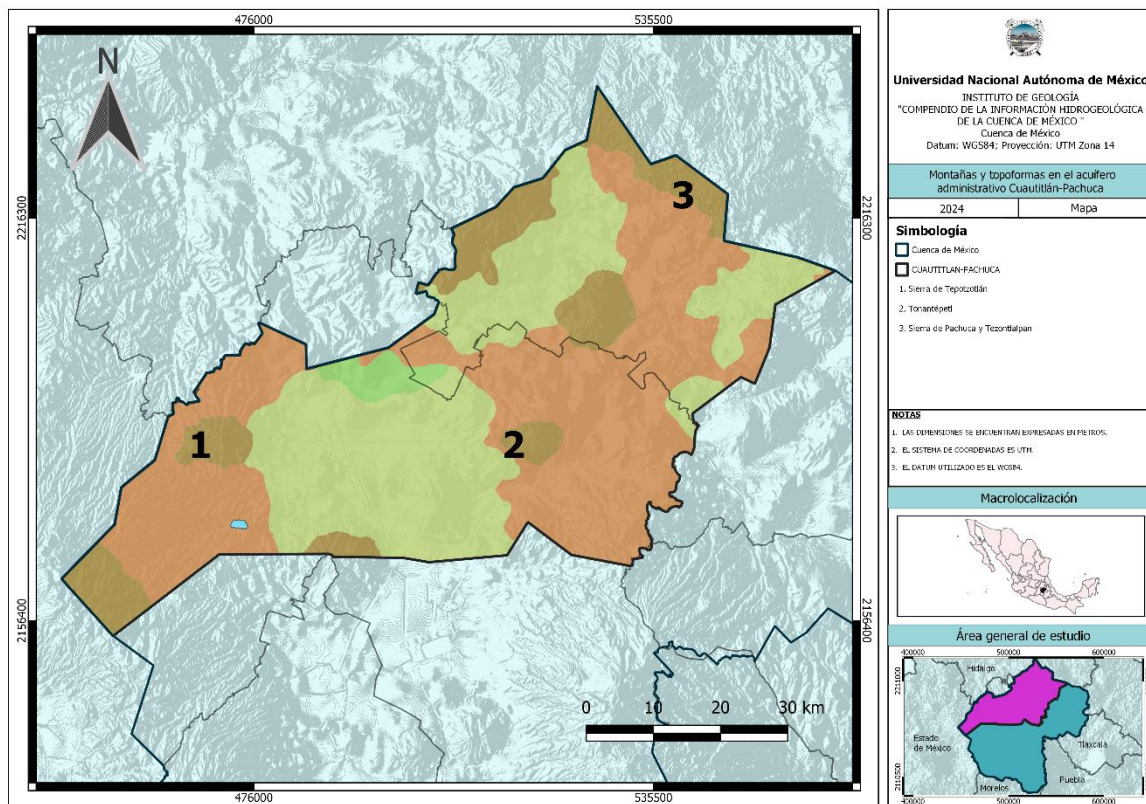


Mapa 88. Regiones Hidrológico-Administrativas abarcadas por el acuífero Cuautitlán-Pachuca

4.3.1 Fisiografía del acuífero Cuautitlán-Pachuca

Dentro de las formas de relieve de origen endógeno, se incluyen cadenas montañosas como las Sierras de Tezontlalpan y Pachuca, elevaciones aisladas como el Cerro de los Pitos, y una gran cantidad de volcanes pequeños, mesetas y elevaciones de poca extensión relacionadas con derrames de lava. Se utilizan fallas para infiltrarse en los flancos de los cerros en la Sierra de Pachuca y Tezontlalpan, así como en el flanco occidental del Cerro de los Pitos. Además de las fallas, las fracturas controlan gran parte de la red fluvial. El sistema de fracturas tiene dos orientaciones preferenciales: NESW y NW-SE. Las primeras unidades son las más importantes geohidrológicamente porque representan el flujo superficial y podrían ser elementos constitutivos del sistema de recarga de los acuíferos, mientras que las segundas unidades constituyen las zonas de transición, acumulación o recolección primaria del agua subterránea. (CONAGUA,2023).

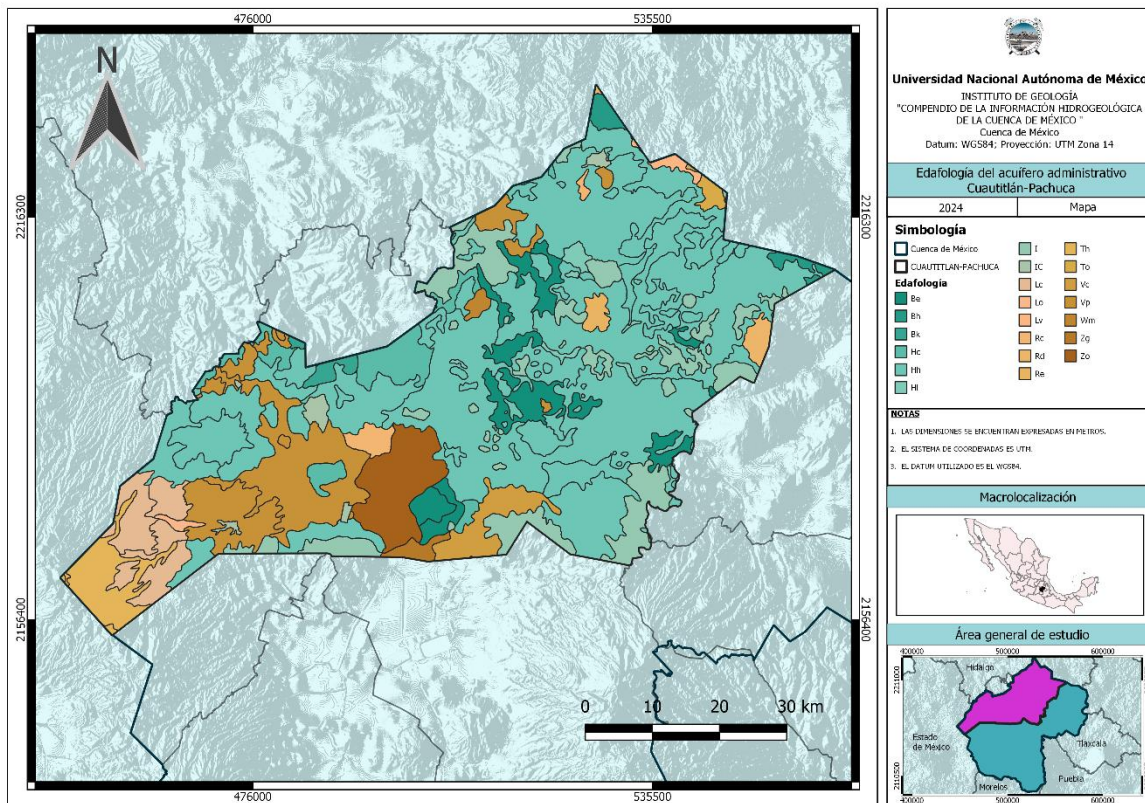
El acuífero Cuautitlán-Pachuca cuenta con cuatro tipos de formas topográficas, como indica el siguiente mapa. Además, cuenta con las Sierras de Tepoztlán al suroeste y la de Pachuca al Noreste



Mapa 89. Topoformas presentes en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

4.3.2 Edafología del acuífero Cuautitlán-Pachuca

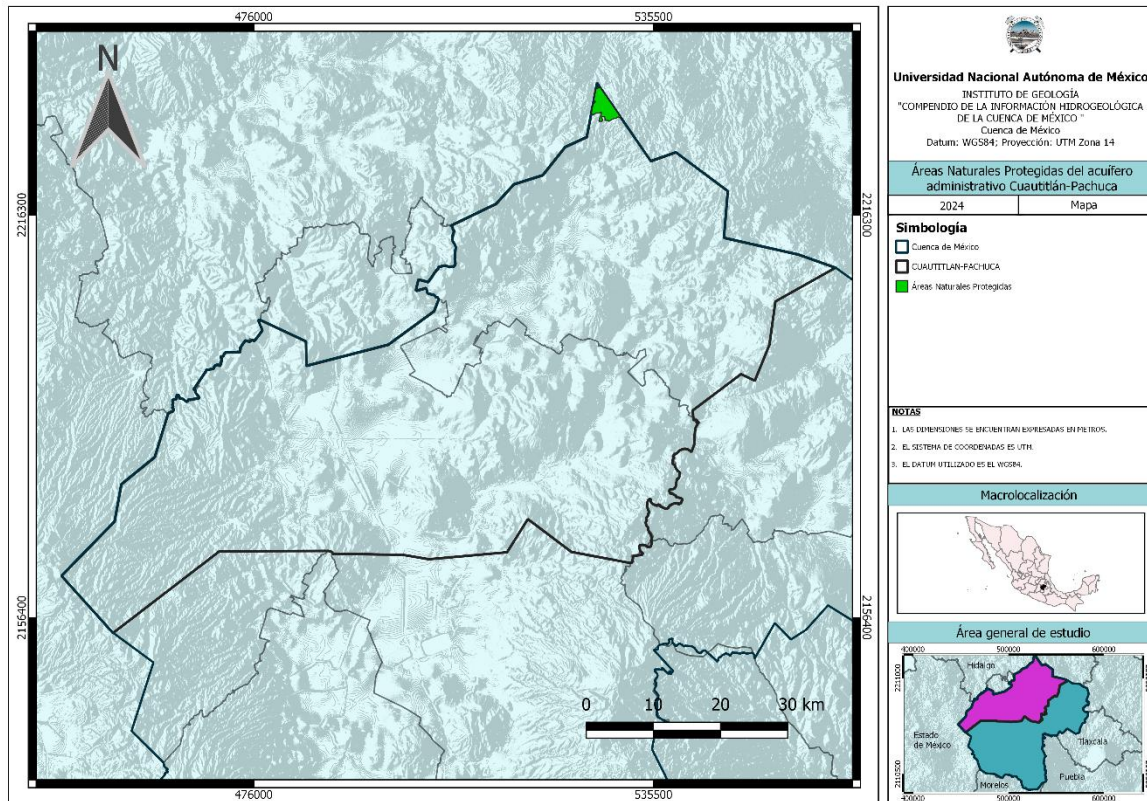
El acuífero cuenta con al menos ocho tipos de suelos, siendo el tipo 'I' el más extendido, posteriormente, el tipo 'Vp', que domina en la zona suroeste.



Mapa 90. Edafología presente en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

4.3.3 Áreas Naturales Protegidas en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

El acuífero cuenta con un área natural protegida muy pequeña justo en una de sus puntas al Noreste

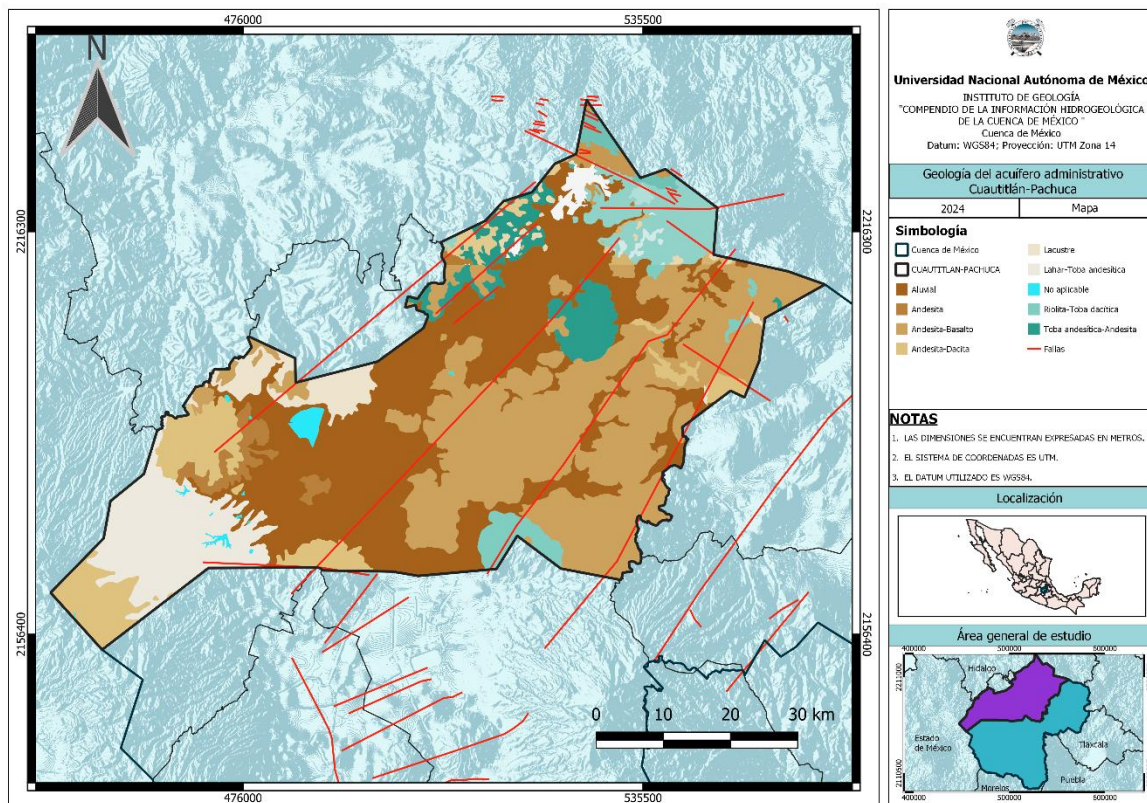


Mapa 91. Distribución de las áreas protegidas del acuífero Cuautitlán-Pachuca

4.3.4 Geología del acuífero Cuautitlán-Pachuca

La zona impermeable del acuífero está constituida por materiales riolíticos y en la parte superior de estas riolitas existen brechas volcánicas poco consolidadas y tobas de grano grueso con buena permeabilidad. Sobre la unidad anterior de intercalaciones de materiales basálticos, brechas y tobas de alta permeabilidad. Finalmente, sobre esta última secuencia se tiene arenas, arcillas y tobas poco permeables con intercalaciones de toba de buena permeabilidad. (CONAGUA, 2023)

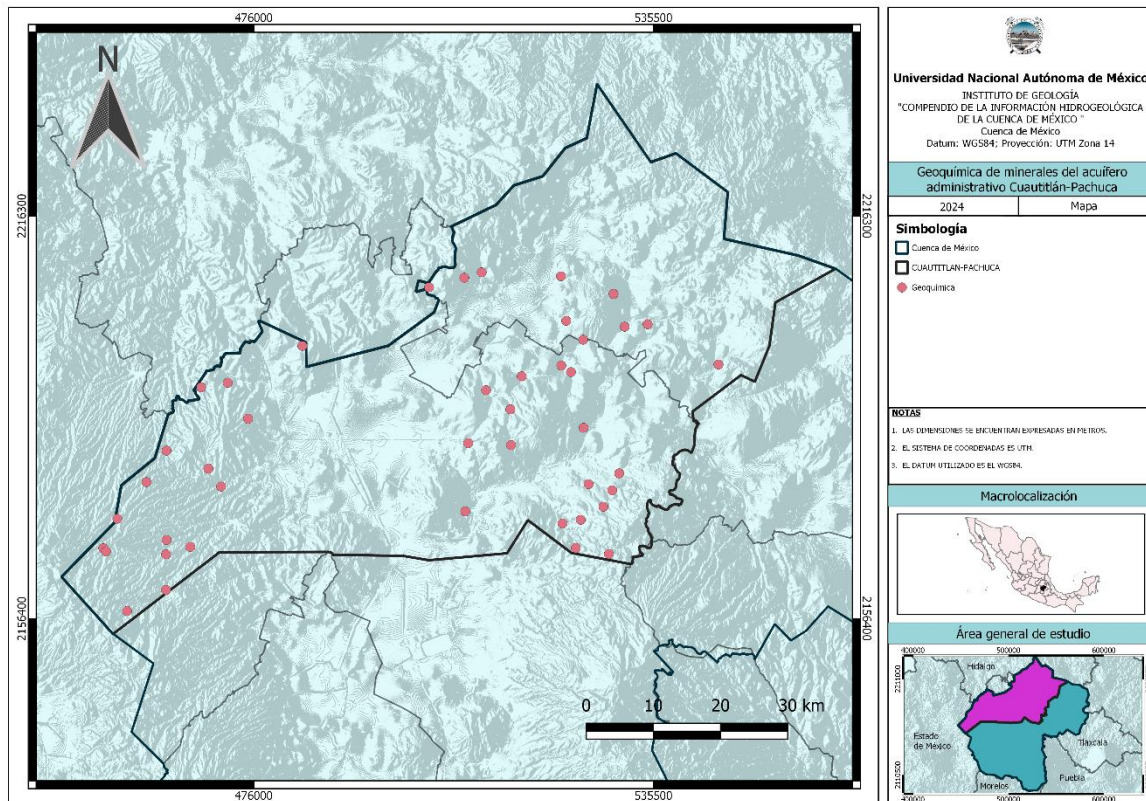
El acuífero cuenta con ocho tipos de rocas, de las que predominan el aluvial y andesita. Además, es cortado por veintidós fallas geológicas, de las cuales cinco son de larga longitud y se encuentran desde el Norte hasta el Sur de forma paralela entre ellas



Mapa 92. Litología y fallas geológicas presentes en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

4.3.4.1 Geoquímica del acuífero Cuautitlán-Pachuca

El mapa presenta más de cuarenta sitios, principalmente en sus zonas montañosas, con información sobre la geoquímica de las rocas o minerales existentes en el acuífero. Los sitios con esta información se localizan al Este y Oeste del acuífero; en el primer caso, desde una parte central del acuífero, sin llegar a la Sierra Pachuca al Noreste ni a ninguna otra sierra en el límite Este. Mientras, en el segundo caso, ocurre lo contrario, existiendo puntos de muestro únicamente en el límite del acuífero



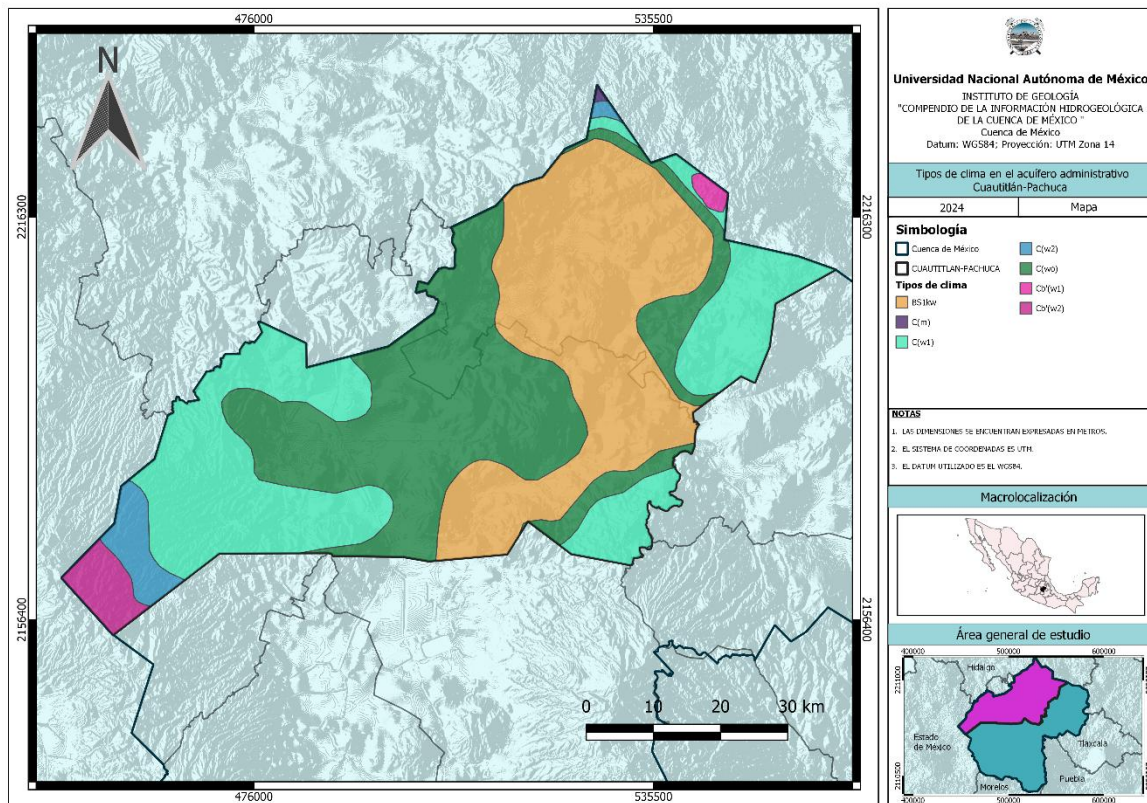
Mapa 93. Puntos de muestreo para geoquímica en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

4.3.5 Clima en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

La superficie del acuífero de Cuautitlán-Pachuca está caracterizada por albergar cuatro tipos de climas: el SemiáridoTemplado (BS1kw) con temperatura media anual entre 12 y 18°C, lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% y los climas Templado Subhúmedo (C(wo), C(w1) y C(w2)) con temperaturas medias anuales entre 12 y 18°C, lluvias de verano y precipitación en el mes más seco menor a 40 mm.

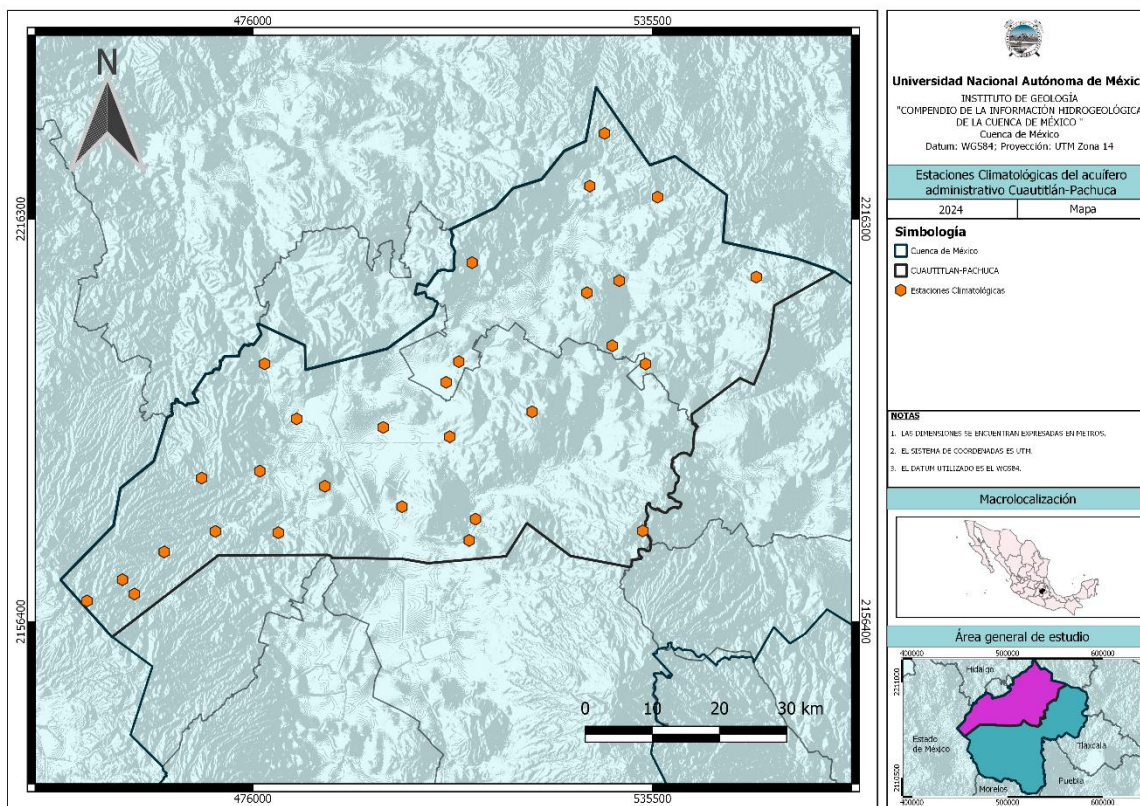
La temperatura media anual varía entre 12 y 18° C; el período caluroso del año es de mayo a julio, siendo enero y febrero los meses más fríos, en los que se han registrado las temperaturas más bajas que fluctúan entre los 4 y 6° C (Conagua, 2023).

El mapa representa el área que ocupan los distintos tipos de clima en el acuífero, siendo tres los de mayor dispersión: BS1kw, en el Noreste, centro-Este y Sur; C(wo), desde el Noreste, centro, centro-Oeste y Sur del acuífero y el C(w1), presente de lado Oeste y en las puntas Este del acuífero



Mapa 94. Distribución de los tipos de clima en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

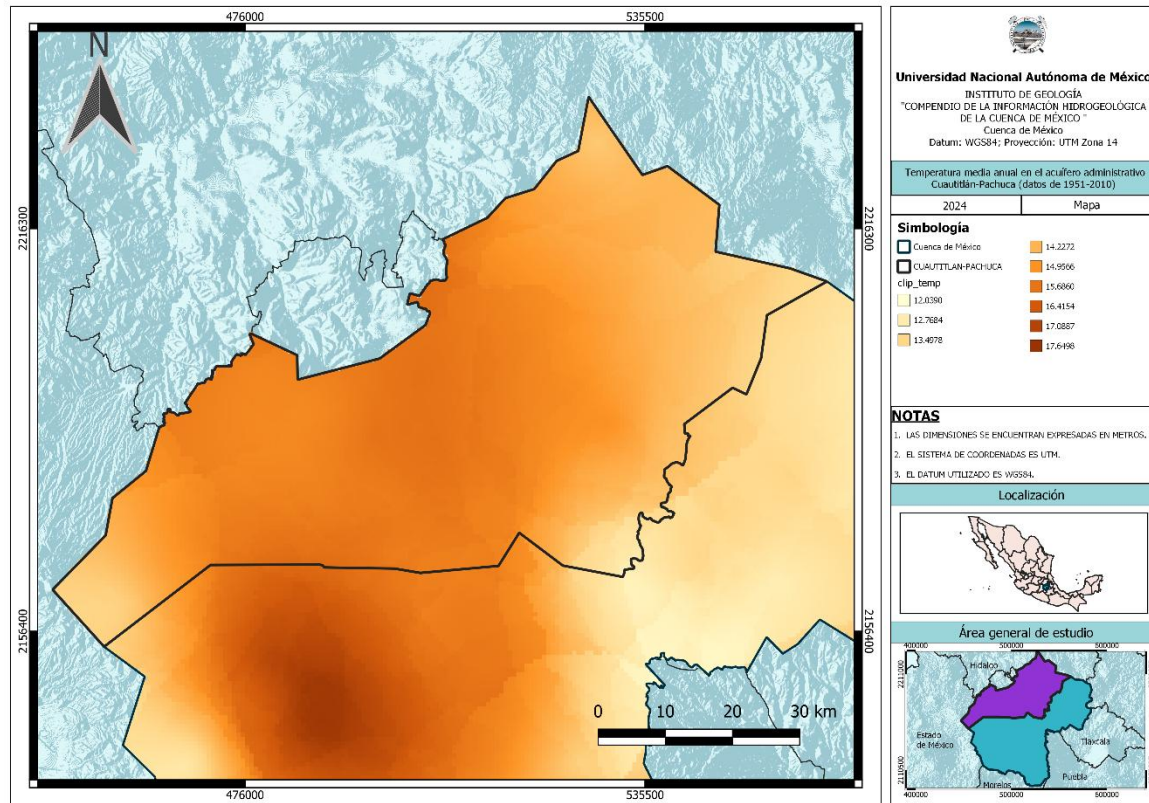
Las estaciones climatológicas en el acuífero son veintinueve dispersas de manera casi homogénea, ya que el Sur del acuífero tiene menor número de estaciones



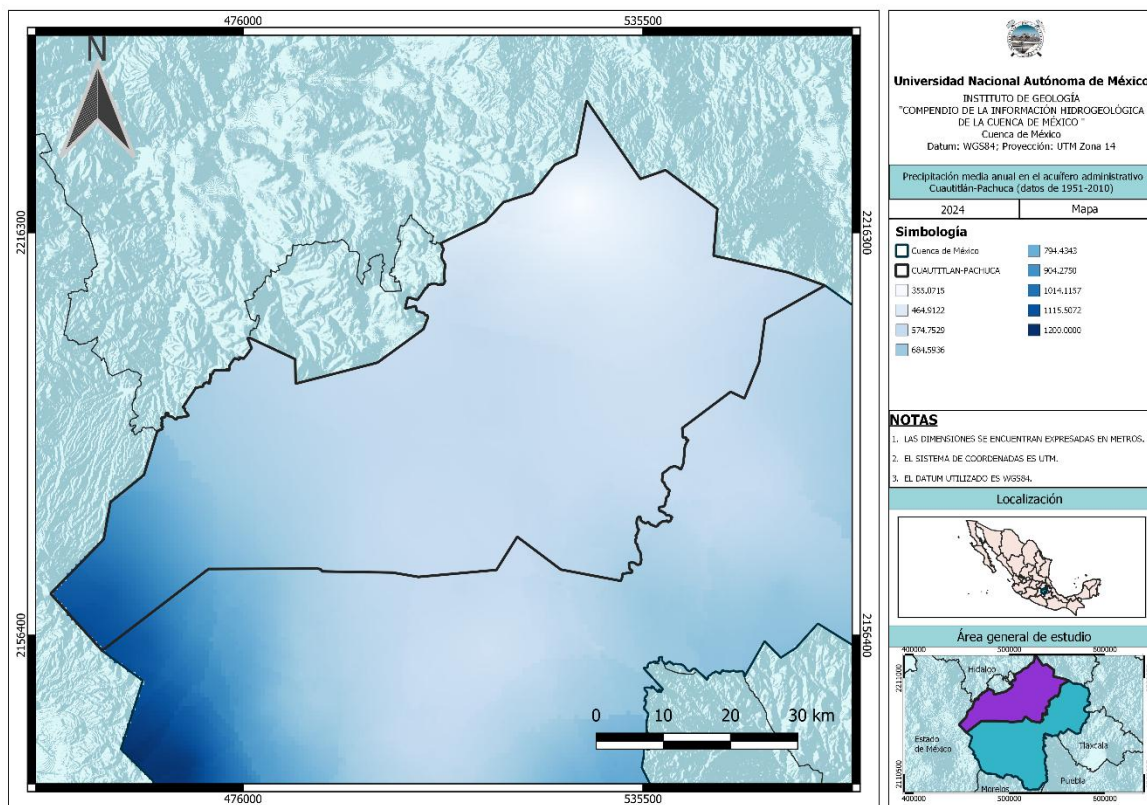
Mapa 95. Localización de las estaciones climatológicas en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

Los siguientes dos mapas representan las temperaturas y precipitaciones promedio anuales en el acuífero, respectivamente. En cuanto a la temperatura, su rango es desde los 12.7 °C en el límite

Suroeste hasta los 15.6 °C en la parte centro. Mientras, las precipitaciones van desde los 355 mm en la zona Noreste hasta los 115 mm en el límite Suroeste.



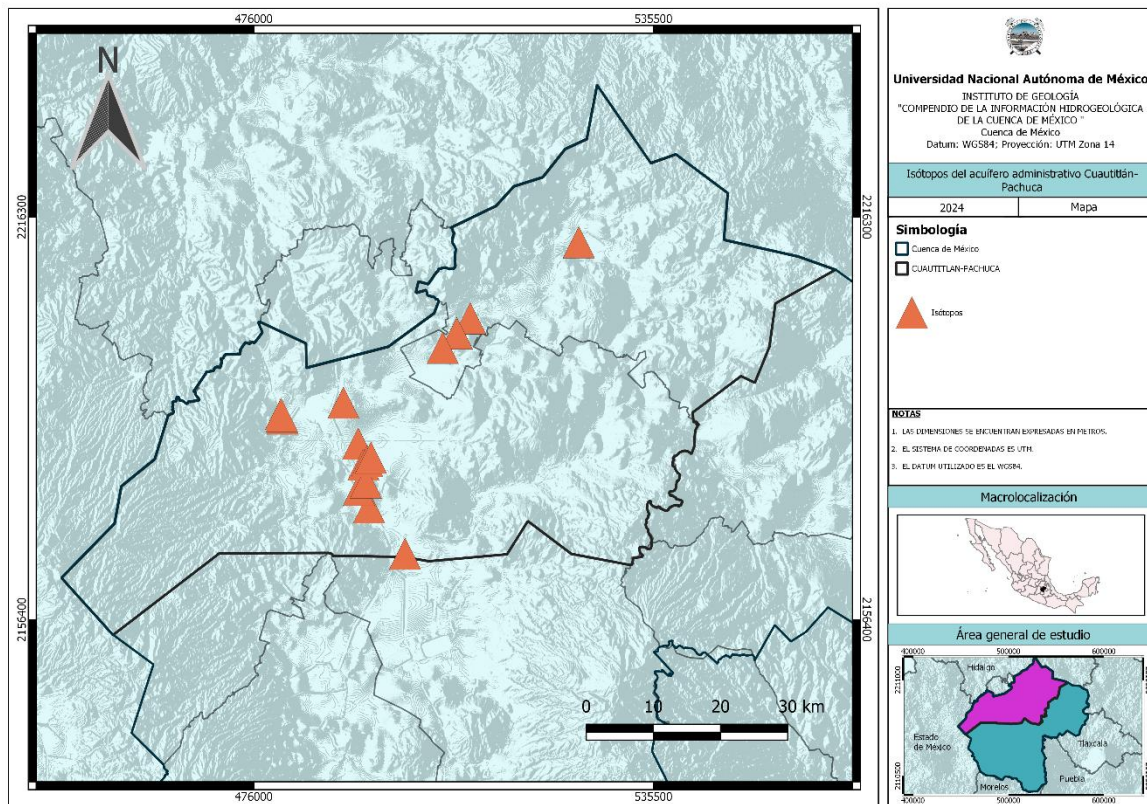
Mapa 96. Distribución de la temperatura media anual en el acuífero Cuautitlán-Pachuca



Mapa 97. Distribución de la precipitación media anual en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

4.3.6 Isótopos en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

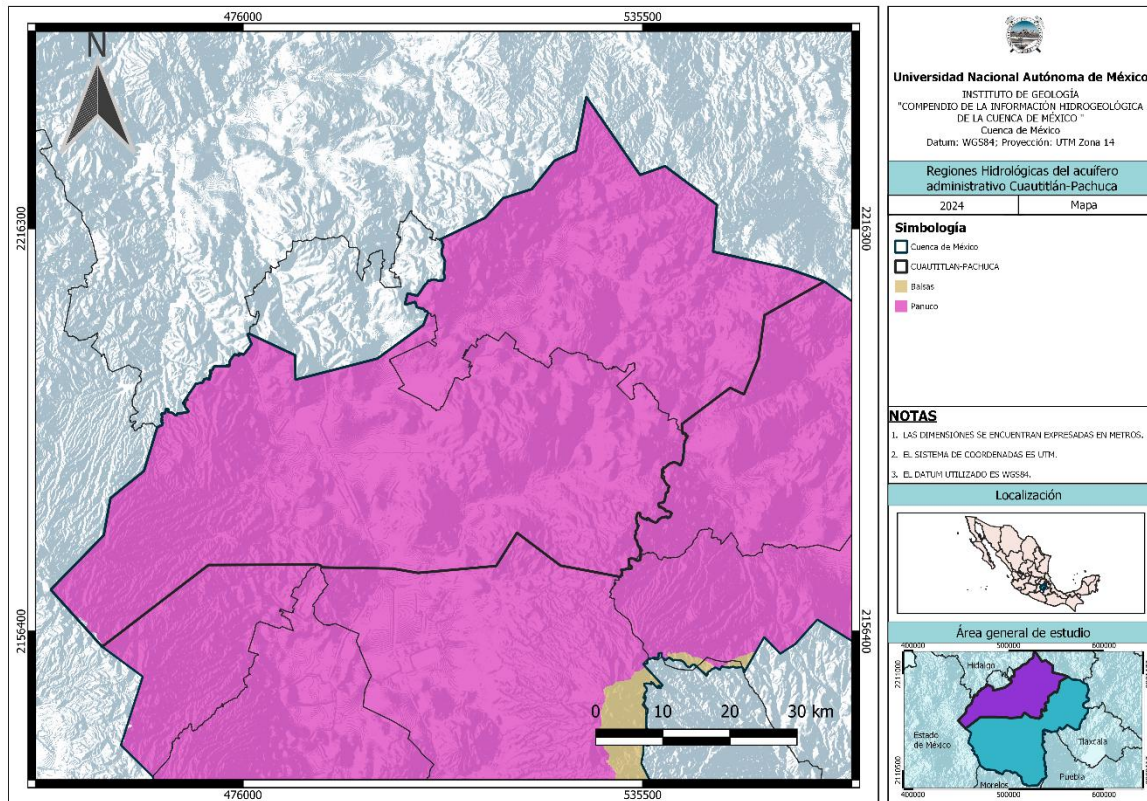
El mapa indica los sitios dentro del acuífero con información isotópica, los cuales son aproximadamente catorce, divididos entre la parte Oeste y Norte del acuífero.



Mapa 98. Isótopos del acuífero Cuautitlán- Pachuca

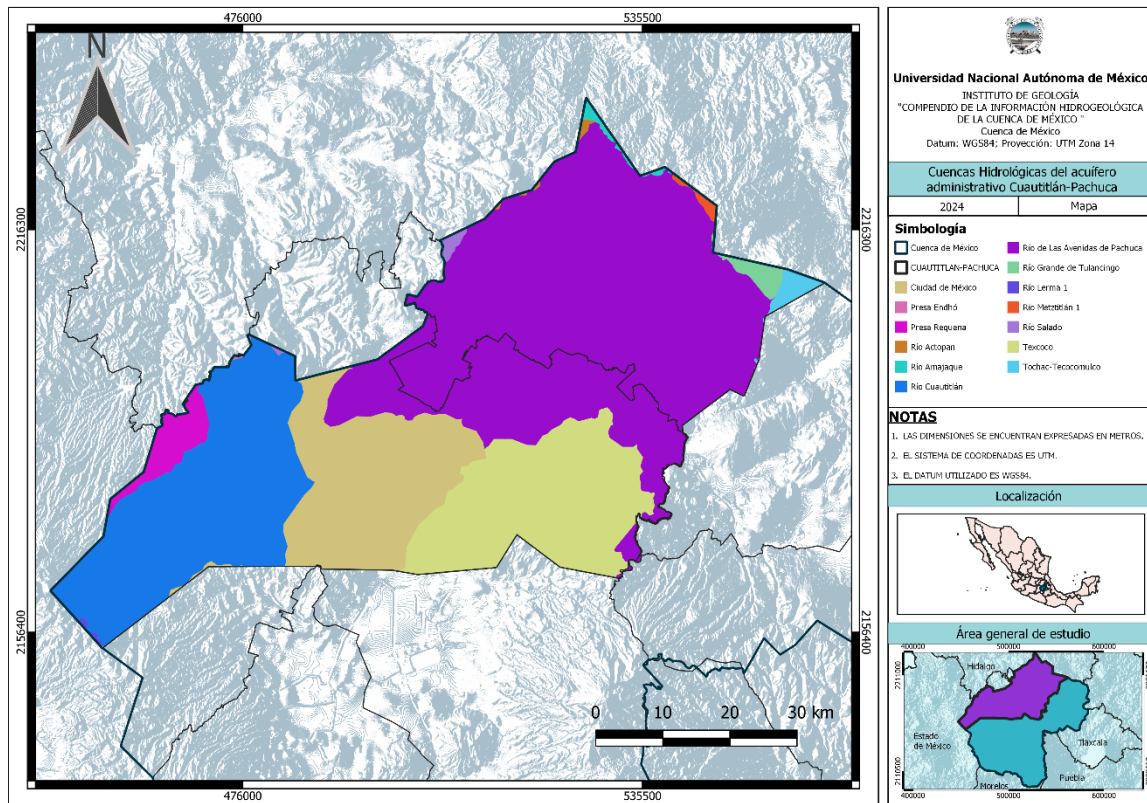
4.3.7 Aguas superficiales en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

El acuífero es conformado solo por una Región Hidrológica, que corresponde a Panuco, como se observa en el mapa.



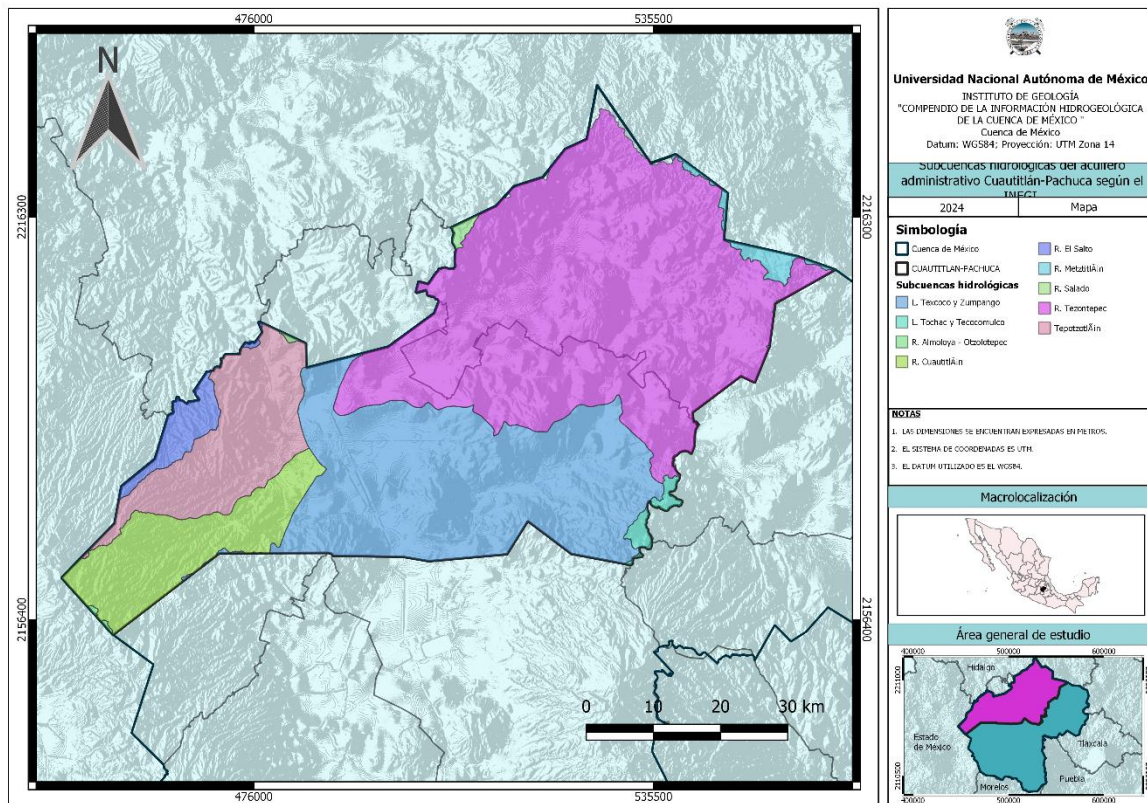
Mapa 99. Regiones Hidrológicas abarcadas por el acuífero Cuatitlan-Pachuca

En cuanto a las Cuencas hidrológicas, son cuatro las que dominan el área del acuífero, que de mayor a menor, corresponden a: Río de las Avenidas de Pachuca; Río Cuautitlán; Texcoco y Ciudad de México. La Cuenca Presas Requena ocupa un área más pequeña del límite Oeste, como muestra el mapa



Mapa 100. Cuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Cuautitlán-Pachuca

El siguiente mapa indica las Subcuencas hidrológica presentes en el acuífero Cuautitlán-Pachuca, las cuales son de mayor a menor área de extensión: Río Tezontepec; I. Texcoco y Zumpango; Tepotzotlán; Cuautitlán y R. El Salto, este último ocupa un área muy pequeña en el límite Oeste.



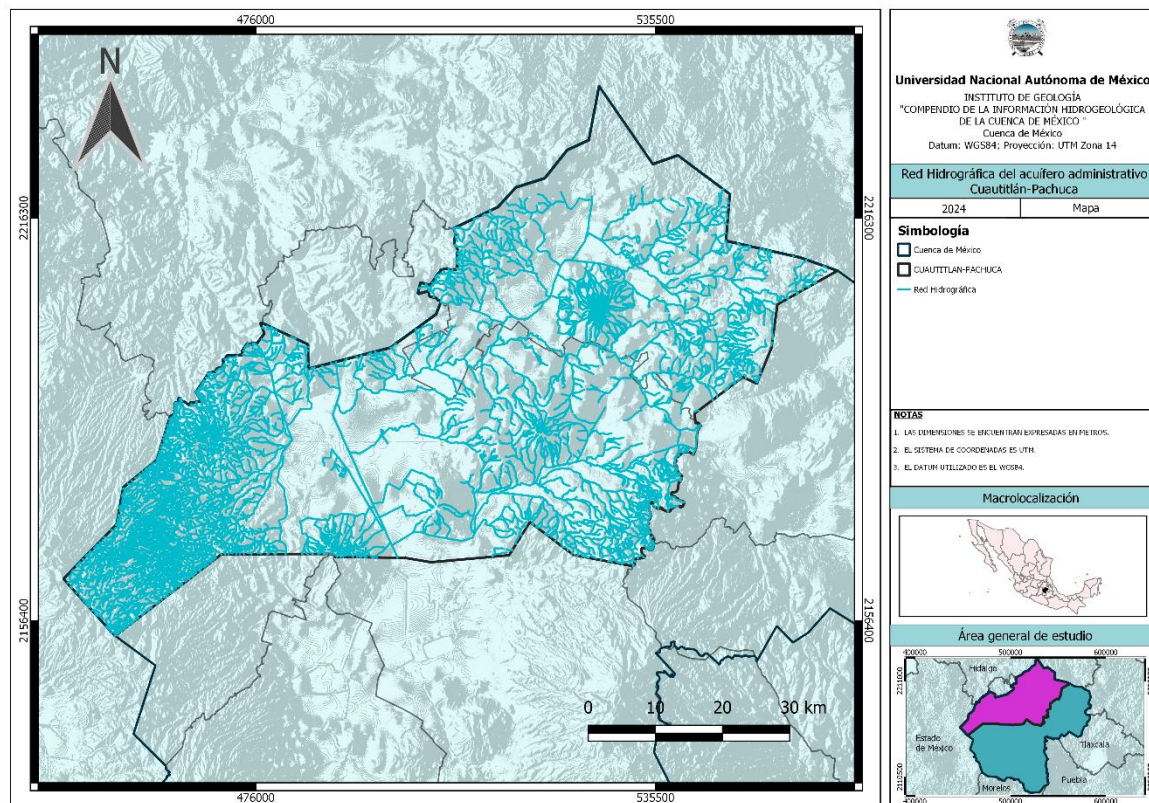
Mapa 101. Subcuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Cuatitlan-Pachuca

En Tizayuca-Pachuca, la hidrología superficial es bastante sencilla y no se toma en cuenta mucho, ya que solo hay algunos escurrimientos torrenciales y el drenaje es radial y subdendrítico.

El Río de la Avenidas de Pachuca es la principal corriente superficial que comienza en el norte de la capital y termina en la Laguna de Zumpango.

Cada año, el río fluye una cantidad de millones de metros cúbicos y cuenta con afluentes como el Río Papalote, el Arroyo Azoyatla y el Arroyo La Palma. Las cuatro corrientes superficiales mencionadas tienen una dirección intermitente y las avenidas extraordinarias tienen una duración corta. Es importante destacar que el Río Papalote recibe las aguas de las cuencas cerradas de Apan y Tecocomulco. Solo el Río San Juan Teotihuacán tiene un curso de agua estable y una estructura duradera. (CONAGUA,2023).

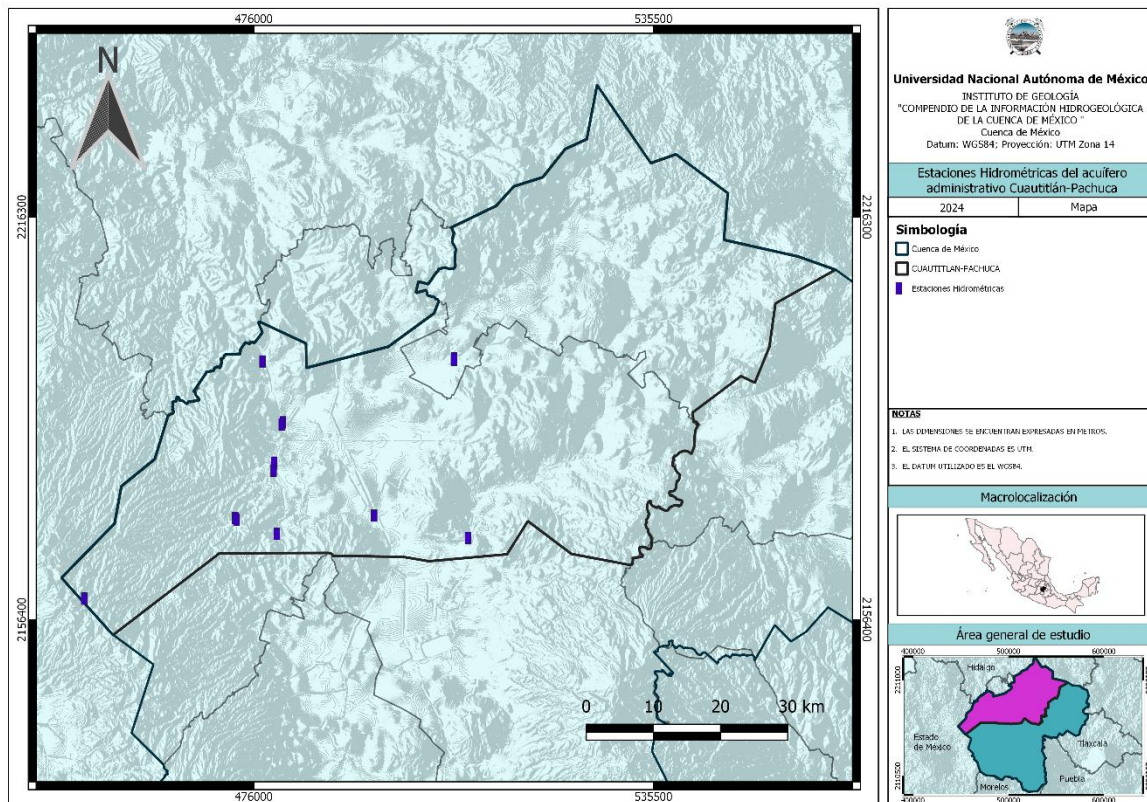
El mapa muestra los ríos y/o caudales presentes en el acuífero, siendo la zona Oeste la de mayor densidad de red hídrica. Sin embargo, las demás zonas del acuífero contienen una densidad moderada de redes hídricas, debido a las montañas presentes en el acuífero.



Mapa 102. Red Hidrográfica del acuífero Chalco-Amecameca

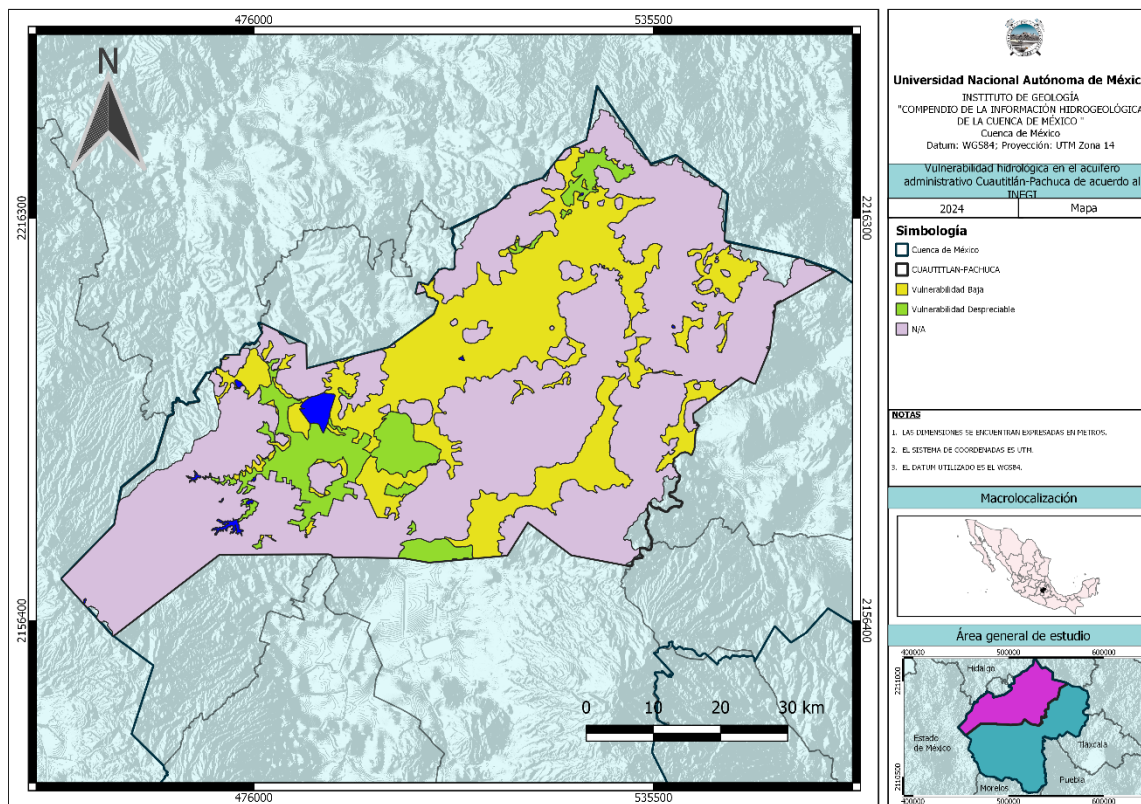


El acuífero contiene aproximadamente diez estaciones hidrométricas, ubicadas desde la zona centro hasta el límite Oeste, dejando el lado Este sin ninguna estación



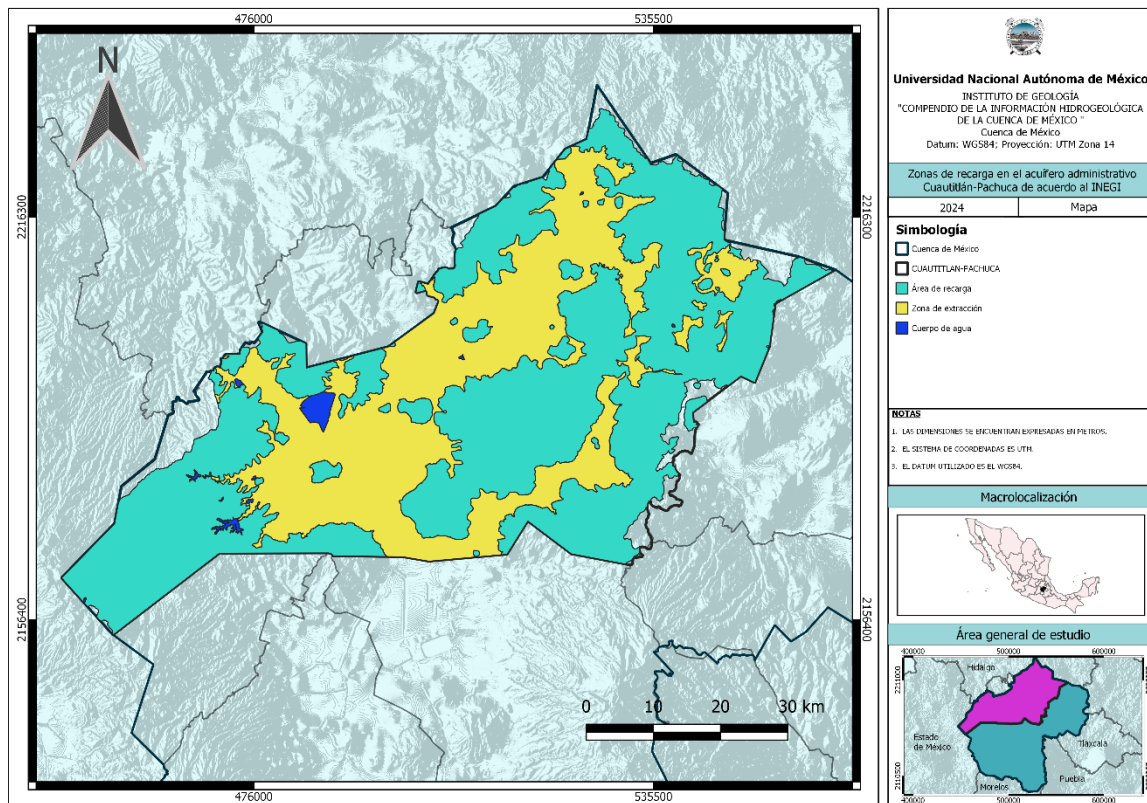
Mapa 103. Distribución de estaciones hidrométricas del acuífero Cuautitlán-Pachuca

El mapa indica las zonas con vulnerabilidad hídrica de acuerdo al INEGI, siendo la zona Oeste la que menor riesgo presenta, mientras la zona Norte, Sur y Este presentan vulnerabilidad baja. Esto considerando la gran falta de información en todo el acuífero respecto este parámetro.



Mapa 104. Distribución de la vulnerabilidad hidrológica en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

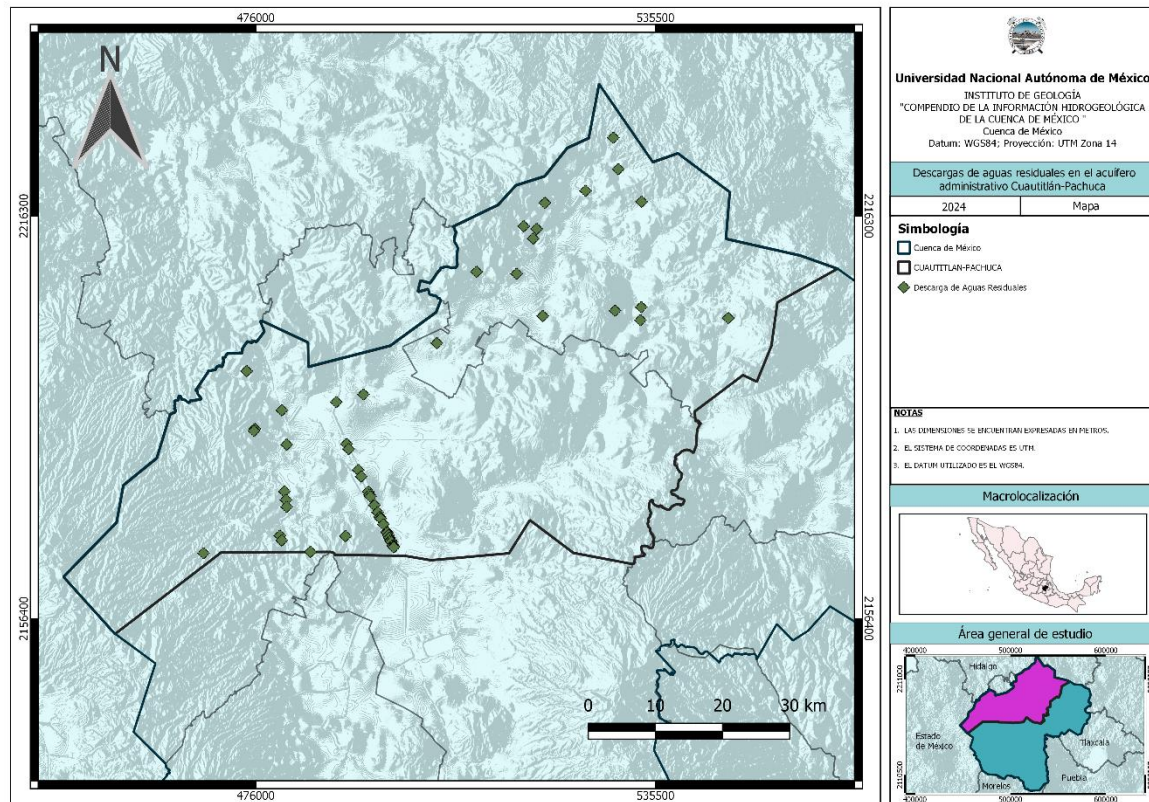
El mapa muestra las zonas de recarga y extracción principal en el acuífero, siendo la primera la que domina en casi todo el acuífero; la segunda, se distribuye como una franja en la zona Norte y Sur y una mancha de lado Oeste.



Mapa 105. Distribución de las zonas de recarga en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

4.3.7.1 Descarga de aguas residuales en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

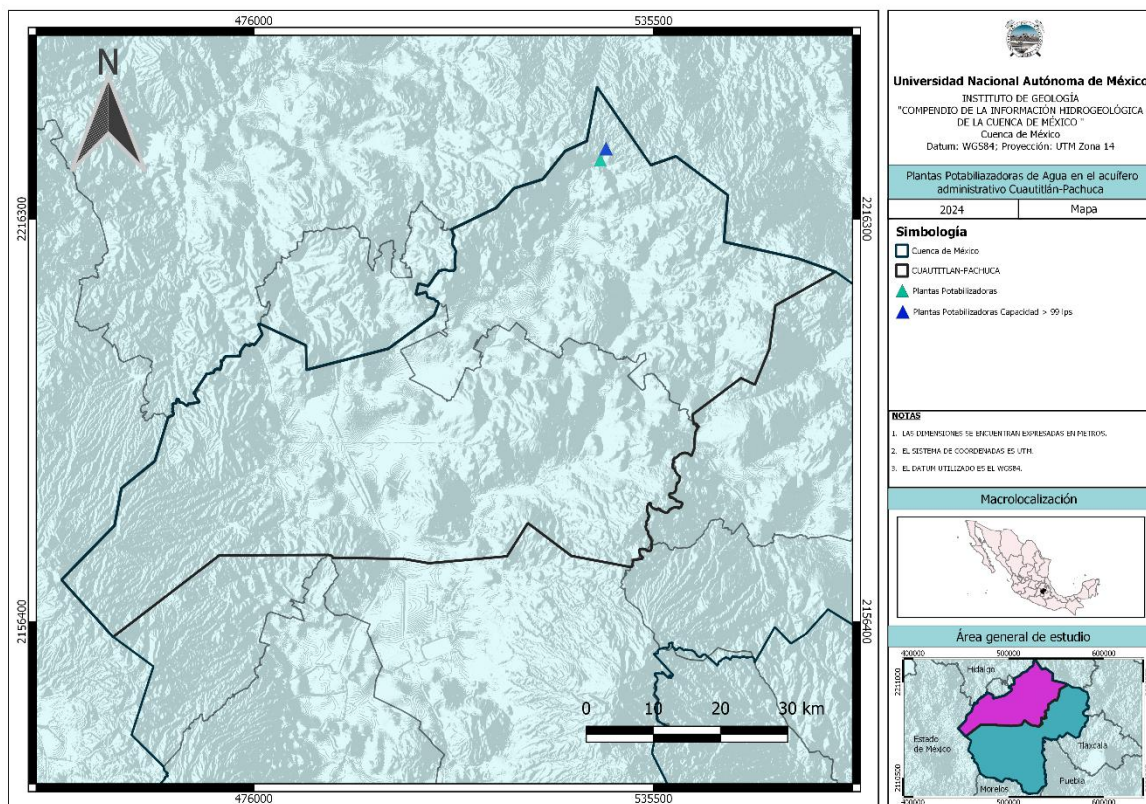
En el mapa se muestran más de treinta puntos de descarga de aguas residuales en todo el acuífero, centrándose en una franja en la zona Suroeste y dispersándose al Noreste y Oeste del acuífero.



Mapa 106. Localización de descargas de aguas residuales en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

4.3.7.2 Plantas potabilizadoras en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

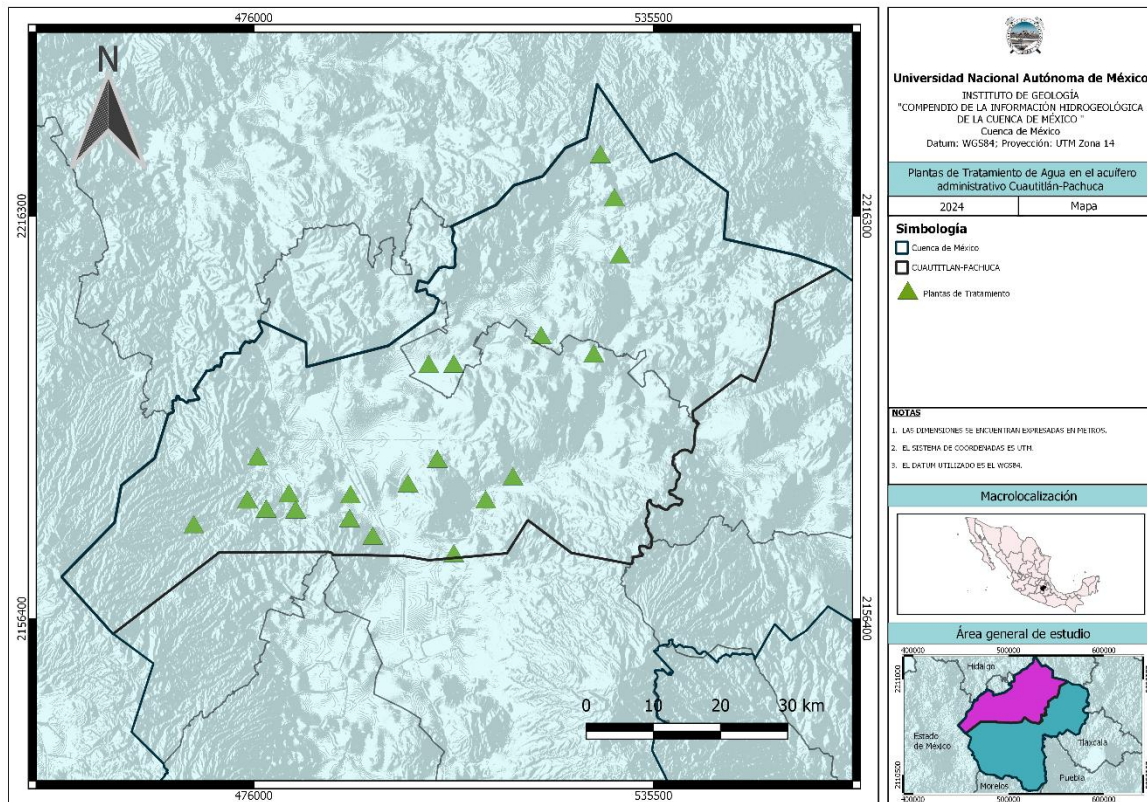
El mapa muestra las dos planta potabilizadoras en el acuífero Cuautitlán-Pachuca, ambas ubicadas en el pico Noreste, pero solo una con capacidad mayor a 90 Lps (color azul marino).



Mapa 107. Localización de plantas potabilizadoras de agua en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

4.3.7.3 Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

En el mapa se presentan todas las plantas de tratamiento de aguas residuales del acuífero Cuautitlán-Pachuca, las cuales se centran en la zona Suroeste, en el límite estatal del Norte se encuentran cuatro plantas y en la zona Noreste con tres plantas.

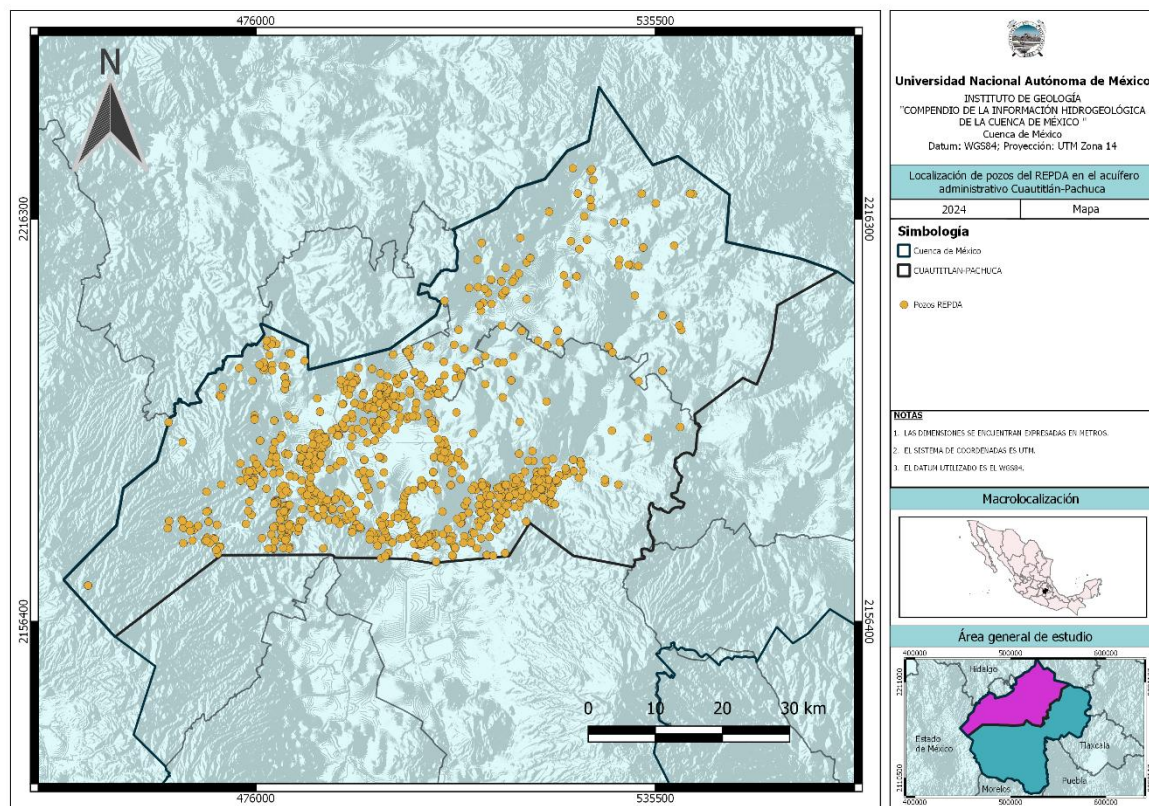


Mapa 108. Localización de plantas de tratamiento de agua en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

4.3.8 Monitoreo de agua subterránea en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

GRAVAMEX en 1999, reveló la existencia de 1038 aprovechamientos, de los cuales 386 son utilizados para fines agrícolas, 371 público urbano, 96 doméstico, 77 pecuario, 73 industrial, 18 comercial y servicios, 9 recreativo y 8 en la generación de energía eléctrica. (CONAGUA, 2023)

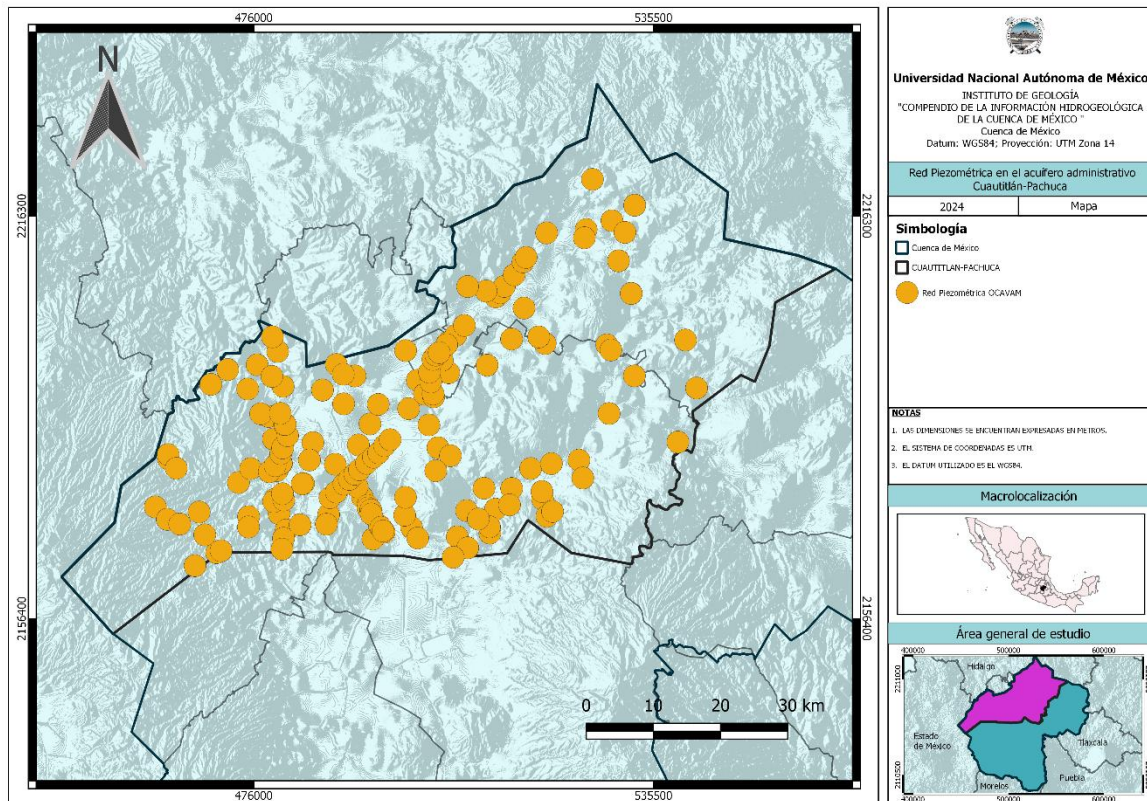
En el mapa se muestran los pozos del REPDA que ayudan a monitorear el agua subterránea. La mayoría de estos pozos se ubican en la zona Sur y Norte, algunos otros se dispersan en la zona centro-Este y Noreste, dejando las partes Sureste y Oeste sin pozos de monitoreo.



Mapa 109.

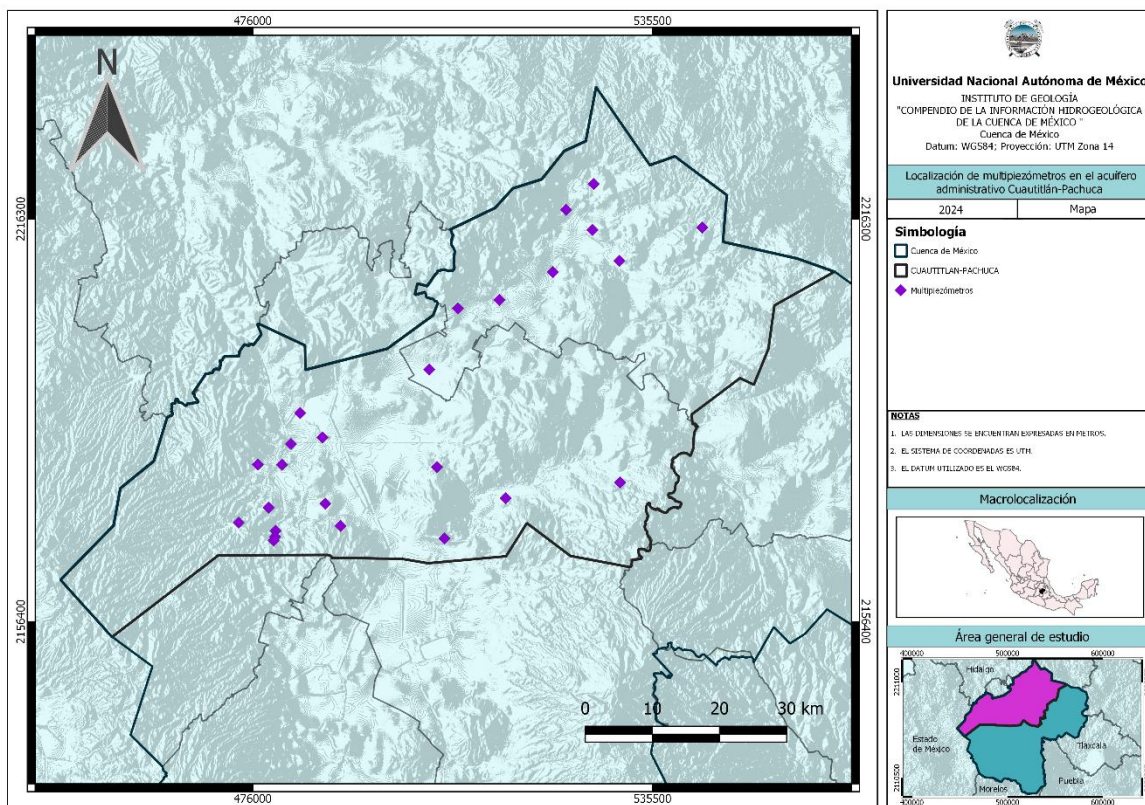
4.3.8.1 Red piezométrica en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

En el mapa se indican los piezómetros dentro del acuífero Cuautitlán-Pachuca, los cuales se dispersan de manera casi homogénea, aunque es igual al caso anterior pues las puntas Sureste y Oeste no presentan estos pozos de medición.



Mapa 110. Red Piezométrica en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

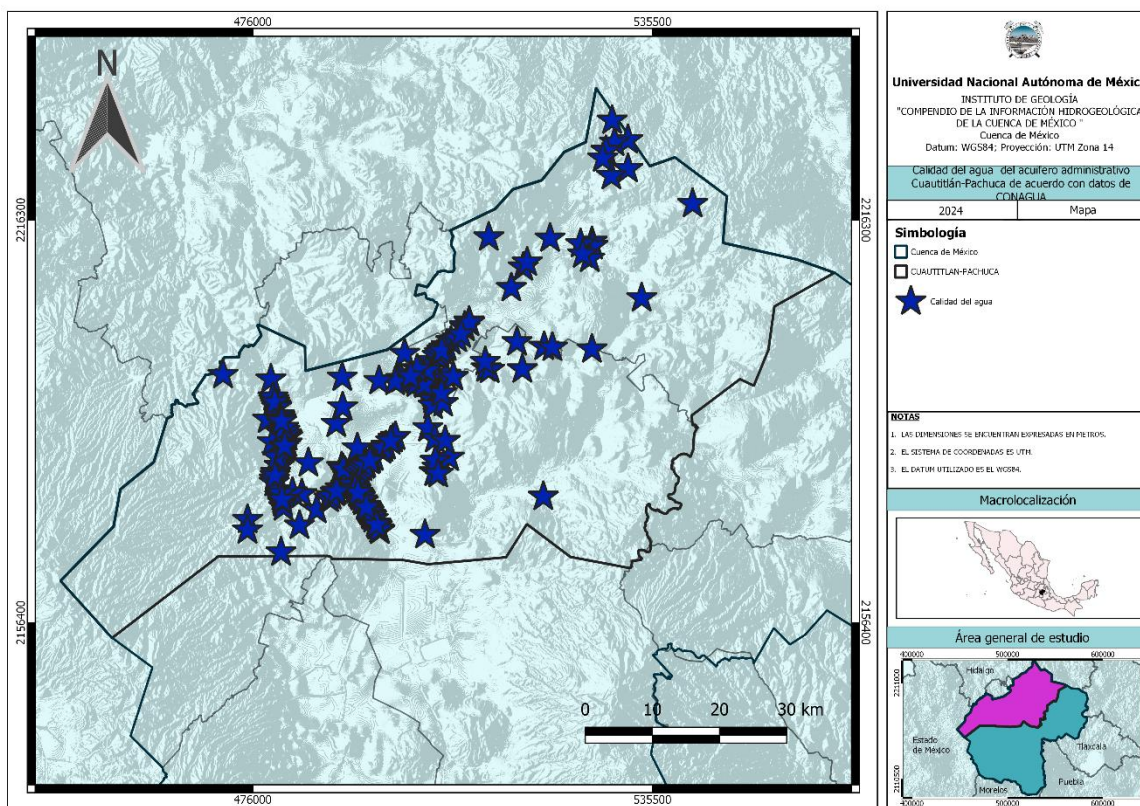
En cuanto a los multipiezómetros presentes en el acuífero, estos se dispersan en la zona Suroeste donde esta la mayoría, posteriormente en la zona Noreste con aproximadamente nueve pozos y la zona Sur con cuatro, siendo aproximadamente veinticinco en todo el acuífero.



Mapa 111. Localización de multipiezómetros en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

4.3.8.2 Monitoreo de la calidad del agua en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

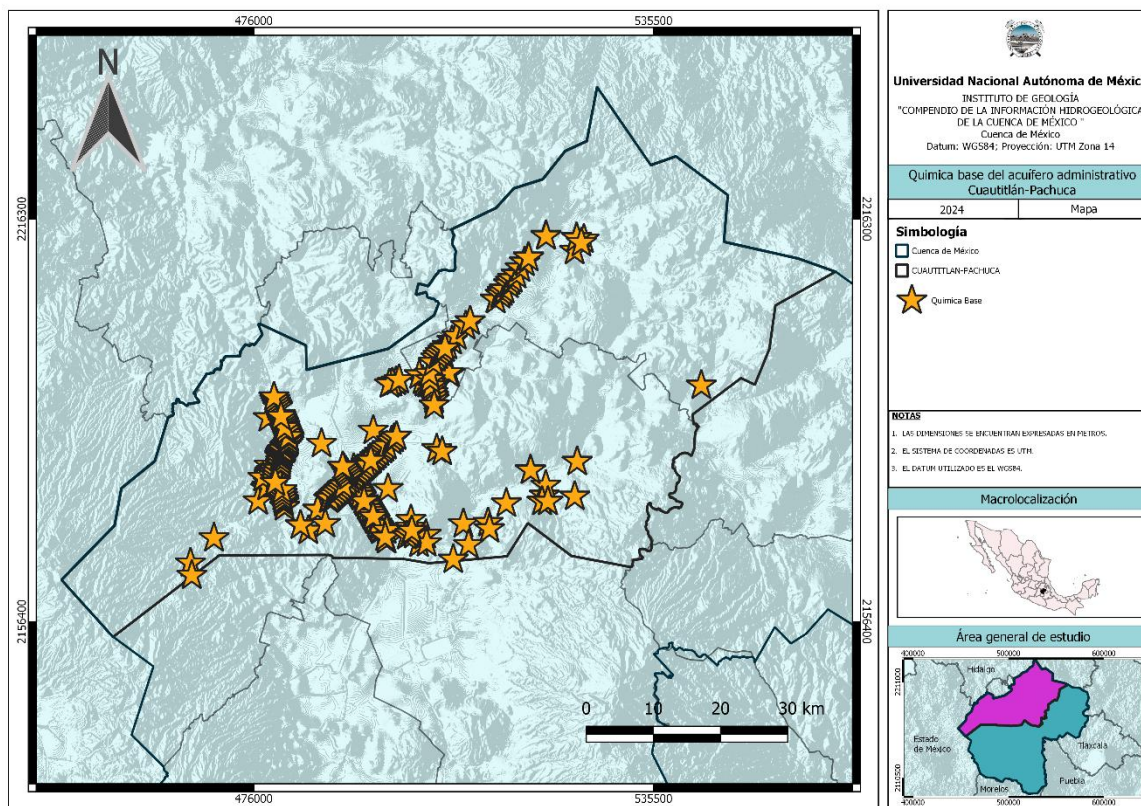
Los pozos disponibles para monitorear la calidad del agua en el acuífero se concentran en la zona Oeste y Norte, aunque en la punta Oeste no hay presencia de pozos. Los demás pozos se dispersan en las áreas centro y Noreste.



Mapa 112. Localización de puntos de muestreo para la calidad del agua en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

4.3.8.3 Hidrogeoquímica en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

En cuanto a la química base, el acuífero presenta varios pozos para determinar este parámetro, centrándose varios de ellos en líneas de la zona Oeste con dirección N-S y del Suroeste hacia el Noreste, finalmente al Sur se dispersan otros bordeando las montañas



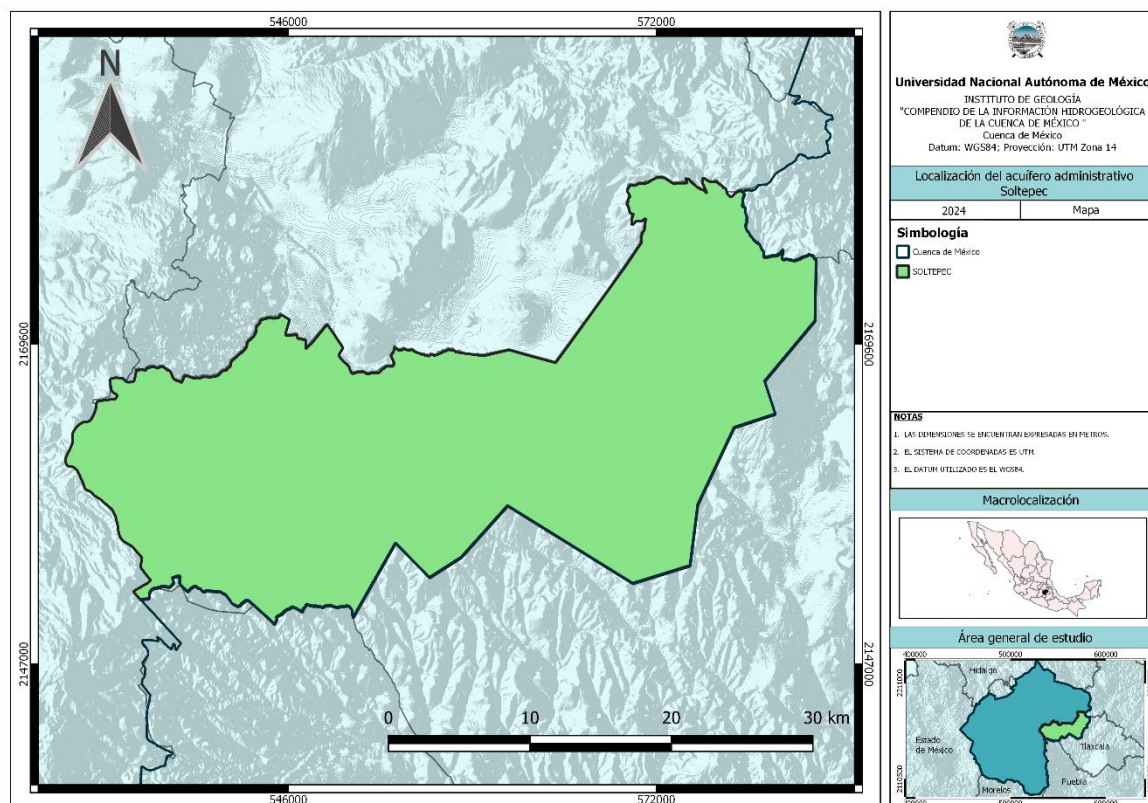
Mapa 113. Localización de puntos de muestreo para la química base en el acuífero Cuautitlán-Pachuca

4.4 Acuífero administrativo Soltepec

El acuífero Soltepec, identificado con la clave 2902, se localiza en la porción noroccidental del estado de Tlaxcala, en el límite con los estados de México, Puebla e Hidalgo, cubriendo una superficie aproximada de 820 km². el área del acuífero comprende totalmente por los municipios de Calpulalpan, Benito Juárez y Nanacamilpa de Mariano Arista, la mayor parte de Tlaxco, Sanctórum de Lázaro Cárdenas y Hueyotlipan, así como porciones pequeñas de Atlangatepec, Españita, San Lucas Tecopilco y Muñoz de Domingo Arenas, del estado de Tlaxcala.

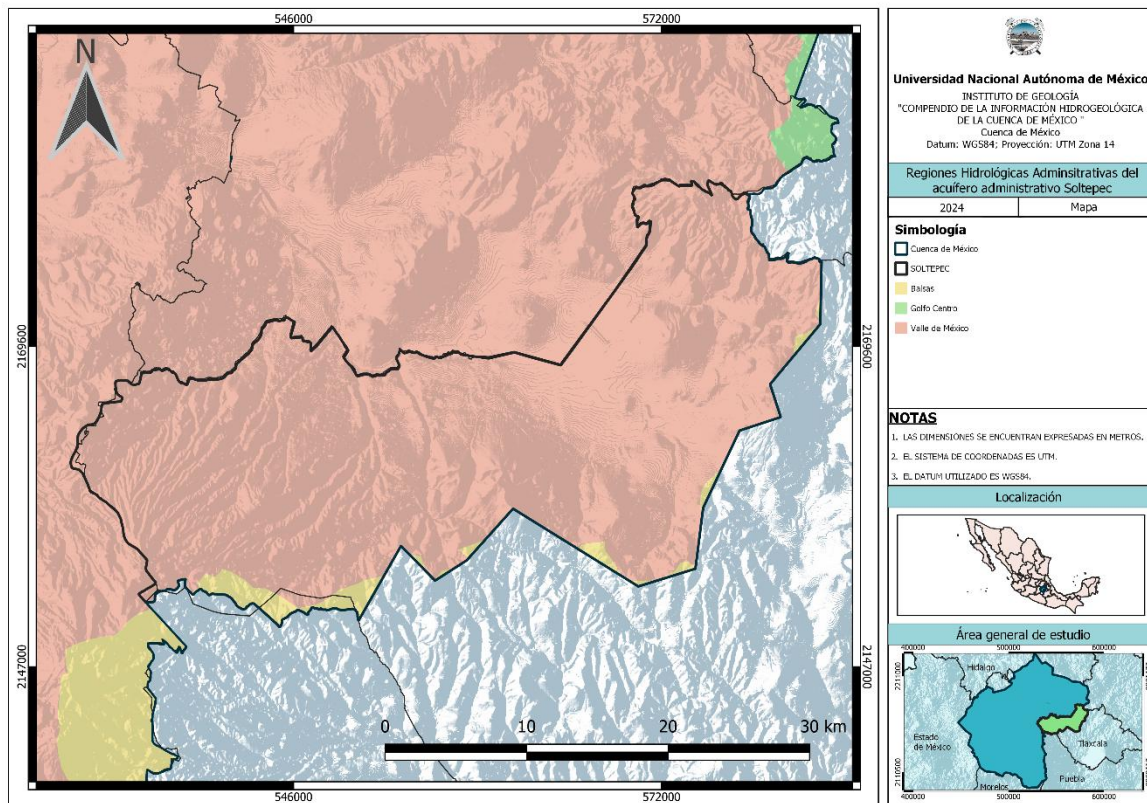
Su territorio se encuentra parcialmente vedado, casi en su totalidad sujeto a las disposiciones de dos decretos. Ambas vedas son de tipo I, solo se permiten extracciones limitadas para usos domésticos. Sólo en pequeñas áreas de los extremos suroccidental, suroriental y nororiental no rige ningún decreto de veda para la extracción de agua subterránea, sin embargo, no se permite la perforación de pozos, la construcción de obras de infraestructura.

El acuífero tiene una recarga total media anual de 57 hm³ anuales, una salida de agua de 16.2 hm³ anuales además tiene un volumen de extracción de aguas subterráneas es de 17,329,962 m³ anuales, por lo que tiene una disponibilidad media anual de 23.470038m³/año, lo que indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones. (CONAGUA, 2023)



Mapa 114. Localización del acuífero administrativo Soltepec

En el mapa se aprecia que la Región Hidrológica Administrativa que abarca casi totalmente el acuífero Soltepec es Valle de México, exceptuando algunas de las puntas al Sur.



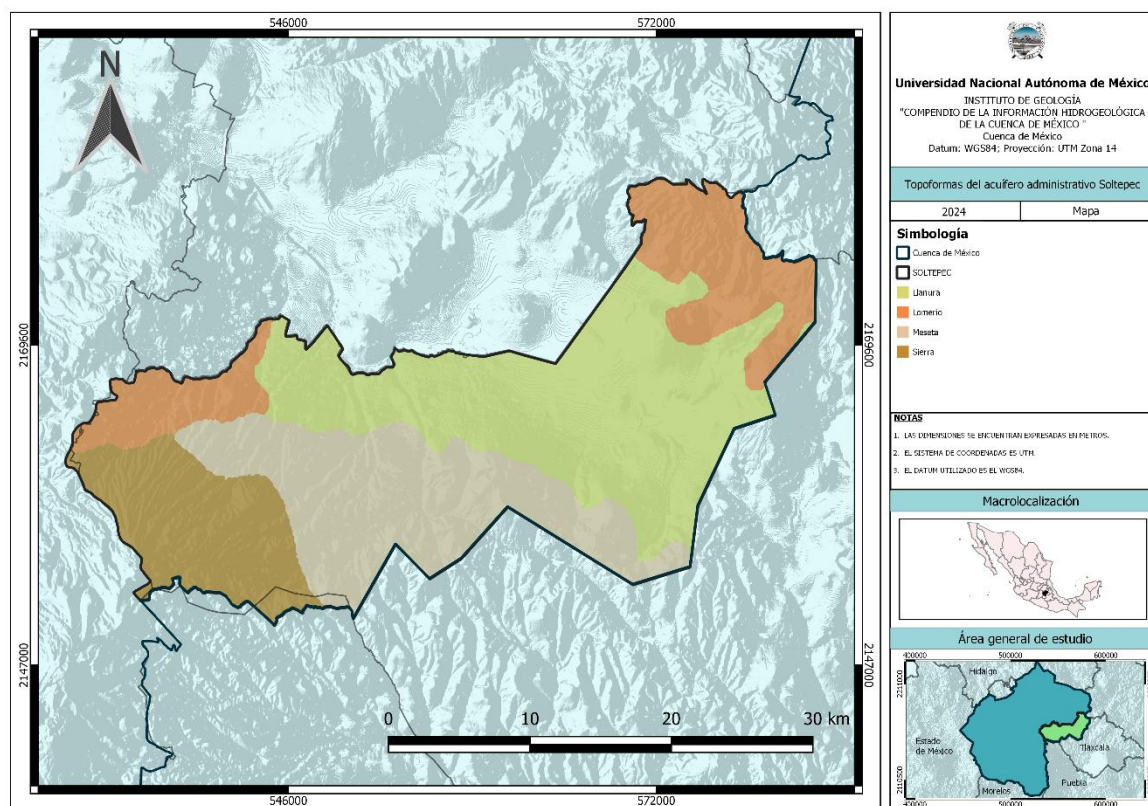
Mapa 115. Regiones Hidrológico-Administrativas abarcadas por el acuífero Soltepec

4.4.1 Fisiografía del acuífero Soltepec

Los volcanes forman las sierras que se encuentran al noreste y suroeste del acuífero. Los lomeríos redondeados son los volcanes que se encuentran en la cuenca, como los cerros Soltepec y Tesoyo al oriente y San Nicolás, Tlazala y Techalote al sur. Los pueblos El Rosario, Casa Blanca, Mariano Matamoros en Tlaxcala, Almoloya y Apan en Hidalgo se encuentran en los lomeríos con colinas redondeadas y llanuras en la región noreste y norte.

Solo al suroeste de Mazapa, Tlaxcala, en la región del Cerro Yehualica, se encuentran los lomeríos de colinas redondeadas con cañadas. En toda la región centro-sur de la Cuenca Apan-Tochac, desde el valle de Soltepec hasta la Laguna de Tochac, se encuentran las llanuras de piso rocoso con lomeríos. Se extienden hacia el sur hasta las ciudades de Ignacio Zaragoza, Benito Juárez, Tlaxcala y Francisco Villa, y hacia el suroeste abarcan la zona donde se encuentra la Ciudad de Calpulalpan y las localidades tlaxcaltecas de San Marcos Guaquilpan. (CONAGUA,2023).

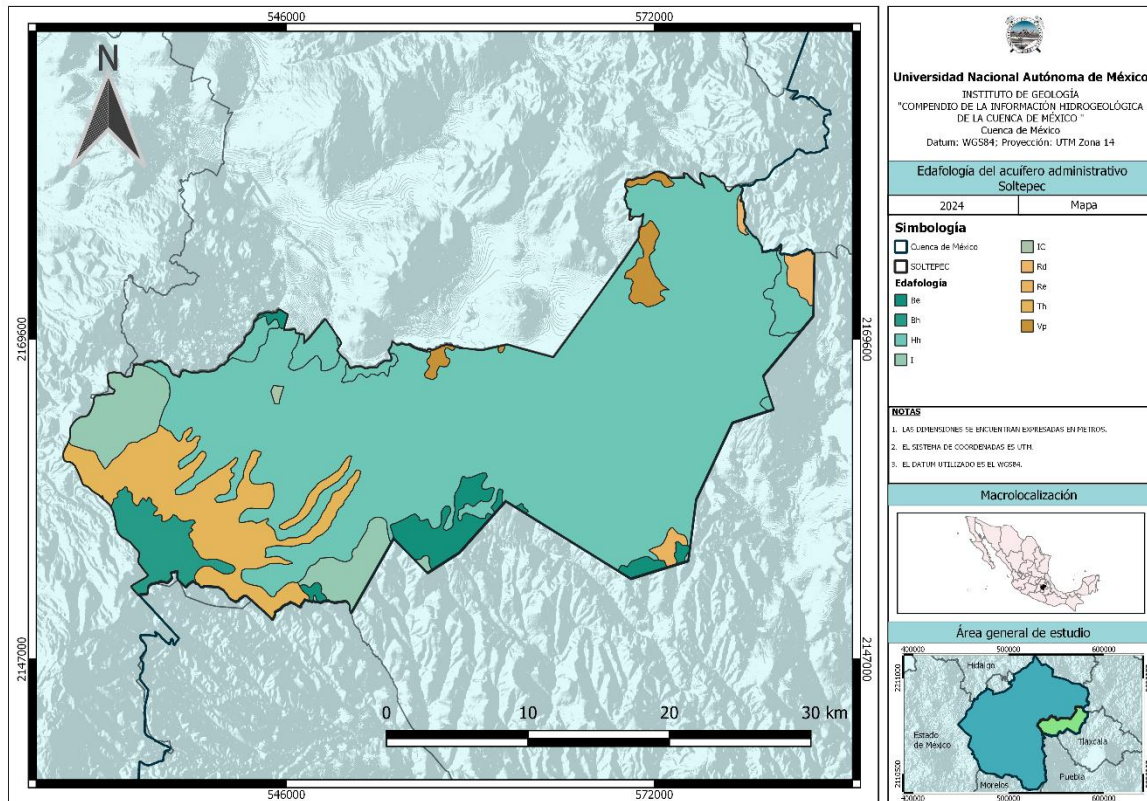
El acuífero Soltepec cuenta con cuatro tipos de formas topográficas, como indica el siguiente mapa. Las cuales son Llanura, desde la zona Este hasta el Noroeste; Lomerío, en las puntas Este y Noreste; Sierra, en una pequeña porción al Suroeste y Meseta en las zonas Suroeste y Sur del acuífero



Mapa 116. Topoformas presentes en el acuífero Soltepec

4.4.2 Edafología del acuífero Soltepec

El acuífero cuenta con al menos cinco tipos de suelo, siendo el tipo 'Hh' el más extendido. Mientras, los tipos 'Ee', 'Eh', 'Re', 'I', y 'vP', son los remanentes más destacados.



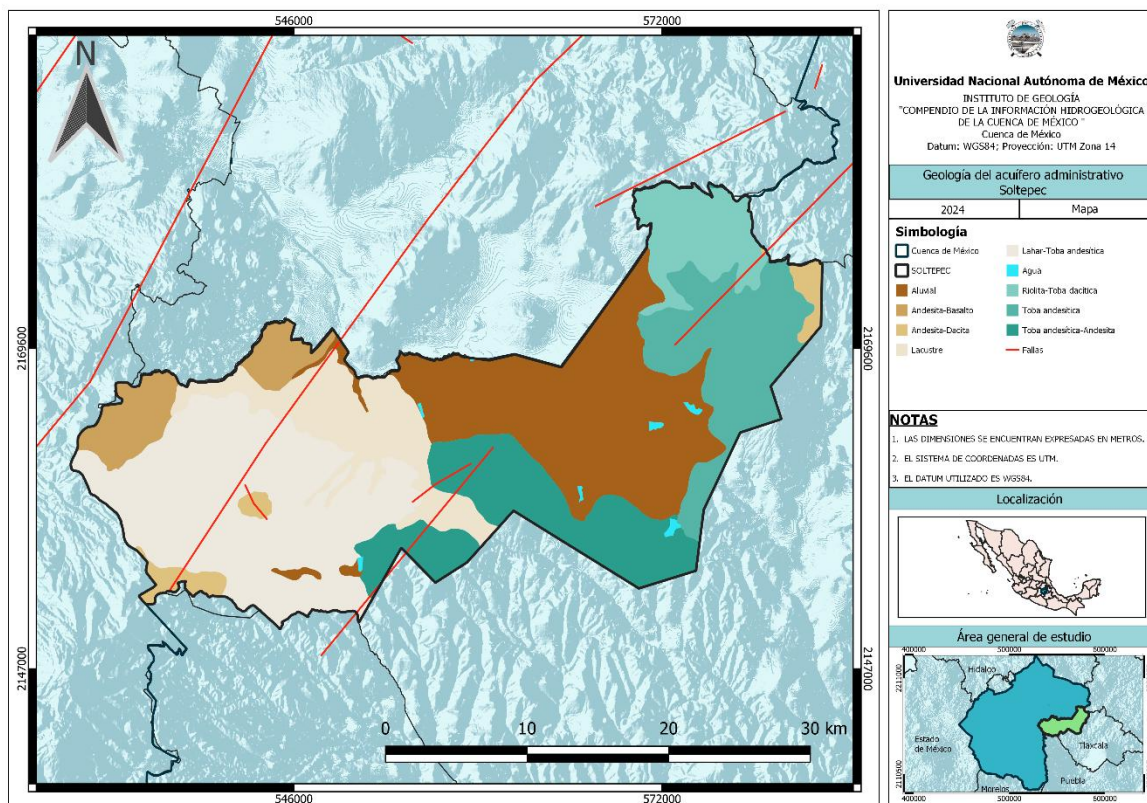
Mapa 117. Edafología presente en el acuífero Soltepec

4.4.3 Geología del acuífero Soltepec

En su porción superior, cuenta con sedimentos aluviales y fluviales de granulometría variada. Esta es la unidad que actualmente se explota para satisfacer las necesidades de agua de la región. Las evidencias geológicas e hidrogeológicas permiten definir la presencia de un acuífero en general de tipo libre. (CONAGUA, 2023)

El mapa indica los nueve tipos de rocas geológicas presentes en el acuífero, aunque son cinco los dominantes: Toba andesítica; Riolita-Toba dacítica; Toba andesítica-Andesita; Lahar- Toba andesítica y aluvial.

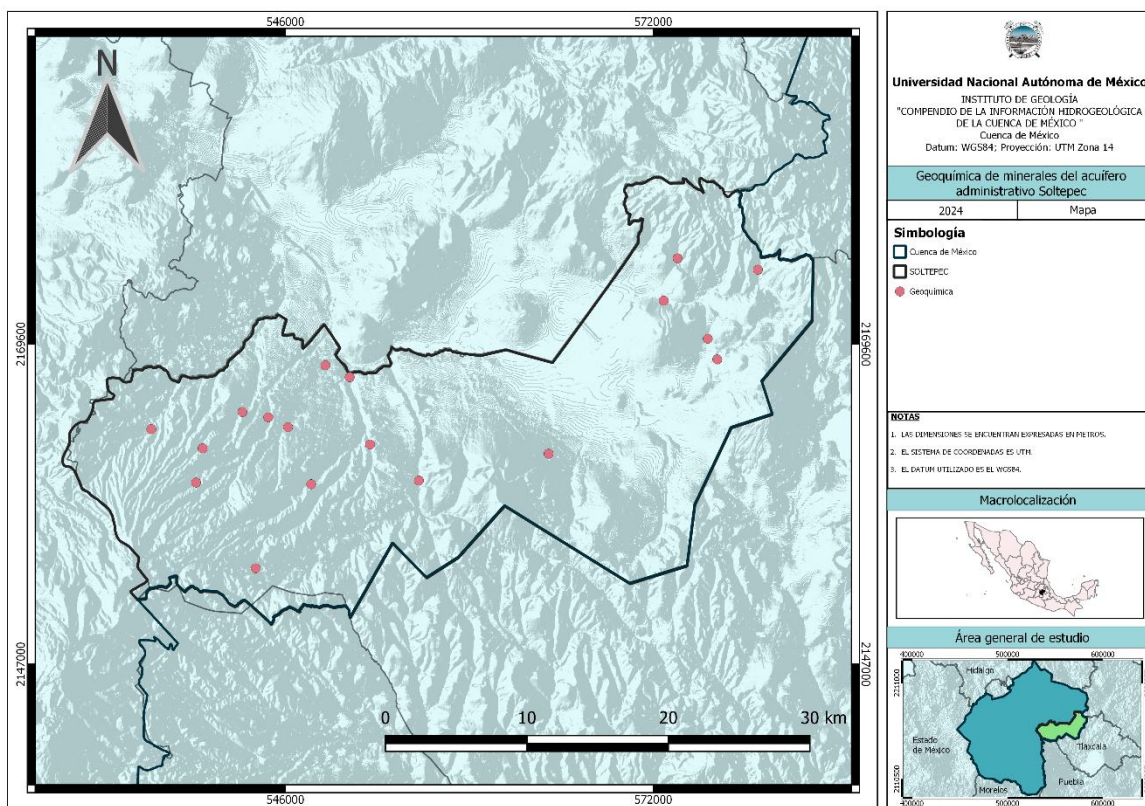
El acuífero es atravesado por tres fallas geológicas, una en la porción Oeste, la más grande; al Sur y al Este, las otras



Mapa 118. Geología presente del acuífero Soltepec

4.4.3.1 Geoquímica del acuífero Soltepec

En el mapa se muestran los sitios donde se ha analizado la geoquímica de los minerales detectados en el acuífero Soltepec, los cuales se distribuyen en la zona Noreste con cinco sitios; al Oeste y Noroeste con once sitios y solamente uno en la parte centro del acuífero.

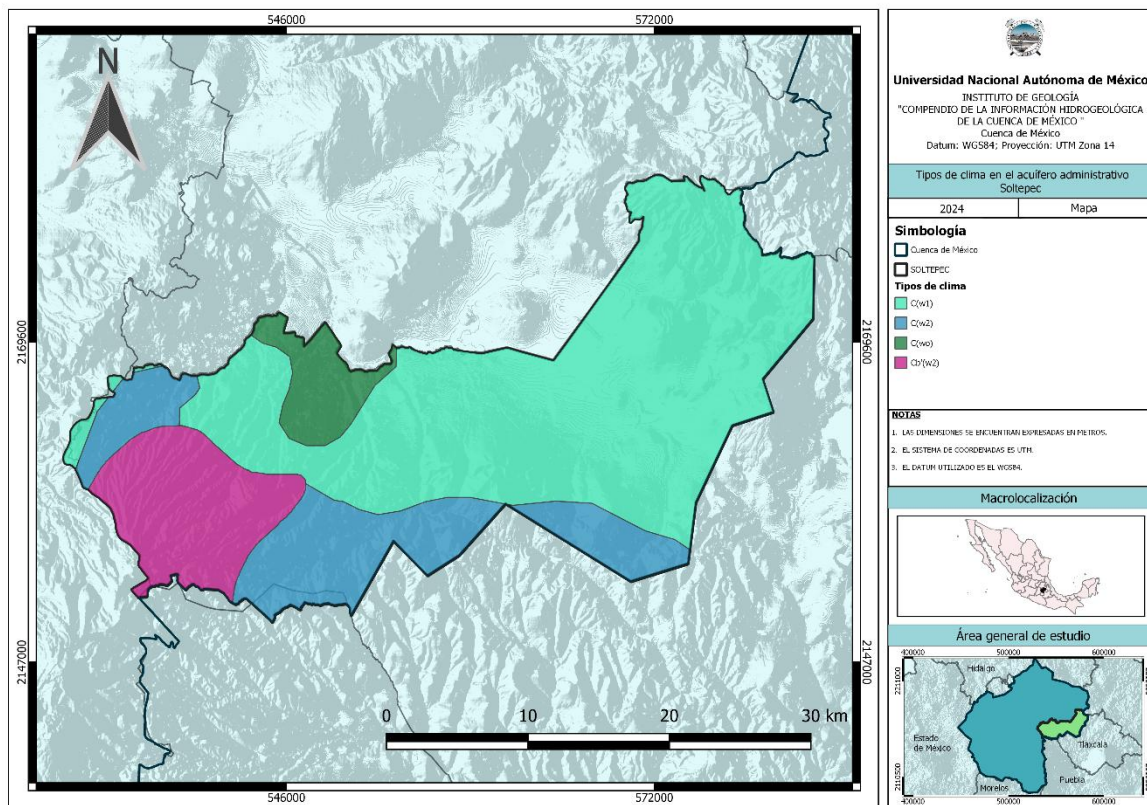


Mapa 119. Puntos de muestreo para geoquímica en el acuífero Soltepec

4.4.4 Clima en el acuífero Soltepec

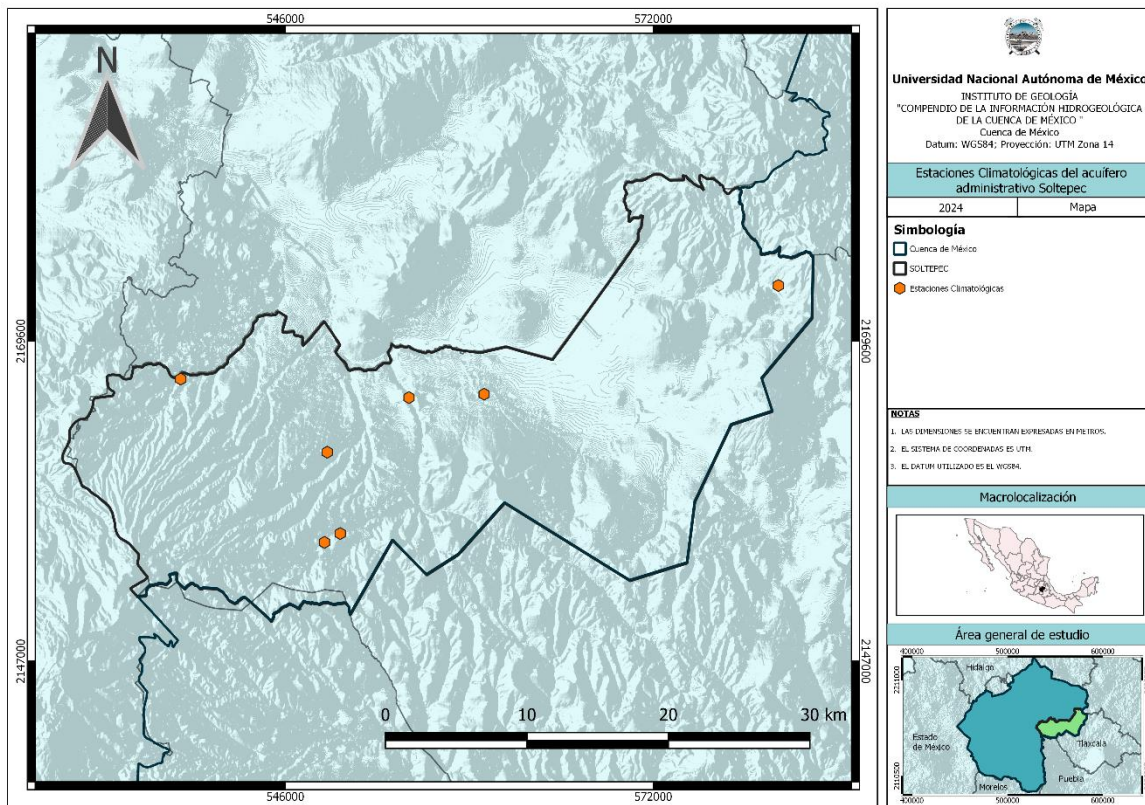
En el acuífero predomina los climas Templado Subhúmedo (C(w1) y C(w2)) con invierno frío y régimen de lluvias en verano que representan menos del 5% del total anual, temperatura media anual entre 12 y 18 °C; solamente en una pequeña porción del suroeste del acuífero se presenta un clima semifrío subhúmedo (Cb'(w2)), con lluvias en verano, temperatura media anual entre 5 y 12 °C, y porcentaje de lluvias invernales del 5 al 10.2% del total anual.

Según registros históricos de 1970-2013 de 15 estaciones climatológicas que tienen influencia en el acuífero Soltepec, se tienen valores medios de precipitación, temperatura y evapotranspiración de 659 mm, **14.2 °C** y **502 mm**, respectivamente (Conagua, 2023).



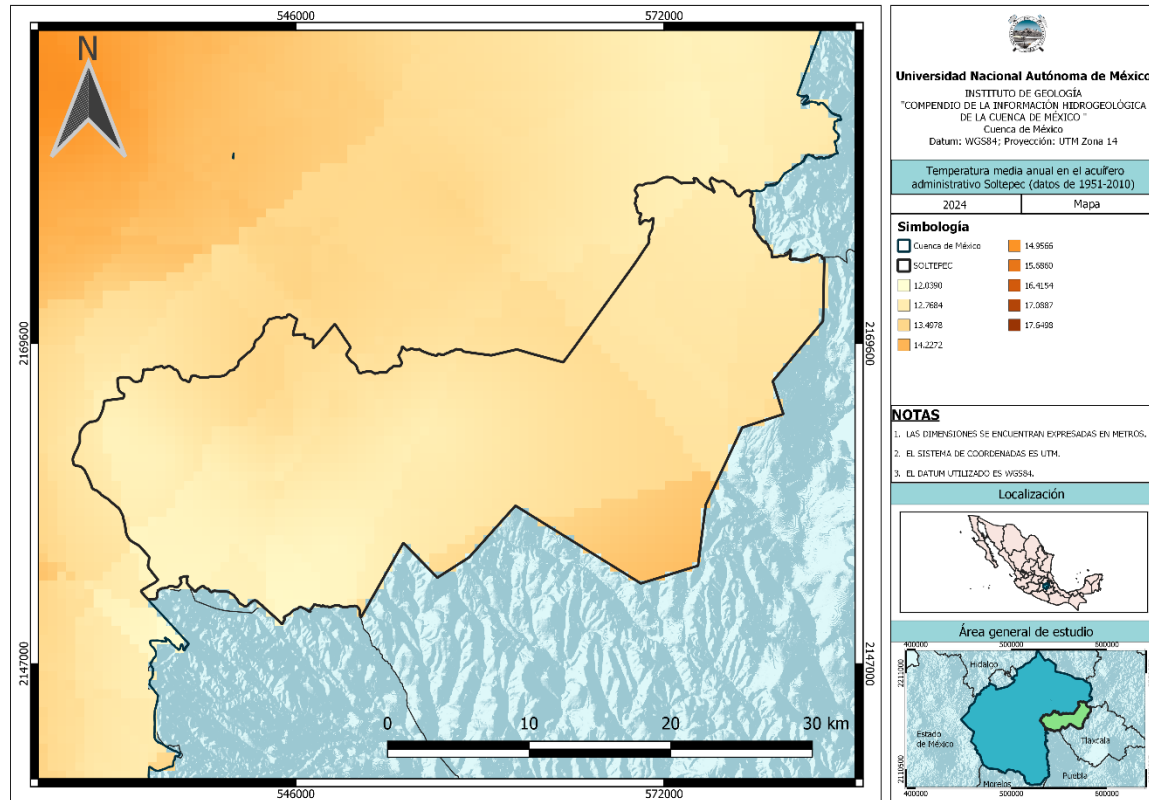
Mapa 120. Distribución de los tipos de clima en el acuífero Soltepec

Las estaciones climatológicas presentes en el acuífero se muestran en el siguiente mapa. De las siete estaciones, cinco se ubican de lado Oeste y una en el extremo Este.



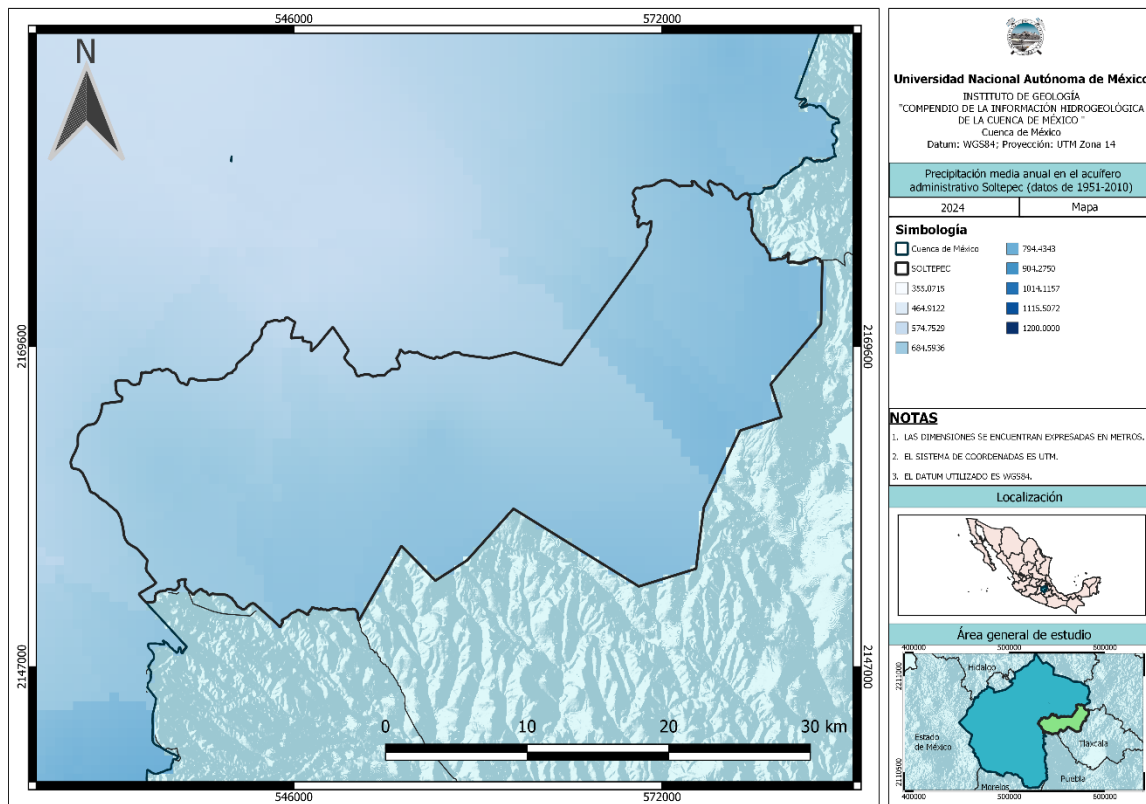
Mapa 121. Localización de las estaciones climatológicas en el acuífero Soltepec

El rango de temperatura en el acuífero es de 12 °C a 14.2 °C, como se muestra en el siguiente mapa



Mapa 122. Distribución de la temperatura media anual en el acuífero Soltepec

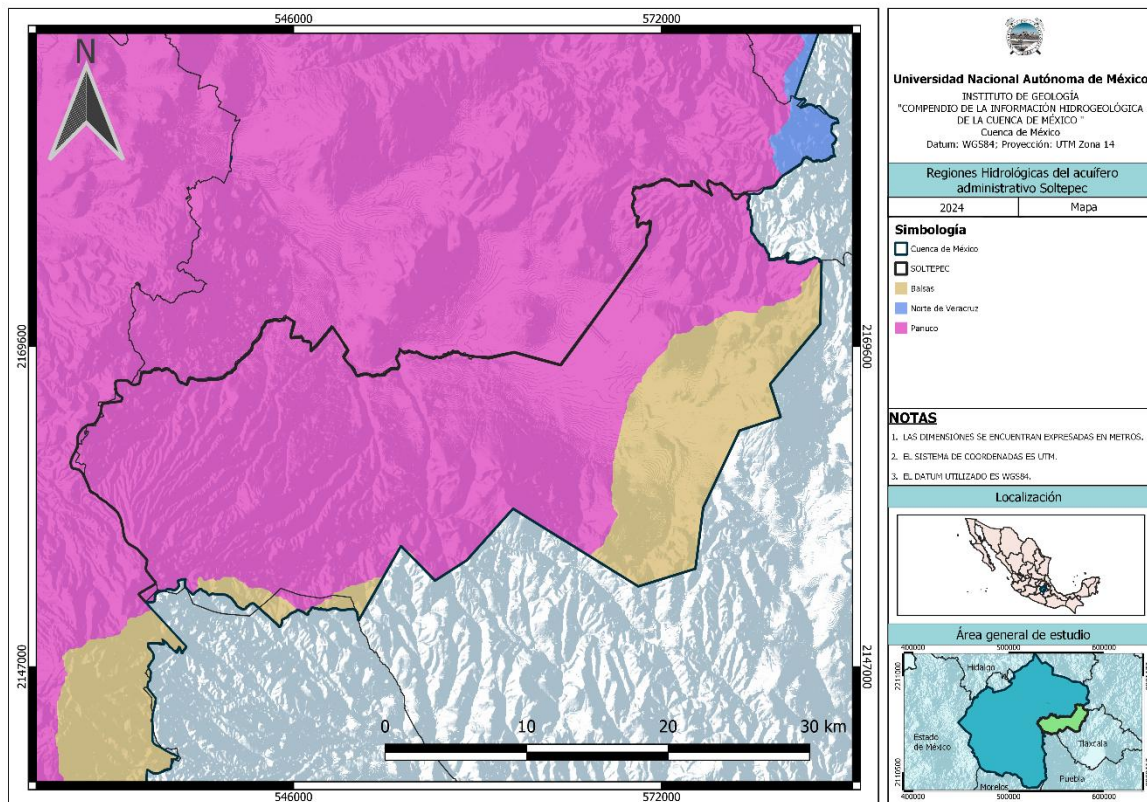
Mientras, la precipitación promedio anual oscila entre los 464 mm y los 664 mm al Noreste del acuífero, como se observa a continuación.



Mapa 123. Distribución de la precipitación media anual en el acuífero Soltepec

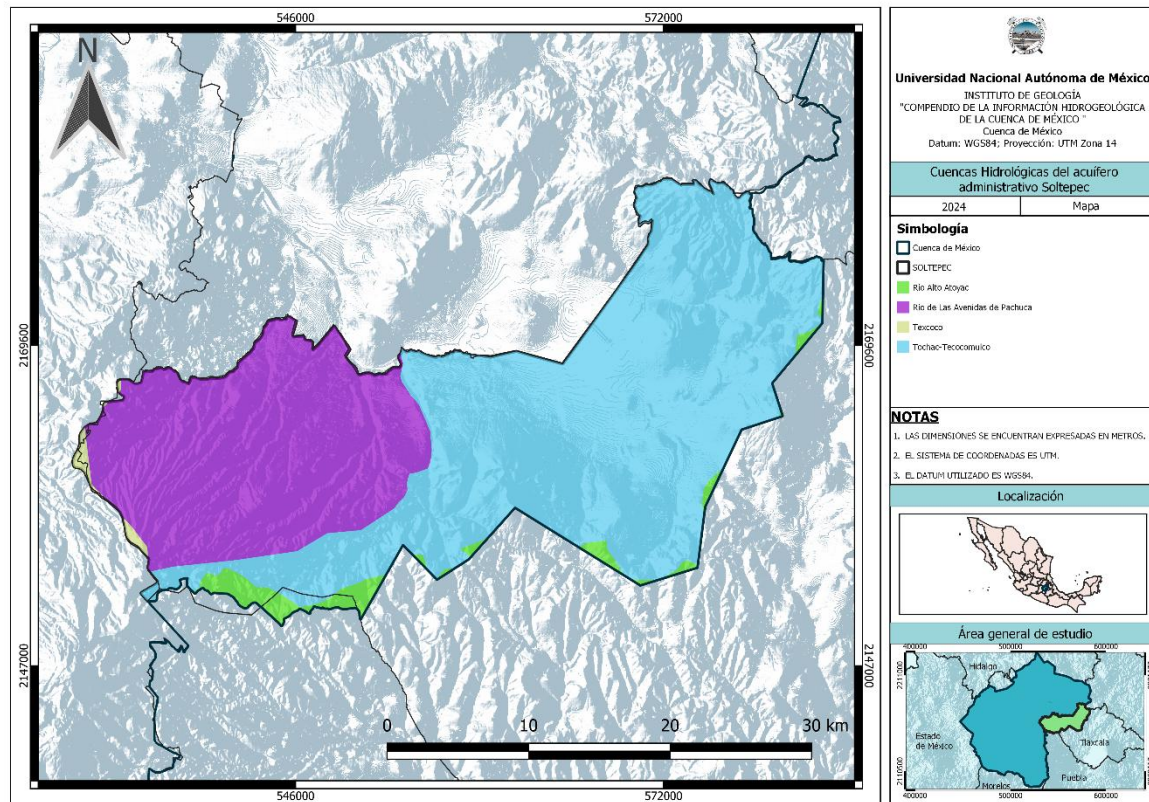
4.4.5 Aguas superficiales en el acuífero Soltepec

El acuífero Soltepec, se localiza en la Región Hidrológica 26 “Pánuco”, en la subcuenca de la Laguna Tochac y Tecocomulco. (CONAGUA,2023). El mapa ilustra las Regiones Hidrológicas que abarcan al acuífero Soltepec, siendo la principal la región Panuco y en una parte del Sureste y pequeños picos al Suroeste la de Balsas



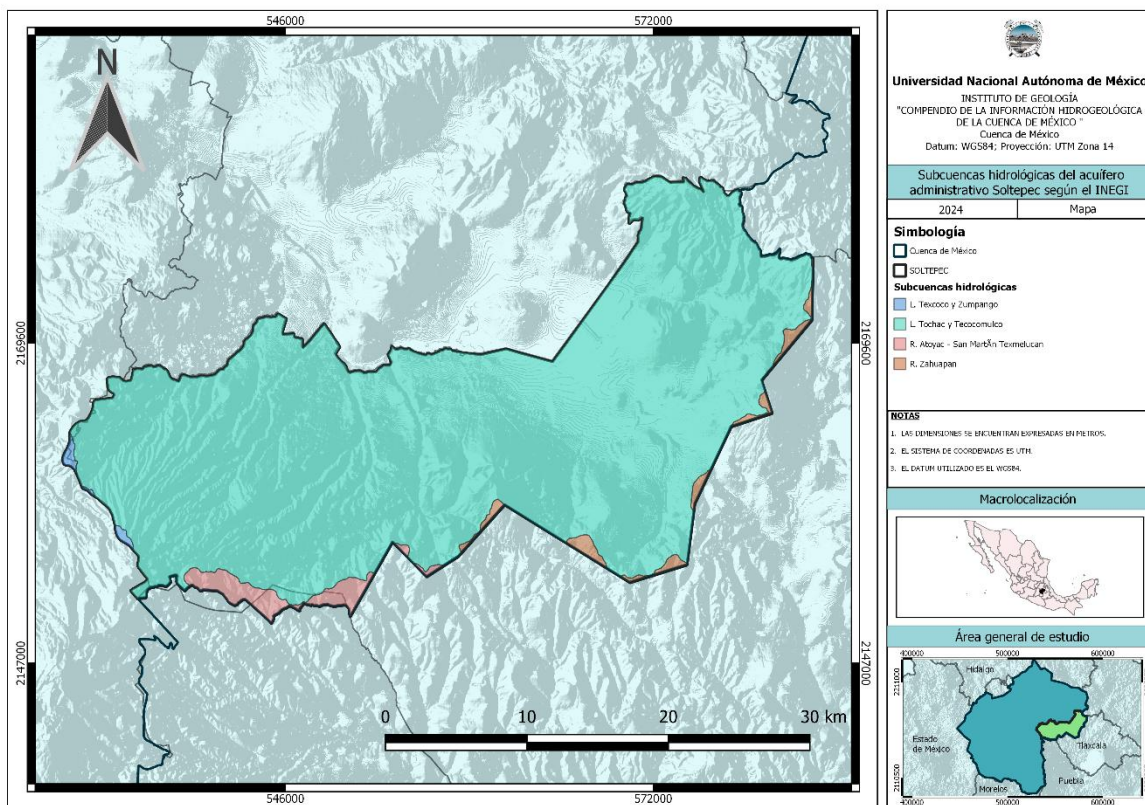
Mapa 124. Regiones Hidrológicas abarcadas por el acuífero Soltepec

En cuanto a las Cuencas Hidrológicas dentro del acuífero son dos las de mayor área abarcada, siendo de mayor a menor área de extensión: Tochac-Tecomulco, Río de las Avenidas de Pachuca. Mientras, las puntas al Sur del acuífero pertenecen a la Cuenca Río Alto Atoyac



Mapa 125. Cuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Soltepec

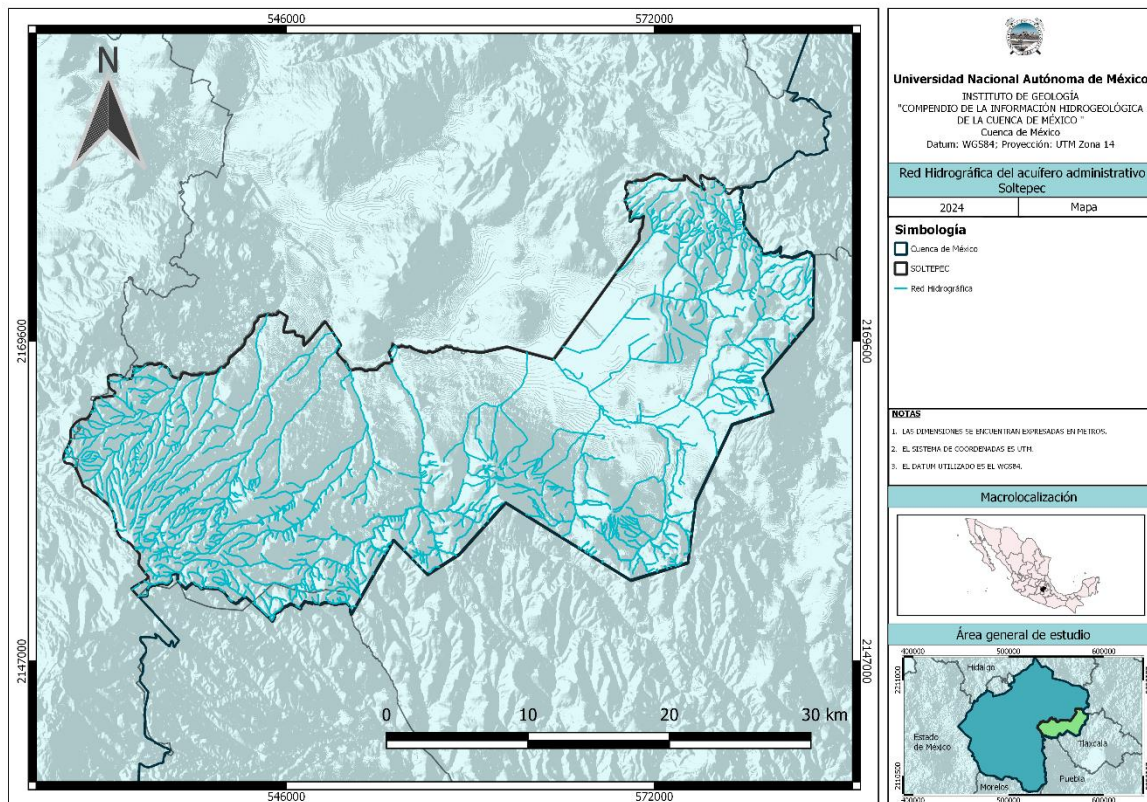
En el mapa se muestra que la Subcuenca hidrológica que involucra todo el acuífero Soltepec es el Tochac y Tecocomulco. Aunque, en las puntas Sur del acuífero se encuentran las de Río Atoyac y Zahuapan



Mapa 126. Subcuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Soltepec

En la zona oriental, los ríos principales son Barranca del Muerto y San Miguel, los cuales desembocan en la Laguna de Tochac, también conocida como Laguna de San Antonio de Atocha, en la región nororiental. Los arroyos más importantes incluyen Rayuela, Casa Blanca, El Rosario, El Capulín, El Columpio, Tízar y Achicapa, todos ellos con flujo intermitente. El arroyo El Columpio se convierte en el arroyo Calpulalpan y descarga sus aguas en la Laguna de Apan. Al noroeste de la cuenca se encuentra el arroyo Tizar. En el acuífero se encuentran 265 cuerpos de agua, que van desde pequeños jagüeyes y bordos hasta pequeñas presas, la mayoría de los cuales son intermitentes. Las presas más importantes incluyen El Muerto, Bernales, Santa Rita, San Antonio, Pozuelos, La Cañada, Coecillos y San Juan. Las lagunas más importantes incluyen Cazadero, Tlalcarral, Ocotlán, Ángel Chico, Amantla y San Antonio Atocha. (CONAGUA,2023).

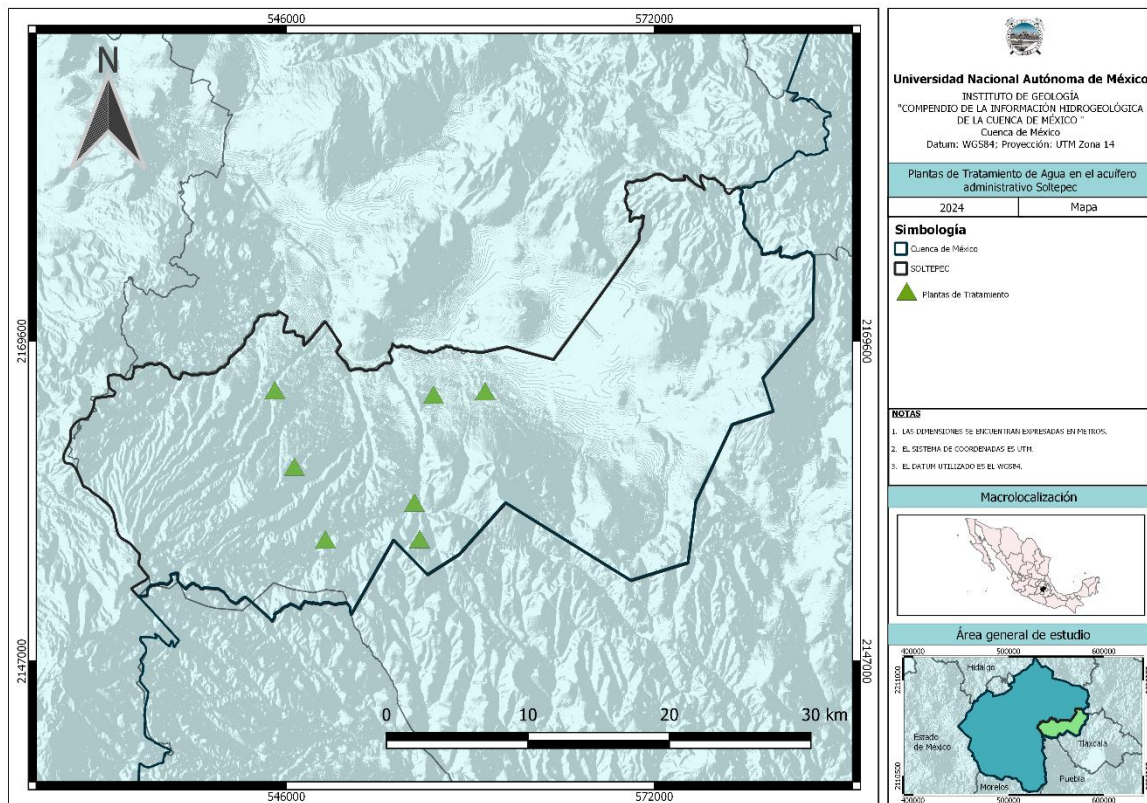
La Red hidrológica en el acuífero de Soltepec se muestra en el siguiente mapa, donde las zonas Sur, Suroeste, Oeste y Noreste son las que mayor abundancia de ríos y corrientes existen.



Mapa 127. Red Hidrográfica del acuífero Soltepec

4.4.5.1 Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el acuífero Soltepec

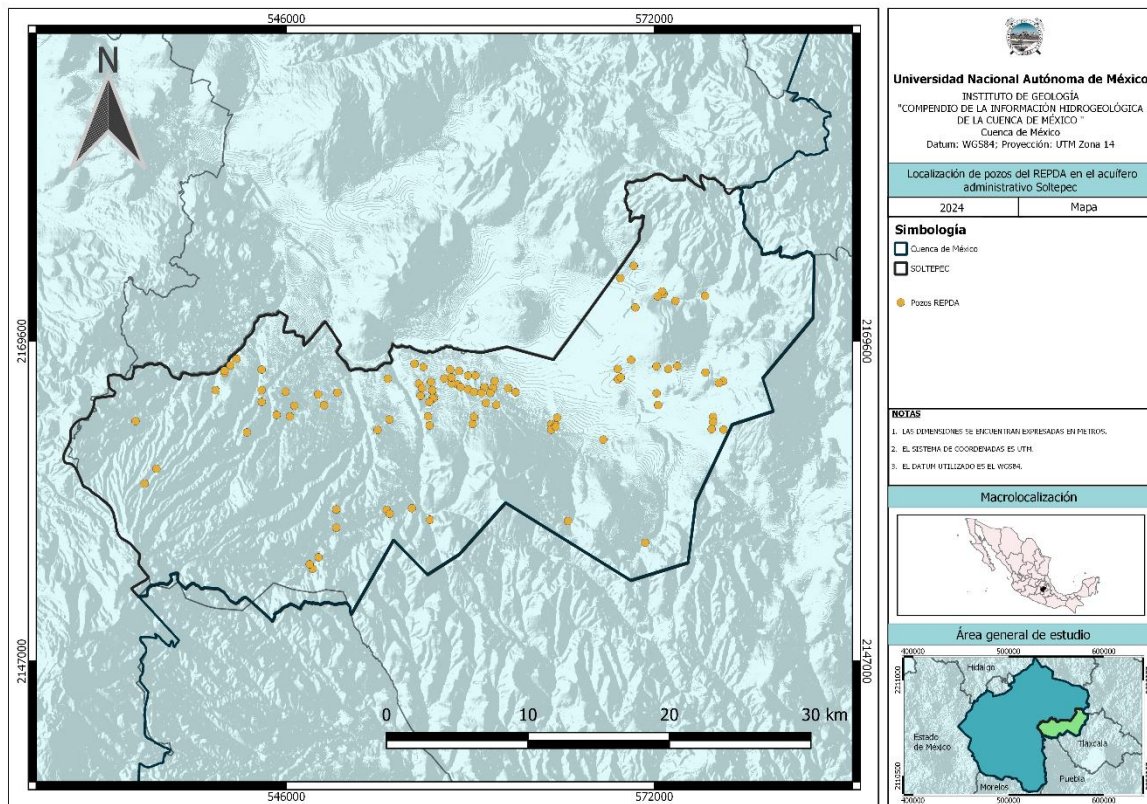
El acuífero presenta únicamente siete plantas de tratamiento de aguas residuales y están dispersadas en la zona Oeste, como se observa en el mapa



Mapa 128. Localización de plantas de tratamiento de agua en el acuífero Soltepec

4.4.6 Monitoreo de agua subterránea en el acuífero Soltepec

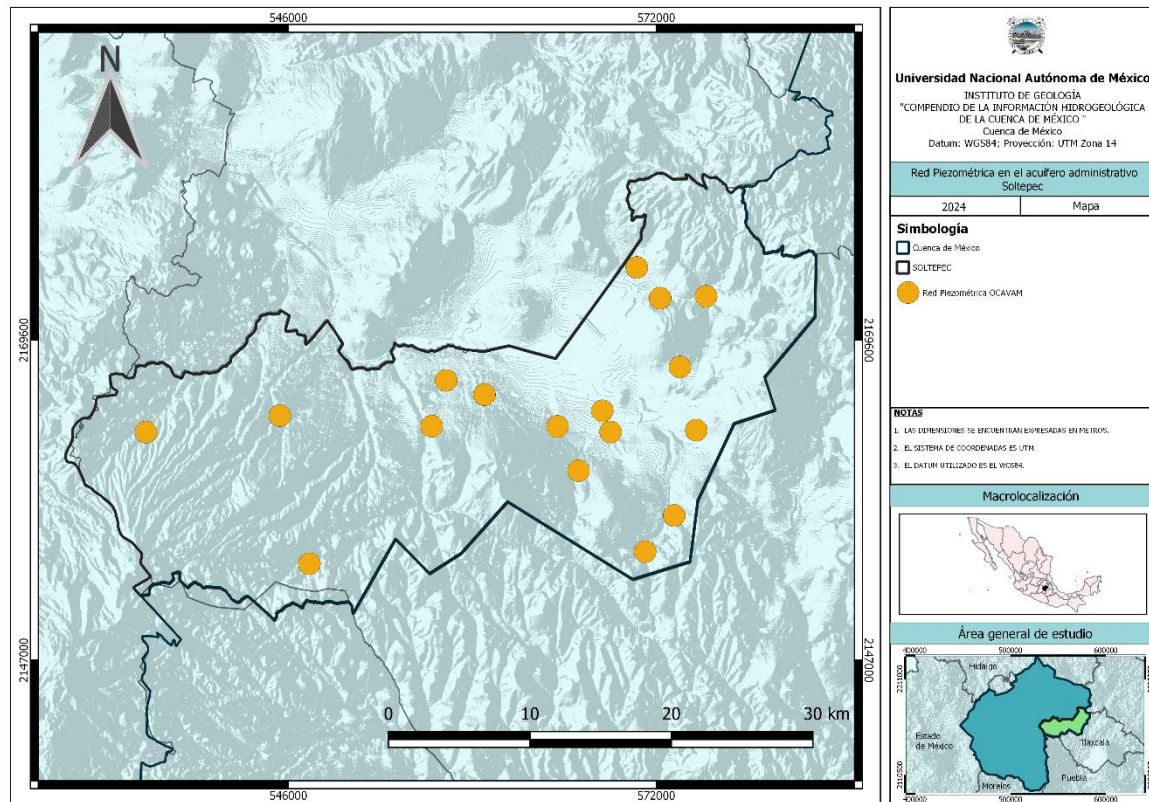
Los pozos del REPDA útiles para monitorear el agua subterránea son más de cuarenta en todo el acuífero, centrándose en la zona Norte y Noroeste, mientras, los otros se dispersan en las zonas Este y Sur.



Mapa 129. Localización de pozos del REPDA en el acuífero Soltepec

4.4.6.1 Red piezométrica en el acuífero Soltepec

En el mapa se muestran los piezómetros que pertenecen al acuífero Soltepec, siendo aproximadamente diecisiete, centrándose más en la zona Sureste y Noreste.

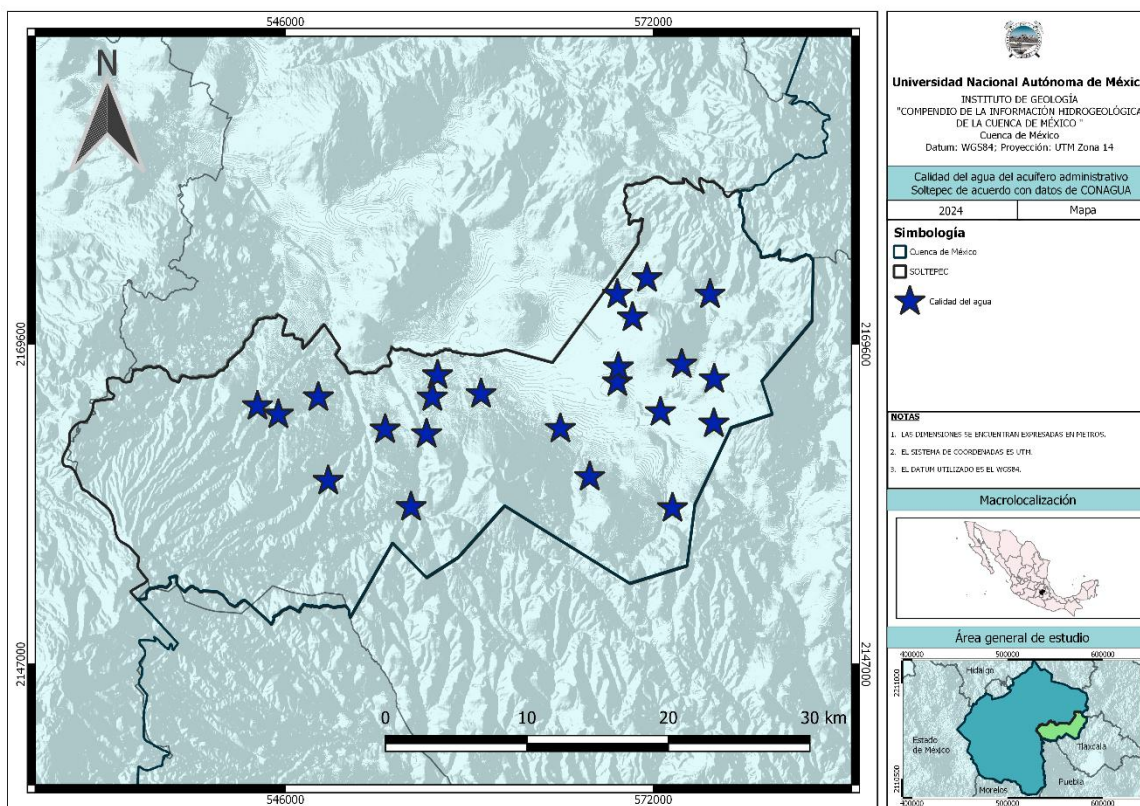


Mapa 130. Red Piezométrica en el acuífero Soltepec



4.4.6.2 Monitoreo de la calidad del agua en el acuífero Soltepec

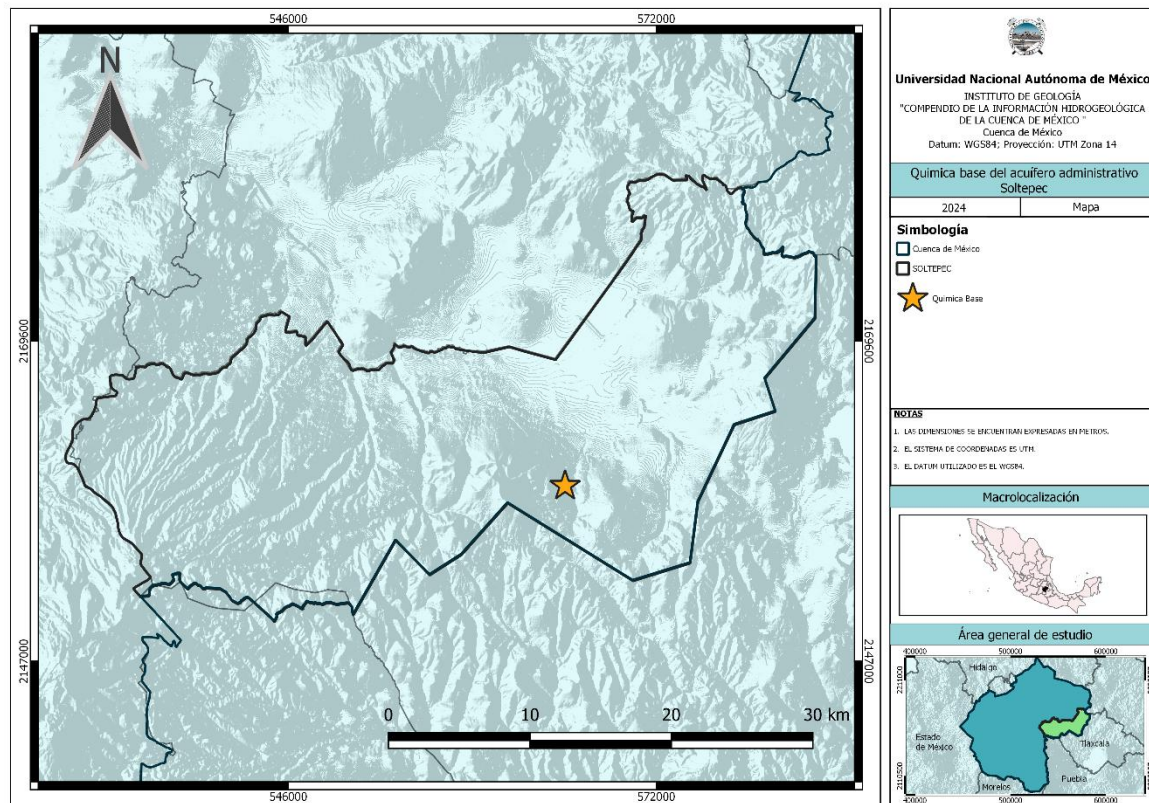
En el mapa se muestran todos los pozos donde se puede medir la calidad del agua del acuífero Soltepec, siendo más de veinte pozos. Los cuales, se dispersan en la mayoría del acuífero, exceptuando la zona Oeste y la punta Noreste.



Mapa 131. Calidad del agua del acuífero Soltepec, según datos de CONAGUA

4.4.6.3 Hidrogeoquímica en el acuífero Soltepec

En cuanto a los sitios para medir la química base, solo se cuenta con uno en todo el acuífero, como se observa en el mapa.



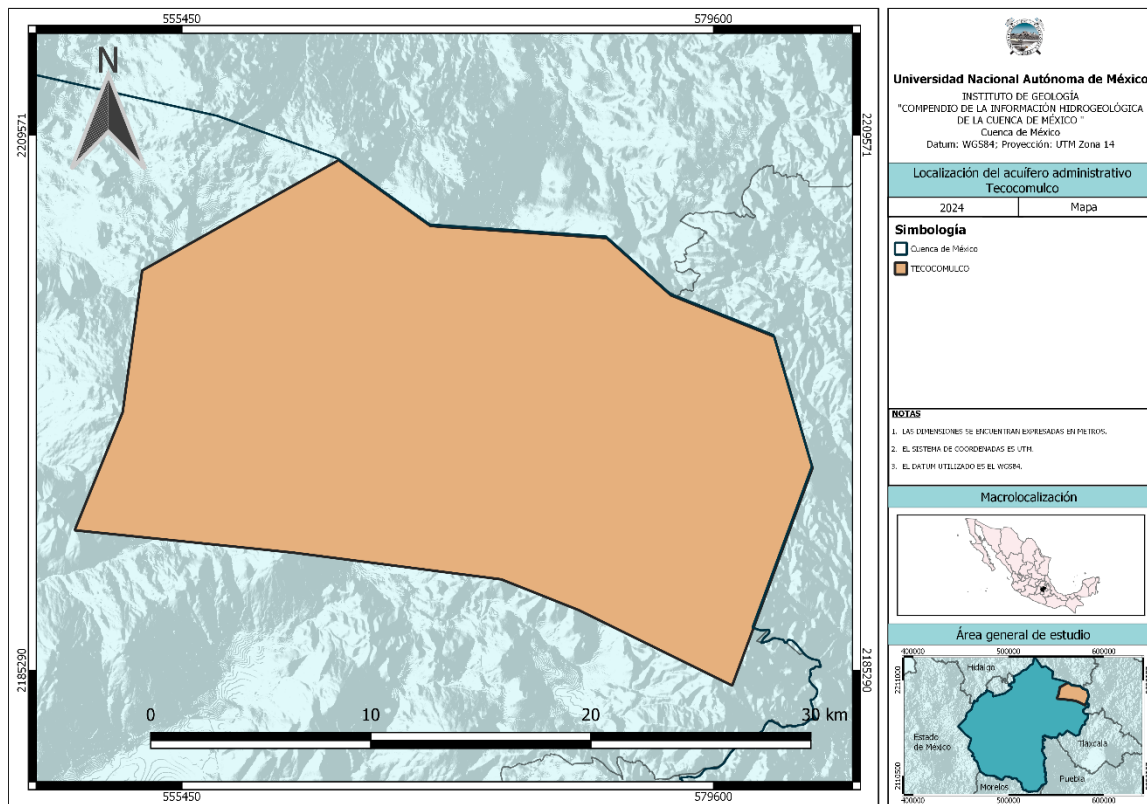
Mapa 132. Localización de puntos muestreados para el análisis de la química base del acuífero Soltepec

4.5 Acuífero administrativo Tecocomulco

El acuífero Tecocomulco, identificado con la clave 1319, con 476 km² (aproximadamente), a la Región Hidrológica XIII y que constituye la Cuenca Alta del Río Pánuco. Los municipios que lo conforman son: Apan, Almoloya, Tepeapulco, Cuauhtepic, Singuilucan del Estado de Hidalgo y una parte de Chignahuapan del Estado de Puebla, siendo Cuauhtepic cubierto totalmente.

Todos los municipios que se ubican dentro del acuífero Tecocomulco se encuentran vedados de manera parcial.

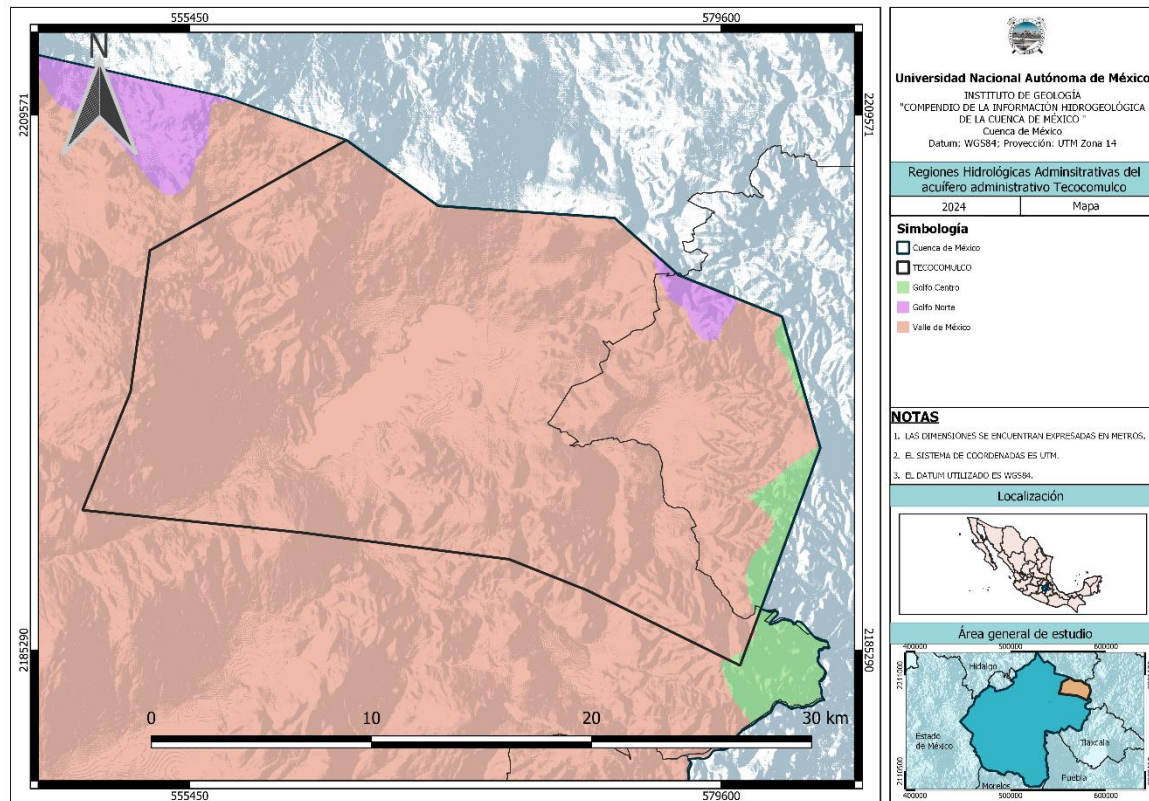
Tiene una recarga total media anual de 27.8 hm³/año, con una descarga natural comprometida de 0.5 hm³/anuales y un volumen de extracción de aguas subterráneas de 2,973,690 m³ anuales, lo que significa que existe un volumen disponible de 24,326,310m³ anuales para nuevas concesiones para esta unidad hidrogeológica. (CONAGUA, 2023)



Mapa 133. Localización del acuífero Tecocomulco

La Región Hidrológica No. 26 Alto Pánuco incluye el acuífero Tecocomulco, Además, es parte de la Zona XI. El acuífero Tecocomulco se encuentra dentro de la Cuenca de México. La subcuenca y la zona Tecocomulco (CONAGUA,2023).

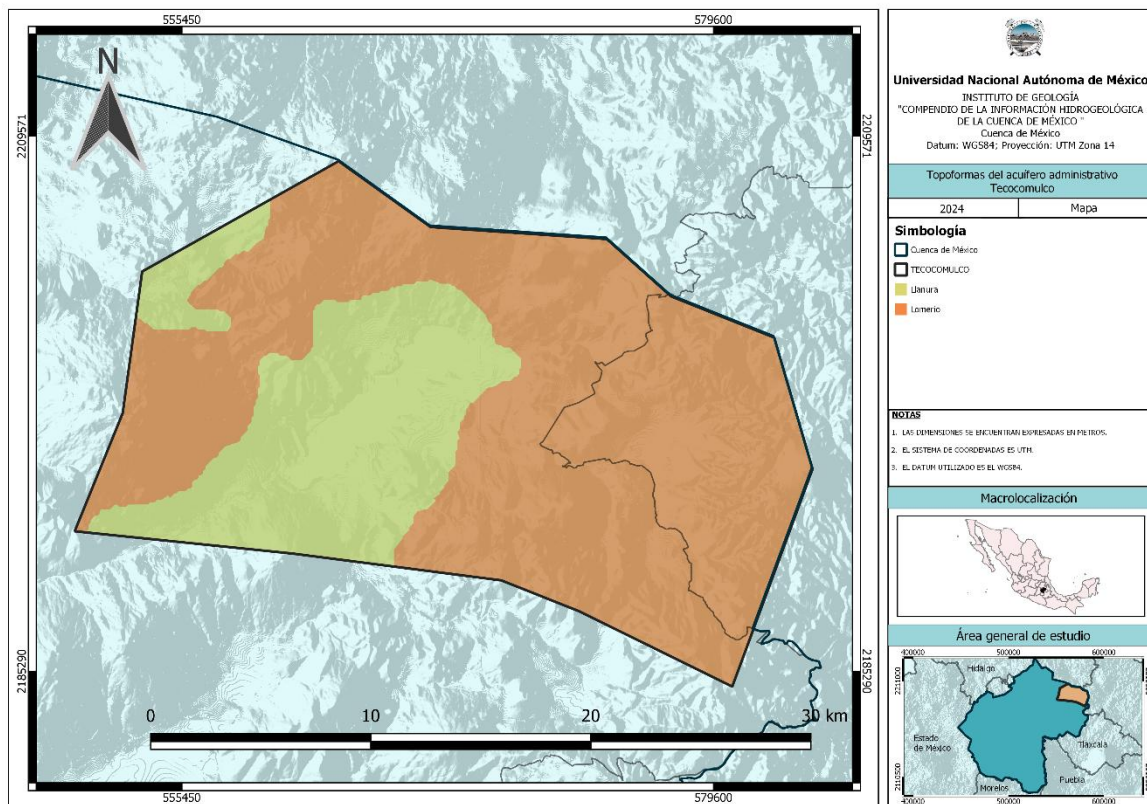
En el siguiente mapa se puede observar que la Región Hidrológica Administrativa que cubre casi todo el acuífero de Tecocomulco es la de Valle de México y las que se encuentran en pequeñísimas áreas al Noreste y Este del acuífero son Golfo Norte y Golfo Centro, respectivamente.



Mapa 134. Regiones Hidrológico-Administrativas abarcadas por el acuífero Tecocomulco

4.5.1 Fisiografía del acuífero Tecocomulco

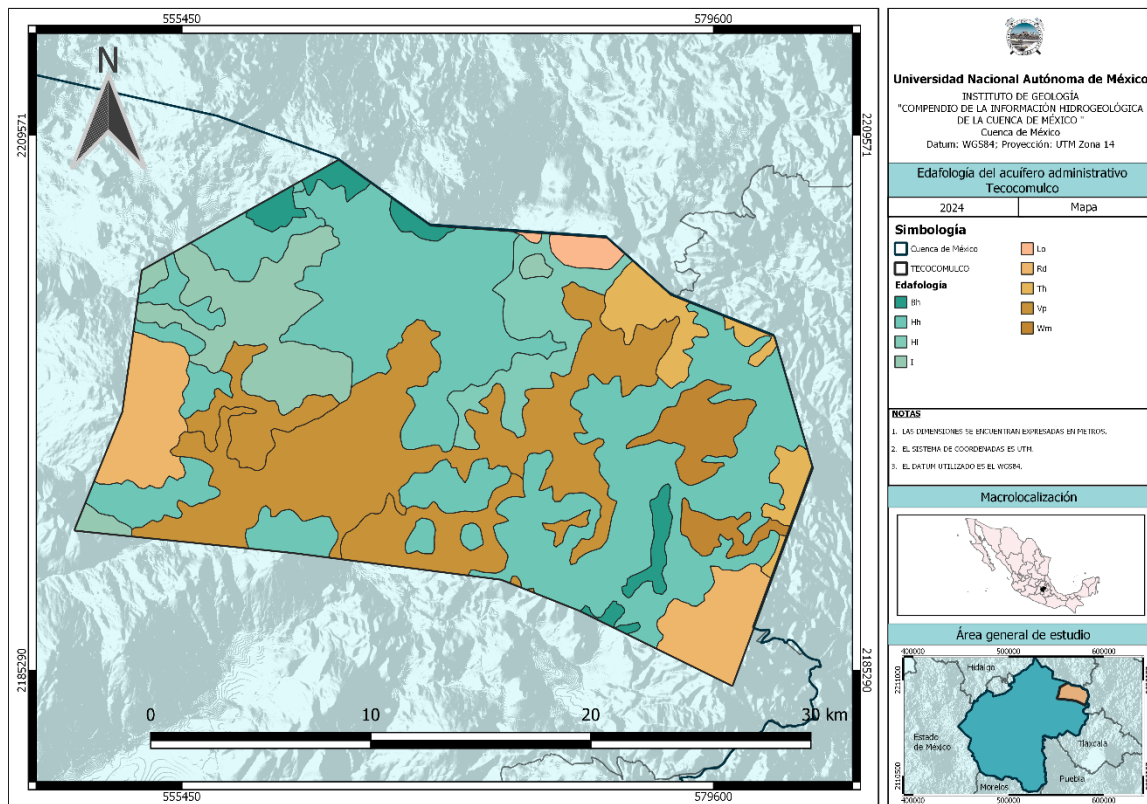
En el siguiente mapa se muestra los dos tipos de formas topográficas en el acuífero, que son Llanura y Lomerío, estando en menor proporción la primera, por las zonas Suroeste y límite Oeste; mientras, la segunda se encuentra en todo el resto del acuífero.



Mapa 135. Topoformas presentes en el acuífero Tecocomulco

4.5.2 Edafología del acuífero Tecocomulco

Los tipos de suelo presentes en el acuífero son aproximadamente siete los más destacados, como se muestra en el siguiente mapa. Aunque, los más dominantes son ‘Hh’, ‘HE’ y ‘Vp’.



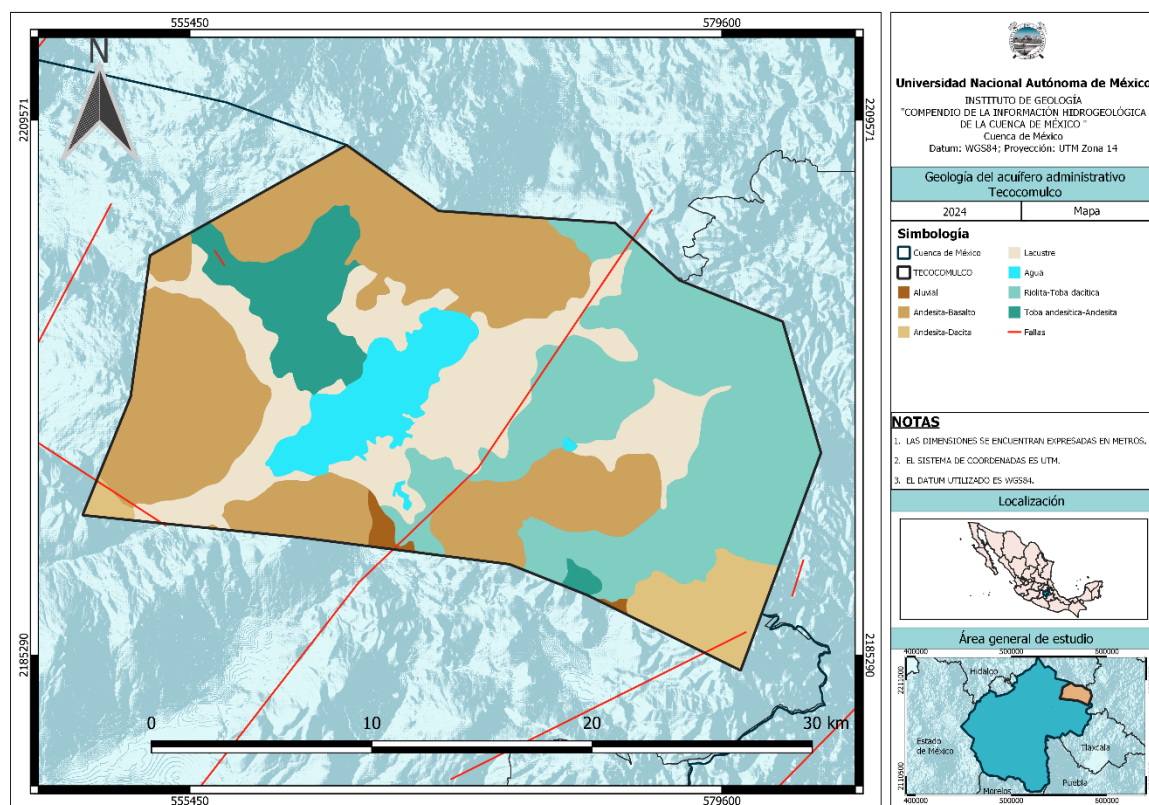
Mapa 136. Edafología presente en el acuífero Tecocomulco

4.5.3 Geología del acuífero Tecocomulco

El área en general del acuífero Tecocomulco corresponde a una planicie aluvial con características endorreicas en donde se encuentran arcillas, se presentan aparatos volcánicos con sus respectivas lavas, brechas y cenizas. (CONAGUA, 2023)

En el se muestran las rocas geológicas existentes en el acuífero Tecocomulco, siendo tres las dominantes, de mayor a menor extensión: Andesita-Basalto; Riolita- Toba dacítica, centrándose en la zona Este del acuífero y Lacustre. Los otros tres tipos de rocas presentes en menor proporción a las primeras son: Andesita-Dacita; Toba andesítica-Amdesita y Aluvial.

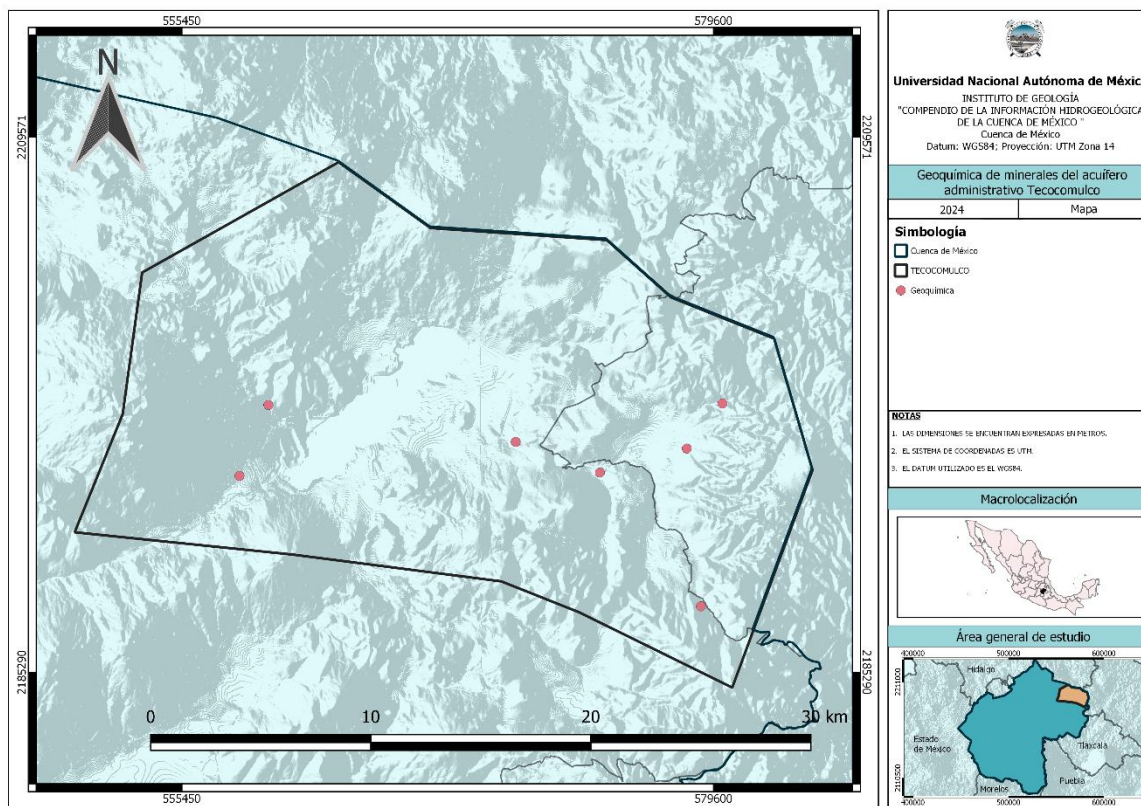
El acuífero es atravesado totalmente por una falla geológica casi en su centro Sur-Norte y presenta otras tres mucho más pequeñas en sus extremos Sureste, Suroeste y Oeste



Mapa 137. Litología y fallas geológicas presentes en el acuífero Tecocomulco

4.5.3.1 Geoquímica del acuífero Tecocomulco

En el acuífero existen siete sitios en los que se ha muestreado la geoquímica de los minerales, donde prácticamente cinco de esos sitios están de lado Este y los dos sobrantes en la zona Suroeste.

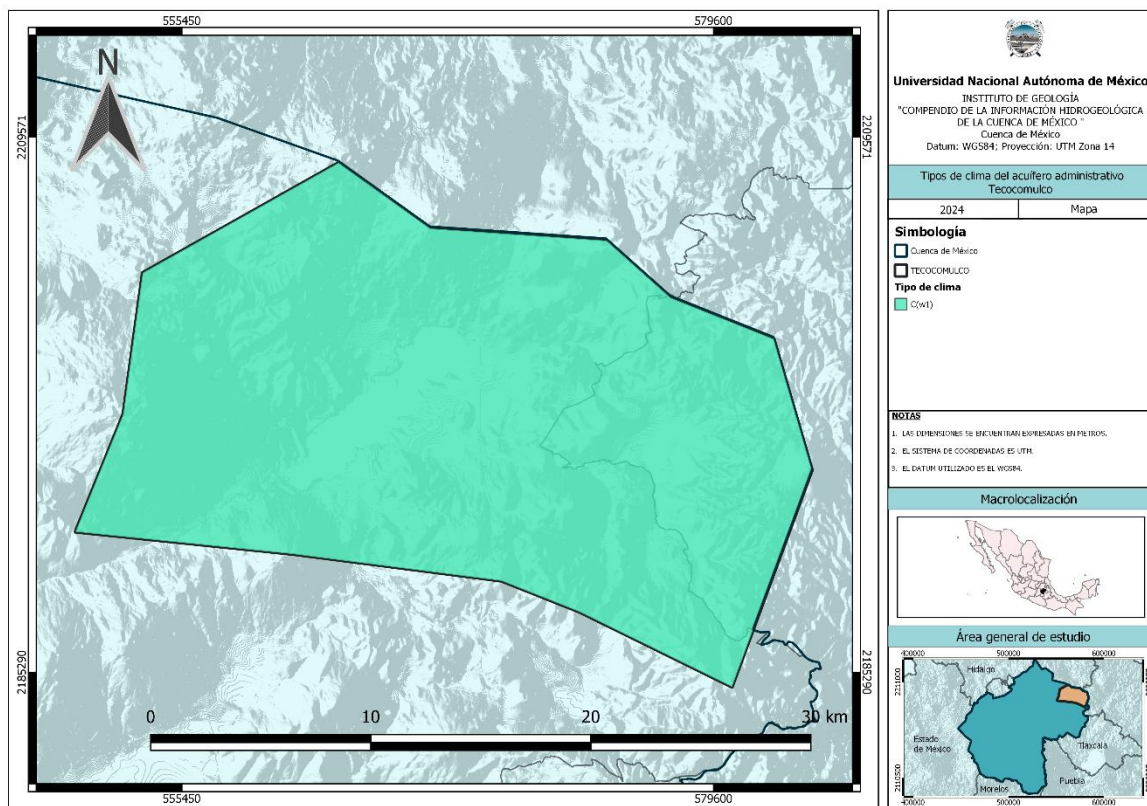


Mapa 138. Puntos de muestreo para geoquímica en el acuífero Tecocomulco

4.5.4 Clima en el acuífero Tecocomulco

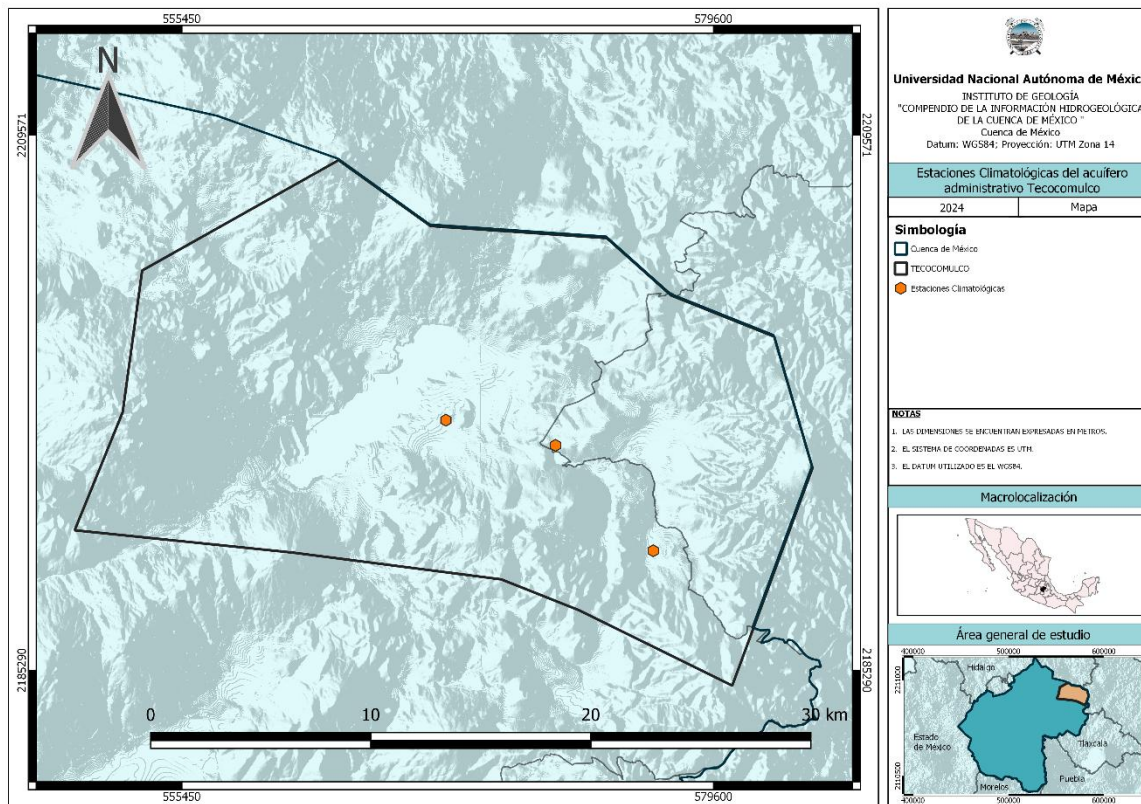
En el acuífero sólo domina el tipo de clima Templado Subhúmedo (C(w1)) con lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal de 5 al 10.2% del total anual.

La temperatura media anual en el acuífero oscila entre los 8 y 11 °C con una media más cálida durante el mes de junio entre 12 y 15 °C y la más fría en diciembre a febrero entre los 3 y 5 °C. Así también, la precipitación media anual es de 669 mm (Conagua, 2023).



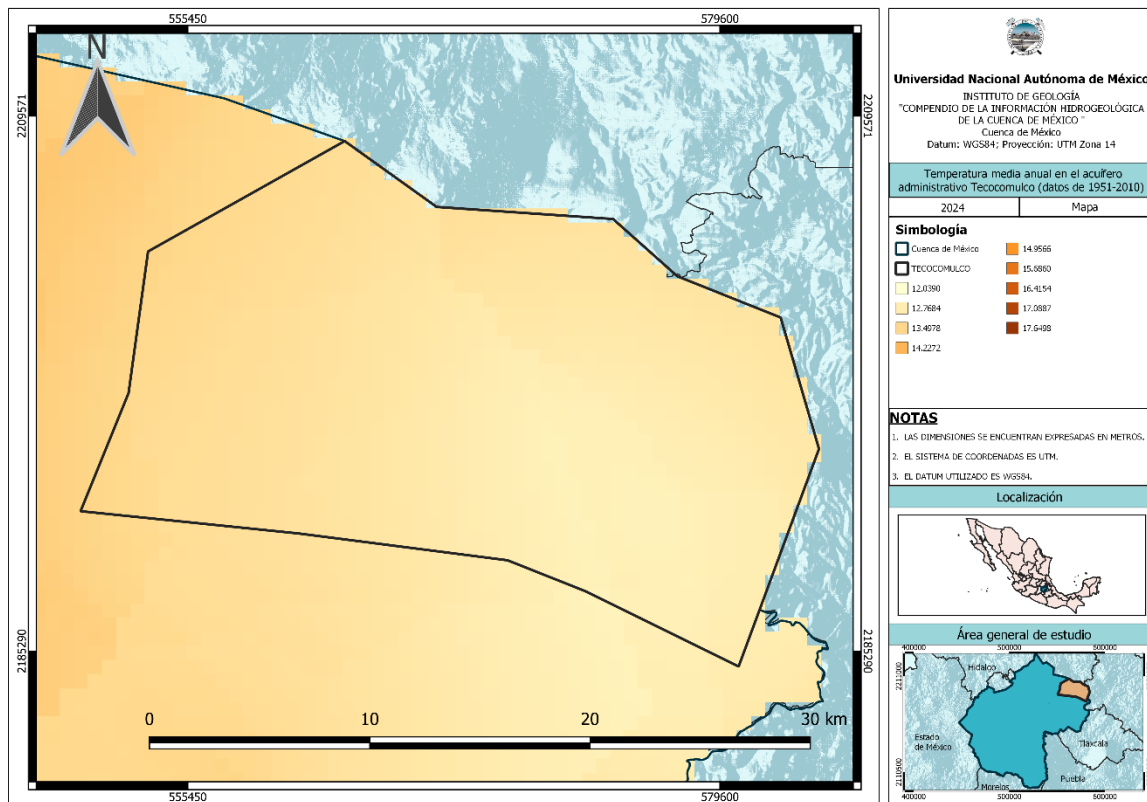
Mapa 139. Distribución de los tipos de clima en el acuífero Tecocomulco

El acuífero cuenta únicamente con tres estaciones climatológicas ubicadas en la zona centro y Sureste, como se observa en el mapa a continuación.



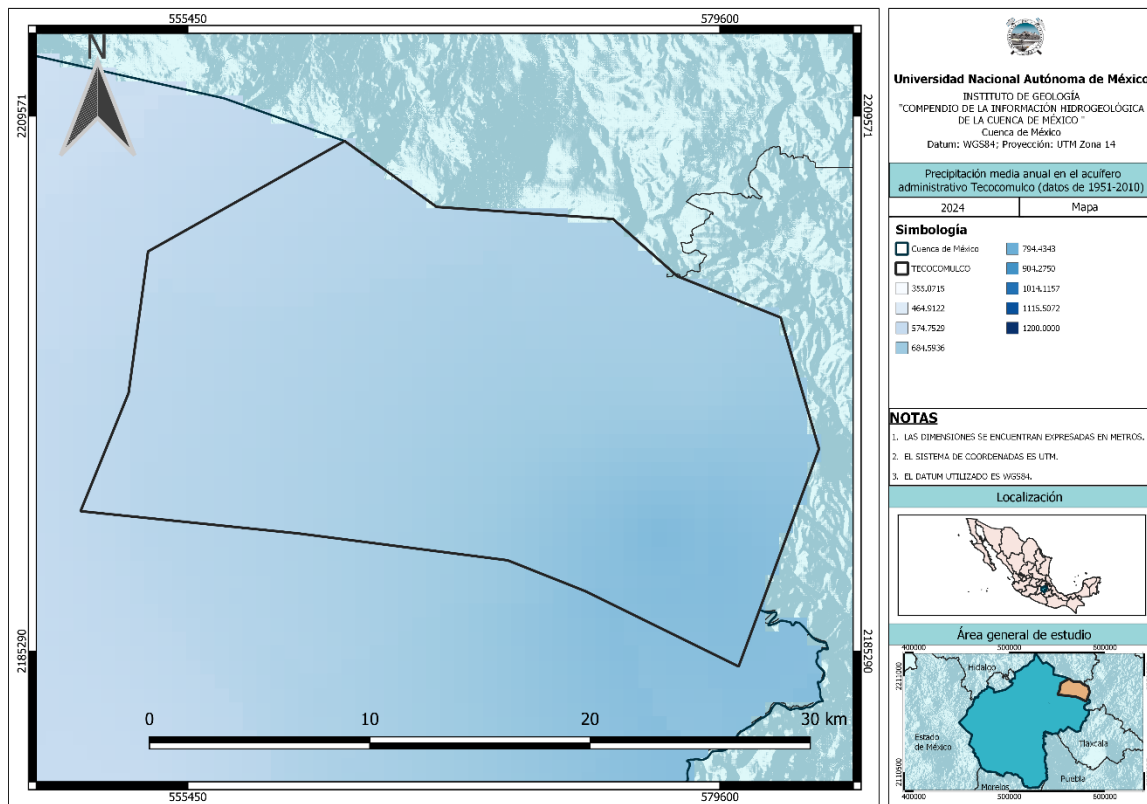
Mapa 140. Localización de las estaciones climatológicas en el acuífero Tecocomulco

La temperatura promedio anual en el acuífero tiene un rango de 12 °C, en el lado Este y llega hasta los 13.4 °C en el extremo Suroeste, como se aprecia en el siguiente mapa.



Mapa 141. Distribución de la temperatura media anual en el acuífero Tecocomulco

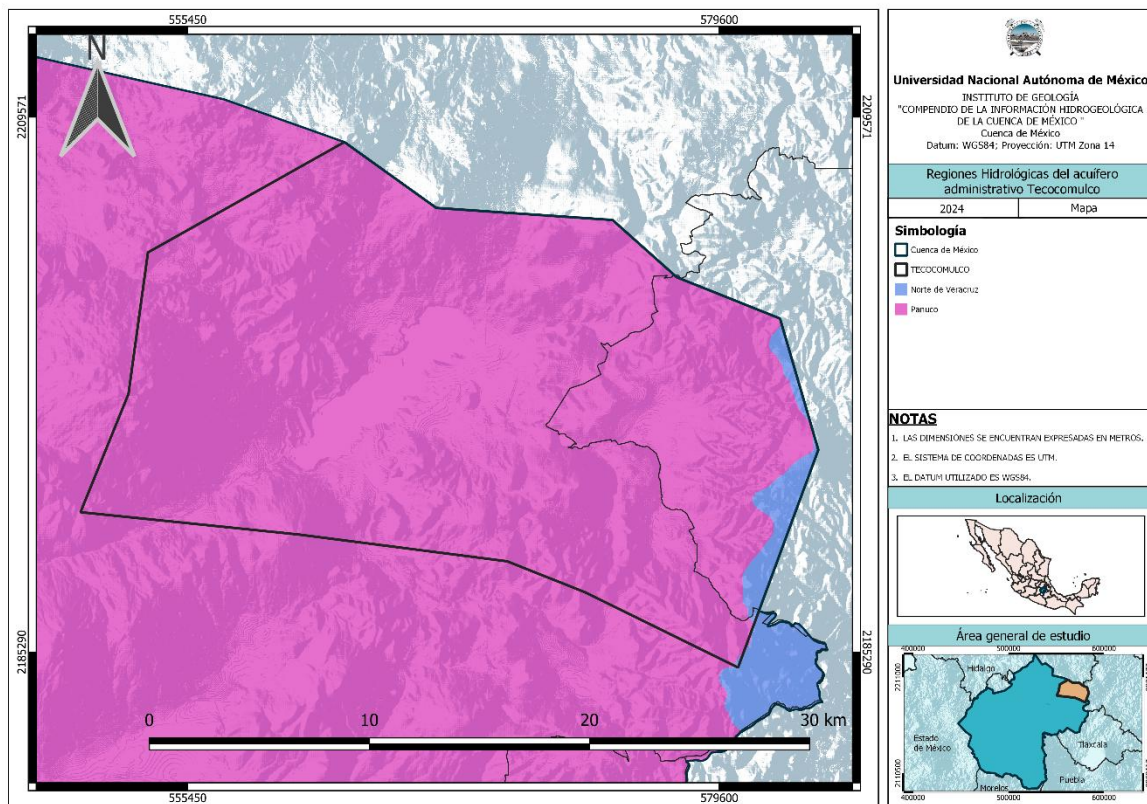
En cuanto a la precipitación promedio anual en el acuífero, toma valores desde los 574 mm de lado Oeste y alcanza los 794 mm en el extremo Sureste, como se muestra en el mapa.



Mapa 142. Distribución de la precipitación media anual en el acuífero Tecocomulco

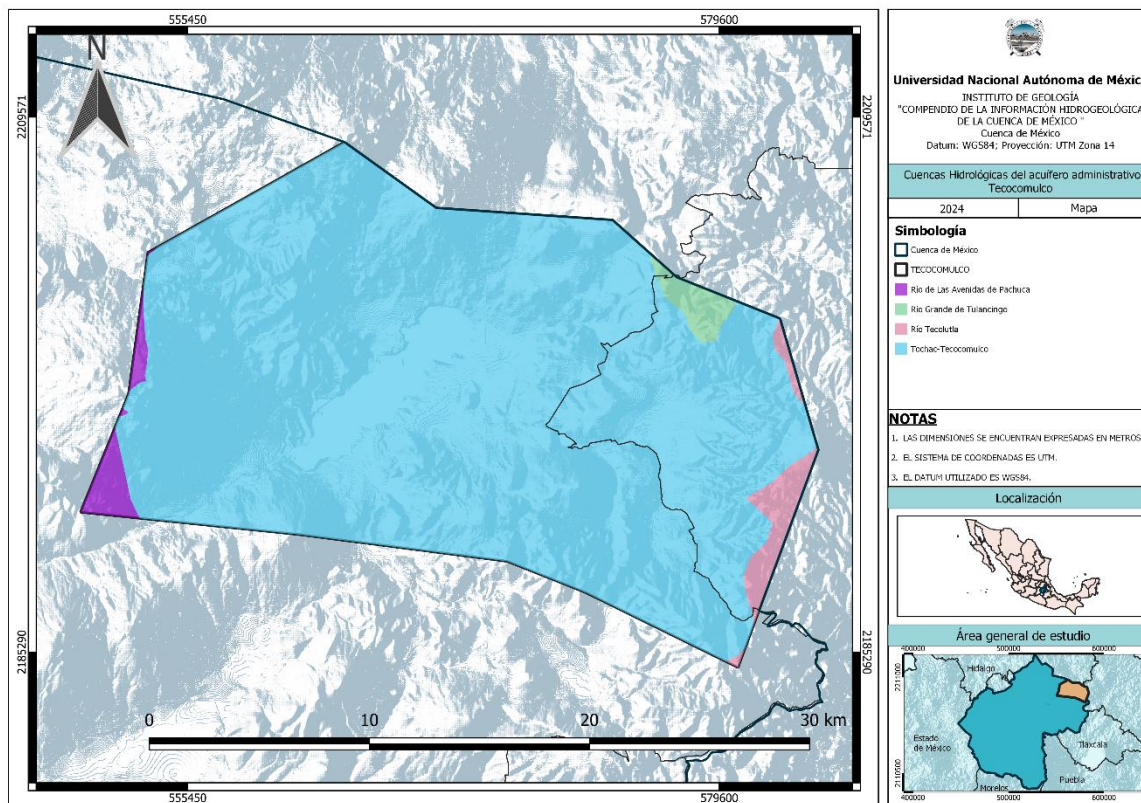
4.5.5 Aguas superficiales en el acuífero Tecocomulco

El mapa ilustra que la Región hidrológica que abarca casi toda el área del acuífero Tecocomulco es Panuco y solamente una pequeña porción de lado Este pertenece a la Región Norte de Veracruz.



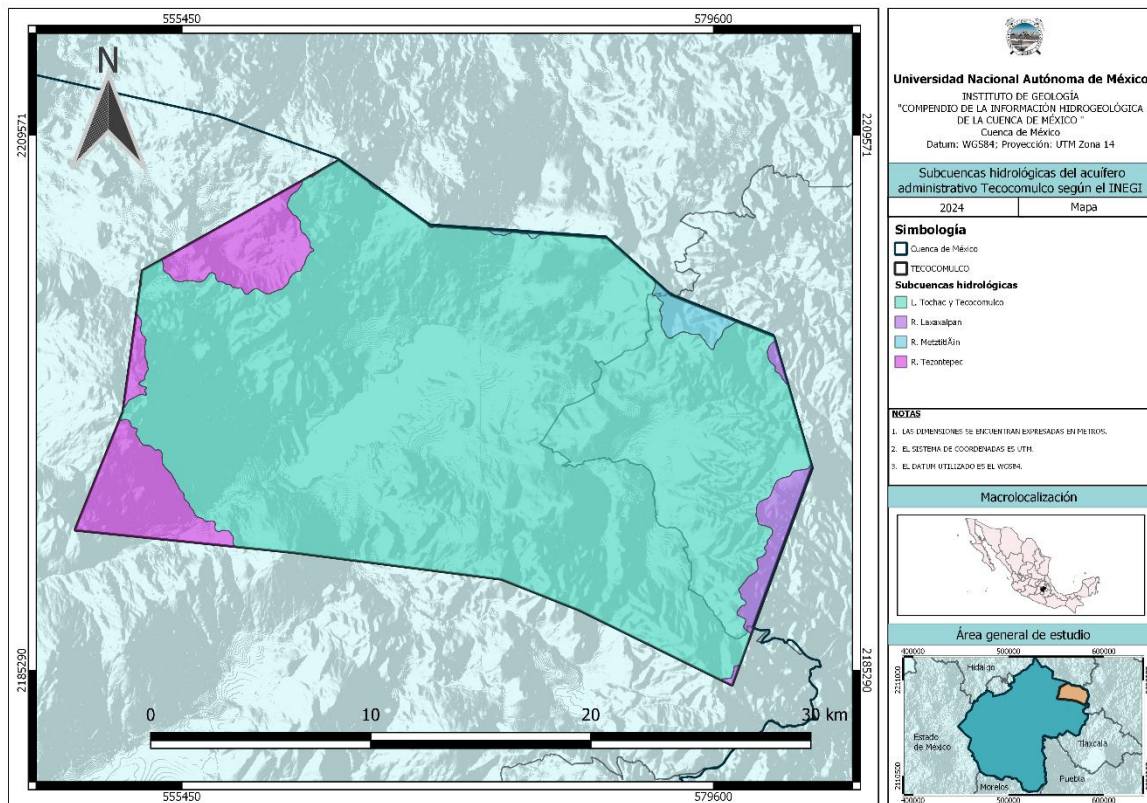
Mapa 143. Regiones Hidrológicas abarcadas por el acuífero Tecocomulco

Igual que en el caso anterior, hay una Cuenca Hidrológica que domina en el acuífero, la cual se llama Tochac-Tecocomulco, mientras en su punta Suroeste se presenta la Cuenca Río de las Avenidas de Pachuca; en una pequeña zona al Noreste se encuentra parte de la Cuenca Río Grande de Tulancingo; finalmente, pequeñas áreas de lado Este corresponden con la Cuenca Río Tecolutla.



Mapa 144. Cuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Tecocomulco

De igual manera que los casos anteriores, la Subcuenca dominante en el acuífero es la de Tochac y Tecocomulco. De lado Oeste ocupa algunas áreas la Subcuenca Laxaxalpan, mientras que del lado Este ocurre lo mismo con la Subcuenca Tezontepec.

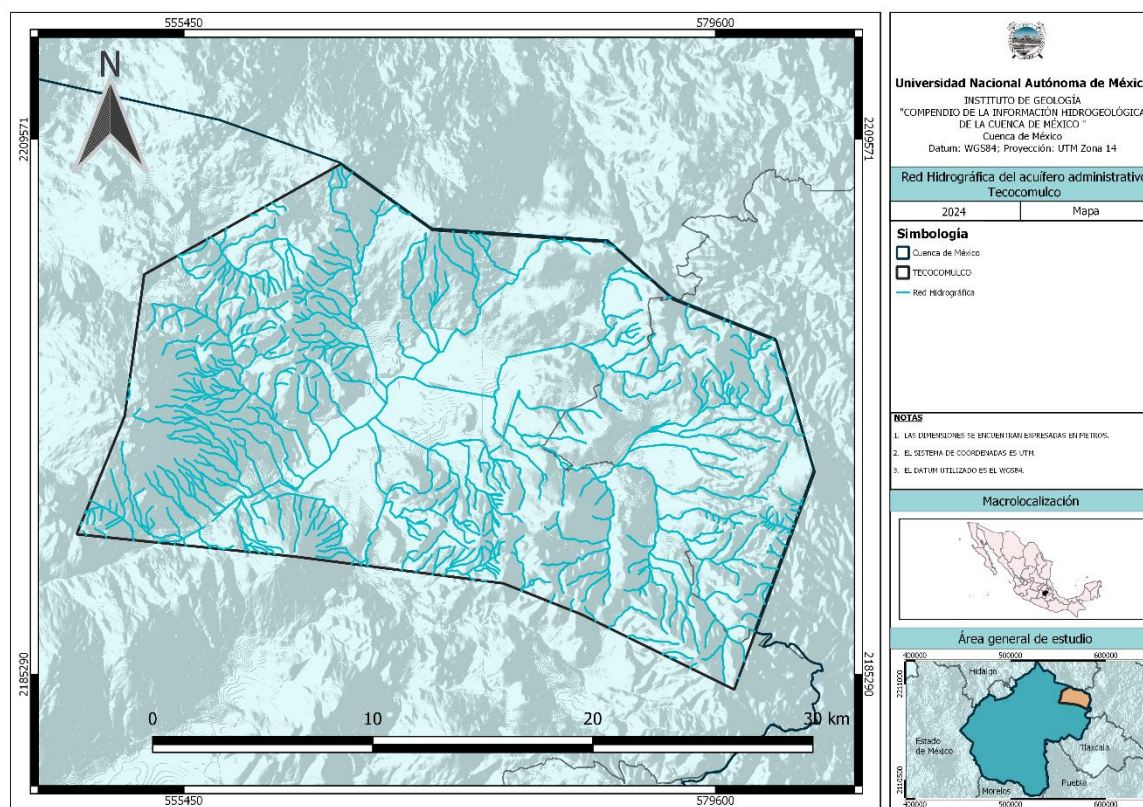


Mapa 145. Subcuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Tecocomulco

En la cuenca, la mayoría de los escurrimientos tienen un comportamiento intermitente, con avenidas pronunciadas que transportan una gran cantidad de azolves causados por la pendiente pronunciada y la deforestación. Debido al crecimiento urbano, las condiciones naturales de los escurrimientos han cambiado con el tiempo.

En la Cuenca de México, una gran cantidad de corrientes forman parte de la red hidrográfica que forma un sistema general bastante definido. Sus cauces son pequeños y tienen paredes escarpadas debido a los sistemas de fracturamiento y fallamiento. Las Sierras de las Cruces, la de Calpulalpan, las de la Sierra de Río Frío y otras son controladas por el sistema de fallas del Plio-Cuaternario. (CONAGUA,2023).

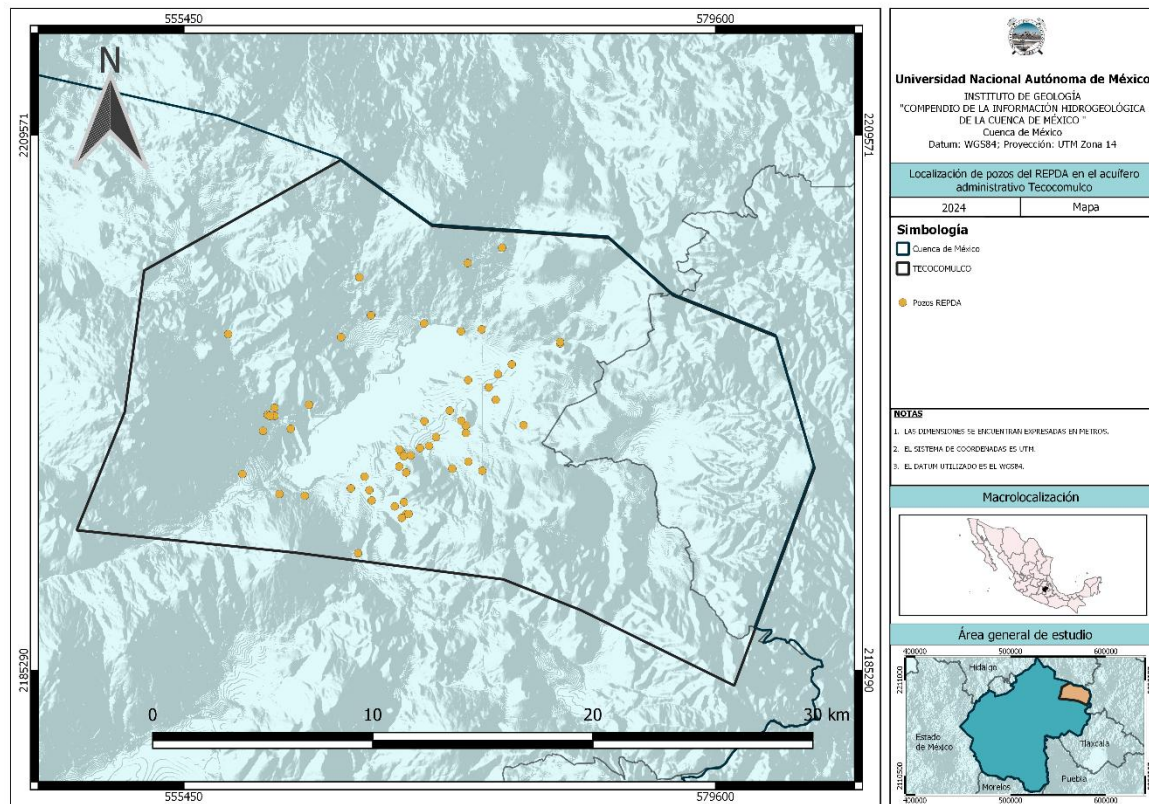
La Red Hidrográfica en el acuífero se muestra en el mapa #, donde se observa que las zonas montañosas del Oeste contienen redes más abundantes, pero las demás zonas del acuífero también presentan una buena cantidad de ríos y flujos hidrícos.



Mapa 146. Red hidrográfica del acuífero Tecocomulco

4.5.6 Monitoreo de agua subterránea en el acuífero Tecocomulco

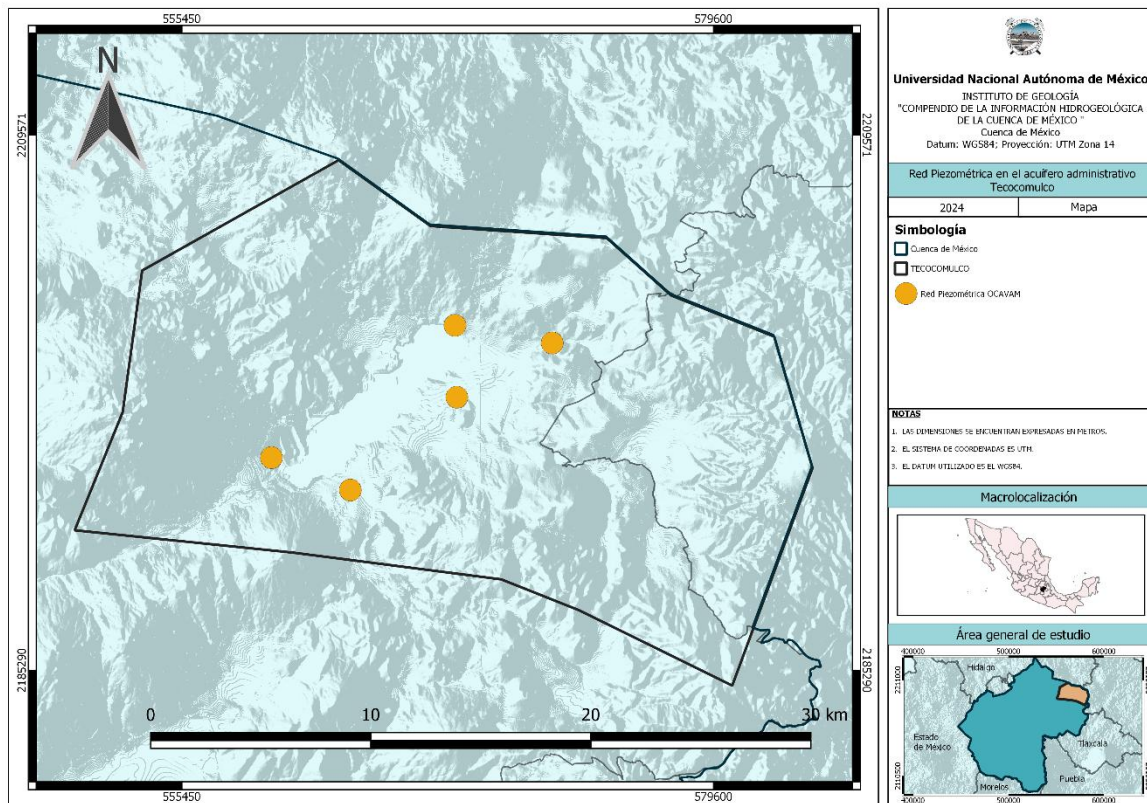
Los pozos del REPDA disponibles para monitorear el agua subterránea en el acuífero Tecocomulco son más de cuarenta, aunque están concentrados en la zona Sur y Centro-Este, mientras los demás se dispersan al Norte y en los pies de monte del Oeste, como se observa en el mapa.



Mapa 147. Localización de pozos del REPDA en el acuífero Tecocomulco

4.5.6.1 Red piezométrica en el acuífero Tecocomulco

El acuífero cuenta con cinco piezómetros ubicados dos en la zona Sur y los tres restantes en la parte plana y de pie de monte de la zona Norte.



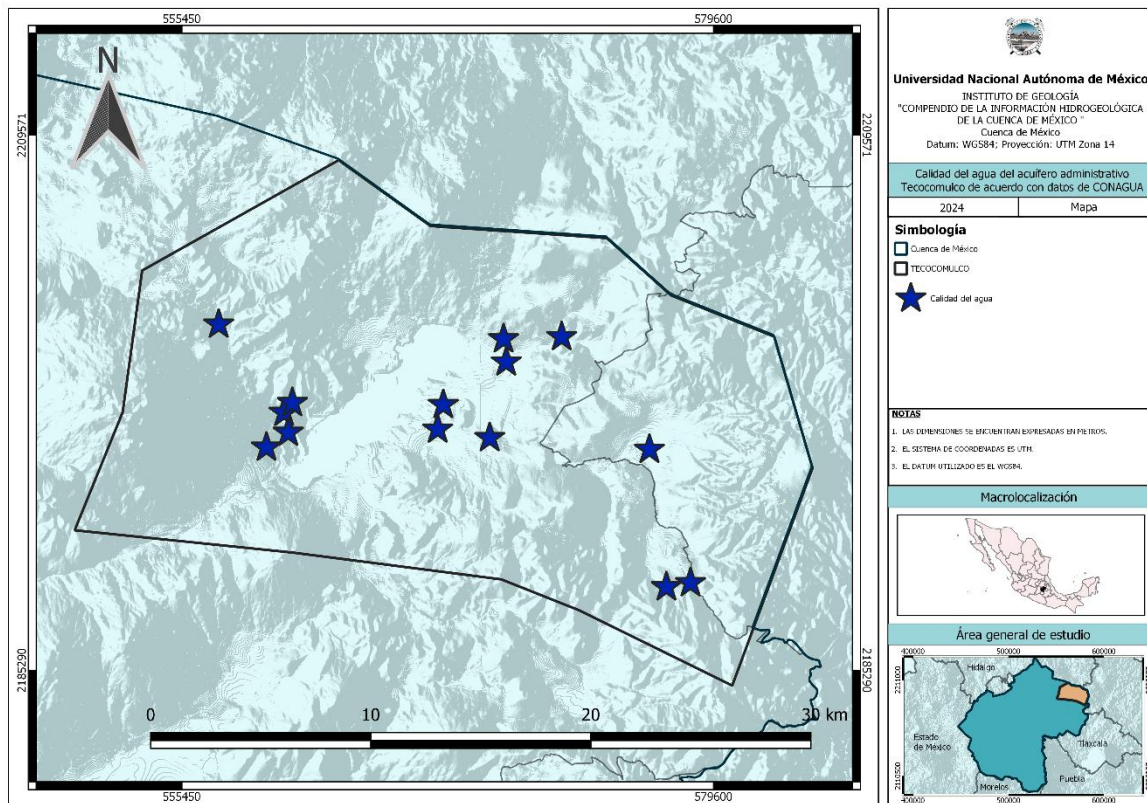
Mapa 148. Red Piezométrica en el acuífero Tecocomulco

4.5.6.2 Monitoreo de la calidad del agua en el acuífero Tecocomulco

Debido a las características urbanas de la zona, la calidad de sus aguas por lo que pueden considerarse aceptables en cuanto a los sulfatos, cloruros, nitratos, amonio, residuo seco, dureza total, y bicarbonatos determinando que las aguas subterráneas que bordean al Lago de Texcoco y zona de Chalco son las que contienen mayores concentraciones de contaminantes. Por lo que se considera que este acuífero aún es confiable.

El acuífero Tecocomulco dadas sus características población dispersa, industria básicamente nula y zonas de riego muy pequeñas, y de acuífero subexplotado no presenta variedad en la calidad de sus aguas por lo que pueden considerarse aceptables en cuanto a los sulfatos, cloruros, nitratos, amonio, residuo seco, dureza total, y bicarbonatos. (CONAGUA, 2023)

Los pozos disponibles para monitorear la calidad del agua en el acuífero se presentan en el siguiente mapa, donde se aprecia que se acumulan algunos grupos en los pie de monte al Norte y al Suroeste, en las zonas centro, y Sureste.



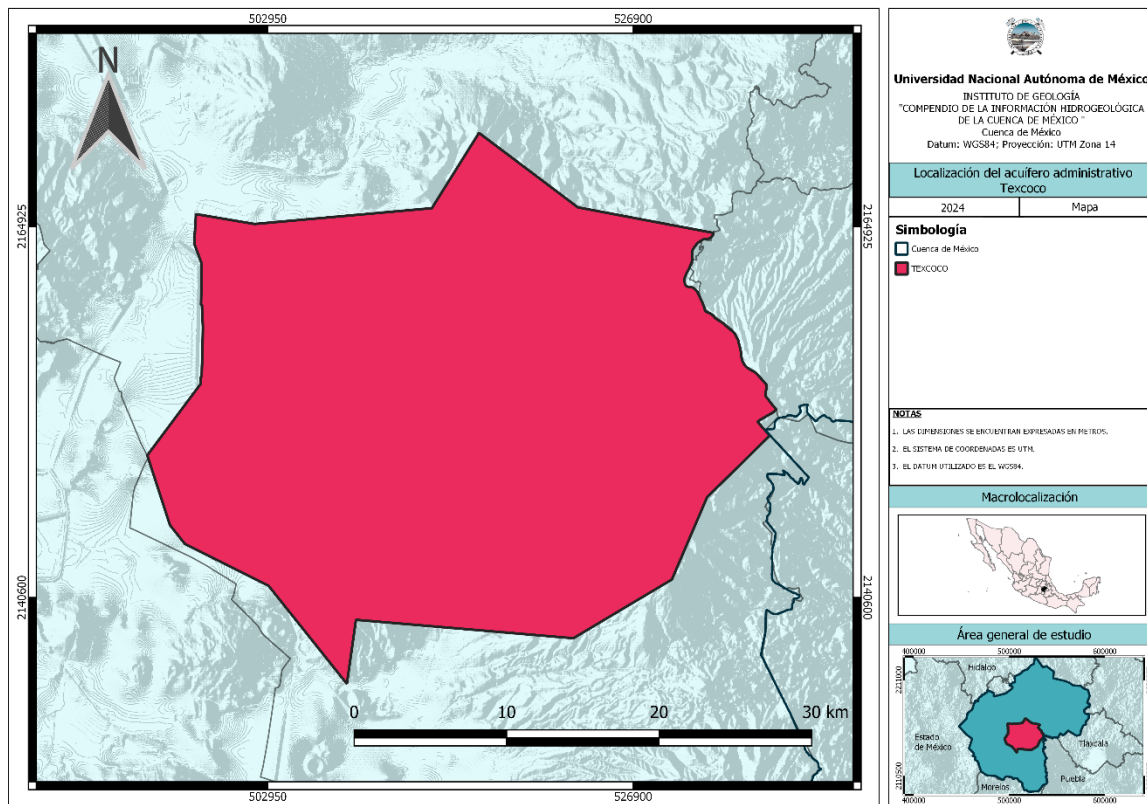
Mapa 149. Calidad del agua en el acuífero Tecocomulco, según datos de CONAGUA

4.6 Acuífero administrativo Texcoco

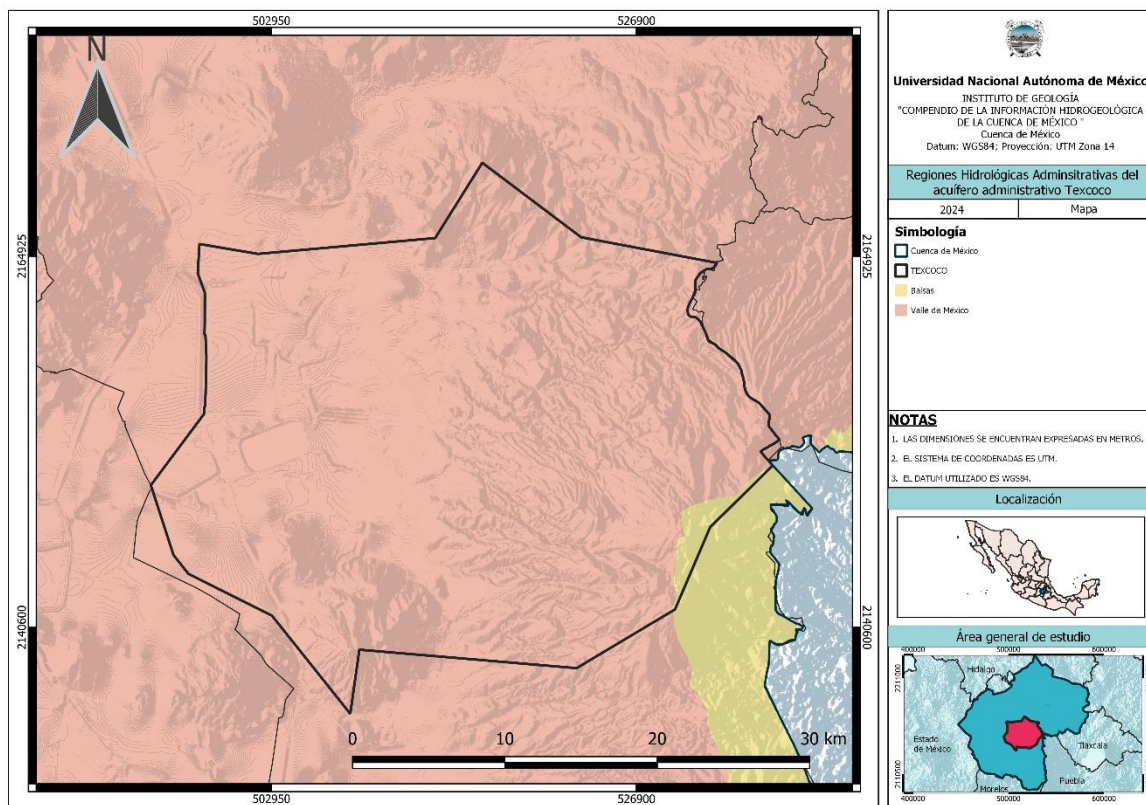
El acuífero Texcoco, identificado con la clave 1507, se ubica en la porción centro-oriental del Estado de México; su superficie o comprende totalmente los municipios Chicoloapan, Chimalhuacán, Chiconcuac, Papalotla y Texcoco; casi la totalidad de Atenco, Chiautla, Ixtapaluca, Nezahualcóyotl, La Paz y Tepetlaoxtoc; así como pequeñas porciones de los municipios Acolman, Ecatepec de Morelos y Tezoyuca.

Su territorio se encuentra totalmente vedado y sujeto a las disposiciones de dos decretos. En la mayor parte de su superficie sólo permite extracciones limitadas para usos doméstico. En una pequeña superficie del extremo suroriental sólo se permiten extracciones para usos doméstico y abrevadero que se realicen por medios manuales.

El valor de la recarga total media anual de este acuífero es de 145.1 hm³/años (todos ellos de recarga natural) y una descarga natural a través de manantiales de 10.4hm anuales. Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de 245,723,122 m³/anuales, lo que significa que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero. (CONAGUA, 2023)



Mapa 150. Localización del acuífero Texcoco



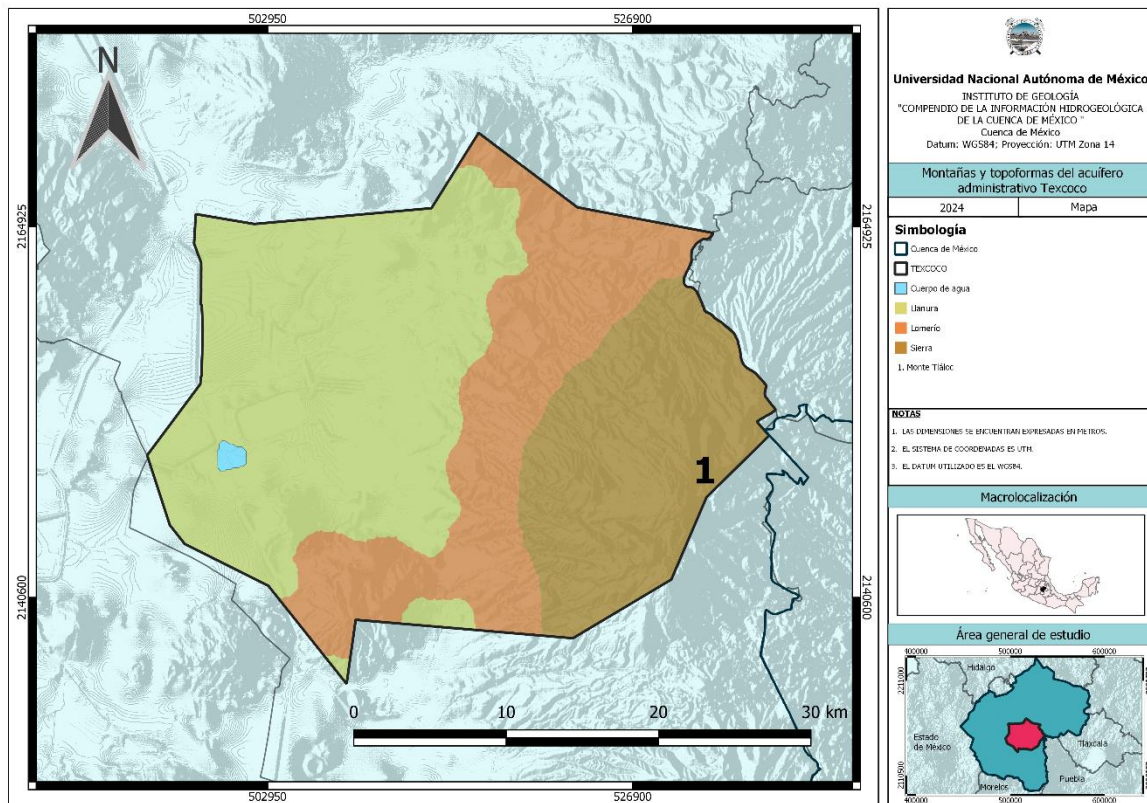
Mapa 151. Regiones Hidrológico-Administrativas abarcadas por el acuífero Texcoco

4.6.1 Fisiografía del acuífero Texcoco

En la superficie del acuífero se pueden distinguir dos elementos geomorfológicos principales: las áreas elevadas que rodean el valle, formadas por sierras, cerros, laderas y lomeríos en la región oriental, y las áreas planas que forman una altiplanicie con depresiones lacustres en proceso de desecación y pequeñas elevaciones topográficas aisladas.

Una de las características físicas que definen y limitan la cuenca de México es la presencia de sierras. El relieve es principalmente suave, con la mayoría de las altitudes las llanuras lacustres con altitudes promedio de 2,240 metros sobre el nivel del mar, solo interrumpidas por algunas elevaciones de menor altura entre las que se destacan las sierras de Guadalupe y Santa Catarina, ubicadas al norte y suroriente de la Ciudad de México (CONAGUA,2023).

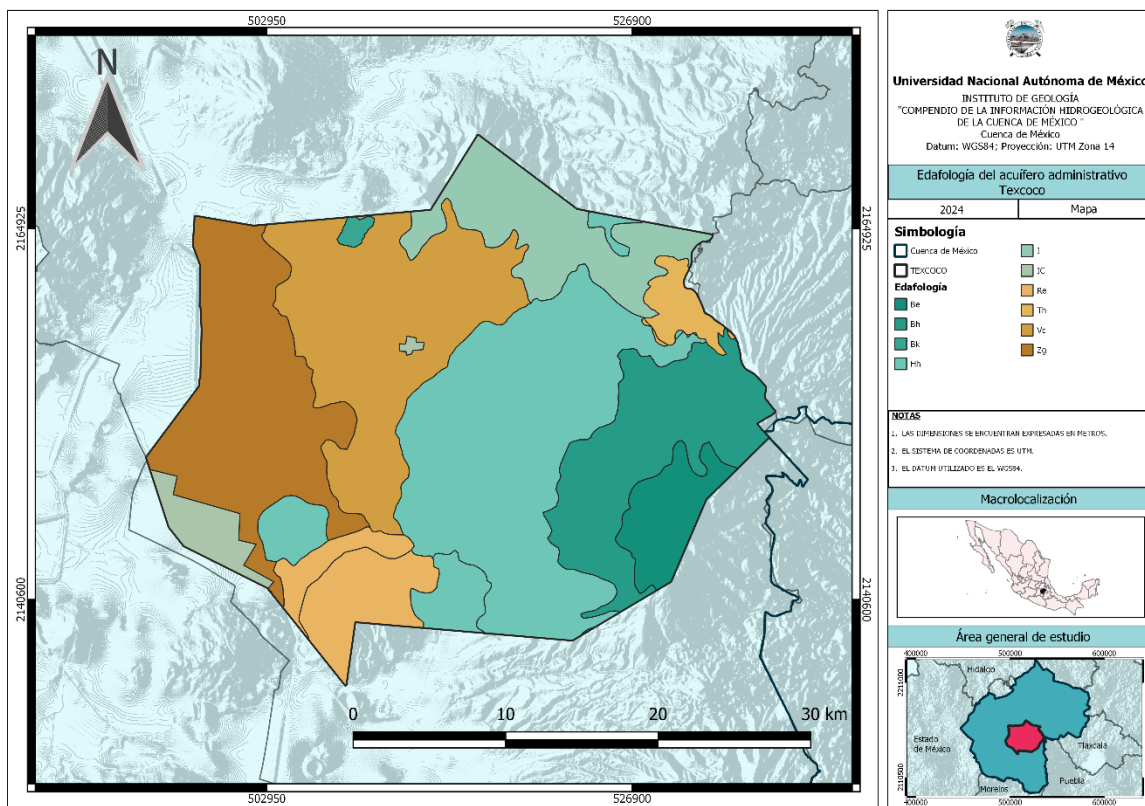
El acuífero de Texcoco presenta tres formas topográficas, que de Este a oeste son Sierras, donde se encuentra el Monte Tláloc indicado con el número uno; Lomerío en una franja más delgada y desde la zona centro hasta el límite Oeste se presentan Llanuras, como se muestra en el mapa.



Mapa 152. Topoformas presentes en el acuífero Texcoco

4.6.2 Edafología del acuífero Texcoco

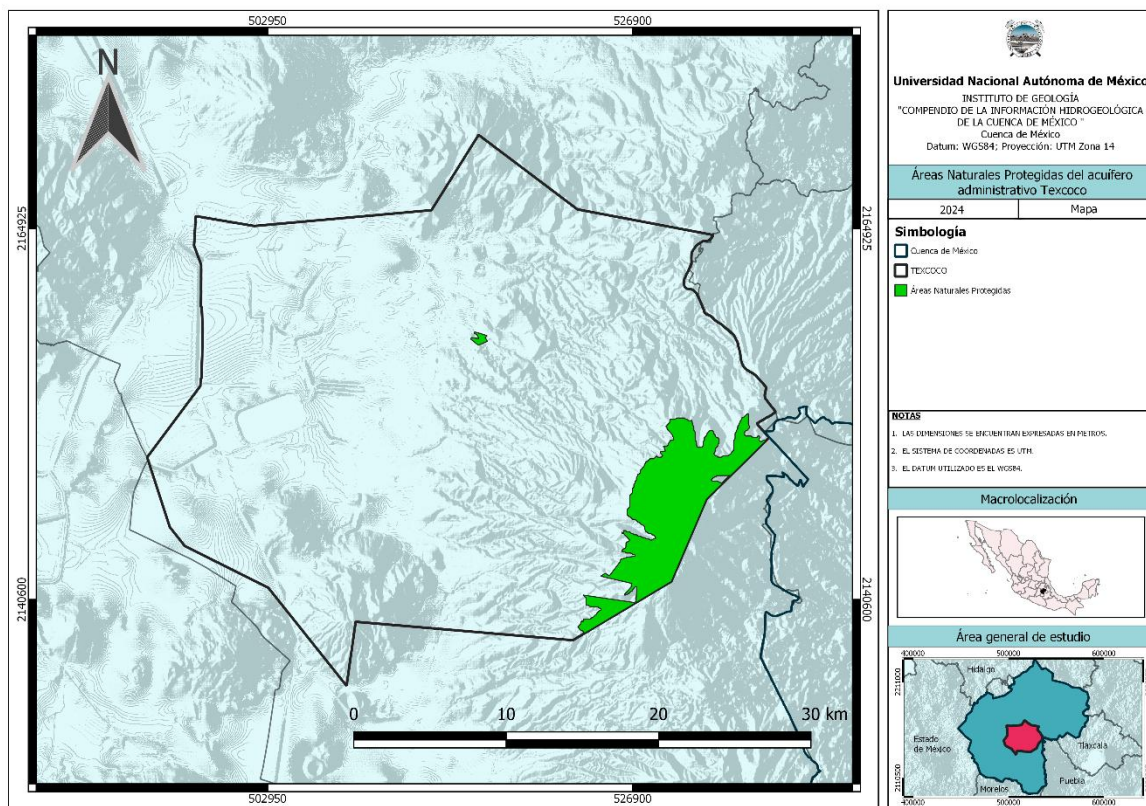
En el mapa se indican los tipos de suelo presentes en el acuífero Texcoco, siendo siete los de mayor área ocupada, que corresponden de Este a Oeste con: Be, Eh, Hh, Vt y Zg. Mientras, en las zonas Norte y Suroeste se encuentran los tipos J, Jc y Re, respectivamente.



Mapa 153. Edafología presente en el acuífero Texcoco

4.6.3 Áreas Naturales Protegidas en el acuífero Texcoco

Las Áreas Naturales Protegidas en el acuífero Texcoco son pocas, concentrándose en una delgada franja del límite Sureste y una muy pequeña en la zona Norte del acuífero, como se ilustra en el mapa.

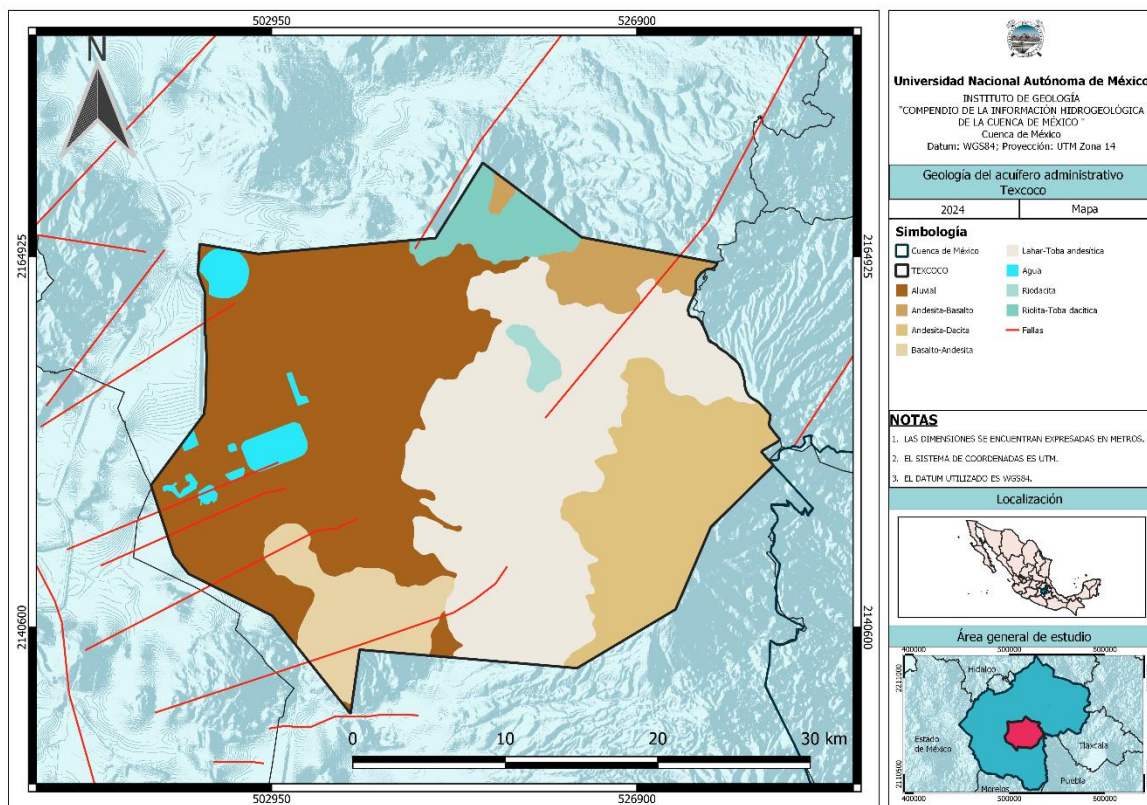


Mapa 154. Áreas Naturales Protegidas presentes en el acuífero Texcoco

4.6.4 Geología del acuífero Texcoco

El acuífero está constituido, en su porción superior por un paquete arcilloso de alta porosidad, baja permeabilidad y gran heterogeneidad. Bajo este paquete se encuentra el acuífero actualmente en explotación, formado principalmente por material granular más grueso, de espesor y propiedades hidráulicas variables. Le subyacen rocas volcánicas fracturadas, cuya base se localiza hasta 2,000 m en el centro del valle, disminuyendo hacia los márgenes de la cuenca. (CONAGUA, 2023)

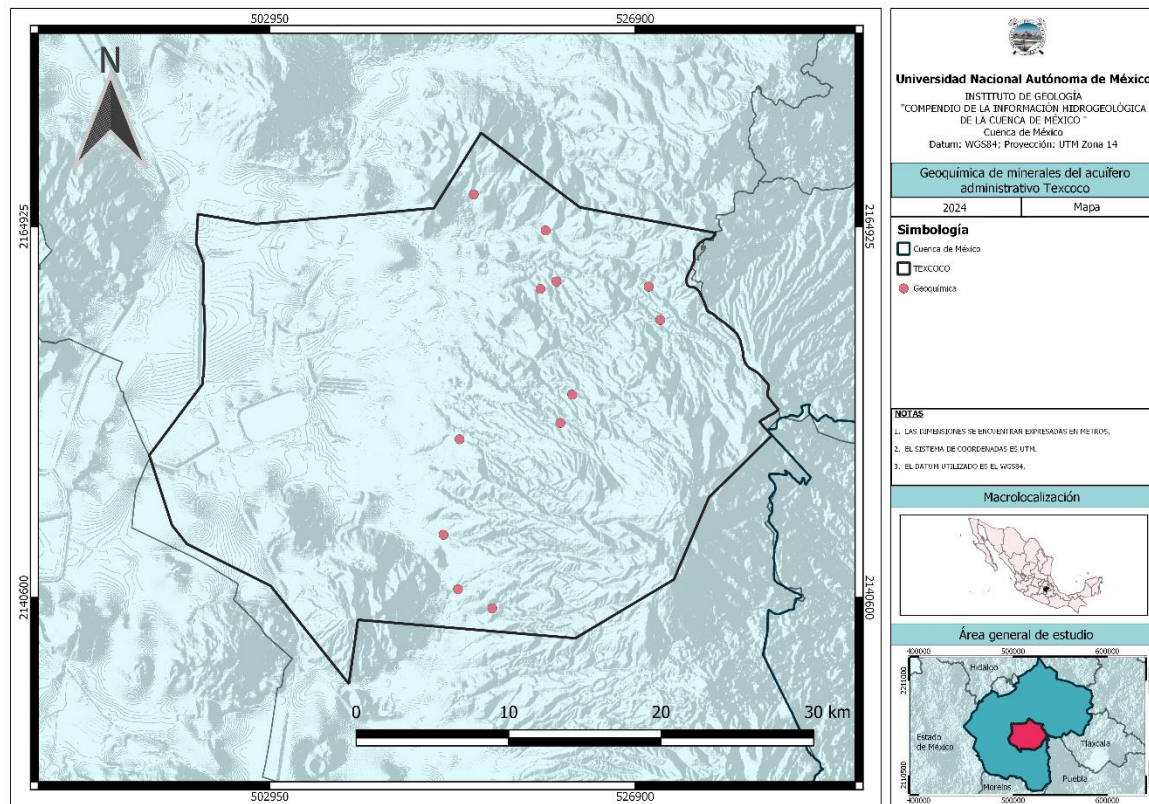
El acuífero presenta varios fallamientos, sobre todo en su porción Suroeste con cuatro y tres al Norte, como se muestra en él. En cuanto al tipo de rocas presentes en el acuífero, son seis las que más destacan, aunque son tres las que mayor área ocupan, siendo de Oeste a Este: Andesita-Basalto, Lahar-Toba Andesítica y Andesita-Dacita, de acuerdo con el mapa.



Mapa 155. Litología y fallas geológicas presentes en el acuífero Texcoco

4.6.4.1 Geoquímica del acuífero Texcoco

Son doce sitios con los que se cuenta para ver la geoquímica de los minerales presentes en el acuífero Texcoco, los cuales están dispersos solamente en la mitad Este del acuífero, entre los pie de monte de las montañas, de acuerdo al mapa.



Mapa 156. Puntos de muestreo para geoquímica en el acuífero Texcoco



4.6.5 Clima en el acuífero Texcoco

En el acuífero se encuentran cinco tipos de clima: Semiárido Templado (BS1kw), Templado subhúmedo (C(wo), C(w1) y C(w2)) y Semifrío Subhúmedo (Cb'(w2)).

El clima BS1kw ocupa la mayor extensión del acuífero y se caracteriza por tener un régimen de lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal menor de 5% anual, con oscilación anual entre las temperaturas medias mensuales de entre 5 y 7 °C (Conagua, 2023).

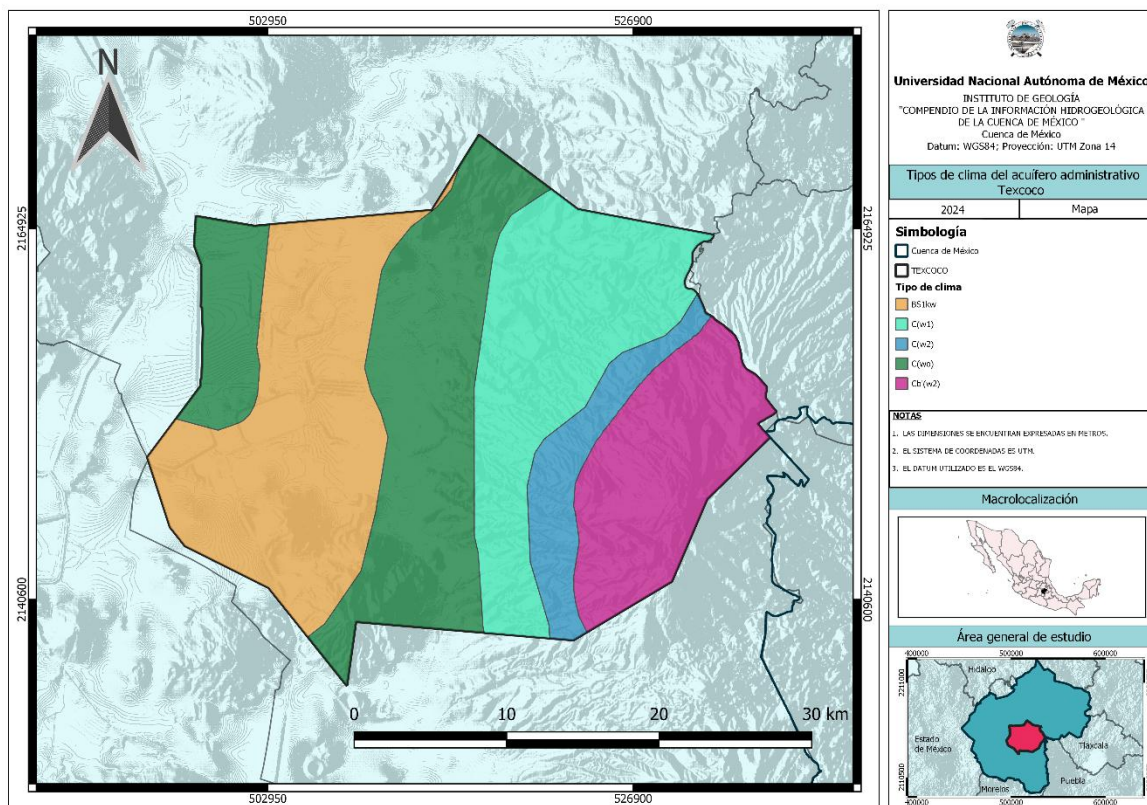
El clima C(wo) se caracteriza por tener una temperatura media anual de entre 12 y 18 °C con lluvias en verano, y precipitación invernal entre 5 y 10.2% del total anual.

Los climas C(w1) y C(w2) se caracterizan por tener una temperatura media anual entre 12 y 18 °C con precipitación media anual entre 200 a 1800 mm, y con lluvias de invierno del 5 al 10.2% anual.

Por último, el clima Cb'(w2) es de verano fresco largo, con temperatura media anual entre 5 y 12 °C, menos de cuatro meses con temperatura mayor a 10 °C, y precipitación anual entre 200 y 1900 mm.

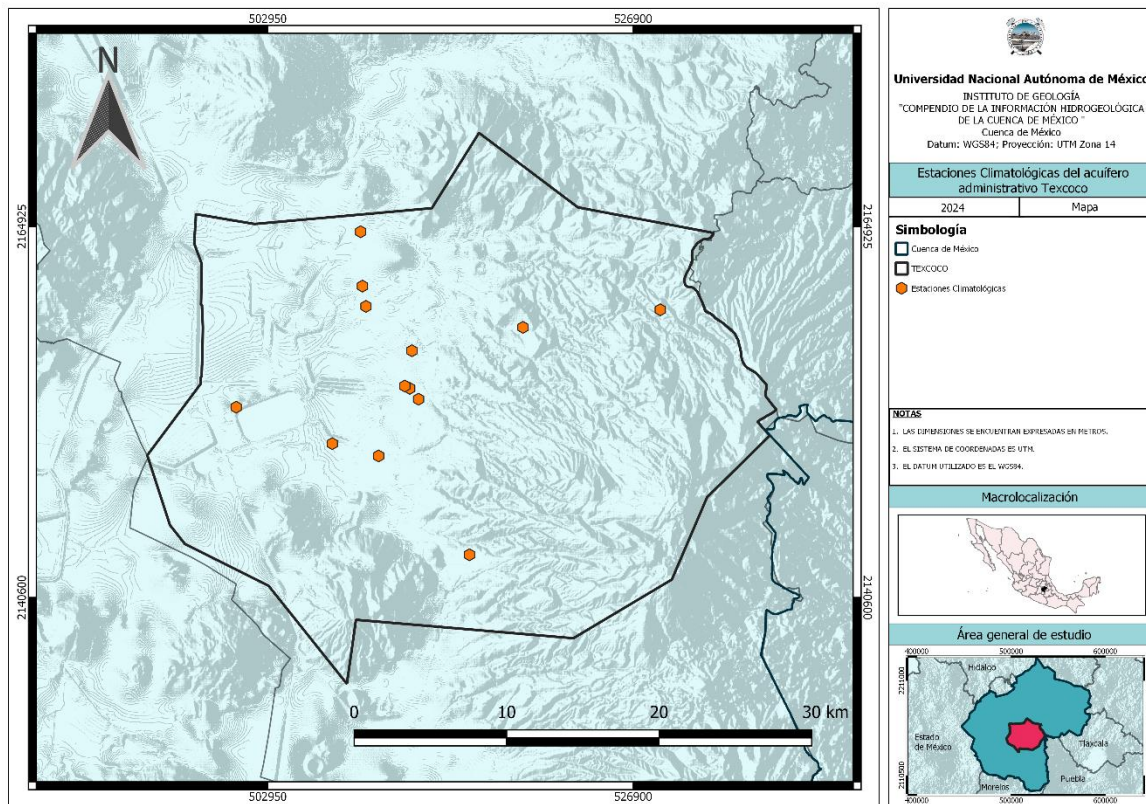
Según datos históricos del periodo de 1971-2000 de 21 estaciones climatológicas, el régimen de precipitación y temperatura media anual es de 750 mm y 25 °C, respectivamente (Conagua, 2023).

En el siguiente mapa se muestran los cinco tipos de clima presentes en el acuífero Texcoco, que parecen estar en proporciones similares, exceptuando el tipo C(w2) que abarca el área más delgada del acuífero.



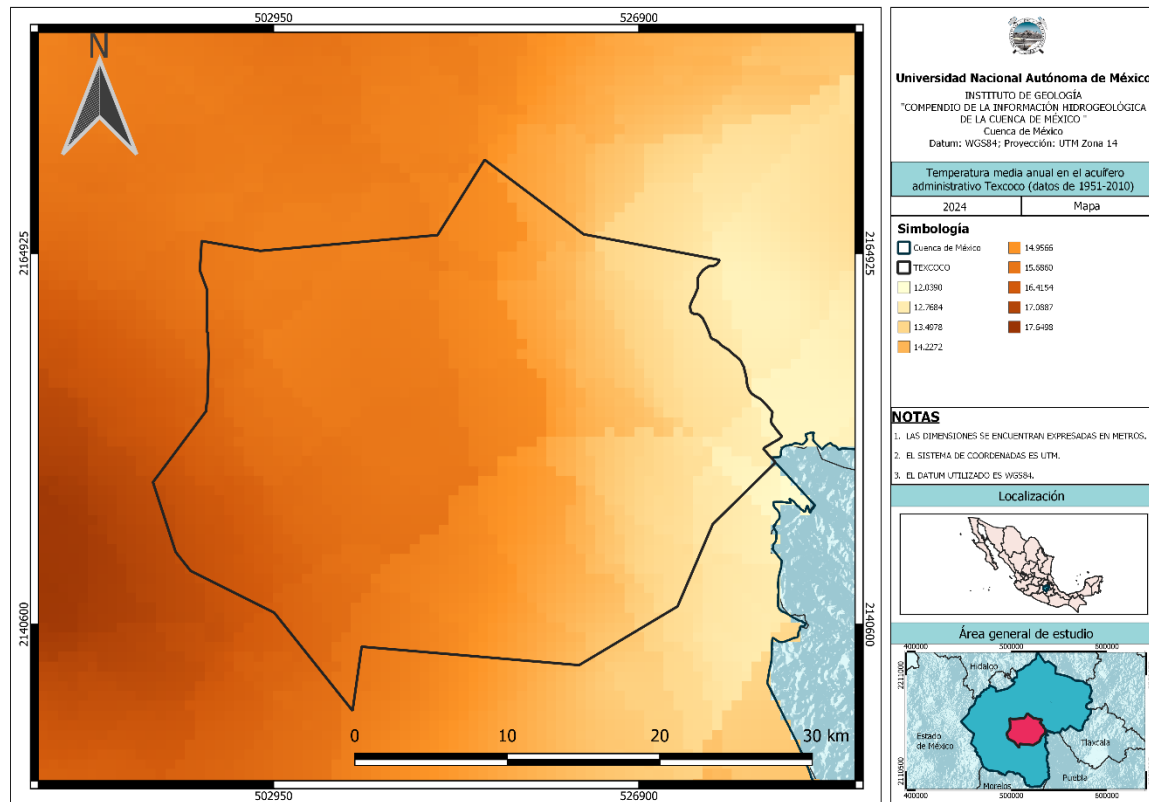
Mapa 157. Distribución de los tipos de clima en el acuífero Texcoco

En el acuífero existen trece estaciones climatológicas ubicadas principalmente en el lado centro y Norte, dejando descubierta la zona montañosa Este, principalmente.



Mapa 158. Localización de las estaciones climatológicas en el acuífero Texcoco

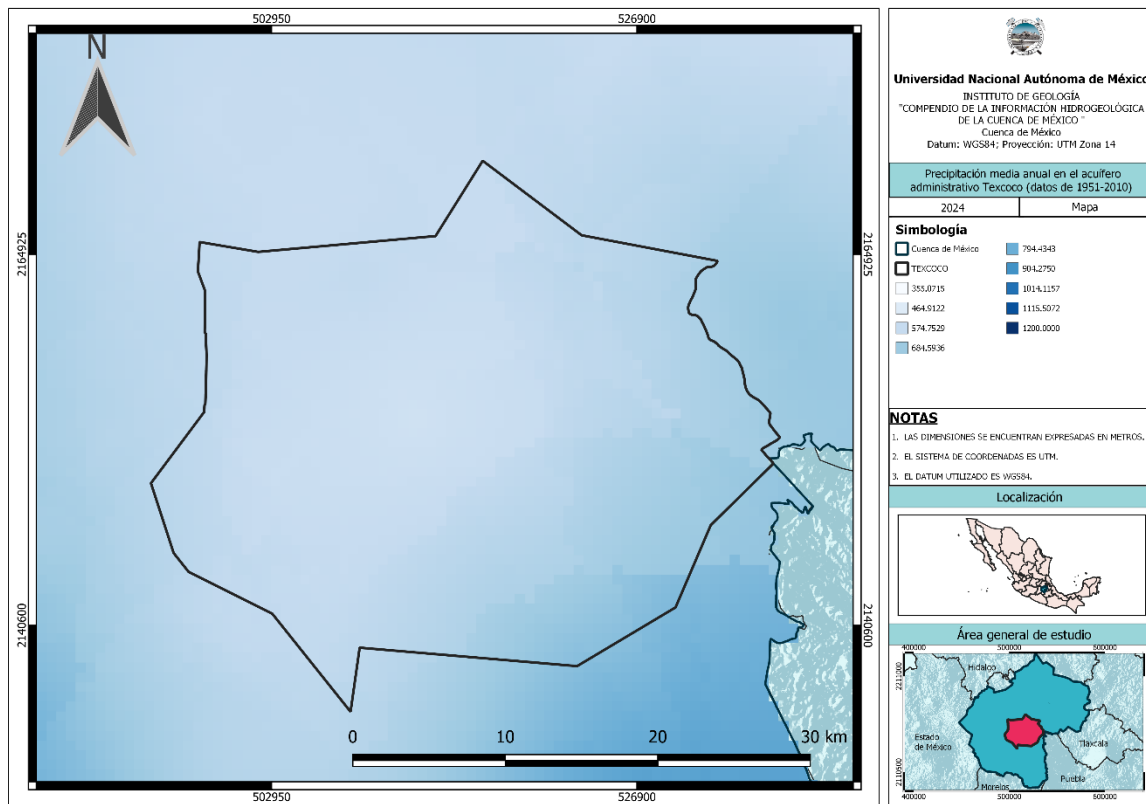
La temperatura en el acuífero varía de 12 °C a 16.4 °C desde el Este hacia el Oeste.



Mapa 159. Distribución de la temperatura media anual en el acuífero Texcoco



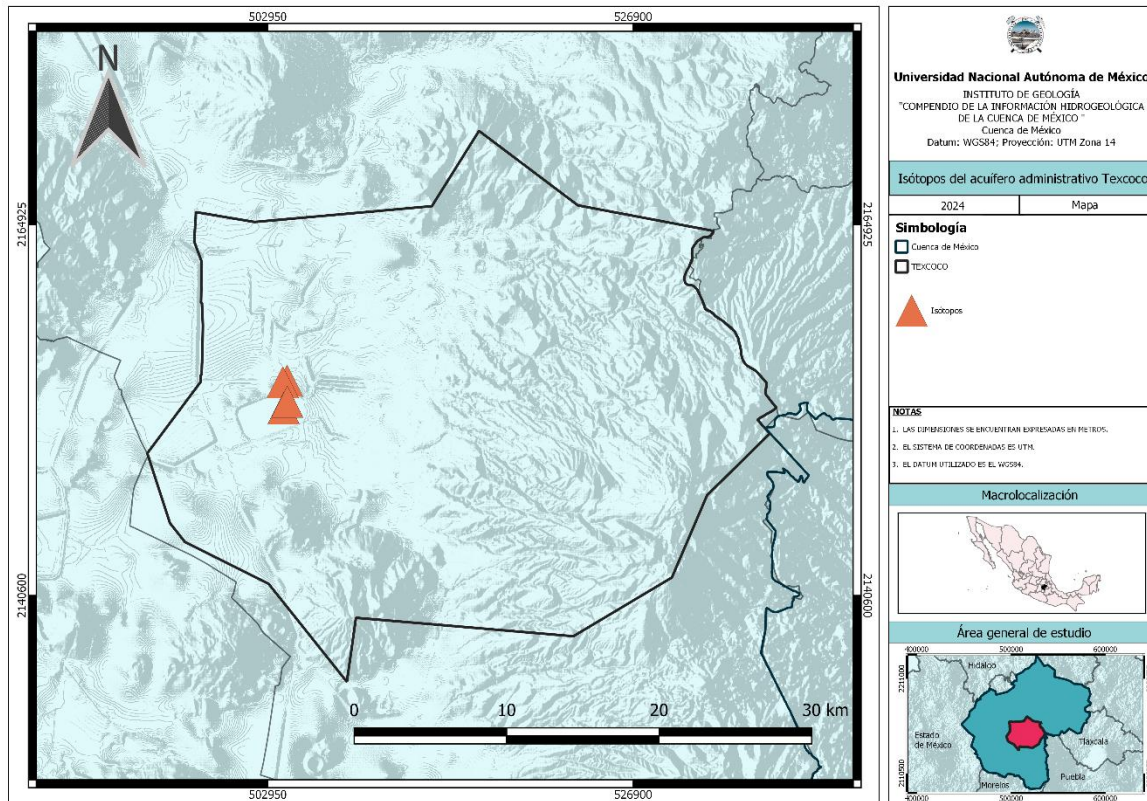
la lluvia tiene un rango de 464 mm por año principalmente en la zona centro hasta los 794 mm por año en la zona sur del acuífero.



Mapa 160. Distribución de la precipitación media anual en el acuífero Texcoco

4.6.6 Isótopos en el acuífero Texcoco

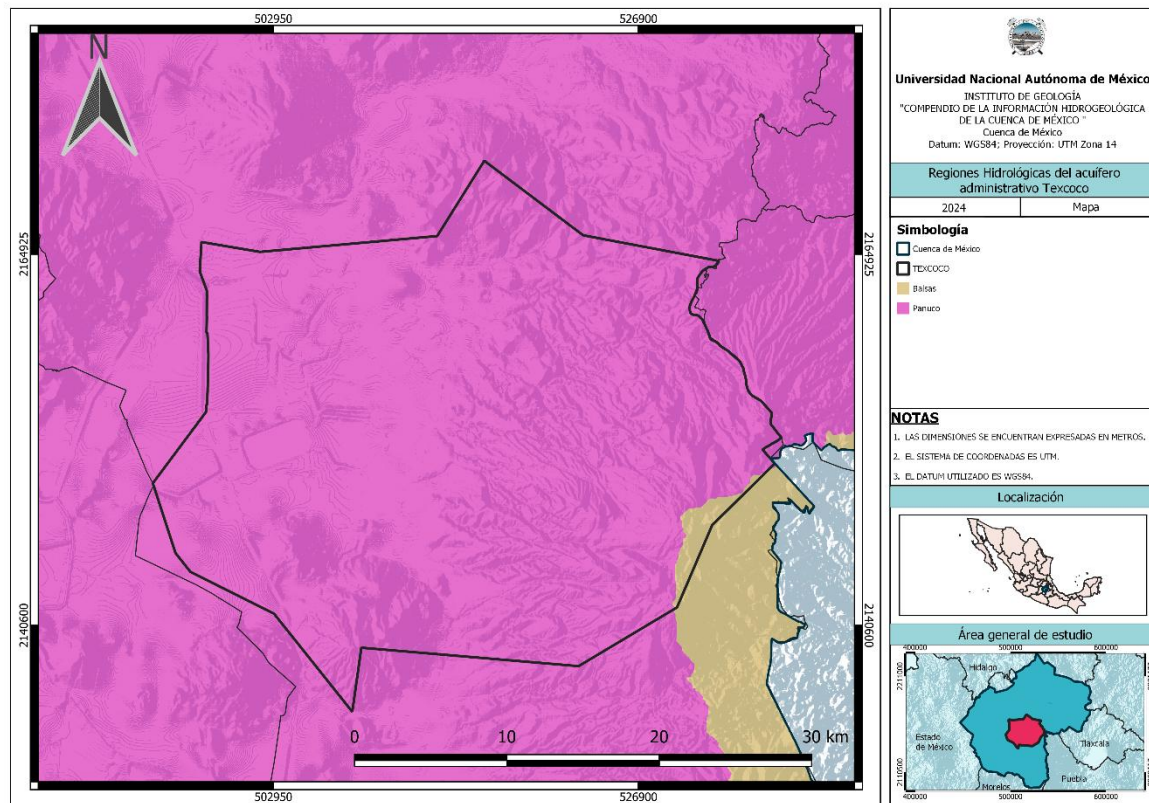
El acuífero de Texcoco presenta aproximadamente cuatro sitios con información isotópica, ubicados en la misma zona del lado Oeste.



Mapa 161. Isotopos del acuífero Texcoco

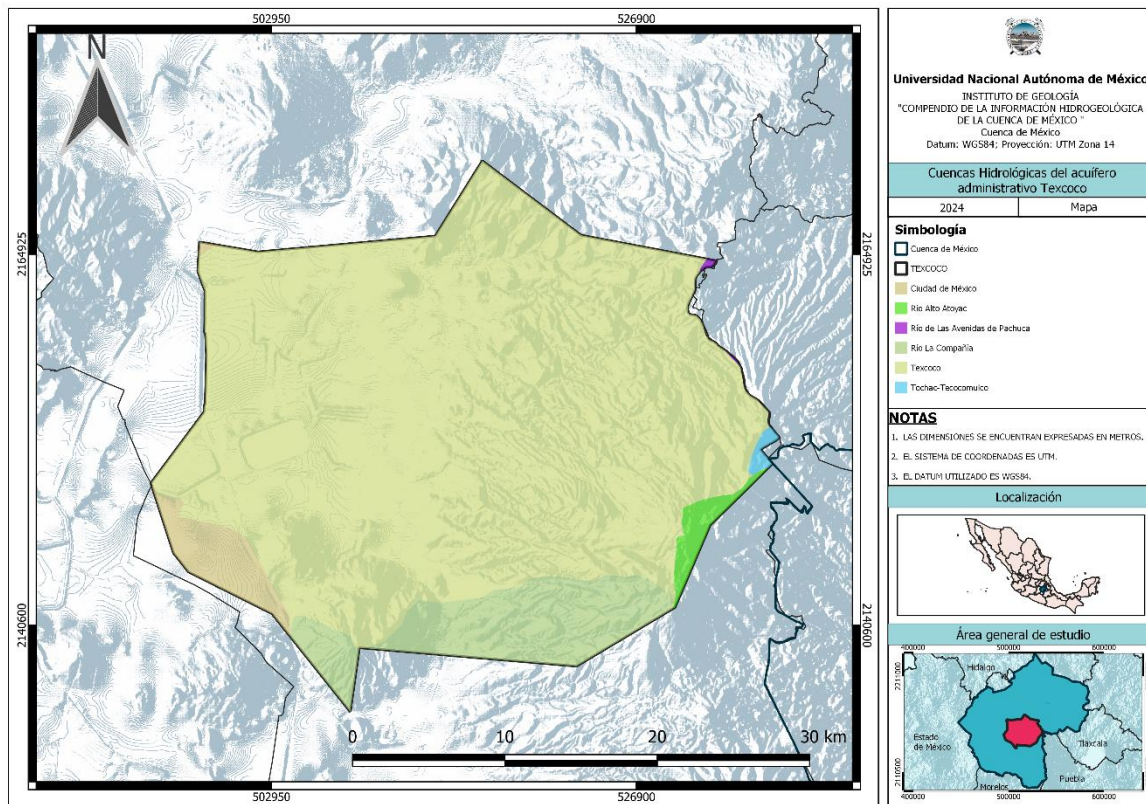
4.6.7 Aguas superficiales en el acuífero Texcoco

Situado en la cuenca del Río Moctezuma, en la Región Hidrológica No. 26, Pánuco, Subregión Hidrológica Valle de México, se encuentra el acuífero. (CONAGUA,2023). En el mapa se puede apreciar que hay dos Regiones Hidrológicas del acuífero de Texcoco: Balsas y Panuco, pero esencialmente el segundo se extiende por todo el acuífero.



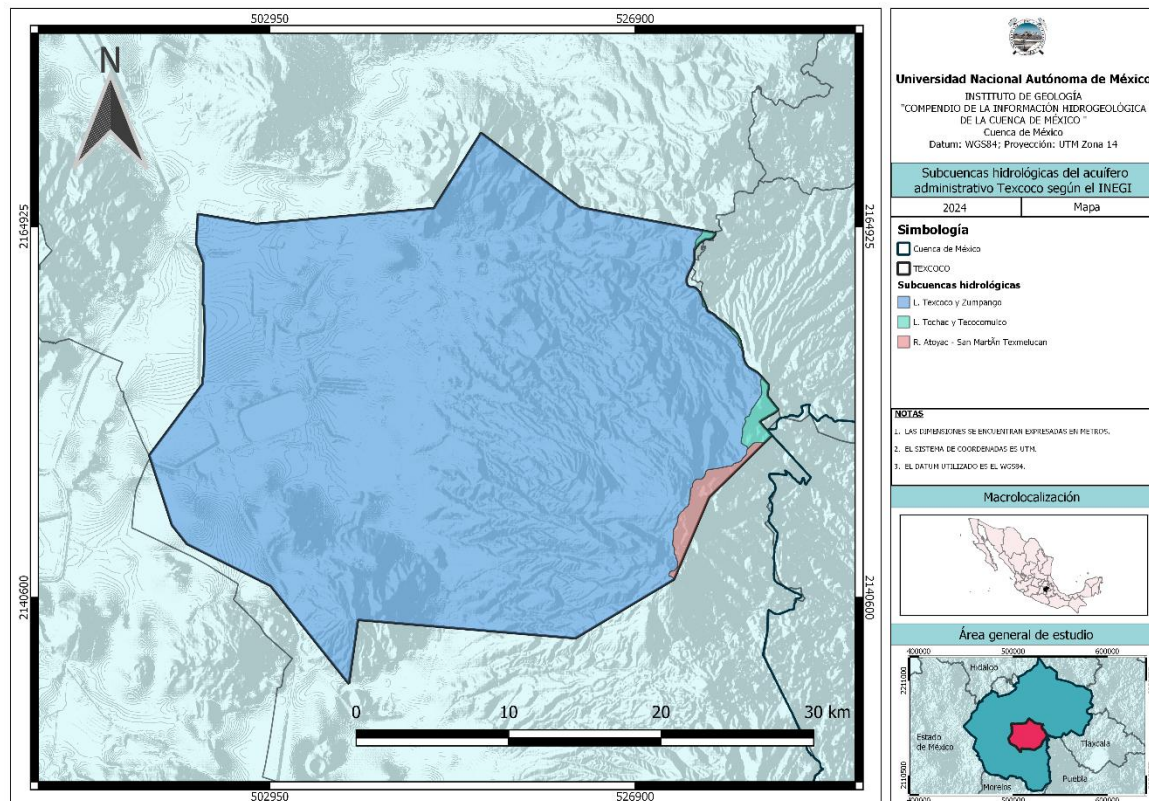
Mapa 162. Regiones Hidrológicas abarcadas por el acuífero Texcoco

En cuanto a las cuencas hidrológicas en el acuífero son cinco, pero esencialmente la Texcoco ocupa todo el territorio como se muestra en el siguiente mapa.



Mapa 163. Cuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Texcoco

De igual manera, las Subcuencas hidrológicas del acuífero son tres, pero la Texcoco y Zumpango, quedando otras dos en la zona sureste del acuífero.



Mapa 164. Subcuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Texcoco

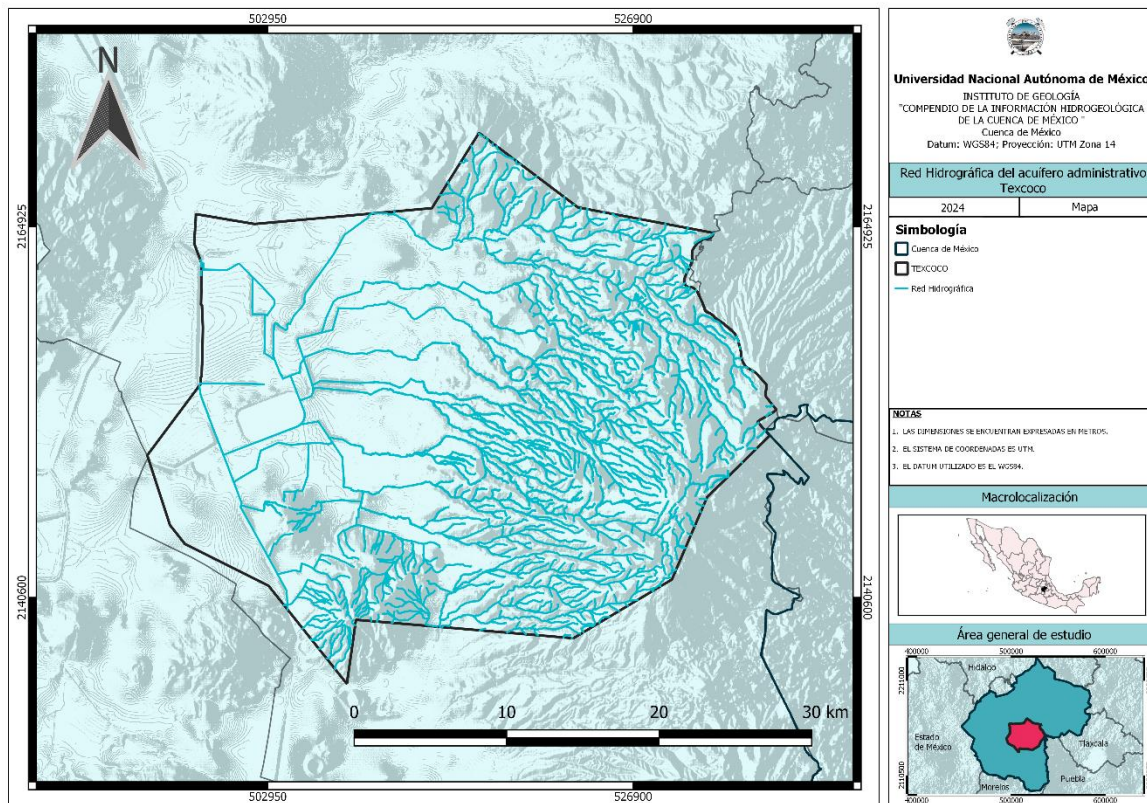
El sistema hidrográfico del acuífero se compone principalmente de escurrimientos temporales e intermitentes, con avenidas breves y arroyos secos durante el estiaje.

El Lago de Texcoco recibe aguas residuales de Chimalhuacán, Ciudad Nezahualcóyotl y Ecatepec, así como de las entradas de las sierras del oriente, además de los ríos La Compañía y Churubusco, cuyos escurrimientos son medidos a través de varias estaciones hidrométricas. El Río San Juan Teotihuacán es el primer río que se une al lago de Texcoco de norte a sur. Este río atraviesa el municipio de Acolman y sus escurrimientos se miden en la estación hidrométrica Tepexpan. El Papalotla es otro río cuyos flujos se registran en la estación La Grande, ubicada en el municipio de Texcoco. En seguida, se une el Río Xalapango, cuyo nivel de flujo se registra en la estación Atenco.

El Río La Compañía es uno de los principales suministradores de agua del sistema de lagos. El Río Churubusco, que proviene de la Ciudad de México y cuyo flujo se registra en la estación Puente La Llave, es una de las principales corrientes que aportan agua.

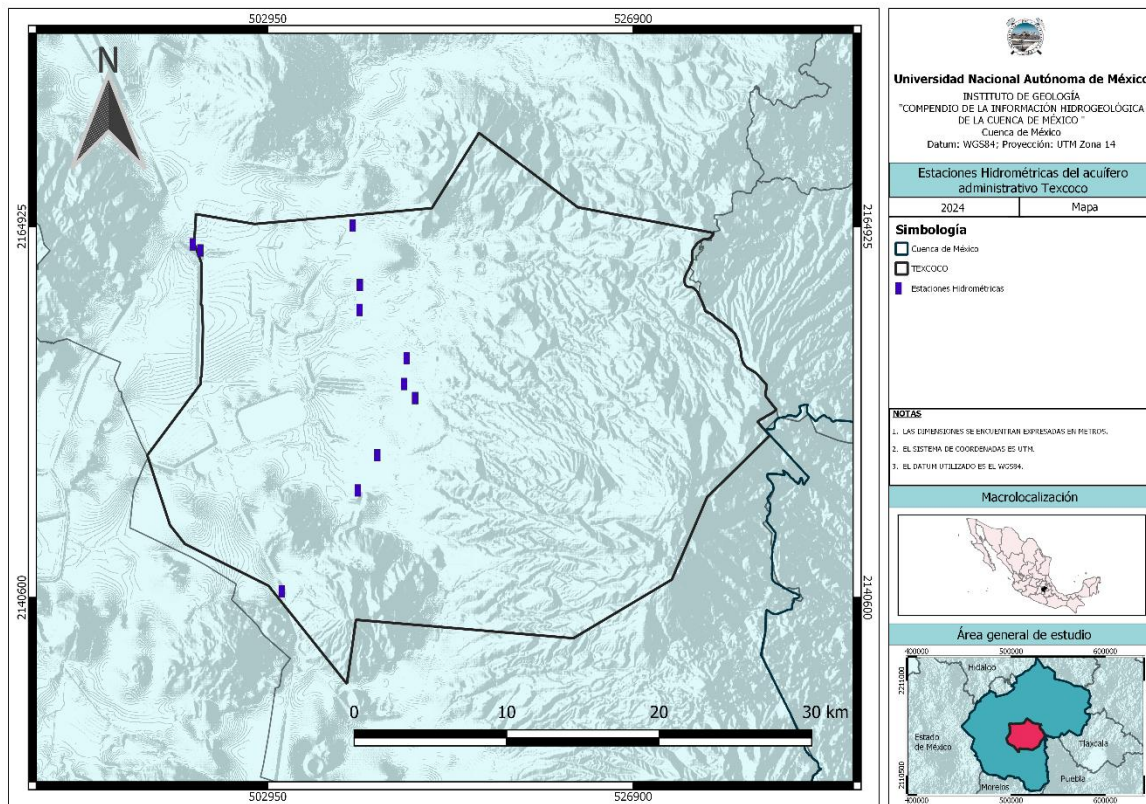
También se encuentran ríos como Papalotla, Coxcacoco, San Lorenzo, San Bernardino, Chapingo, San Mateo, Santa Mónica y Coatepec en esta región. Actualmente, el canal La Draga, cuyo caudal se mide en la estación hidrométrica del mismo nombre, es uno de los principales desfogues del Lago de Texcoco. (CONAGUA,2023).

En el área del acuífero se encuentran estos cauces principales: los Ríos Papalotla, Xalapango, Coxcacoco, Texcoco, Chapingo, San Bernardino, Santa Mónica, Coatepec y San Francisco. Estos ríos surgen de la Sierra Nevada y desembocan en la zona federal del Ex lago de Texcoco. Finalmente, llegan al Dren Colector del Valle, que se une finalmente a las aguas residuales de la Ciudad de México (CONAGUA,2023). La red hidrográfica del acuífero se encuentra principalmente en la zona Este y se extiende un poco hacia el lado Oeste



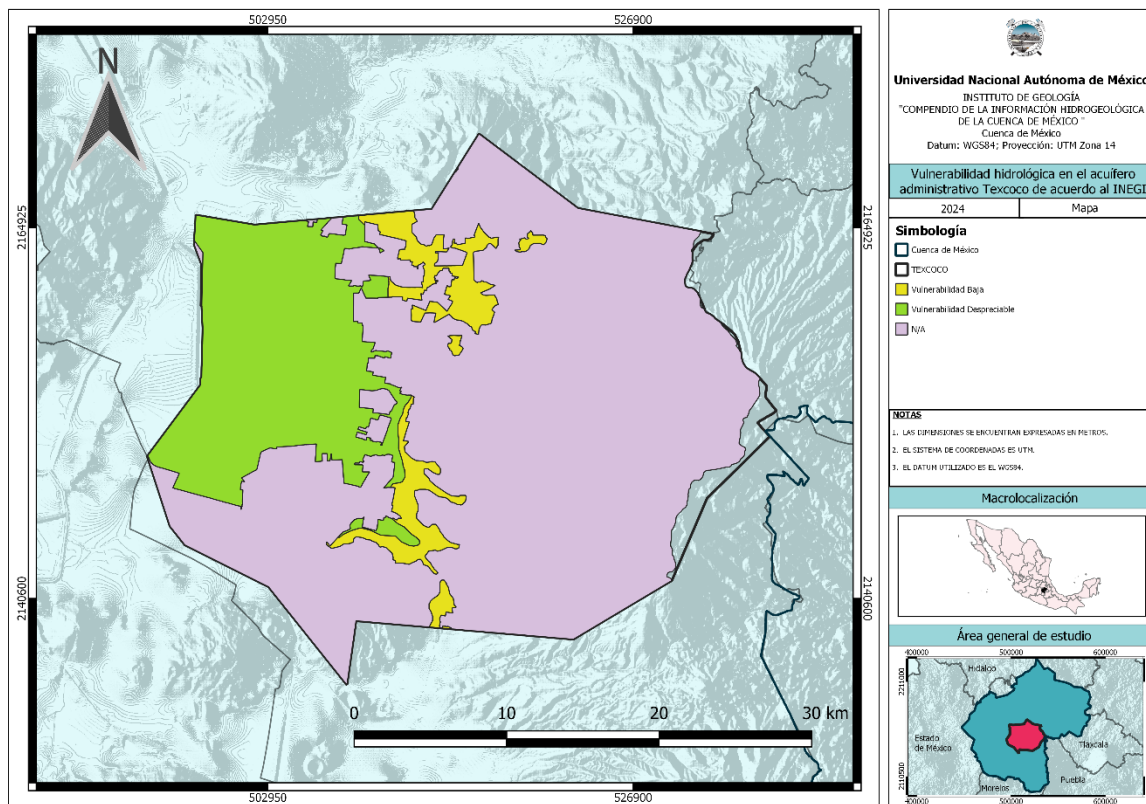
Mapa 165. Red Hidrográfica del acuífero Texcoco

El acuífero cuenta con once estaciones hidrométricas esparcidas en una línea de Sur a Norte en la parte central del mismo y solamente dos ubicadas en el límite Noroeste



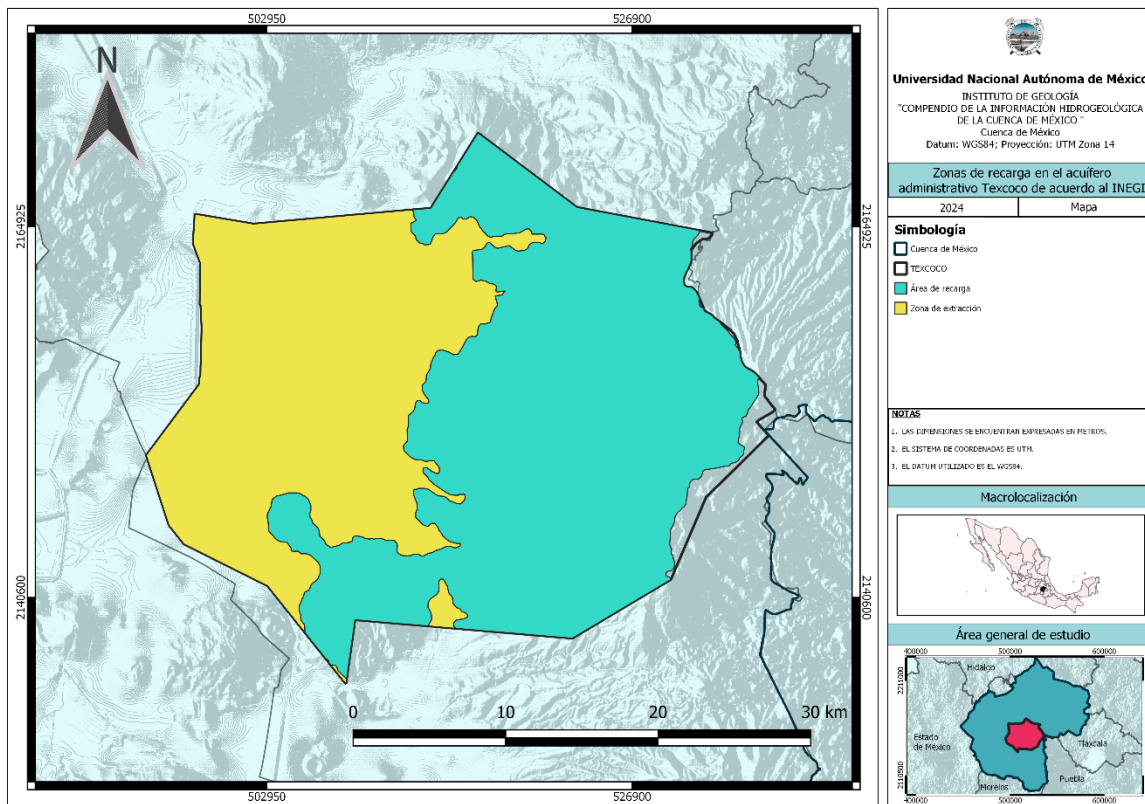
Mapa 166. Distribución de estaciones hidrométricas del acuífero Texcoco

La vulnerabilidad hídrica en el acuífero está calculada solo para una porción Noroeste y delgadas franjas en el centro-Norte del acuífero. De estas zonas la primera presenta una vulnerabilidad despreciable y las franjas tienen vulnerabilidad baja.



Mapa 167. Distribución de la vulnerabilidad hidrológica en el acuífero Texcoco

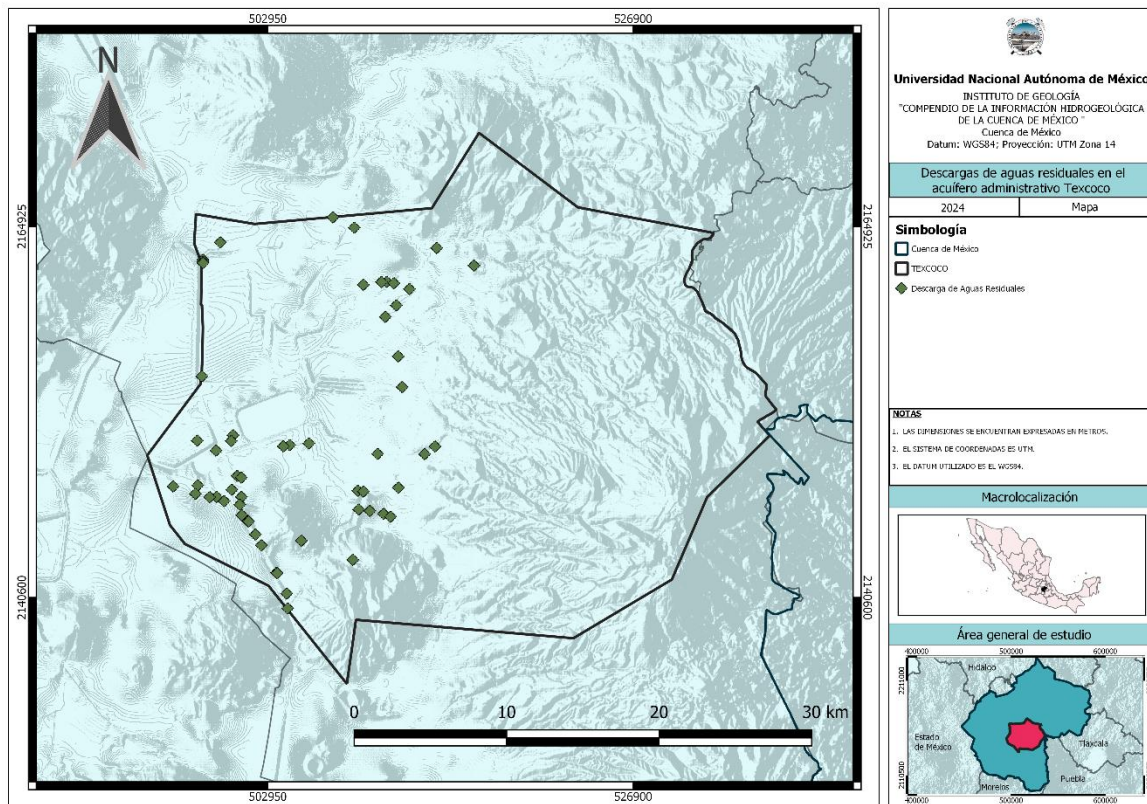
En cuanto a las áreas de recarga en el acuífero de Texcoco, éstas se ubican en la mitad Este, mientras la porción Oeste es un área donde hay más extracción de agua subterránea.



Mapa 168. Distribución de las zonas de recarga en el acuífero Texcoco

4.6.7.1 Descarga de aguas residuales en el acuífero Texcoco

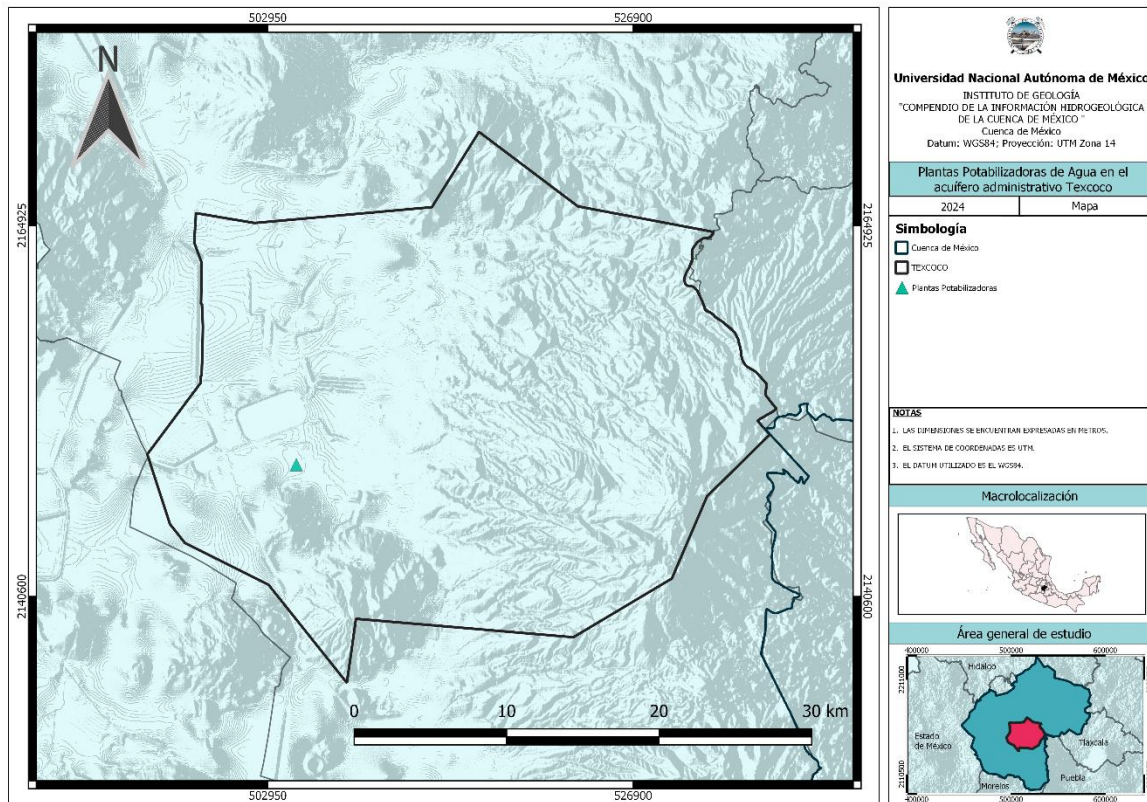
Las aguas residuales se descargan en varias partes del acuífero, aunque se centran en la zona Suroeste del acuífero y siguen una trayectoria casi lineal en el centro. En la zona Este que corresponde al área de montaña no se encuentran descargas residuales



Mapa 169. Localización de descargas de aguas residuales en el acuífero Texcoco

4.6.7.2 Plantas potabilizadoras en el acuífero Texcoco

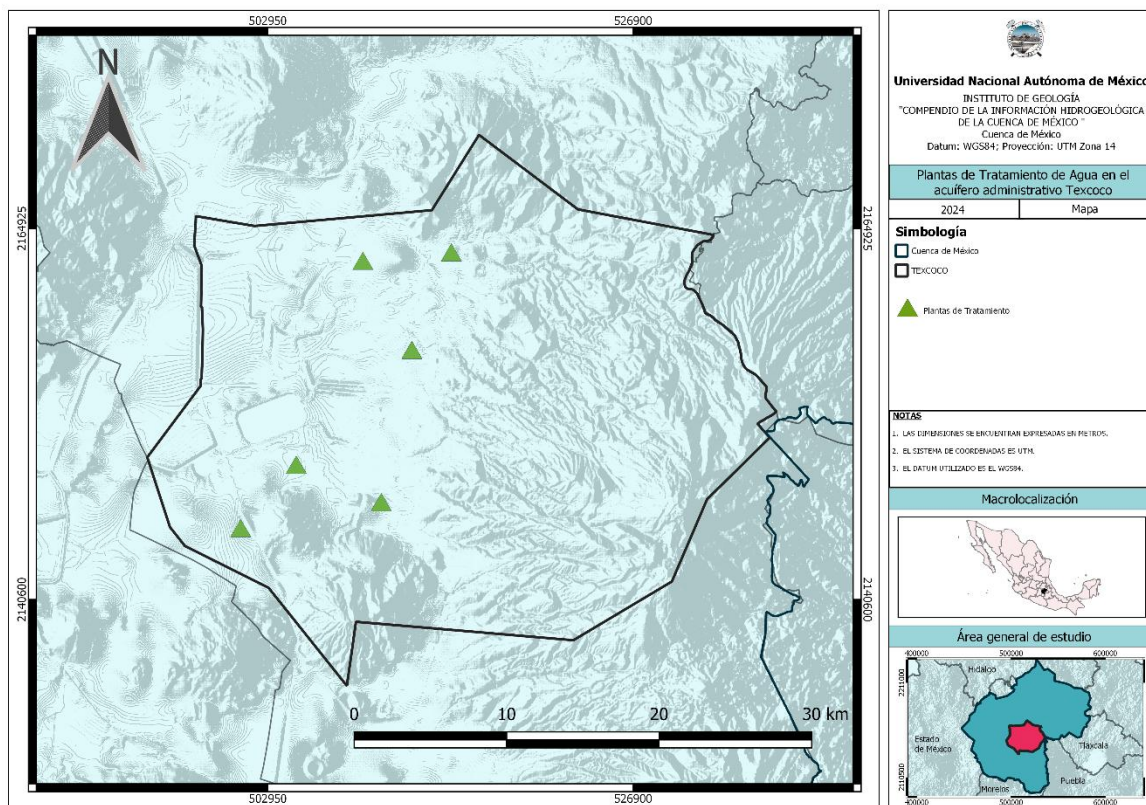
El acuífero de Texcoco cuenta solamente con una planta de tratamiento de aguas, ubicada en los pies de monte de las montañas de la zona Suroeste.



Mapa 170. Localización de plantas potabilizadoras de agua en el acuífero Texcoco

4.6.7.3 Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el acuífero Texcoco

En cuanto a las plantas de tratamiento de agua en el acuífero de Texcoco existen seis, dispersados tres en el Norte y tres en el Suroeste.

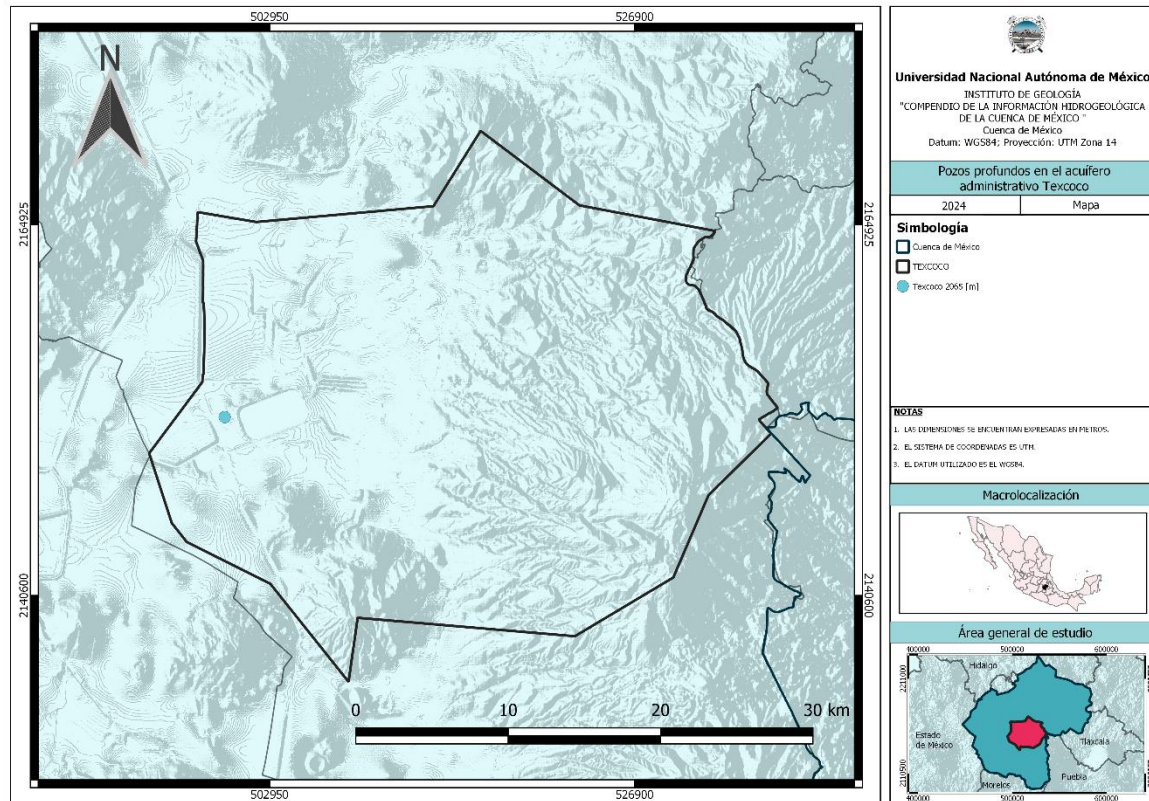


Mapa 171. Localización de plantas de tratamiento de agua en el acuífero Texcoco



4.6.8 Pozos profundos en el acuífero Texcoco

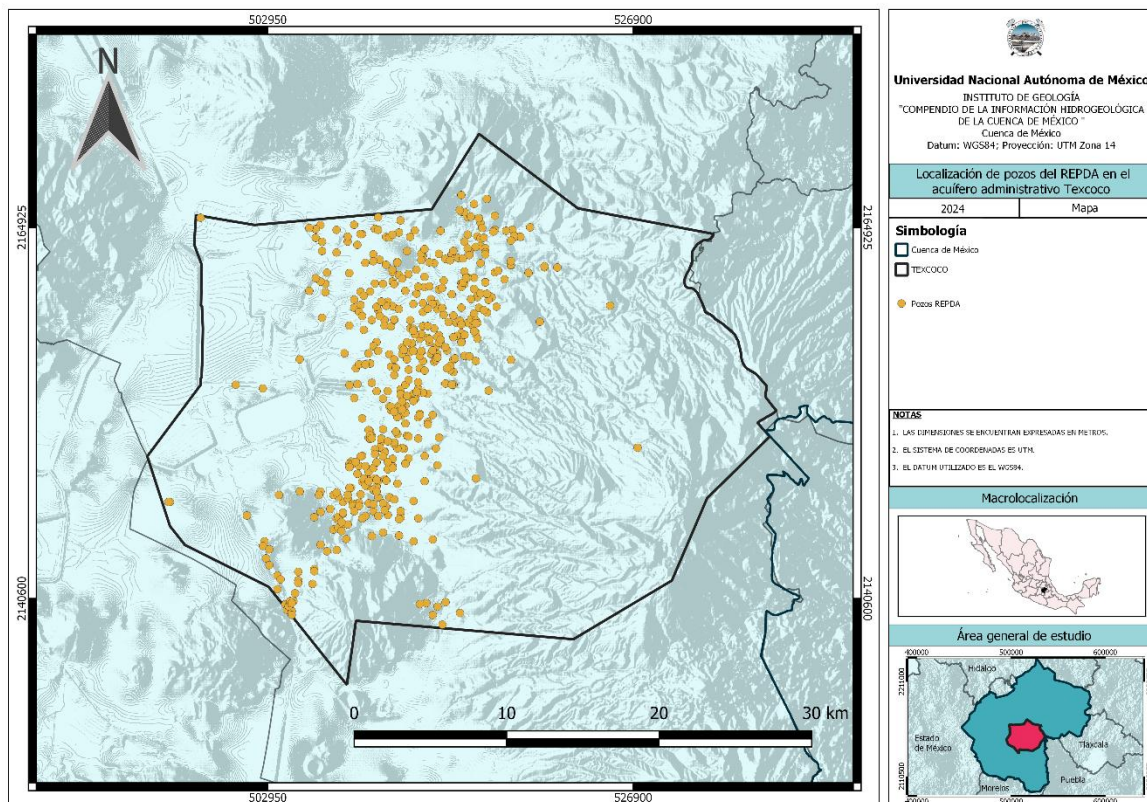
En el acuífero de Texcoco únicamente existe un pozo profundo, ubicado en el Oeste del acuífero, ver.



Mapa 172. Localización de pozos profundos en el acuífero Texcoco

4.6.9 Monitoreo de agua subterránea en el acuífero Texcoco

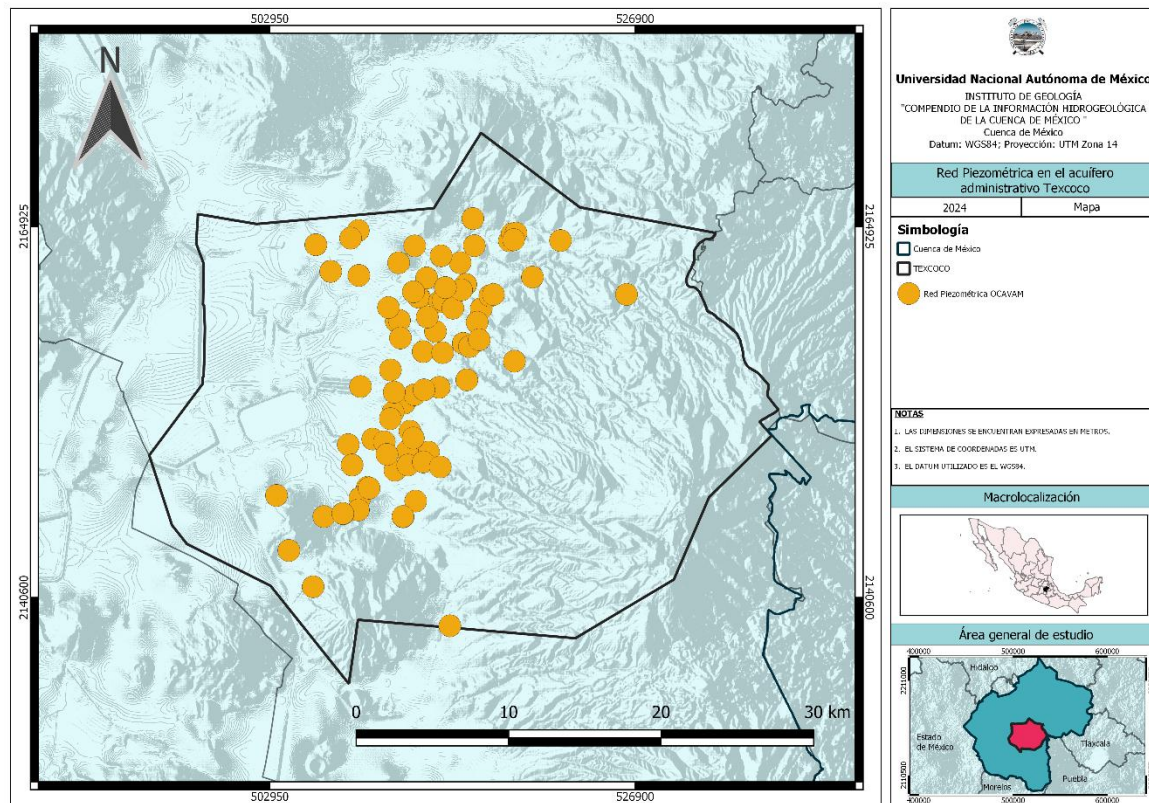
El acuífero cuenta con múltiples pozos del REPDA para monitoreo del agua en el acuífero, dispersados en la zona baja del centro del acuífero, desde el Norte hasta el Sur, casi no llegan a los límites laterales del acuífero.



Mapa 173. Localización de pozos del REPDA en el acuífero Texcoco

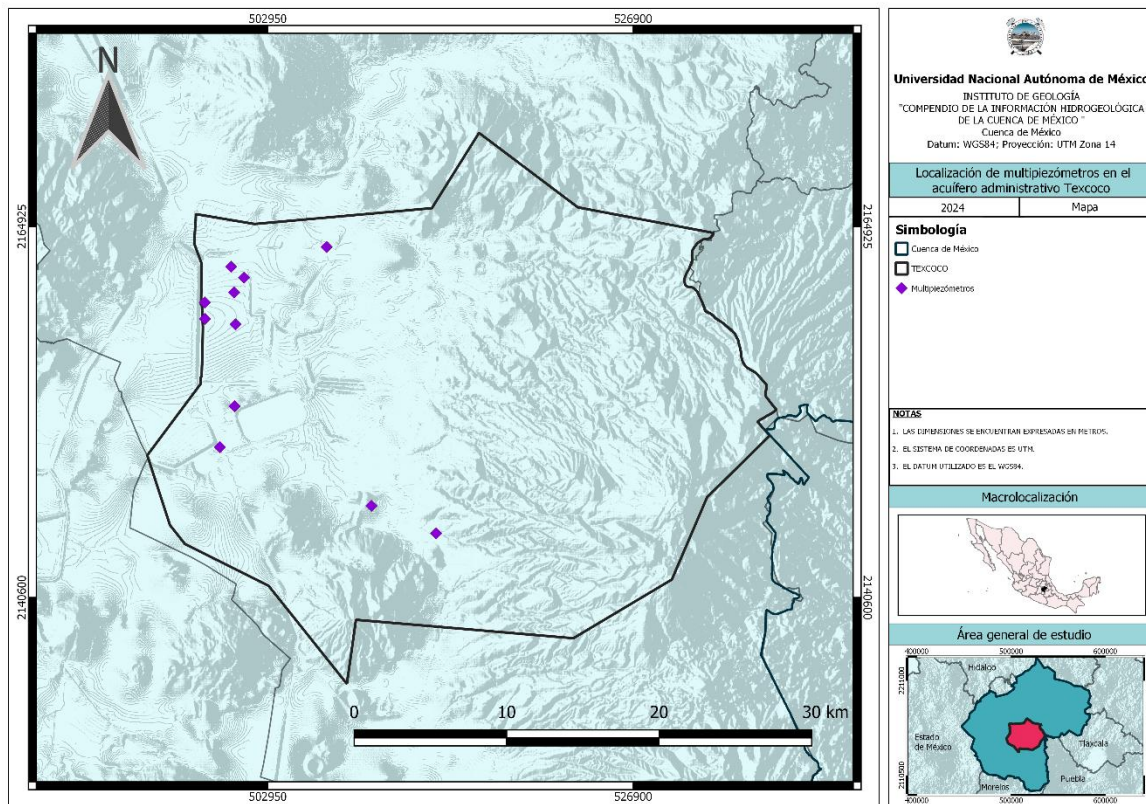
4.6.9.1 Red piezométrica en el acuífero Texcoco

La red piezométrica en el acuífero también es amplia y ubicada casi de la misma forma que los pozos del REPDA, en la planicie central del acuífero.



Mapa 174. Red Piezométrica en el acuífero Texcoco

Sin embargo, los multipiezómetros en el acuífero son pocos, once en total y ubicados en el límite Noroeste y cerca de los pies de monte de los cerros al Sur del acuífero.



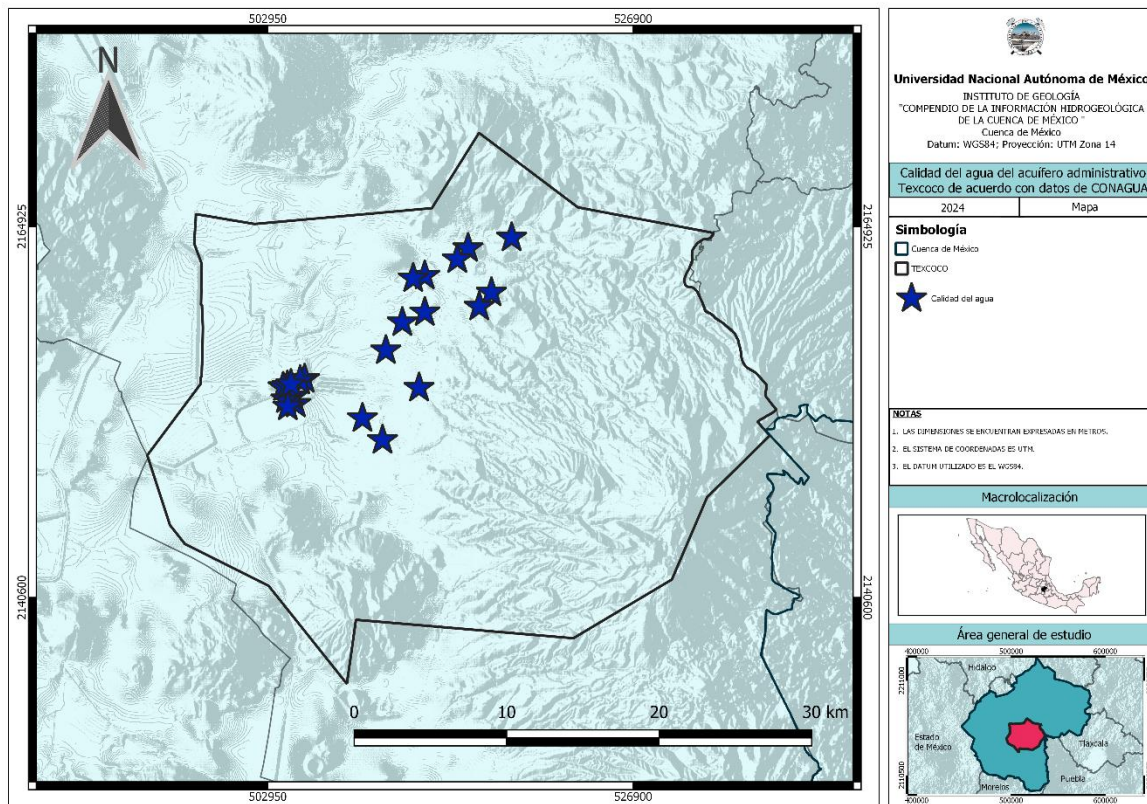
Mapa 175. Localización de multipiezómetros en el acuífero Texcoco

4.6.9.2 Monitoreo de la calidad del agua en el acuífero Texcoco

Se realizaron mediciones en los años de 1995 y 2007 y se determinó que los pozos en las áreas de Peñón, Texcoco y Lago Nabor Carrillo superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) con respecto a las concentraciones de cloruro, manganeso, hierro y sólidos totales disueltos (STD).

Existe una variedad de familias de agua basadas en iones dominantes, con la familia clorurada-sódica, la familia bicarbonatada-sódica, la familia bicarbonatada-mixta y la familia bicarbonatada-magnésica siendo las más comunes. Con datos de 59 pozos del año 2009 varios ramales de pozos (Tizayuca-Pachuca, Teoloyucan, Los Reyes F.C., Los Reyes-Ecatepec, Santa Catarina-Mixquic, Tláhuac, Lago Nabor Carrillo, Santa Catarina y Peñón Texcoco) (CONAGUA,2023).

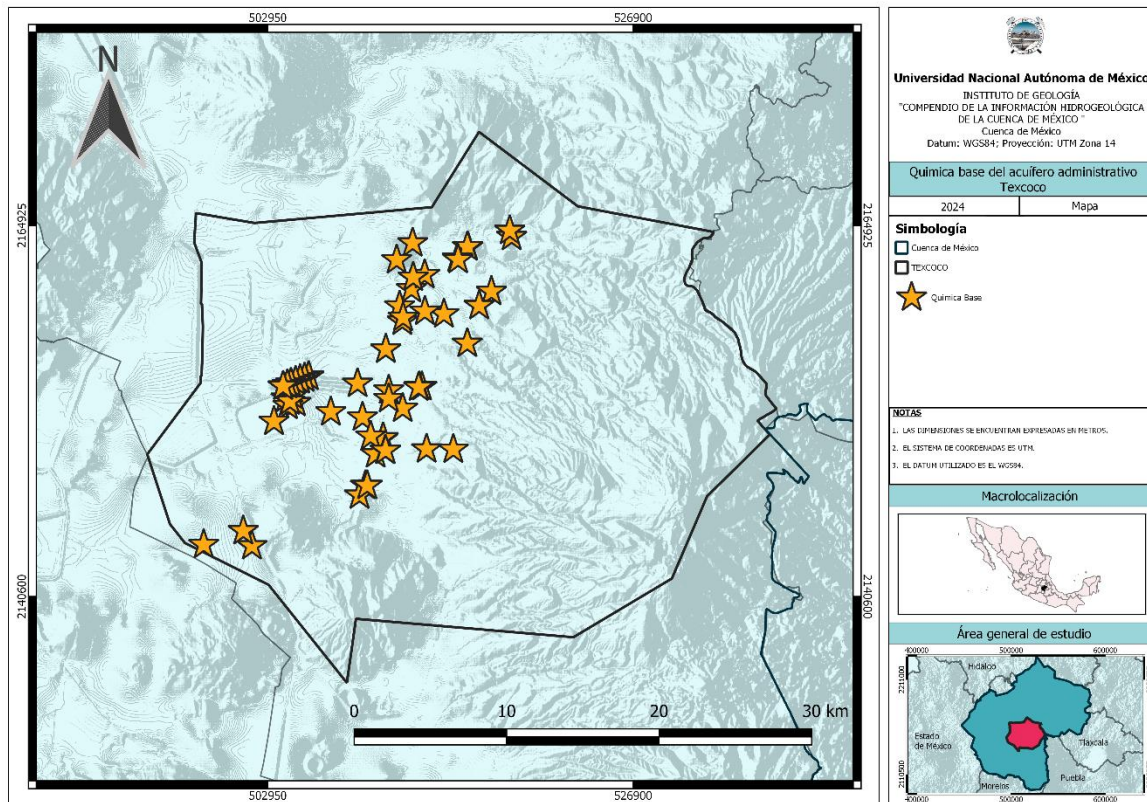
Los sitios destinados para analizar y/o monitorear la calidad del agua en el acuífero de Texcoco son aproximadamente veinte, ubicados en la zona centro, Norte y Oeste.



Mapa 176. Calidad del agua del acuífero Texcoco, según datos de CONAGUA

4.6.9.3 Hidrogeoquímica en el acuífero Texcoco

Los sitios para monitorear la química base del acuífero de Texcoco son más de cuarenta en todo el acuífero se ubican en el centro, Norte y Suroeste.



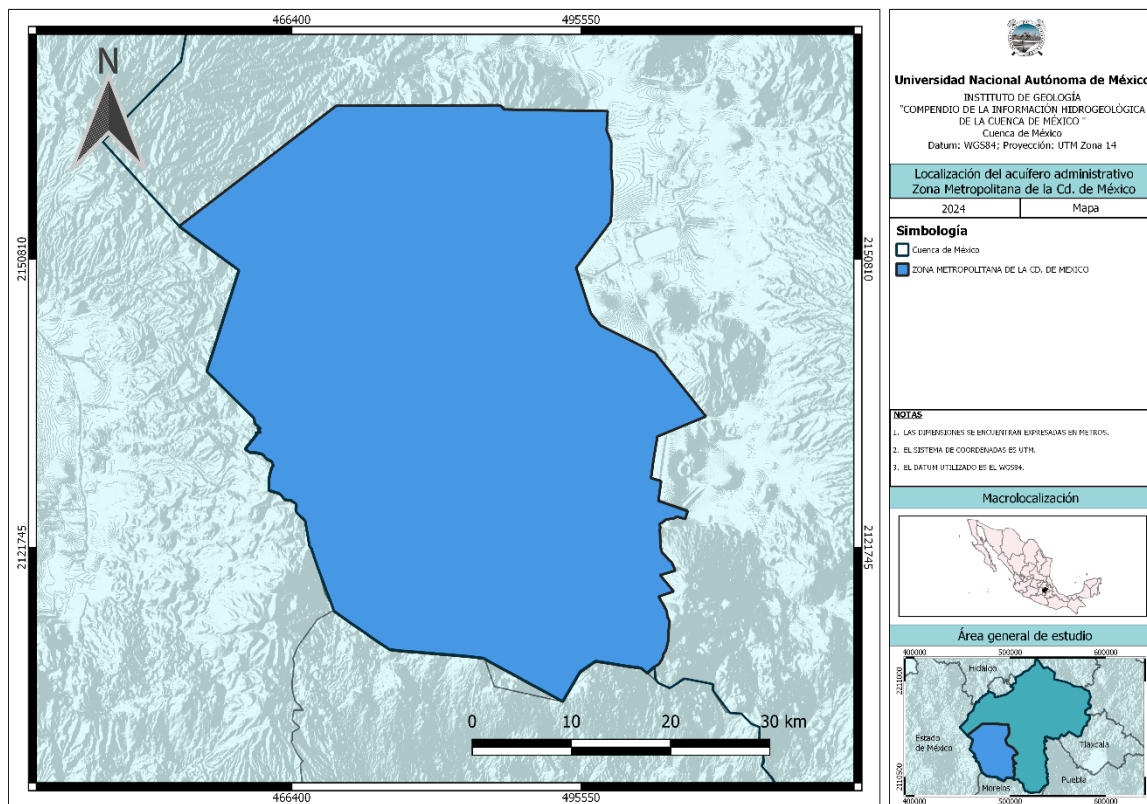
Mapa 177. Localización de puntos de muestreo para la química base en el acuífero Texcoco

4.7 Acuífero administrativo Zona Metropolitana de la Ciudad de México

El acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México, identificado con la clave 0901, se encuentra ubicado en el sur poniente de la Cuenca de México, ocupa el 17% de la superficie de la cuenca endorreica, abarca la totalidad de la Ciudad de México y una porción del Estado de México.

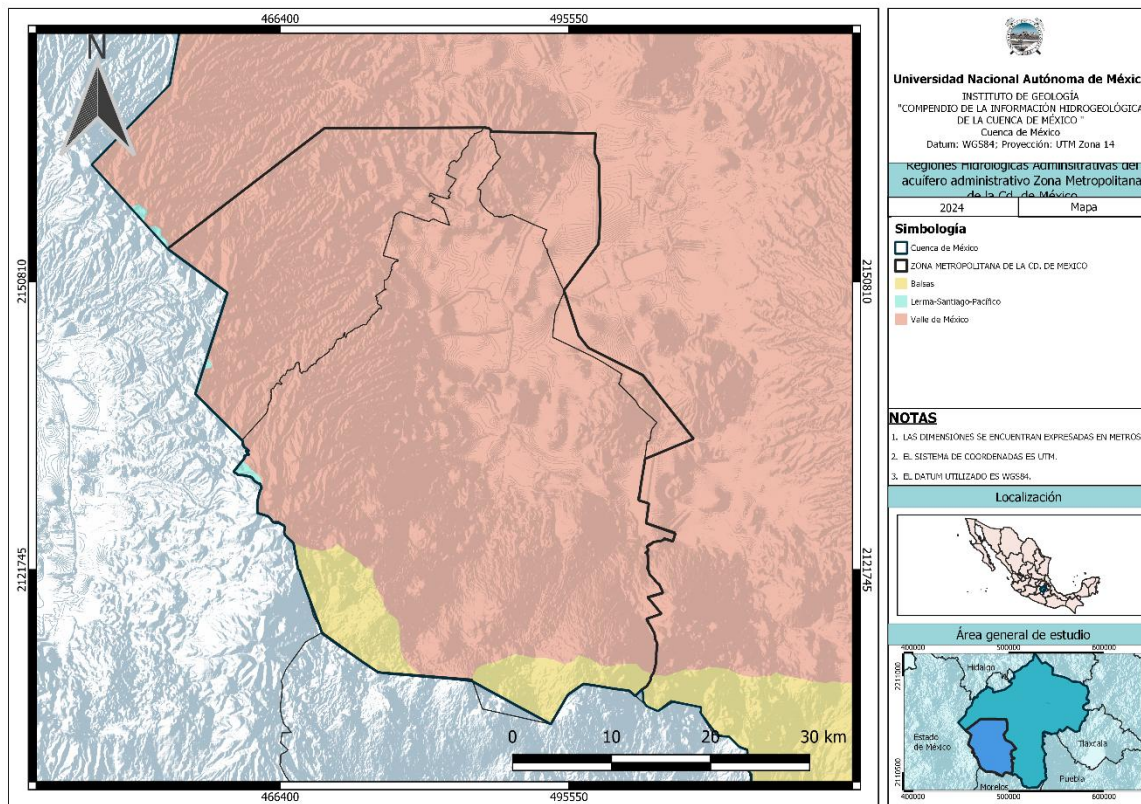
Los decretos de veda por los cuales se rigen tanto las Alcaldías como los Municipios del Estado de México son: El decreto de Veda de la Cuenca de México publicado el 19 de agosto de 1954 en el Diario Oficial de la Federación y el decreto de Veda en el Valle de Toluca desde el 23 de septiembre de 1965 fecha de publicación en el Diario Oficial.

La recarga total media anual, para el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México, es de 512.8 hm³/año. Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de 1,020,030,340 m³ anuales, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del 20 de febrero del 2020, lo que significa que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero. (CONAGUA, 2023)



Mapa 178. Localización del acuífero Zona Metropolitana de la Cd. De México

Las Regiones Hidrológicas Administrativas en el acuífero son dos: Balsas, que ocupa una delgada franja al Sur del mismo y la del Valle de México que domina el resto del acuífero.



Mapa 179. Regiones Hidrológico-Administrativas abarcadas por el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. De México

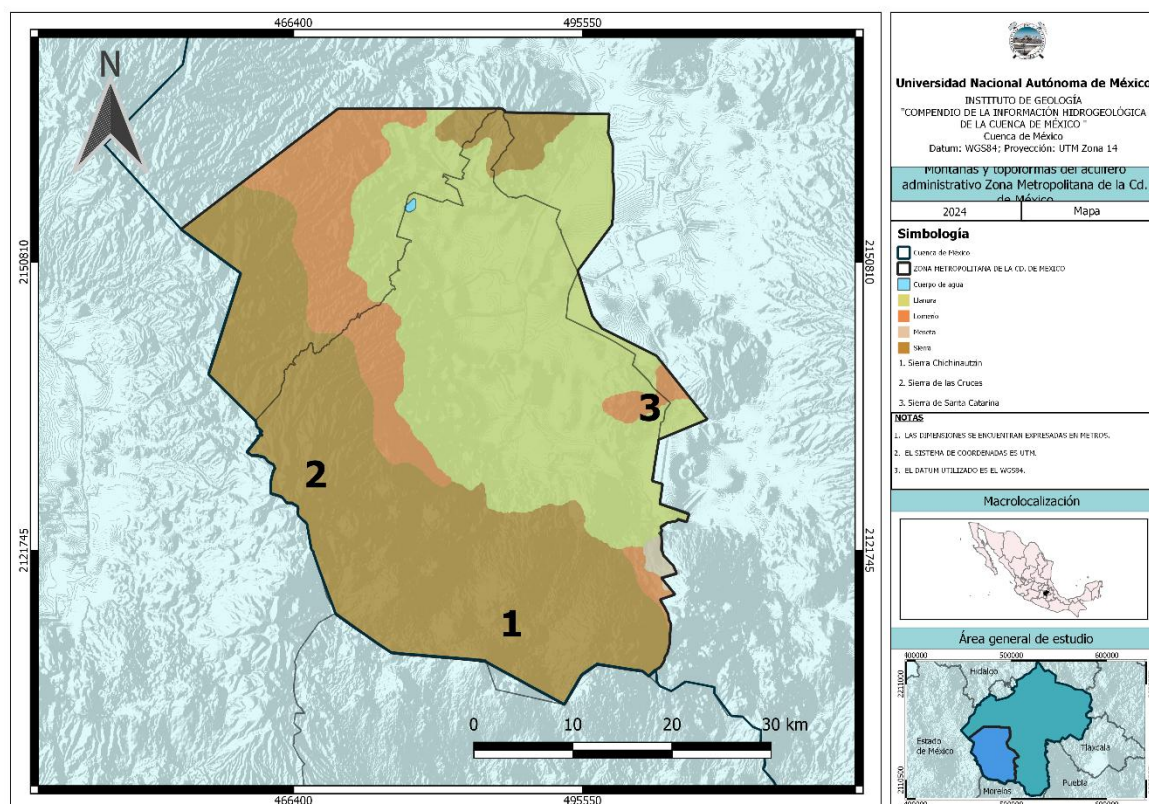
4.7.1 Fisiografía del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

Tiene una forma irregular y se extiende ampliamente hacia el noreste. Su eje principal se extiende desde las chinampas de Xochimilco en el suroeste hasta las regiones semiáridas de Pachuca en el norte, con una longitud de aproximadamente 110 kilómetros. Su eje menor se extiende desde los bosques que coronan la Sierra de las Cruces en el oeste hasta las cimas nevadas del Iztaccíhuatl en el este, con una longitud de aproximadamente 80 kilómetros, parte de la cuenca.

La gran planicie central de la Cuenca de México está rodeada de montañas; las montañas del sur son las más altas, con altitudes que van desde 2,240 metros hasta 2,390 metros en el norte.

La región sur de la Cuenca de México está rodeada por las Sierras Nevada y Río Frío al oeste, la Sierra de las Cruces al oeste, la Sierra Chichinautzin al sur y las elevaciones de la Sierra de Guadalupe, el Cerro de Chiconautla y la Sierra Patlachique al norte. Esta zona cuenta con elevaciones mayores y menores. Las lluvias son más abundantes en este lugar que en cualquier otro lugar de la cuenca. (CONAGUA,2023).

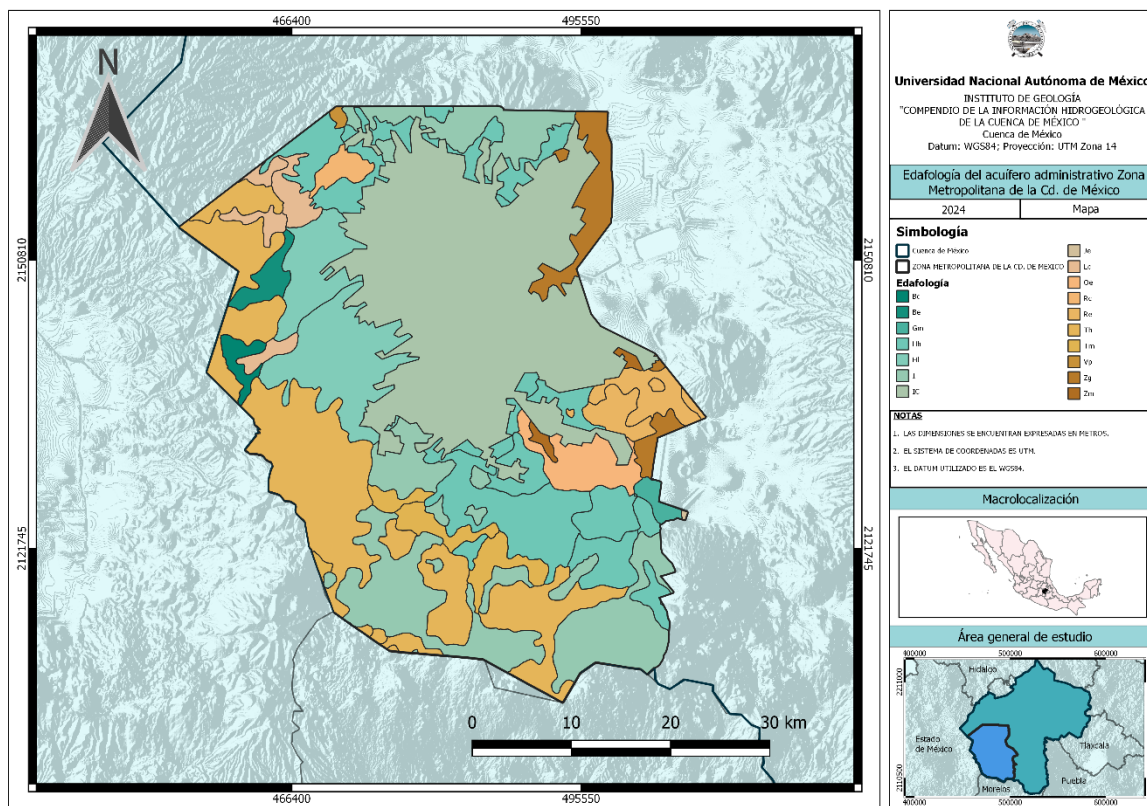
Las topoformas presentes en el acuífero corresponden a cuatro tipos: Llanuras, Mesetas, Sierras y Lomeríos. Además de presentar tres relieves importantes: Sierra de las Cruces al Oeste, Sierra Chichinautzin al Sur y la Sierra de Santa Catarina en el límite Este.



Mapa 180. Topoformas presentes en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. De México

4.7.2 Edafología del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

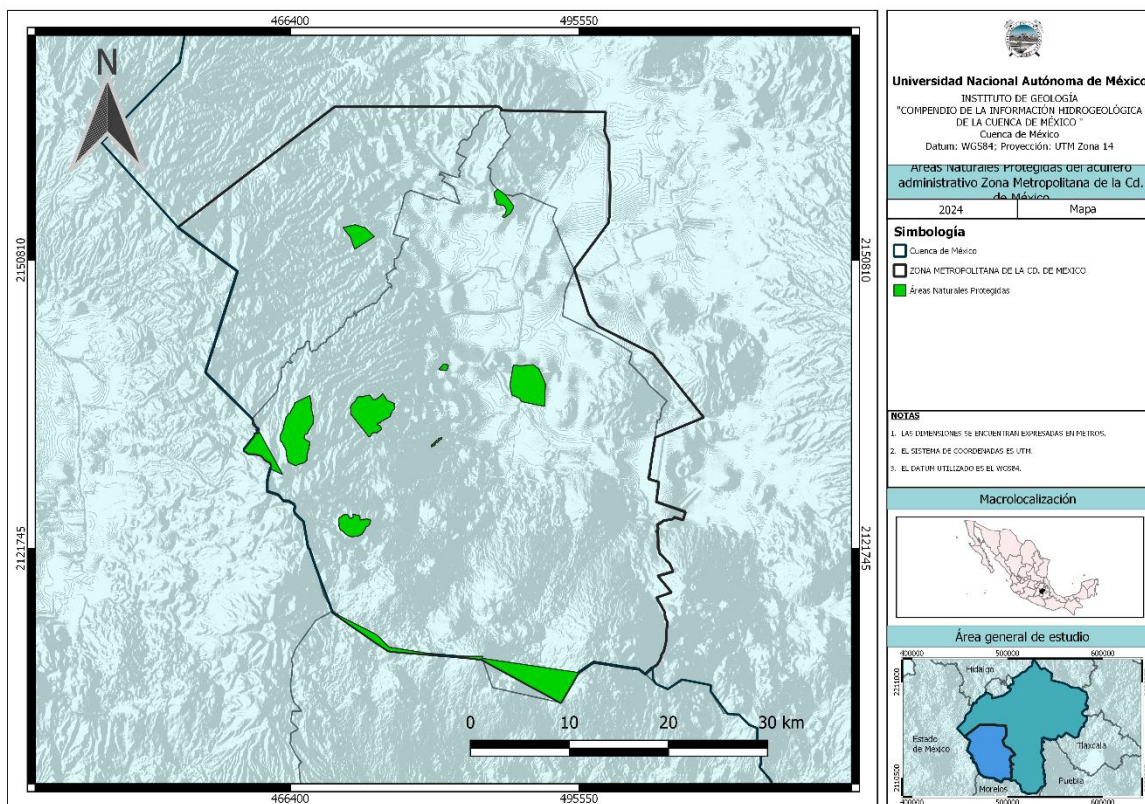
Los tipos de suelo presentes en el acuífero corresponden a diecisiete diferentes, los cuales se pueden apreciar en el mapa.



Mapa 181. Edafología presente en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. México

4.7.3 Áreas Naturales Protegidas en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

El acuífero cuenta con pequeñas Áreas Naturales Protegidas, distribuidas en el Sur, Oeste, centro y más pequeñas al Norte, siendo diez en todo el acuífero.

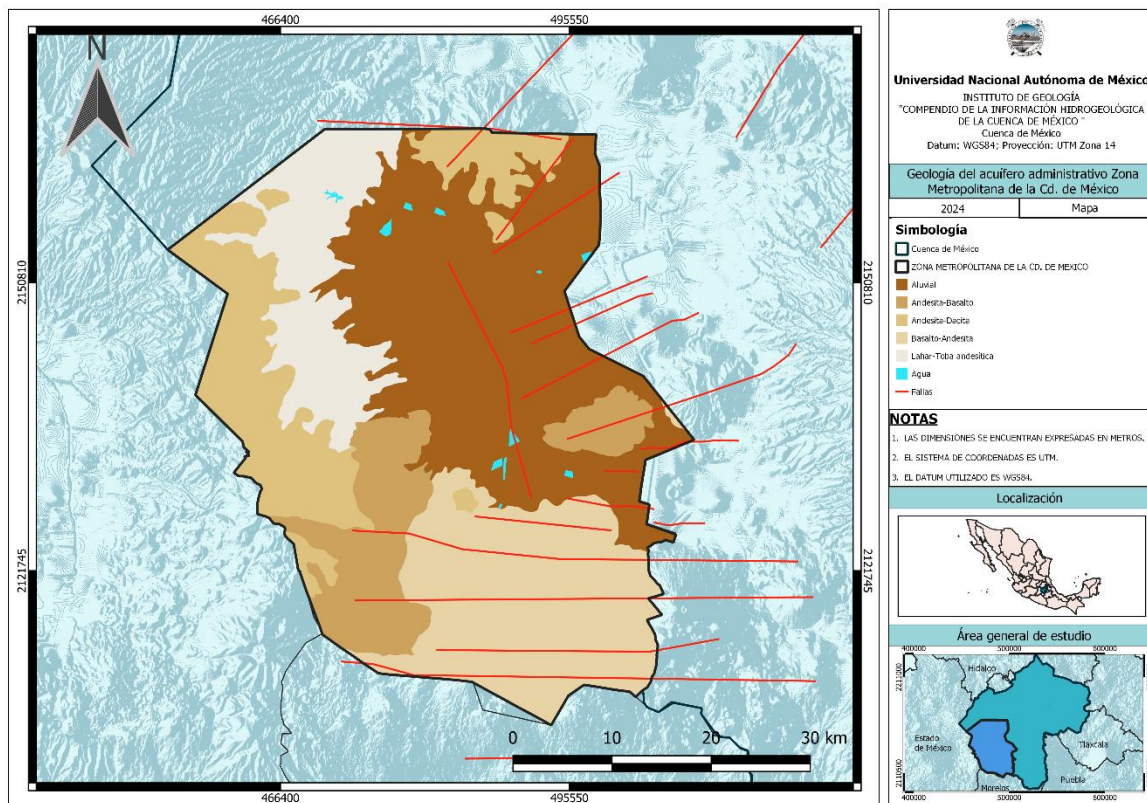


Mapa 182. Distribución de las áreas protegidas del acuífero Zona Metropolitana de la Cd. De México

4.7.4 Geología del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

Dentro del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México se tienen cuatro cortes litológicos del Sistema Sur están constituidos por arena fina, mediana y gruesa en los primeros 50 metros, en algunos pozos se presenta limo hasta la profundidad de 70 metros y posteriormente se tienen intercalaciones de arenas y gravas hasta la profundidad aproximada de 300 metros. (CONAGUA, 2023)

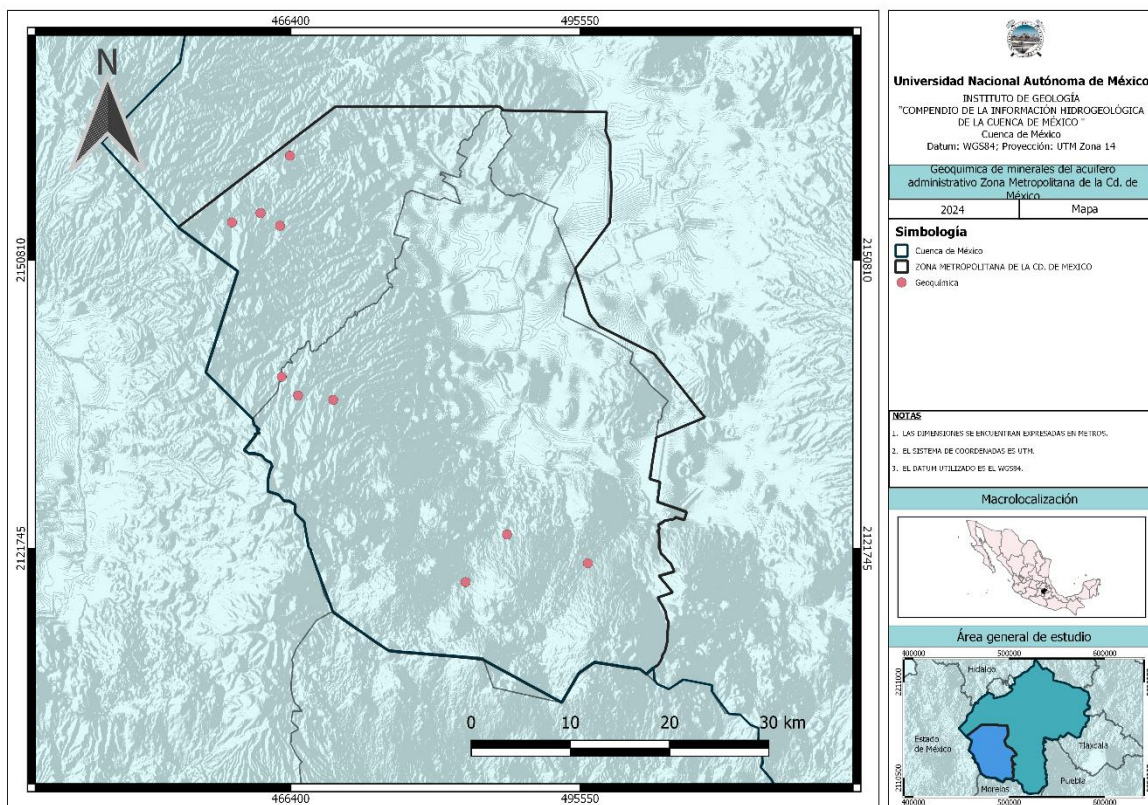
Los tipos de rocas presentes en el acuífero son cinco: Aluvial al Noreste y Este; Andesita-Basalto; Andesita-Dacita; Basalto-Andesita y Lahar-Toba-Andesítica en el Noroeste. Además, el acuífero presenta múltiples fallamientos en la zona Sur, Este y Norte.



Mapa 183. Litología y fallas geológicas presentes en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. México

4.7.4.1 Geoquímica del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

El acuífero cuenta con diez sitios para conocer la geoquímica de los minerales presentes en las zonas montañosas del Sur, Oeste y Noroeste.



Mapa 184. Puntos de muestreo para geoquímica en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. De México

4.7.5 Clima en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

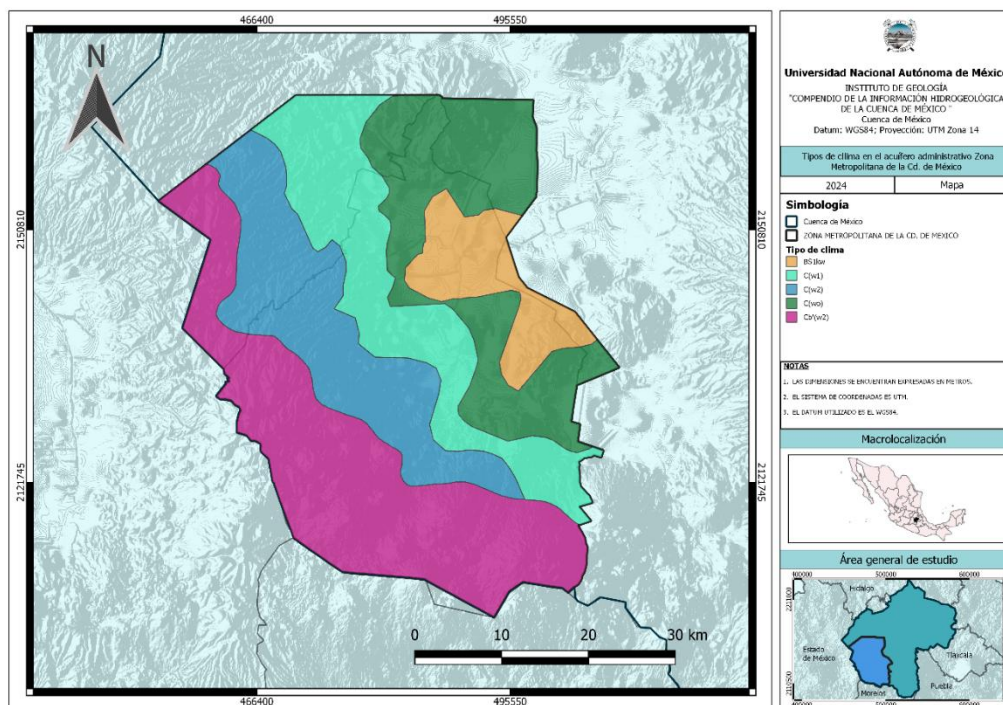
En el acuífero se encuentran cinco tipos de clima: Semiárido Templado (BS1kw), Templado subhúmedo (C(w0), C(w1) y C(w2)) y Semifrío Subhúmedo (Cb'(w2)). El clima más árido (BS1kw) se distribuye en el noreste y el clima más frío (Cb'(w2)) en los límites oeste y sur del acuífero.

El clima BS1kw se caracteriza por tener un régimen de lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal menor de 5% anual, con oscilación anual entre las temperaturas medias mensuales de entre 5 y 7 °C (Conagua, 2023).

El clima C(w0) se caracteriza por tener una temperatura media anual de entre 12 y 18 °C con lluvias en verano, y precipitación invernal entre 5 y 10.2% del total anual.

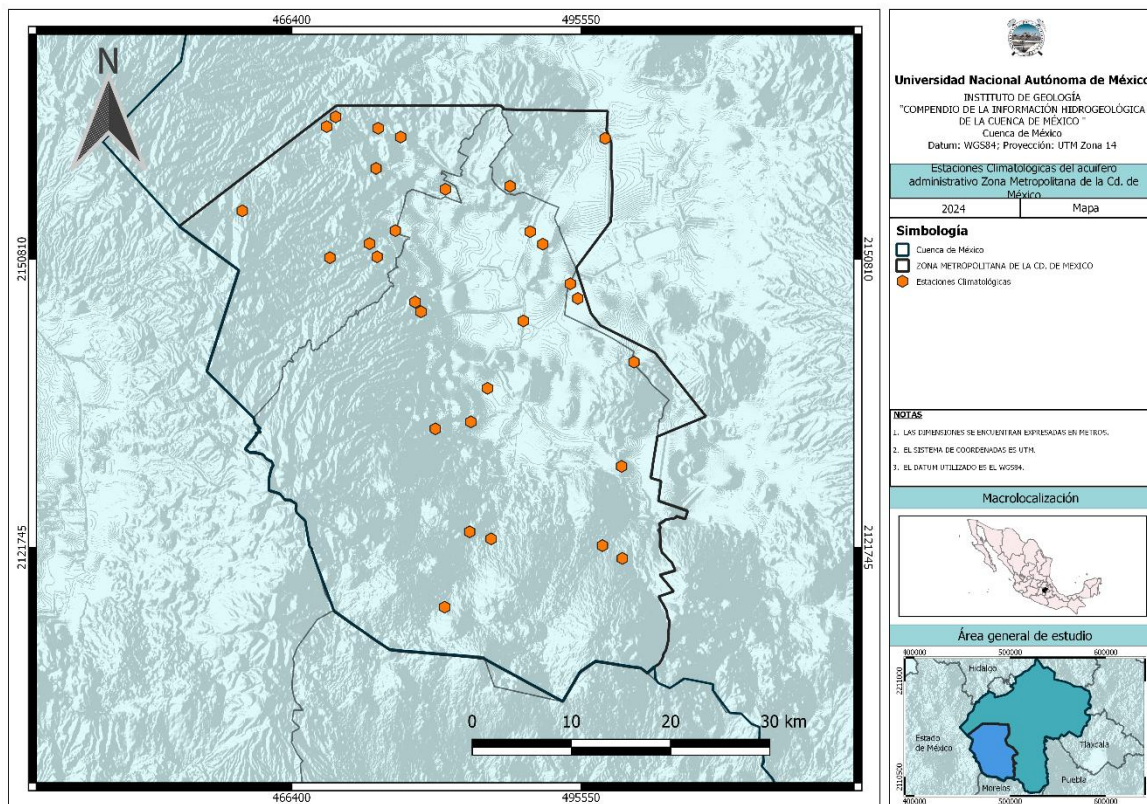
Los climas C(w1) y C(w2) se caracterizan por tener una temperatura media anual entre 12 y 18 °C con precipitación media anual entre 200 a 1800 mm, y con lluvias de invierno del 5 al 10.2% anual.

Por último, el clima Cb'(w2) presenta lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal menor del 10%. La temperatura media anual oscila entre 12 y 18 °C, la precipitación media anual es mayor de 700 mm y la mayor incidencia de lluvias se presenta en julio, con valores de entre 150 y 160 mm (Conagua, 2023). Según datos históricos de las estaciones climatológicas con influencia en el acuífero, la precipitación media anual es de 768.5 mm (Conagua, 2023).



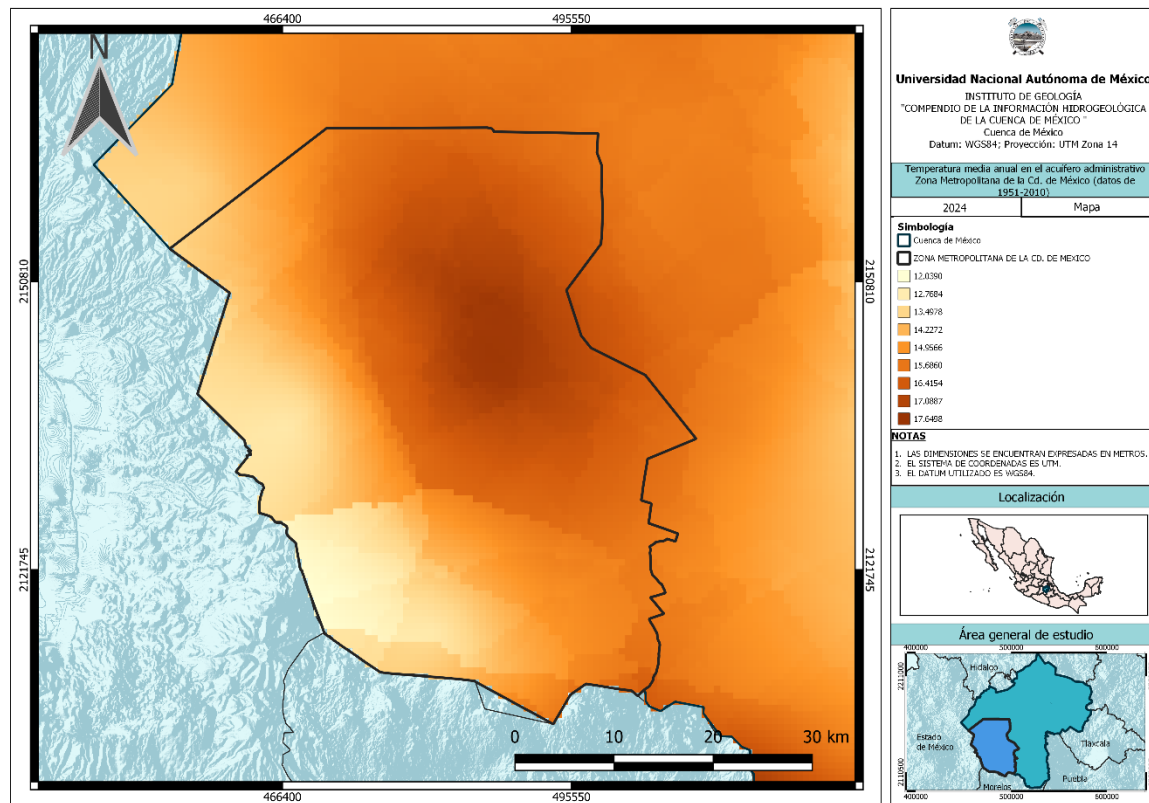
Mapa 185. Distribución de los tipos de clima en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. De México

El acuífero cuenta con más de treinta estaciones climatológicas dispersadas en la planicie y pies de monte del Norte, Oeste y Sur del acuífero.



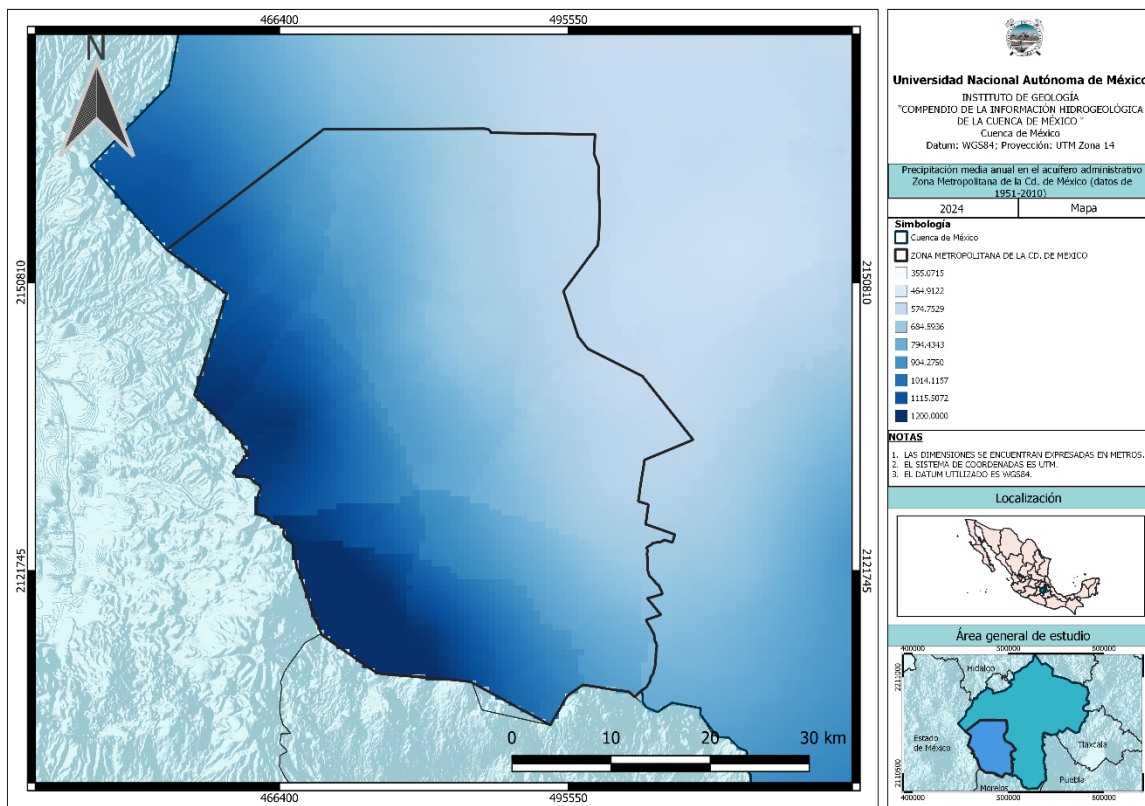
Mapa 186. Localización de las estaciones climatológicas en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México

La Temperatura media anual en el acuífero de la ZMCDMX varía desde los 17 °C en la zona Noreste y va disminuyendo concéntricamente hacia los demás límites, alcanzando los 12 °C en la porción Suroeste.



Mapa 187. Distribución de la temperatura media anual en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México

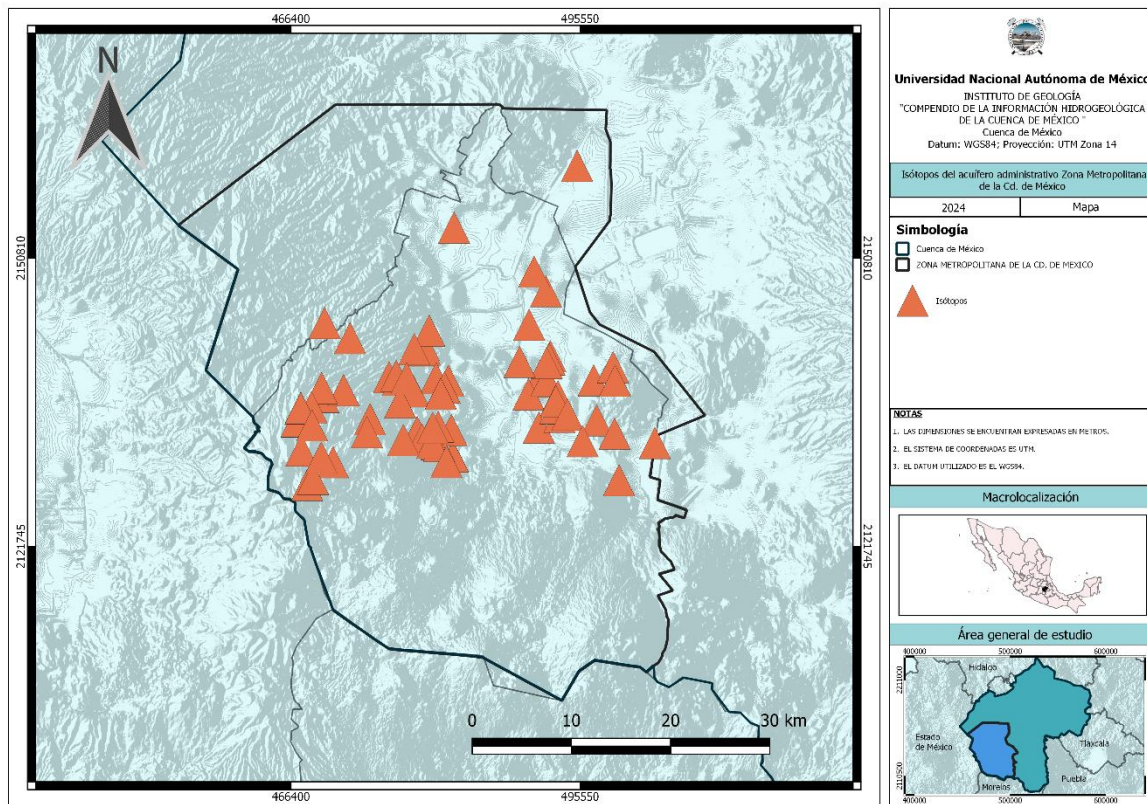
En cuanto a la precipitación media anual en el acuífero de la ZMCDMX, esta presenta valores más altos en la zona Oeste y Sur con un máximo de 1200 mm y va disminuyendo hacia el lado Este, llegando a precipitaciones de 464 mm.



Mapa 188. Distribución de la precipitación media anual en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México

4.7.6 Isótopos en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

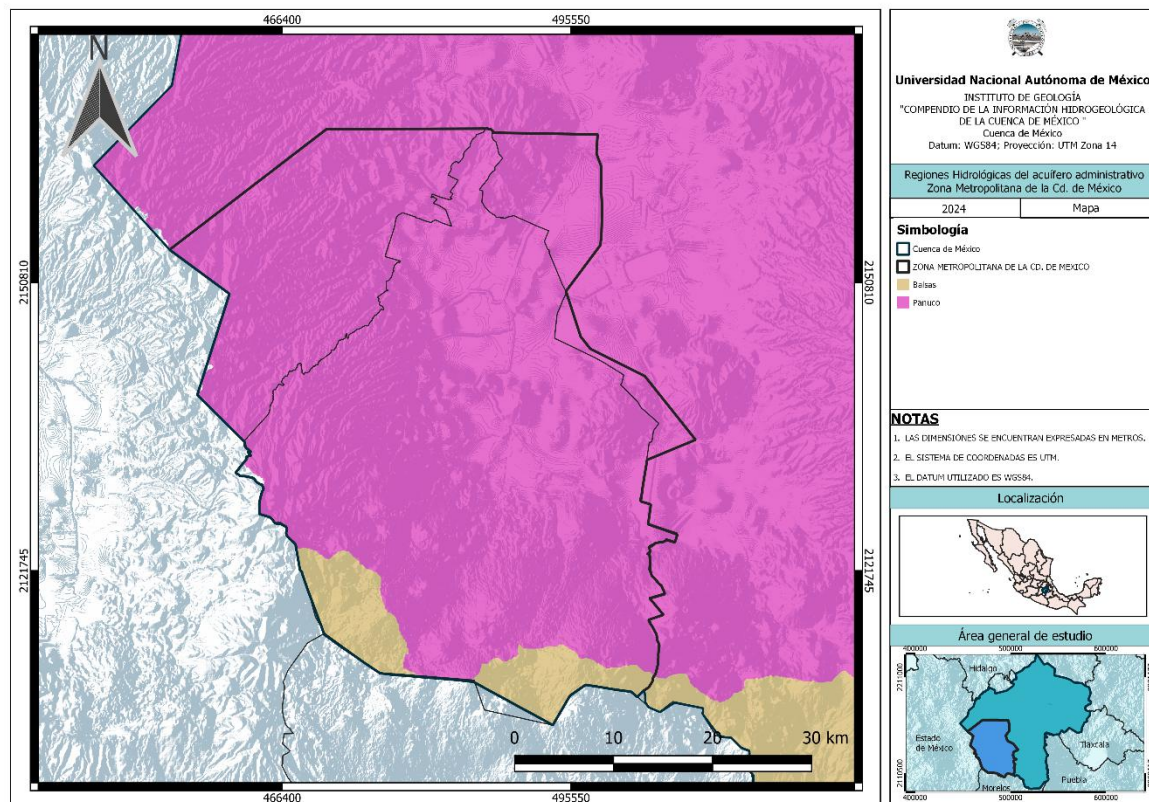
Los sitios con información isotópica en el acuífero de la ZMCDMX son más de cincuenta, dispersados en la franja central de Oeste a Este y solamente dos en la parte Norte.



Mapa 189. Isótopos del acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México

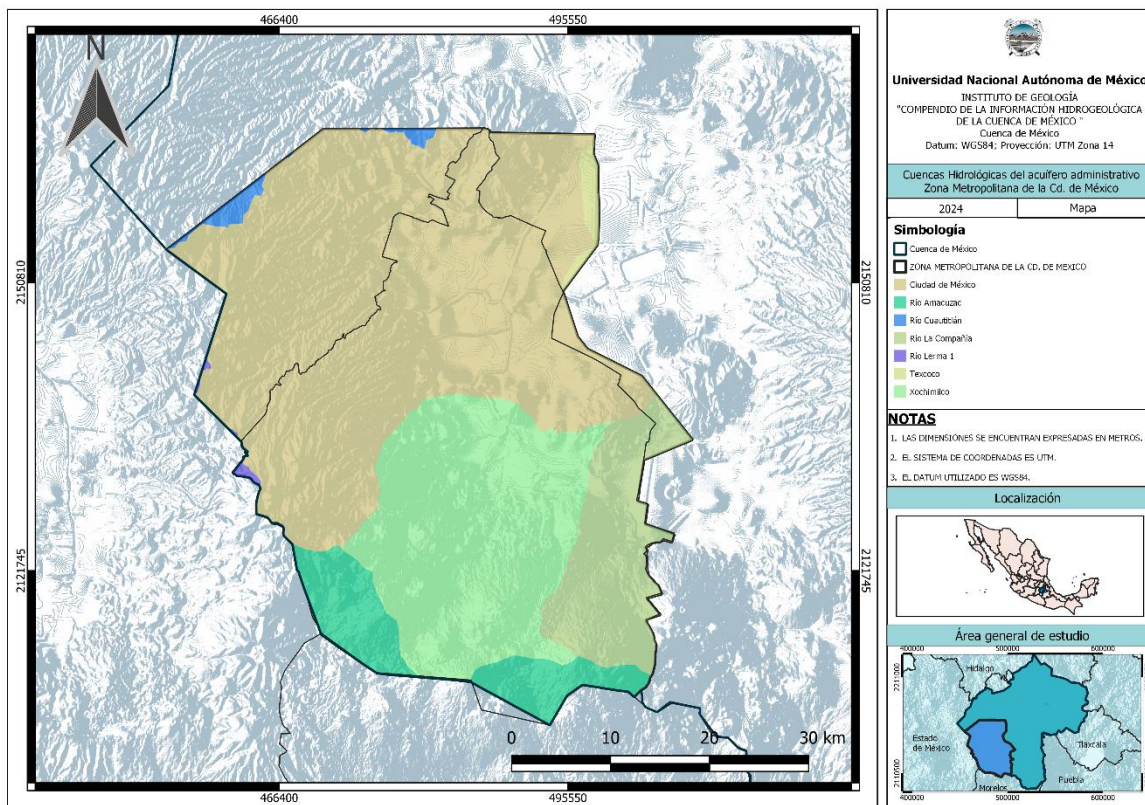
4.7.7 Aguas superficiales en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

El acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México forma parte de la región hidrológica No. 26 Alto Pánuco, la cual incluye las subregiones I, II, III y parcialmente la VII. La Cuenca de México forma parte del Acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México (CONAGUA, 2023).



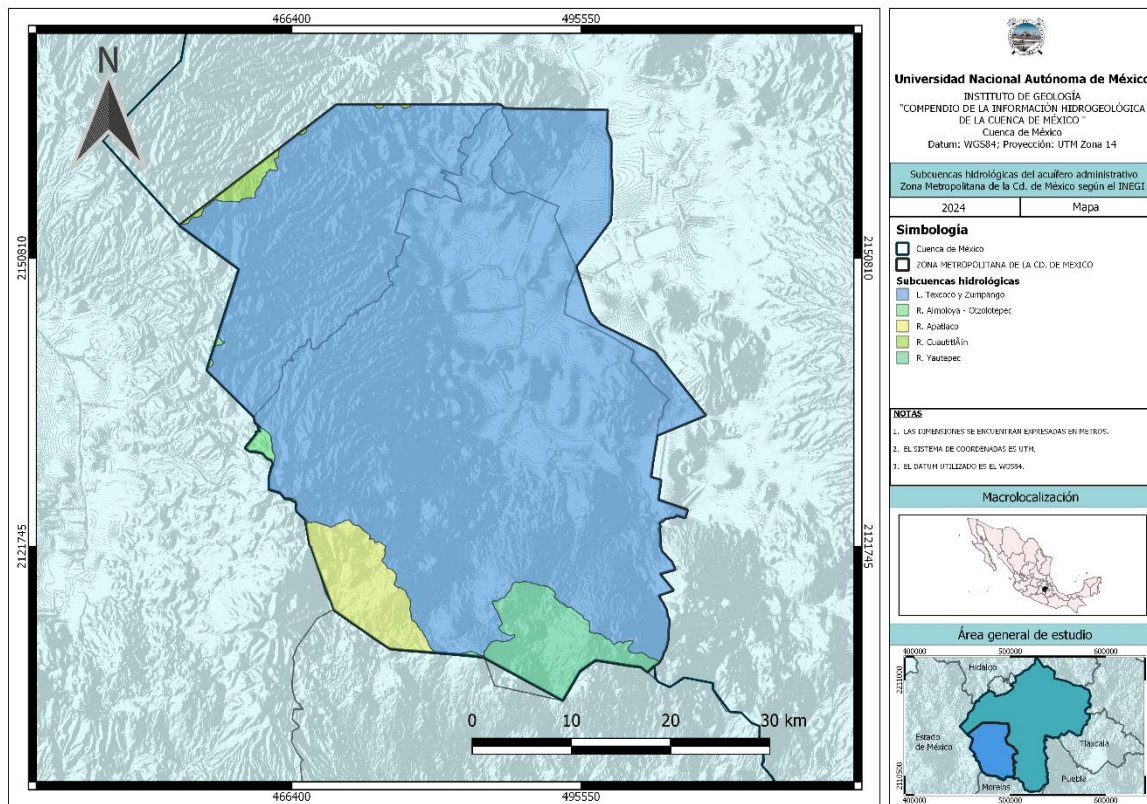
Mapa 190. Regiones Hidrológicas abarcadas por el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México

En cuanto a las Cuencas hidrológicas, presentes en el acuífero de la ZMCDMX son principalmente cuatro las que abarcan parte del territorio, dividiéndose en tres en la zona Sur, siendo de mayor a menor área de ocupación: Xochimilco, Río La Compañía y Río Amacucac de lado Suroeste. Mientras, la parte Norte es dominada por la Cuenca Ciudad de México.



Mapa 191. Cuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México

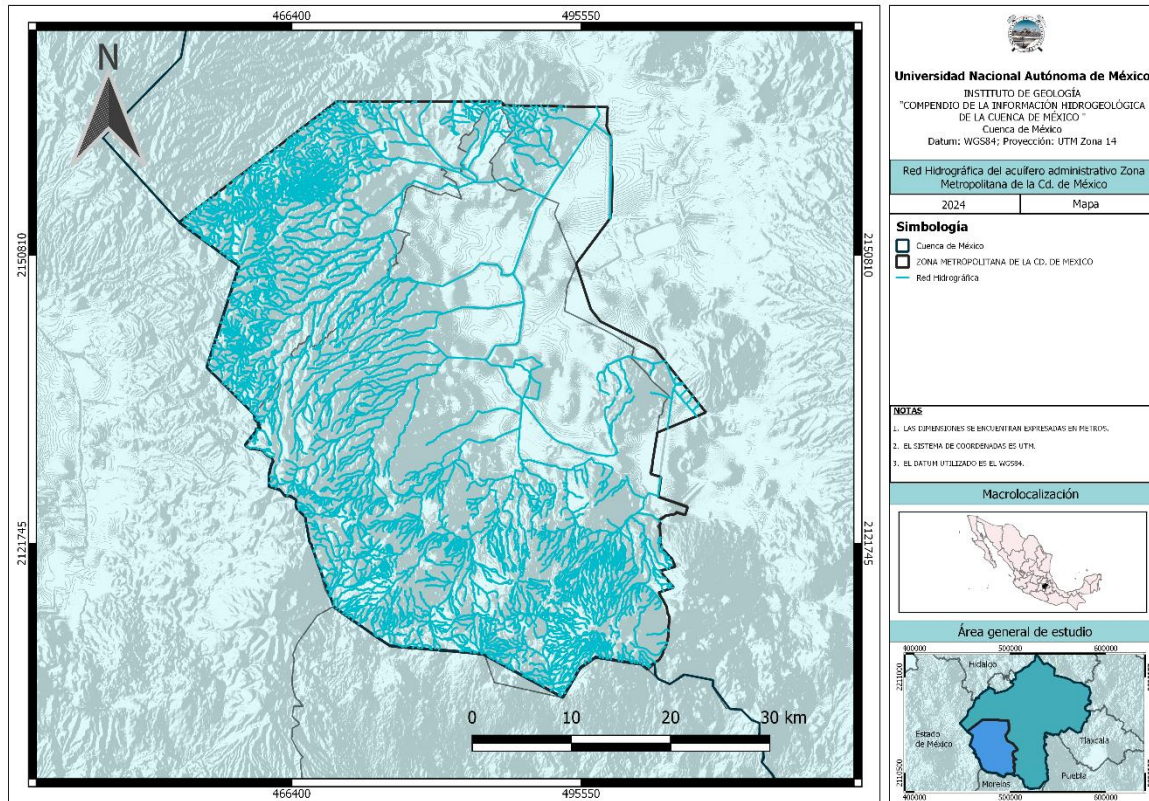
Las Subcuencas hidrológicas en el acuífero son cinco las que se expanden por algún área del mismo. Sin embargo, la que predomina es la de Texcoco y Zumpango.



Mapa 192. Subcuencas hidrológicas abarcadas por el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México

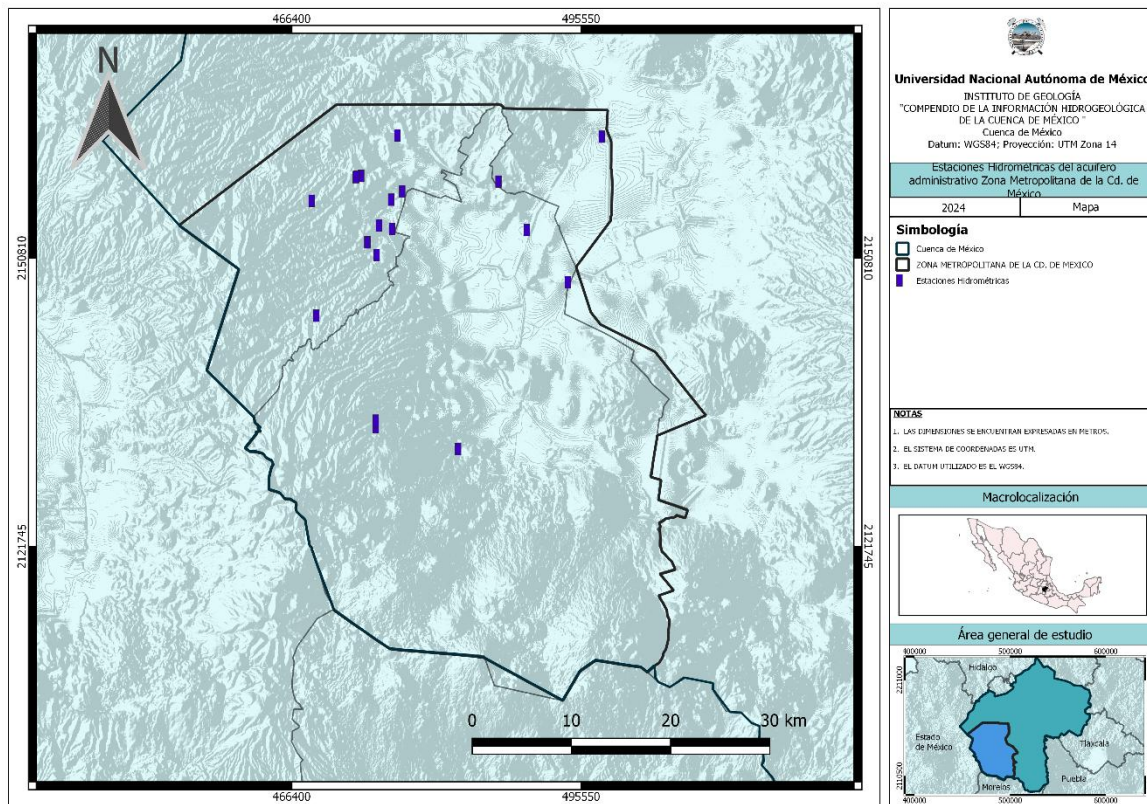
La infraestructura hidráulica se encuentra en las áreas hidrográficas de Xochimilco, Churubusco, Ciudad de México y Texcoco y se compone de presas, ríos y canales entubados. Las presas y los ríos se encuentran principalmente en la zona poniente del área de estudio, mientras que los canales y ríos entubados se encuentran en la parte central de la Ciudad de México (CONAGUA,2023).

De acuerdo con el siguiente mapa, la red hidrográfica del acuífero de la ZMCDMX se encuentra principalmente en las zonas montañosas del mismo, ubicadas al Oeste, Noroeste y Sur. Aunque, en la planicie también pasan algunas corrientes de longitud considerable al atravesar de Norte a Sur el acuífero.



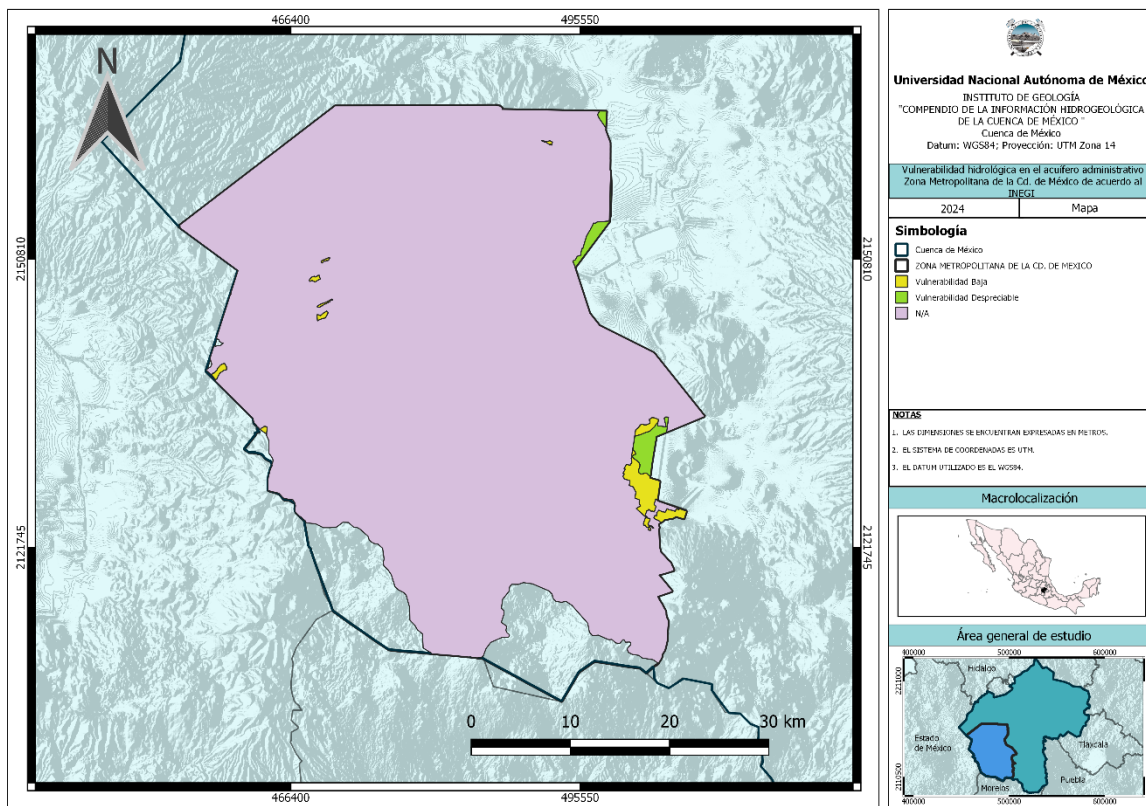
Mapa 193. Red Hidrográfica del acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México

Las estaciones hidrométricas en el acuífero de la ZMCDMX se encuentran principalmente al Norte con aproximadamente quince y solamente tres en la porción montañosa del Oeste.



Mapa 194. Distribución de estaciones hidrométricas del acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México

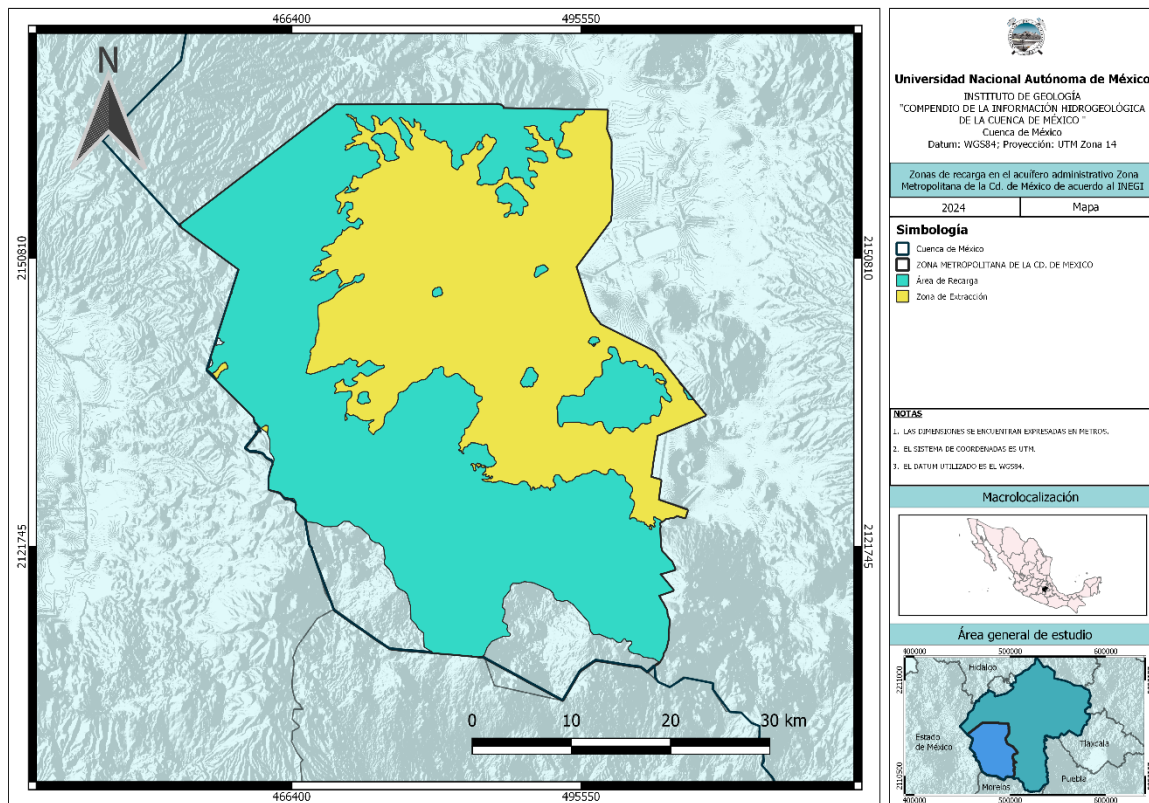
La vulnerabilidad hidrológica en el acuífero de la ZMCDMX está poco calculada y para las pequeñas áreas donde hay información se encuentra un parámetro de baja a despreciable en el límite Este, colindando con el Estado de México y por el lago Nabor Carrillo.



Mapa 195. Distribución de la vulnerabilidad hidrológica en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. México

La recarga total media anual, para el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México, es de 512.8 hm³/año. Para este acuífero el volumen de extracción de aguas subterráneas es de 1,020,030,340 m³ anuales, que reporta el Registro Público de Derechos de Agua (REPDa) de la Subdirección General de Administración del Agua, a la fecha de corte del 20 de febrero del 2020, lo que significa que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, se están extrayendo a costa del almacenamiento no renovable del acuífero. (CONAGUA, 2023).

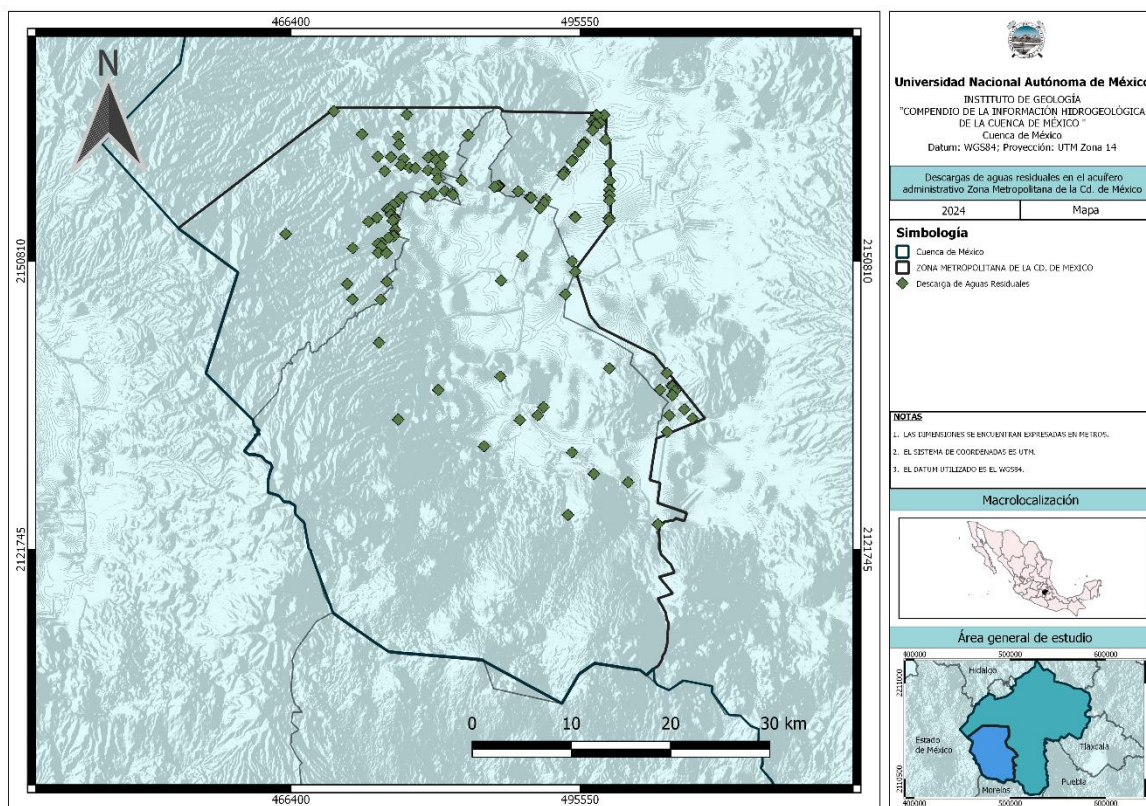
De acuerdo con el siguiente mapa, las zonas de recarga en el acuífero de la Zona Metropolitana son básicamente los límites Sur, Oeste, Noroeste y una delgada franja del Norte. Mientras, la mitad del lado Este es principalmente el área de extracción del acuífero



Mapa 196. Distribución de las zonas de recarga en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. México

4.7.7.1 Descarga de aguas residuales en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

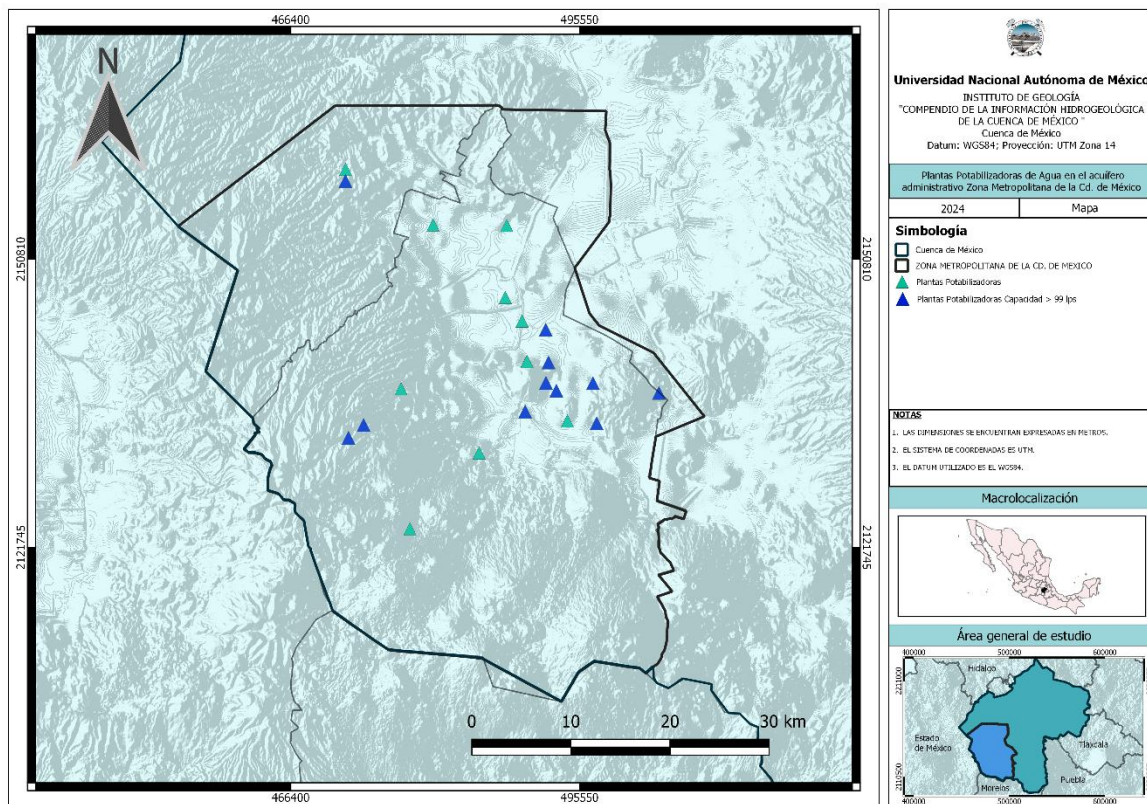
Las descargas de aguas residuales en el acuífero de la ZMCDMX están dispersadas principalmente en la zona Norte (pies de monte), Noreste, Este y centro del acuífero, en los pies de monte del Campo Volcánico del Chichinautzin (al Sur).



Mapa 197. Localización de descargas de aguas residuales en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. México

4.7.7.2 Plantas potabilizadoras en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

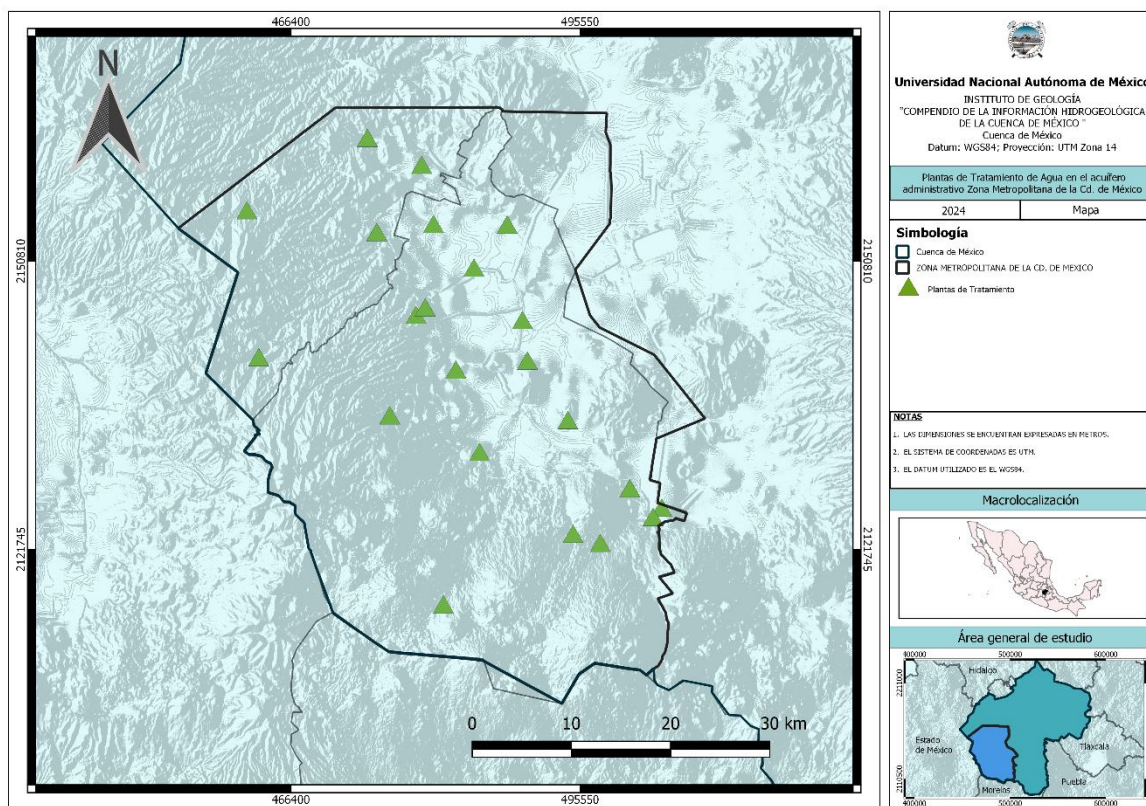
El acuífero de la ZMCDMX cuenta con varias plantas potabilizadoras distribuidos entre el lado Este, centro, unos pocos al Norte e igualmente al Oeste en la zona montañosa. Son once plantas potabilizadoras con capacidad superior a los 90 Lps.



Mapa 198. Localización de plantas potabilizadoras de agua en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. México

4.7.7.3 Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

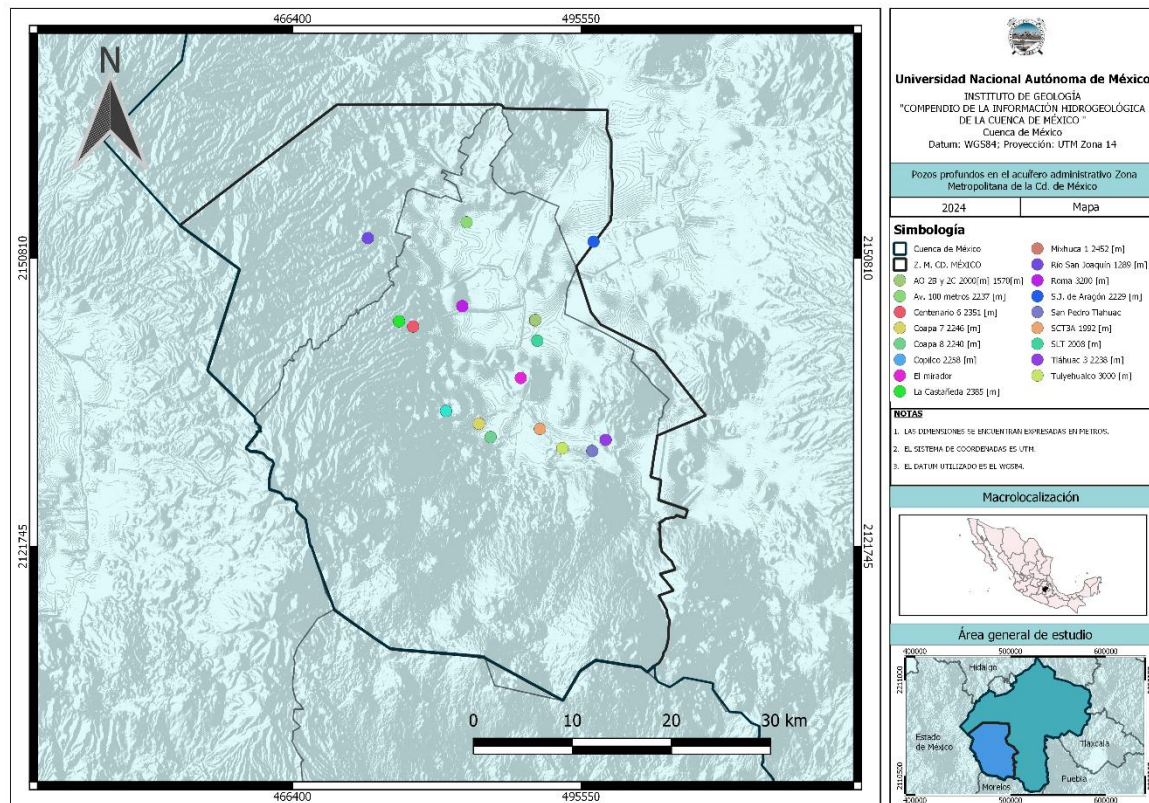
Las plantas de tratamiento de agua en el acuífero de la ZMCDMX son aproximadamente veinticuatro distribuidas más espaciadamente entre el Noroeste, Oeste, centro, Sur y Sureste, ver mapa.



Mapa 199. Localización de plantas de tratamiento de agua en el acuífero Zona Metropolitana de a Cd. México

4.7.8 Pozos profundos en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

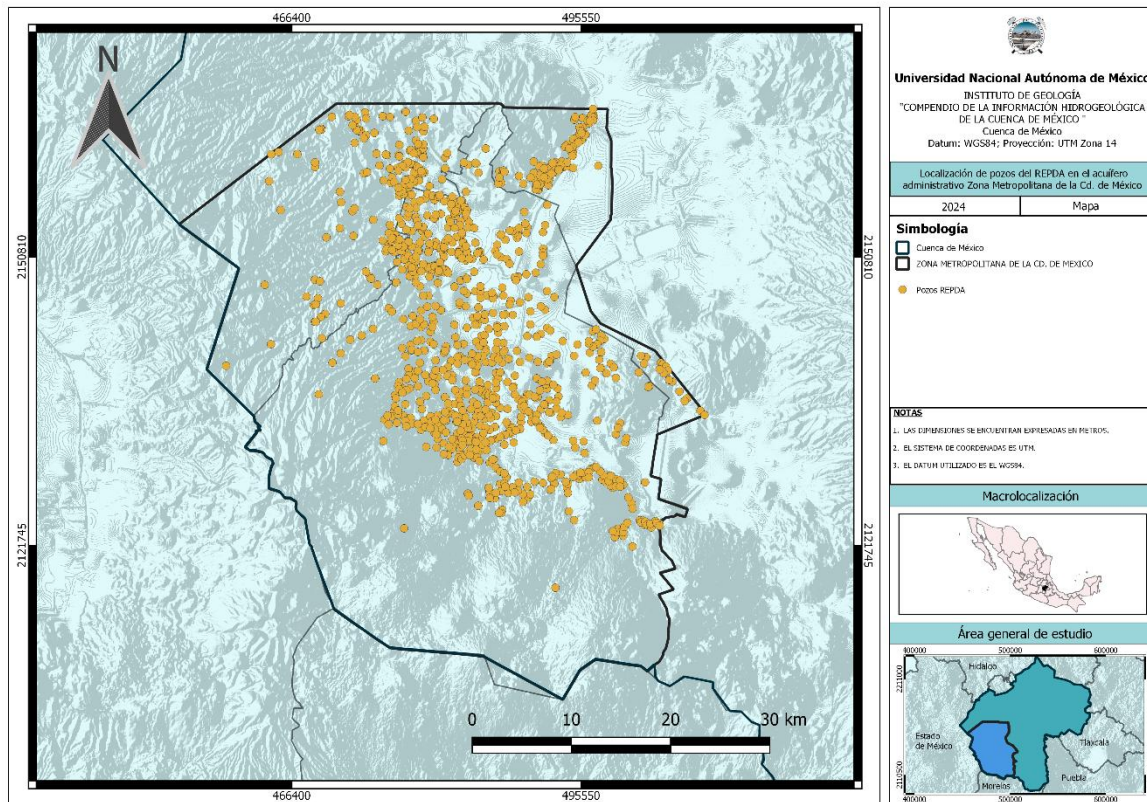
En el acuífero de la ZMCDMX existen diecisiete pozos profundos, lo que lo convierte en el acuífero con mayor número de estos pozos. La mayoría de estos pozos se encuentran al Sur del acuífero en la planicie muy cerca del Campo Volcánico del Chichinautzin. Y en grupos de tres pozos se dispersan los demás en la zona centro, Oeste y Norte.



Mapa 200. Localización de pozos profundos en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México

4.7.9 Monitoreo de agua subterránea en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

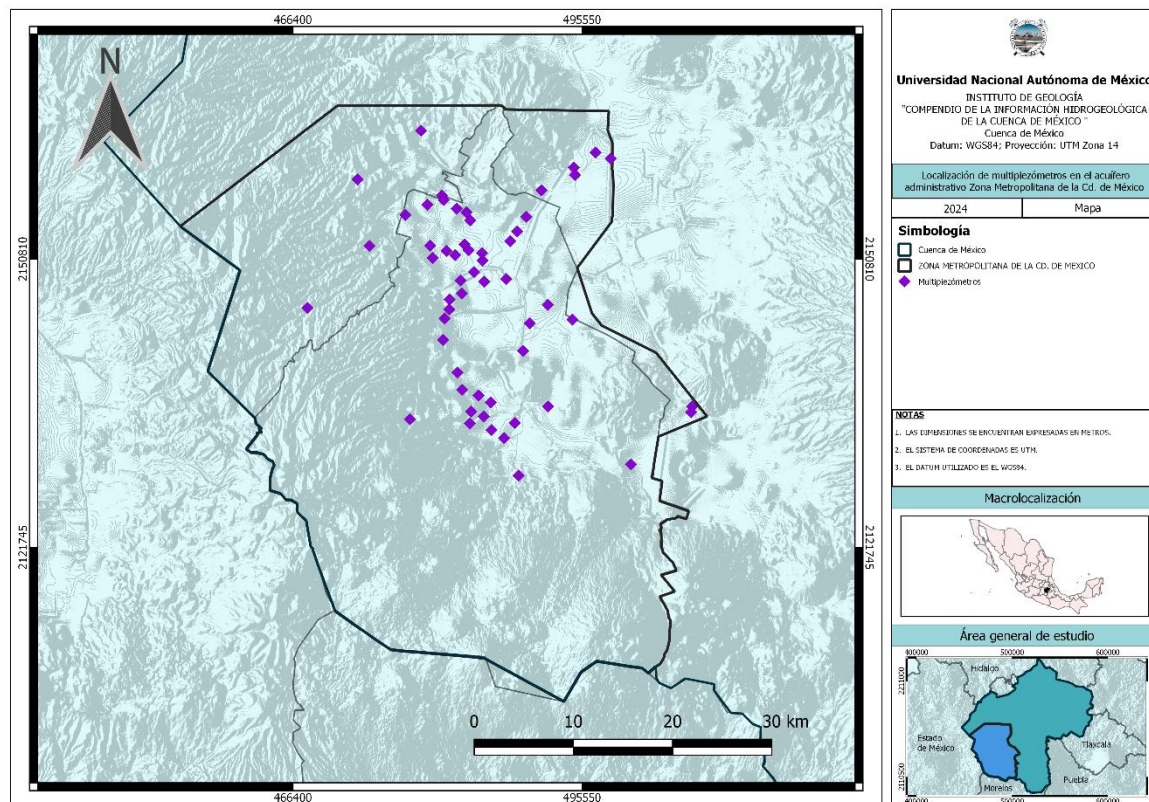
El acuífero de la ZMCDMX cuenta con múltiples pozos del REPDA para el monitoreo del agua en el mismo, son más de cien pozos distribuidos principalmente en las zonas bajas o de pies de monte del Norte, Este y centro, dejando casi sin ningún pozo la zona Sur que es montañosa y posteriormente la Oeste, igualmente de alto relieve.



Mapa 201. Localización de pozos del REPDA en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México

4.7.9.1 Red piezométrica en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

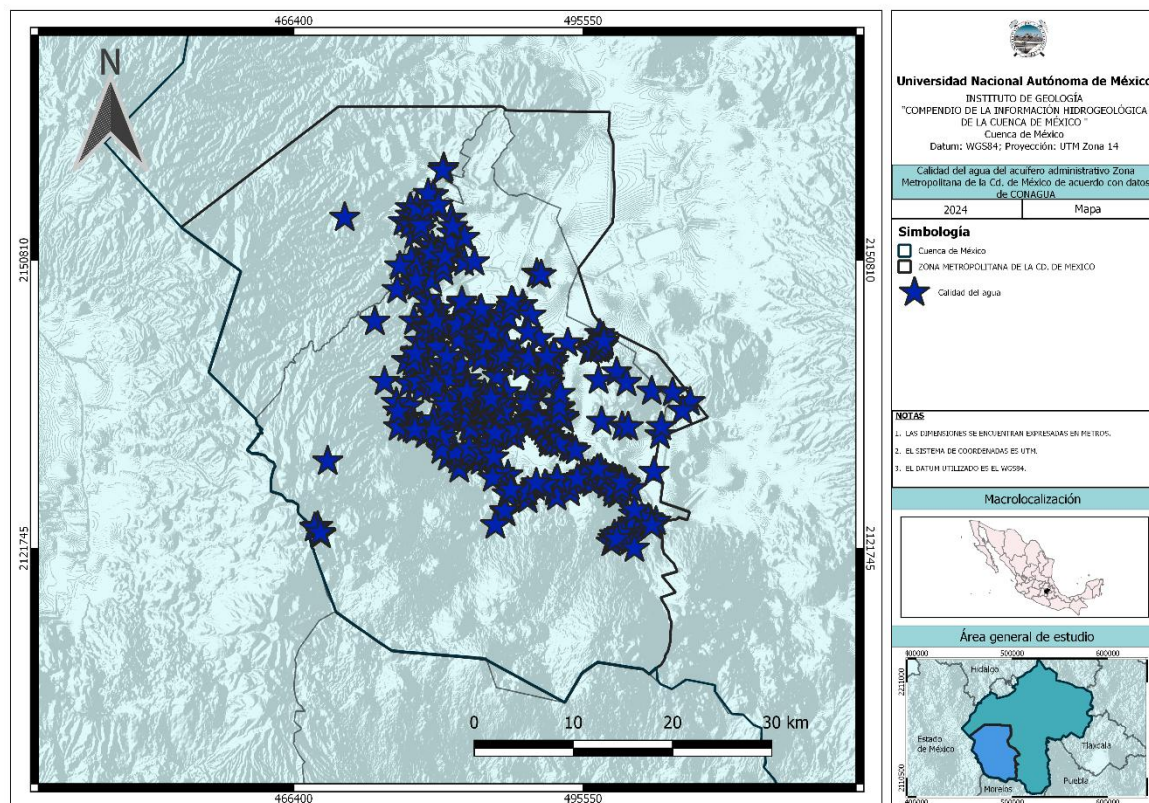
Los multipiezómetros en el acuífero se encuentran distribuidos a lo largo de los pies de monte de las zonas Oeste, Norte y un poco al Este, dejando sin información la zona Sur y con menor cantidad de estos en el centro.



Mapa 202. Localización de los multipiezómetros en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México

4.7.9.2 Monitoreo de la calidad del agua en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

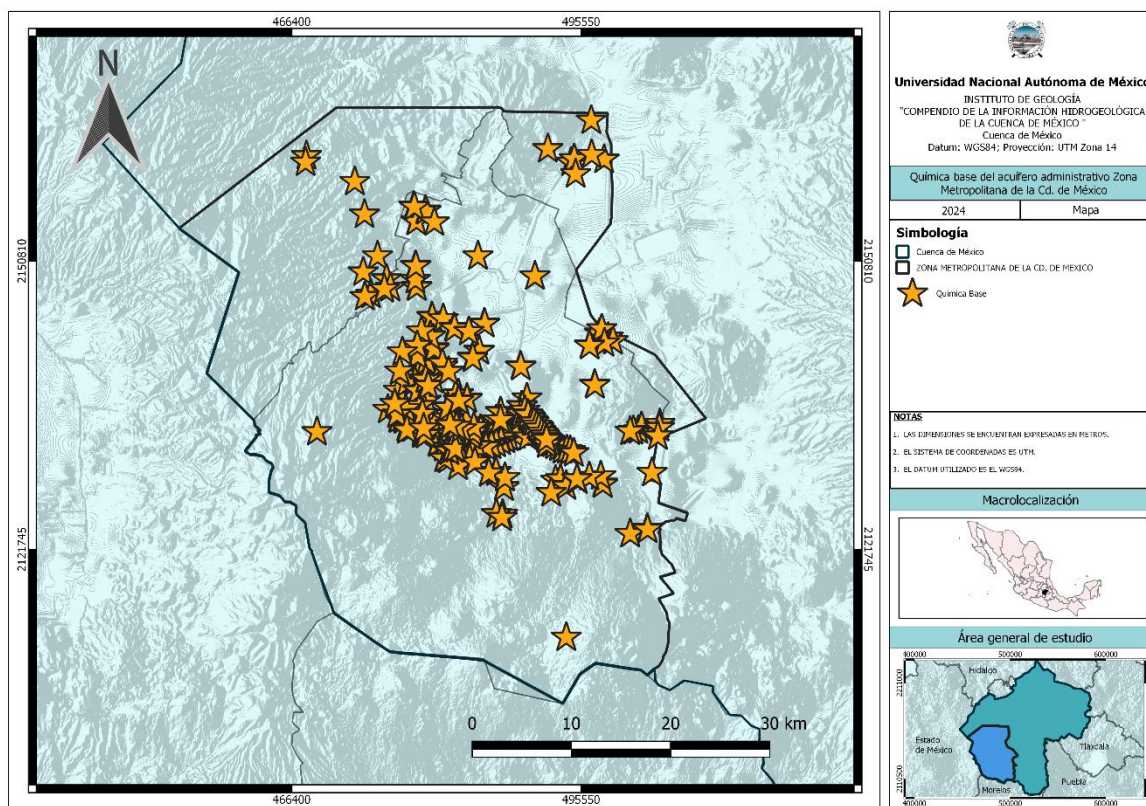
En 1995, los cloruros en la Ciudad de México superaron las concentraciones en un 250 % más del límite permitido. Durante la evolución de los cloruros de 1987 a 1995, hubo cambios significativos en la zona noreste del Municipio de Ecatepec, con aumentos de 400 mg/l. En la zona norte de la Ciudad de México se registró un aumento de 200 mg/l en la dureza total entre 1987 y 1995; mientras que el amonio disminuyó hasta 10 mg/l en la zona noreste de la ciudad (CONAGUA,2023). Los pozos disponibles para monitorear la calidad del agua en el acuífero son más de cien y se encuentran en la planicie principalmente, posteriormente en los pies de monte de las áreas Oeste, Norte y Este.



Mapa 203. Localización de puntos de muestreo para la calidad del agua en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México

4.7.9.3 Hidrogeoquímica en el acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México

Los pozos para medir la química base en el acuífero son también más de cien y se encuentran principalmente en los pies de monte de lado Oeste, centro y Este del acuífero, dejando en menor cantidad al Norte y sin mucha información en el Sur.



Mapa 204. Localización de puntos de muestreo para la química base en el acuífero Zona Metropolitana de la Cd. de México



En la siguiente tabla se puede apreciar la información recopilada en este compendio. Las casillas de colores indican que si hay información. Se indica con una casilla en blanco y la palabra “No”, donde no hay información.

Tabla 17. Información disponible de cada acuífero administrativo

Información / acuíferos	Apan	Chalco-Amecameca	Cuatitlán-Pachuca	Soltepec	Tecocomulco	Texcoco	Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
CEM							
Regiones Hidrológicas Administrativas							
Áreas Naturales Protegidas	No			No	No		
Fisiografía							
Tipo de suelo							
Geología							
Fallas							
Geoquímica de rocas							
Clima							
Estaciones Climatológicas							
Temp. Media anual							
Precipitación media anual							
Isótopos	No			No	No		
Regiones hidrológicas							
Cuencas hidrológicas							
Subcuencas hidrológicas							
Red hidrográfica							
Estaciones Hidrométricas				No	No		



Información / acuíferos	Apan	Chalco-Amecameca	Cuautitlán-Pachuca	Soltepec	Tecocomulco	Texcoco	Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
Vulnerabilidad hidrológica				No	No		
Zonas de recarga				No	No		
Descargas de aguas residuales	No			No	No		
Plantas Potabilizadoras	No			No	No		
Plantas de Tratamiento					No		
Pozos Profundos	No	No	No	No	No		
Pozos REPDA							
Red Piezométrica							No
Multipiezómetros	No			No	No		
Calidad del agua							
Química base	No				No		

5. Conclusiones

A partir de la recopilación, depuración e integración de la información sobre el agua subterránea en la cuenca, generado en el periodo 1960-2022, se puede establecer que se ha generado muchísima información, mucha de ella de gran relevancia para entender el funcionamiento del agua subterránea en la cuenca. No obstante, esta información se encuentra dispersa en diferentes instituciones, con una gran diversidad de formatos y niveles de detalle en su contenido, lo cual hace su uso difícil para soportar la toma de decisiones sobre la gestión del agua en la cuenca.

A partir del análisis de la información, realizado durante este trabajo, es notable la disminución del monitoreo de niveles tanto en piezómetros, pozos y multipiezómetros, a lo largo del tiempo. Esta falta de continuidad en la medición, ha llevado a tener ausencia de información espacio-temporal, que se ve reflejada en la baja calidad de la estimación de las curvas de ENE, igualmente, esto lleva a no tener un control de como evolucionan los niveles de agua.

Los datos recabados de los multipiezómetros, son información muy valiosa, ya que a partir de estos podemos medir la presión de poro a diferentes profundidades del subsuelo, siendo ésta información útil para estudios de mecánica del suelo, como entradas para modelos matemáticos del flujo subterráneo, entre otras aplicaciones.

En cuanto a los análisis de geoquímicos hace falta tener una distribución más uniforme en la superficie y a profundidad, para tener una mejor caracterización de las formaciones geológicas en la cuenca, de este modo podemos conocer los procesos por los que han pasado las rocas y comprender los cambios que han ocurrido en el medio por el cual circula el agua subterránea.

Igualmente, los análisis hidroggeoquímicos e isotópicos carecen de una distribución espacial uniforme y de continuidad temporal en la medición de estos rubros. El tener un monitoreo constante de la hidroggeoquímica, permitiría detectar cambios en la composición del agua y buscar su causa, para así evitar efectos desfavorables en los diferentes usos que se le da al agua. Un registro continuo de isótopos alrededor de la cuenca permitiría identificar mejor las zonas de recarga, para así poder tomar acciones pertinentes. Asimismo, se comprendería mejor la dinámica del flujo subterráneo a través del análisis del tiempo de residencia, construcción de líneas meteóricas, determinación de procesos de evaporación.

Con respecto a la calidad química del agua subterránea se cuenta con la red RENAMECA que tiene datos anuales desde 2012, pero que los sitios de monitoreo están orientados a objetivos específicos de CONAGUA, tales como: en qué condiciones se encuentran fuentes de abastecimiento, conocer las tendencias de calidad del agua en los principales cuerpos de agua del país, evaluar el impacto de plantas para tratamiento de aguas residuales y atender las recomendaciones de la Comisión Nacional de Derechos Humanos relacionadas con la calidad del recurso hídrico, entre otras acciones fundamentales que lleva a cabo la red referida. Por lo que los parámetros medidos y los sitios seleccionados para monitoreo no proporcionan la información suficiente para entender el



comportamiento del agua subterránea en lo relativo a los procesos hidrogeoquímicos que suceden en el subsuelo, se recomienda la ampliación de la red de monitoreo de la calidad del agua subterránea para incluir sitios de interés hidrogeológico y de control de la contaminación del agua subterránea

6. Recomendaciones

Dado el volumen de información con el que se cuenta, tanto en datos piezométricos como multipiezométricos, es deseable realizar un análisis de dichos datos con Inteligencia Artificial a través de diversos algoritmos.

Igualmente, para poder continuar con la medición de niveles, es importante primero revisar el estado en el que se encuentran los piezómetros, pozos y multipiezómetros y evaluar si son aptos para seguir midiendo y por ende continuar con el monitoreo de los niveles de agua subterránea. Una manera de poder continuar con este monitoreo es a través del establecimiento de convenios con las autoridades pertinentes y con los dueños de los pozos.

El monitoreo de los niveles del agua subterránea en la cuenca comenzó desde los años 60's y se mantuvo con mediciones constantes cada año, aunque muy variable el número de sitios medidos en cada año, alcanzando el mayor número de mediciones en el recorrido realizado en 2005, esto genera problemas al analizar estos datos mediante métodos numéricos o estadísticos, por lo que se recomienda cambiar la forma de contratar o de asignar la realización de los trabajos de monitoreo en la cuenca.

Sería óptimo establecer una red de monitoreo de datos hidrogeoquímicos e isotópicos del agua subterránea (en el caso de los datos isotópicos, también agua de lluvia) con una distribución uniforme en la Cuenca de México.



Referencias

Arce, J. L., et al. "New constraints on the subsurface geology of the Mexico City Basin: The San Lorenzo Tezonco deep well, on the basis of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology and whole-rock chemistry." *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 266 (2013): 34-49.

Arce, J. L., Layer, P., Martínez, I., Salinas, J. I., Macías-Romo, M. D. C., Morales-Casique, E., ... & Lenhardt, N. (2015). Geología y estratigrafía del pozo profundo San Lorenzo Tezonco y de sus alrededores, sur de la Cuenca de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(2), 123-143.

Arce, J. L., Layer, P., Martínez, I., Salinas, J. I., Macías-Romo, M. D. C., Morales-Casique, E., ... & Lenhardt, N. (2015). Geología y estratigrafía del pozo profundo San Lorenzo Tezonco y de sus alrededores, sur de la Cuenca de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(2), 123-143.

Back, W., 1994. Hydrologic time and sustainability of shallow aquifers., in: *Water Down Under 94: Groundwater/Surface Hydrology Common Interest Papers; Preprints of Papers*. Barton, ACT: Institution of Engineers. Australia, pp. 331– 335.

Birkle, P., Torres, V., & González, E. (2015). Evaluación preliminar del potencial de acuíferos profundos en la Cuenca del Valle de México. *Tecnología y ciencias del agua*, 10(3), 47-53.

Birkle, P., Torres, V., & González, E. (2015). Evaluación preliminar del potencial de acuíferos profundos en la Cuenca del Valle de México. *Tecnología y ciencias del agua*, 10(3), 47-53.

Carrasco Nuñez, G., (1985). Estudio Geológico del Volcán Popocatepetl. Facultad de Ingeniería. UNAM. Tesis

Casique, E. M., Saldaña, J. L. A., Campos, J. L. L., & Fuentes, O. A. E. (2019). Análisis de la estratigrafía y las características hidrogeológicas de los estratos profundos que conforman el subsuelo de la Cuenca de México a partir de la perforación a 2000 m del pozo profundo denominado " Santa Catarina 3a". *Boletín del Instituto de Geología*, (123), 74-74.

Casique, E. M., Saldaña, J. L. A., Campos, J. L. L., & Fuentes, O. A. E. Análisis de la estratigrafía y las características hidrogeológicas de los estratos profundos que conforman el subsuelo de la cuenca de México a partir de la perforación de dos pozos profundos, uno a 2000 m y otro a 1570 m denominados Agrícola Oriental no. 2B y 2C. *Boletín del Instituto de Geología*, (121), 105-105.

Comisión Estatal del Agua del estado de Morelos. (2016). "Subcuencas". Disponible en: <http://aguamorelos.gob.mx/subcuencas/>



Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2021). “Estudio previo justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Lago de Texcoco”. Gobierno de México. Disponible en : <https://www.conanp.gob.mx/pdf/separata/EPJ-APRN-LagodeTexcoco.pdf>

Comisión Nacional del Agua. (2010). Atlas del agua en México 2010. Gobierno de México, México.

Comisión Nacional del Agua. (2015). “Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tecocomulco (1319), Estado Hidalgo”. Gobierno de México. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103068/DR_1319.pdf

Comisión Nacional del Agua. (2020). “Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Meztlán (1314), Estado Hidalgo”. Gobierno de México. Disponible en: https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/hidalgo/DR_1314.pdf

Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Apán (1320), Estado de Hidalgo. México.

Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Chalco- Amecameca (1506), Estado de México. México.

Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Cuautitlán-Pachuca (1508), Estado de México. México.

Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tecocomulco (1319), Estado de Hidalgo. México.

Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Texcoco (1507), Estado de México. México.

Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Soltepec (2902), Estado de Tlaxcala. México.

Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Zona metropolitana de la Cd. de México (0901), Ciudad de México. México.

Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Apán (1320), Estado de Hidalgo. México.

Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Chalco- Amecameca (1506), Estado de México. México.

Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Cuautitlán-Pachuca (1508), Estado de México. México.

Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tecocomulco (1319), Estado de Hidalgo. México.

Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Texcoco (1507), Estado de México. México.



Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Soltepec (2902), Estado de Tlaxcala. México.

Comisión Nacional del Agua. (2023). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Zona metropolitana de la Cd. de México (0901), Ciudad de México. México.

Davie, T. 2002. Fundamentals of Hydrology. Second Edition. London. Routledge Fundamentals of Physical Geography. pp. 220.

DOF. Diario Oficial de la Federación (2010). Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de la Región hidrológica Numero 18 Balsas. México. Recuperado de

[https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5175730#:~:text=La%20Regi%C3%B3n%20Hidrol%C3%B3gica%20n%C3%BAmero%2018%20Balsas%20se%20localiza%20entre%20los,nacional%20\(ver%20figura%202\)](https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5175730#:~:text=La%20Regi%C3%B3n%20Hidrol%C3%B3gica%20n%C3%BAmero%2018%20Balsas%20se%20localiza%20entre%20los,nacional%20(ver%20figura%202))

DOF. Diario Oficial de la Federación (2022). DECRETO por el que se establece reserva parcial de aguas nacionales superficiales en las cuencas hidrológicas que se indican, pertenecientes a la Subregión Hidrológica Río Pánuco, de la Región Hidrológica número 26 Pánuco, para los usos doméstico y público urbano. Recuperado de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5673627&fecha=08/12/2022#gsc.tab=0

Edmunds, W. M., J. J. Carrillo-Rivera, and A. Cardona. "Geochemical evolution of groundwater beneath Mexico City." Journal of Hydrology 258.1-4 (2002): 1-24.

Escolero, F.O., 2018. Sistemas regionales de flujo de agua subterránea en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. pp 469.

Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V. y Manea, M. (2012). La historia dinámica del Cinturón Volcánico Transmexicano y la zona de subducción de México. Tectonofísica, 522-523, 122-149. doi:10.1016/j.tecto.2011.09.018

Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V. y Manea, M. (2012). La historia dinámica del Cinturón Volcánico Transmexicano y la zona de subducción de México. Tectonofísica, 522-523, 122-149. doi:10.1016/j.tecto.2011.09.018

Fries Carl, (1962). Estudios geocronológicos de las rocas mexicanas, Instituto de Geología U.N.A.M., Boletín No. 64.

Galindo Cruz Claudio, Quintana Posadas Victorino (1983) Estudio fotogeológico del área de Atlacomulco-Acambay, Edo. de México. IPN, Tesis.

García Palomo Armando (1998). Evolución estructural en las inmediaciones del volcan Nevado de Toluca, Edo. de Mexico. UNAM. Tesis.



García, E. (2001). 'Climas' (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/clima1mgw.html>

Global Water Partnership South América, Sociedad Geográfica de Lima. 2011. ¿Qué es cuenca hidrológica? Cartilla Técnica. Lima, Perú. Recuperado en https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2018). ¿Qué es el clima?. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/que-es-el-clima>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1992). Síntesis geográfica del estado de Hidalgo. México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1992). Síntesis geográfica del estado de Hidalgo. México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas. SIATL. Disponible en : https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#close2

Kazemi, G.A., Lehr, J.H., Perrochet, P., 2006. Groundwater Age. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA. <https://doi.org/10.1002/0471929514>

Ledezma Guerrero Odilón (1987) Hoja Calpulalpan con Resumen de la Geología de la Hoja Calpulalpan Edos. De México, Tlaxcala, Puebla e Hidalgo. Carta geológica de México serie de 1:100,000. UNAM, Instituto de Geología.

Leyva Suárez, Esther sustentante Acuíferos semiconfinados y su modelación: aplicaciones al acuífero de la zona metropolitana de la Ciudad de México / 2010

Lizcano, F. (2017). Estado de México: una regionalización con raíces históricas. Gobierno del Estado de México.

Lizcano, F. (2017). Estado de México: una regionalización con raíces históricas. Gobierno del Estado de México.

Makarenko, F.A., 1948. On base flow. Trudy Laboratorii gidrogeologicheskikh problem USSR. Acad. Sci. 1, 51–71.

Martínez Casas, Z. (2022). Modelo hidrogeológico local del pozo Santa Catarina 3A / tesis que para optar por el grado de Maestra en Ciencias de la Tierra; tutor principal de tesis Eric Morales Casique. Universidad Nacional Autónoma de México.

Mena Mejía, Irma, Bustamante González, Ángel, Vargas López, Samuel, Olvera Hernández, José Isabel, & Méndez Espinoza, José Arturo. (2017). EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ECOLÓGICA DEL RÍO



ZAHUAPAN. Revista internacional de contaminación ambiental, 33(1), 7-19.
<https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.01.01>

Mifflin, M.D., 1968. Delineation of Ground-Water Flow Systems in Nevada.

Mooser, Federico, (1961). Informe sobre la geología de la Cuenca del Valle de México: México D.F., Secretaría de Recursos Hidráulicos. Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, 99 p.

Mooser, Federico. (1962). Bosquejo geológico de la parte sur de la Cuenca de México, XX Congreso Geol. Internacional. Libreto Guía. Excursión C-9.

Morlán, L., F. L. (2012). “Saneamiento del Río Cuautitlán en el tramo Cortina Presa Guadalupe – Residencial La Luz”. Instituto Politécnico Nacional.

National Oceanic and Atmospheric Administration. (2018). What’s the Difference Between Weather and Climate?. National Centers for Environmental Information.
<https://www.ncei.noaa.gov/news/weather-vs-climate>

Norvatov, A.M., Popov, O. V., 1961. Laws of the formation of minimum stream flow. Int. Assoc. Sci. Hydrol. Bull. 6, 20–28. <https://doi.org/10.1080/02626666109493201>

Ordaz A. A. (1977). Estudio geológico e hidrogeológico del Estado de Morelos: México D.F. IPN-ESIA, Tesis.

Pérez Sesma, José Antonio Agustín, Maderey Rascón, Laura Elena, Pereyra Díaz, Domitilo, & Filobello Niño, Uriel Antonio. (2012). Estimación de la creciente de diseño utilizando el hidrograma unitario instantáneo: el caso de la cuenca del río Tecolutla, México. Investigaciones geográficas, (79), 20-38. Recuperado en 17 de agosto de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112012000300003&lng=es&tlng=es.

Perez-Cruz, G. A. (1988). Estudio sismológico de reflexión del subsuelo de la Ciudad de México. Seismic reflection study of the Mexico City subsoil). M in Eng Thesis. DEPI, UNAM.

Robles, L., R. H. (2015). “Factores relevantes que impiden un desarrollo sustentable: caso de la Cuenca Hidrográfica Río Tepetzotlán, Estado de México. Diagnóstico y propuesta desde una visión de la sociedad civil (2007-2011)”. Universidad Nacional Autónoma de México.

Sánchez Rubio G. (1984) Cenozoic volcanism in the Toluca-Amealco Region Central México. Univ. Londres. Tesis de maestría.

Sánchez Rubio G. (1986 b) Volcanología de la región de Toluca –Amealco, Estado de México. UNAM, Inst. de Geología Regional de México

Schlaepfer, C., (1968). Hoja México 14 Q-h(5), con resumen de la hoja México D.F. y Edos. de México y Morelos, UNAM., Instituto de Geología, Carta Geológica de México serie 1 : 100 000.

Secretaría de Economía. (2000). Carta Geológico-Minera Ciudad de México E14-2 Escala 1:250,000 Estados de México, Guerrero y Puebla. Consejo de Recursos Minerales.



Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). “El saneamiento del río Apatlaco: De lo crítico a lo sustentable”. 978-607-8246-46-5. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121857/El_saneamiento_del_r_o_Apatlaco._D_e_lo_cr_tico_a_lo_sustentable.pdf

Silva Mora Luis (1997) Geología volcánica y carácter químico preliminar de las rocas de la región TulaPolotitlán, Edos. de Hidalgo, México y Querétaro, México. Revista Mexicana de ciencias geológicas, v 14, p. 50-77. UNAM. Instituto de Geología.

Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de San Martín Texmeluca, Puebla. (2023). “Río Atoyac”. Disponible en: <https://sosapatex.gob.mx/rio-atoyac/>

Tóth, J., 1963. A Theoretical Analysis of Groundwater Flow in Small Drainage Basins. J. Geophys. Res. 68, 4795–4812.

Vázquez-Sánchez, E., & Jaimes-Palomera, R. (1989). Geología de la Cuenca de México. Geofísica Internacional, 28(2), 133-190.

Walker, G., Gilfedder, M., Evans, R., Dyson, P., Stahulfacher, M., 2003. Groundwater Flow Systems Framework: Essential Tools for Planning Salinity Management.



R Í O A R R O N T E
FUNDACIÓN

