



**FUNC**

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO

# **MANIFESTACIÓN GENERAL DE IMPACTO AMBIENTAL**

## **PROYECTO CENTRO TURÍSTICO SUSTENTABLE DE ALTA MONTAÑA EL AZUFRE**

**Tomo II parte A: Línea de base  
ambiental y social**

**Malargüe, Mendoza, República Argentina  
2022**

## “LÍNEA DE BASE AMBIENTAL Y SOCIAL”

### ÍNDICE

Línea de Base Ambiental y Social.....	11
Ámbito geográfico del entorno del Proyecto.....	11
A.  Escala Regional: Departamento Malargüe.....	11
B.  Escala Local: Paraje El Azufre .....	11
Áreas de influencia.....	13
Medio Físico.....	19
A.  Procesos naturales.....	19
Geología Regional.....	20
Geomorfología Regional .....	35
Suelo .....	76
B.  Calidad del aire.....	100
C.  Clima.....	129
Contexto climático .....	129
Contexto regional .....	136
Parámetros climáticos .....	138
Estación Nivométrica El Azufre .....	150
Estación Meteorológica El Azufre .....	154
D.  Agua .....	156
Hidrología Superficial .....	156
Hidrogeología .....	205
Calidad del agua.....	219
Limnología .....	248
E.  Paisaje.....	275

*DNyA. Cuyano*



Introducción .....	275
Marco Teórico.....	275
Metodología.....	276
Caracterización del Paisaje por Áreas y Sectores del AID .....	282
Conclusiones.....	288
ANEXOS TOMO 2.A. ....	291

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Secuencia Estratigráfica AID: Proyecto El Azufre. ....	28
Tabla 2. Unidades geológicas que se identifican en el Área Operativa. ....	32
Tabla 3. Peligros volcánicos asociados con el CV. Planchón-Peteroa, características generales e impacto. ....	69
Tabla 4. Eventos eruptivos históricos del CVPP y sus características principales.....	75
Tabla 5. Factores pedogenéticos de Cordillera Principal (Zona 1 en imagen).....	81
Tabla 6. Factores pedogenéticos de bajadas pedemontanas. ....	82
Tabla 7. Actores pedogenéticos de Depresión de los Huarpes.....	83
Tabla 8. Factores pedogenéticos de la Payenia.....	83
Tabla 9. Procesos pedogenéticos en horizonte A.....	84
Tabla 10. Procesos pedogenéticos en horizonte B.....	84
Tabla 11. Predominio de texturas y combinaciones. ....	89
Tabla 12. Pendiente y aptitudes.....	89
Tabla 13. Tipo de estructuras y aptitudes.....	90
Tabla 14. Compactación de suelos.....	90
Tabla 15. Tipo de compactación de suelos.....	91
Tabla 16. Profundidad del suelo (material permeable).....	91
Tabla 17. Contenido de sales.....	92
Tabla 18. Clases de suelos según pH, CE (µmhos/cm) y RAS (%). ....	93
Tabla 19. Clases de suelos según contenido de materia orgánica. ....	93
Tabla 20. Clases de suelos según fertilidad. ....	94
Tabla 21. Clases de suelos según contenido de carbonato. ....	94
Tabla 22. Instrumental de medición. ....	101
Tabla 23. Descripción equipos de monitoreo de variables meteorológicas.....	102
Tabla 24. Valores de los parámetros meteorológicos para el período monitoreado. ....	103
Tabla 25. Concentraciones de contaminantes para el período monitoreado .....	106
Tabla 26. Concentraciones de contaminantes para el período monitoreado.....	113
Tabla 27. Valores de los parámetros meteorológicos para el período monitoreado .....	117
Tabla 28. Concentraciones de contaminantes para el período monitoreado.....	120
Tabla 29. Valores promedio de PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>x</sub> , CO y O <sub>3</sub> . ....	123
Tabla 30. Niveles guía de la OMS. ....	124
Tabla 31. Valores obtenidos del monitoreo vs. valores guía, ciudad de Malargüe. ....	125

Dña. Silvia



Tabla 32. Valores obtenidos del monitoreo vs. valores guía, Parque Industrial de Malargüe.....	125
Tabla 33. Valores obtenidos del monitoreo vs. valores guía, Bardas Blancas.....	126
Tabla 34. Se observan los valores medios y los valores guía.....	127
Tabla 35. Clasificación climática Koeppen.....	134
Tabla 36. Clasificación correspondiente al AID.....	135
Tabla 37. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.....	165
Tabla 38. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.....	167
Tabla 39. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.....	169
Tabla 40. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.....	172
Tabla 41. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.....	175
Tabla 42. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.....	177
Tabla 43. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.....	180
Tabla 44. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.....	182
Tabla 45. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.....	184
Tabla 46. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.....	186
Tabla 47. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.....	189
Tabla 48. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.....	191
Tabla 49. Superficie total de glaciares inventariados en la subcuenca del río Grande Norte.....	201
Tabla 50. Alturas por tipos de glaciares en la subcuenca del río Grande Norte.....	205
Tabla 51. Estimación de las reservas explotables.....	219
Tabla 52. Muestra Aguas arriba del complejo actual (zona del Punilla Central) Fecha del análisis 3/12/2020.....	221
Tabla 53. Muestra Aguas abajo del complejo actual. Fecha del análisis 3/12/2020.....	222
Tabla 54. Resultado de mediciones <i>in situ</i> .....	224
Tabla 55. Parámetros medidos.....	225
Tabla 56. Sitio de muestreo.....	227
Tabla 57. Río Valenzuela en Valle Noble. Composición química y fisicoquímica según AyEE-EVARSA.....	230
Tabla 58. Río Valenzuela en Valle Noble. Composición química y fisicoquímica según CRA.....	232
Tabla 59. Río Valenzuela en Valle Noble. Composición química en elementos de menor concentración en muestras de la tabla anterior, en mg/l.....	232
Tabla 60. Río Valenzuela en Valle Noble.....	233
Tabla 61. Comparación de los valores químicos y fisicoquímicos con los normalizados para consumo humano, según análisis realizados por CRA.....	236
Tabla 62. Recomendaciones microbiológicas del CAA.....	240
Tabla 63. Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los sistemas de abastecimiento de agua.....	241
Tabla 64. Nomenclaturas de campo y georreferenciación de los sitios de monitoreo limnológicos. Noviembre 2022.....	250
Tabla 65. Abundancia absoluta de las especies algales identificadas en cada sitio de monitoreo.....	263
Tabla 66. Abundancias absolutas de zoopláncteres en los sitios analizados.....	267
Tabla 67. Abundancias absolutas de macroinvertebrados identificados en las muestras del área de estudio.....	269
Tabla 68. Rangos de valoración para la Unidad visual.....	278
Tabla 69. Rangos de valoración de la organización visual.....	278

D. Valenzuela





Tabla 70. Rangos de valoración de la calidad visual.....	279
Tabla 71. Rangos de valoración de la calidad escénica.....	280
Tabla 72. Valor Paisajístico del Territorio.....	281
Tabla 73. Síntesis de los criterios generales para evaluar impactos.....	282

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Delimitación geográfica del proyecto. Escalas regional y local.....	12
Figura 2. Área Operativa.....	14
Figura 3. Área de Influencia Directa.....	16
Figura 4. Área de Influencia Indirecta.....	18
Figura 5. Hoja geológica Malargüe-3569 III. SEGEMAR.....	20
Figura 6. Secuencia estratigráfica Hoja Geológica Malargüe-3569 III. SEGEMAR.....	22
Figura 7. Imagen Tectónica de la zona de subducción (Latitud 35°15' al Sur). Volcanismo de arco y retro- arco Cuaternarios.....	23
Figura 8. Esquema estructural estratigráfico Sur de Mendoza.....	24
Figura 9. Faja Plegada y Corrida de Malargüe.....	25
Figura 10. Imagen satelital con puntos de relevamiento. AID: Proyecto El Azufre.....	26
Figura 11. Imagen satelital con litología. AID: Proyecto El Azufre.....	27
Figura 12. Detalle AID. Faja Plegada Corrida de Malargüe.....	30
Figura 13. Perfil longitudinal a lo largo del río Salado.....	31
Figura 14. Mapa geológico Área Operativa.....	34
Figura 15. Unidades Morfoestructurales de Mendoza.....	36
Figura 16. Unidades Geomórficas presentes en el AID.....	39
Figura 17. Área cratógena del CVPP.....	41
Figura 18. Mapa del CVPP y ubicación de las manifestaciones termales.....	42
Figura 19. Esquema idealizado de circulación de fluidos en un sistema hidrotermal en un volcán activo.....	43
Figura 20. Mapa Geológico (AO), sobre imagen Google 3D.....	44
Figura 21. Acceso principal desde RP226.....	44
Figura 22. Mapa Geológico (AO), con Infraestructura Proyectada.....	45
Figura 23. Izq. Playón con los domos habitacionales. Der. Toma de agua potable de la quebrada de arroyo alimentado por vertientes.....	46
Figura 24. Sitios propuestos para residuos y los procesos naturales en los taludes rocosos.....	46
Figura 25. Vista aguas arriba y aguas abajo, de la pequeña quebrada que vierte al río Valenzuela, margen derecha, se alimenta de vertientes y se ubica al Sur del playón con los domos.....	47
Figura 26. Calicata de 1,20 m de profundidad.....	47
Figura 27. Imagen satelital con planimetría Peteroa.....	48
Figura 28. Imagen satelital 3D con Geología y planimetría Peteroa.....	49
Figura 29. Vista de la bajada de suave pendiente sobre el talud oriental de la lomada erosionada, donde se proyecta la zona urbana y la planta de energía solar.....	49
Figura 30. Vista del terreno donde emplazará desde la RP226 al SE.....	50
Figura 31. Imagen satelital con planimetría Azufre Central.....	51
Figura 32. Imagen satelital 3D con Geología y planimetría Azufre Central.....	51
Figura 33. Vistas de las instalaciones piloto de Azufre Central (distintas épocas del año), desde el humedal Punilla hacia el Norte.....	52

Dña. Silvia  




Figura 34. Detalle de procesos de deflación (erosión eólica), en distintas épocas del año, como geoformas destacadas en la zona. ....	53
Figura 35. Imagen satelital con planimetría Punilla Oeste.....	54
Figura 36. Imagen satelital 3D con Geología y planimetría Punilla Oeste.....	55
Figura 37. Distintas vistas del humedal, en la zona depresión glaci-fluvial entre las dos parcelas urbanísticas, Hay sectores que pueden ser afectado por caminos internos. ....	55
Figura 38. Vistas de la ladera de la Sierra Punilla donde se observan las dolinas, geoformas kársticas por disolución- .....	56
Figura 39. Cabecera del valle que separa las parcelas urbanas de Punilla Oeste, representadas en laguna y escurrimientos superficiales, hacia el humedal.....	56
Figura 40. Vista del terreno donde emplaza Parcela 2, bajada de pendiente suave sin procesos erosivos destacados. ....	56
Figura 41. Imagen satelital con planimetría Punilla Central.....	58
Figura 42. Imagen satelital 3D con Geología y planimetría Punilla Central. ....	58
Figura 43. Distintas vistas del valle Punilla, tomada desde la ladera Suroeste del cordón Del Cura, donde se proyecta emplazar la zona urbana de Punilla Central. ....	59
Figura 44. Las fotografías muestran la pendiente natural presente en los terrenos donde emplazará la infraestructura de Punilla Central. No se observan procesos erosivos en superficie.....	59
Figura 45. Las imágenes muestran evidencias de bloques dispersos en taludes como parte de procesos de remoción en sectores. ....	60
Figura 46. Bloque de "yesera", donde se proyectan los principales medios de elevación y pistas de esquí. ....	60
Figura 47. Esquema donde se ilustra el proceso de subducción, volcanismo asociado y deformación tectónica. ....	61
Figura 48. Perfil transversal Oeste-Este, Distribución en profundidad de todos los sismos ocurridos entre los 33,5° y 46° de latitud sur.....	62
Figura 49. Segmentación de la Zona Volcánica Sur y ubicación del CVPP. ....	63
Figura 50. Imagen panorámica Complejo Volcánico Planchón-Peteroa. ....	64
Figura 51. Volcán Planchón-Peteroa durante sobrevuelo realizado en abril de 2011.....	65
Figura 52. Serie de tiempo de la información de monitoreo del año 2018 del C.V. Planchón Peteroa.....	66
Figura 53. Imagen de los Avisos de Ceniza Volcánica realizadas a partir de la observación de ceniza en suspensión detectada por el pronosticador a través de imágenes satelitales.....	67
Figura 54. Actividad superficial en el volcán para 2018.....	68
Figura 55. Red binacional de monitoreo volcánico del C.V. Planchón-Peteroa. ....	68
Figura 56. Mapa de peligros volcánicos del Planchón-Peteroa.....	71
Figura 57. Mapa del área afectada por dispersión y caída de cenizas del CV Planchón-Peteroa.....	73
Figura 58. Niveles de alerta volcánica del SEGEMAR. ....	74
Figura 59. Clasificación taxonómica del suelo. Áreas de Influencia Directa e Indirecta.....	77
Figura 60. Clasificación taxonómica del suelo. Área Operativa.....	79
Figura 61. Procesos pedogenéticos de la provincia de Mendoza. En rojo All. ....	81
Figura 62. Metodología de la evaluación de la aptitud del suelo.....	86
Figura 63. Velocidad del viento (m/s) para el período monitoreado. ....	104
Figura 64. Dirección del viento (grados) para el período monitoreado. ....	104
Figura 65. Temperatura (°C) para el período monitoreado .....	105
Figura 66. Humedad relativa (%) para el período monitoreado.....	105



Figura 67. Rosa de Viento para el período monitoreado. ....	105
Figura 68. Valores de material particulado de diámetro < a 10 µm (PM10) para el período monitoreado. ....	107
Figura 69. Valores de dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) para el período monitoreado. ....	108
Figura 70. Valores de óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) para el período monitoreado. ....	108
Figura 71. Valores de monóxido de carbono (CO) para el período monitoreado. ....	108
Figura 72. Valores de ozono (O <sub>3</sub> ) para el período monitoreado. ....	109
Figura 73. Valores de los parámetros meteorológicos para el período monitoreado. ....	109
Figura 74. Dirección (grados) del viento para el período monitoreado. ....	111
Figura 75. Velocidad (m/s) del viento para el período monitoreado. ....	111
Figura 76. Temperatura (°C) para el período monitoreado. ....	112
Figura 77. Humedad relativa (%) para el período monitoreado. ....	112
Figura 78. Rosa del viento para el período monitoreado. ....	112
Figura 79. Valores de material particulado de diámetro <10 µM (PM10) para el período monitoreado. ....	114
Figura 80. Valores de dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) para el período monitoreado. ....	115
Figura 81. Valores de óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) para el período monitoreado. ....	115
Figura 82. Valores de monóxido de carbono (CO) para el período monitoreado. ....	116
Figura 83. Valores de ozono (O <sub>3</sub> ) para el período determinado. ....	116
Figura 84. Dirección del viento (grados) para el período monitoreado. ....	118
Figura 85. Velocidad del viento (m/S) para el período determinado. ....	118
Figura 86. Humedad relativa (%) para el período determinado. ....	119
Figura 87. Temperatura (°C) para el periodo monitoreado. ....	119
Figura 88. Rosa de viento para el periodo monitoreado. ....	119
Figura 89. Valores de material particulado de diámetro < a 10 µm (PM10) para el período monitoreado. ....	121
Figura 90. Valores de dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) para el período monitoreado. ....	121
Figura 91. Valores de óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) para el período monitoreado. ....	122
Figura 92. Valores de monóxido de carbono (CO) para el período monitoreado. ....	122
Figura 93. Valores de ozono (O <sub>3</sub> ) para el período de monitoreado. ....	122
Figura 94. Delimitación de climas secos según temperatura y precipitación. ....	135
Figura 95. Mapa climático de la Provincia de Mendoza. ....	137
Figura 96. Esquema con temperaturas medias anuales cada 5° C. ....	138
El comportamiento de la temperatura mes a mes para la ciudad de Malargüe, se muestra en la siguiente figura:Figura 97. Variación mensual de la temperatura, Malargüe 1961-1990. ....	
Figura 97. Variación mensual de la temperatura, Malargüe 1961-1990. ....	138
Figura 98. Esquema de las precipitaciones totales anuales en mm. ....	140
Figura 99. Variación decádica de las precipitaciones medias mensuales, Malargüe. ....	141
Figura 100. Distribución de frecuencia anual de lluvias y nevadas, Malargüe. ....	142
Figura 101. Distribución de frecuencia mensual de los días con cielo totalmente cubierto. ....	143
Figura 102. Distribución de frecuencia anual de heladas. ....	144
Figura 103. Distribución de frecuencia mensual de heladas. ....	145
Figura 104. Distribución de frecuencia mensual de las tormentas eléctricas y el granizo, Malargüe (1961-1990). ....	145
Figura 105. Dirección y velocidad media del viento, Malargüe (1961-1990). ....	146
Figura 106. Variación mensual de la presión atmosférica, Malargüe (1961-1990). ....	147
Figura 107. Variación anual de la presión atmosférica Malargüe (1961-1990). ....	147





Figura 108. Imagen infrarroja del 27 de junio d 1996 a las 7:38 hora local, mostrando una situación de nevadas en el llano mendocino.....	149
Figura 109. Tratamiento digital de la misma imagen, rescatando la nubosidad más significativa. ....	150
Figura 110. Red Hidrológica Nacional. Estaciones Activas, Secretaria de Infraestructura y Política Hídrica, Ministerio de Obras Públicas de la Nación, 2022. ....	152
Figura 111. Acciones de instalación de la estación Nivométrica El Azufre, marzo 2021. ....	153
Figura 112 Detalle de la estación Nivométrica El Azufre, marzo 2021.....	153
Figura 113. Vista de la estación Nivométrica El Azufre, marzo 2021. ....	154
Figura 114. Vistas de la Estación Meteorológica El Azufre, julio 2021.....	155
Figura 115. Caudales medios mensuales. Río Valenzuela. ....	157
Figura 116. Caudales medios mensuales. Río El Tordillo. ....	158
Figura 117. Curvas características del ciclo de erosión de una cuenca.....	161
Figura 118. Cuenca Arroyo del Cura sobre imagen satelital. ....	162
Figura 119. Curva hipsométrica. Cuenca arroyo Del Cura. ....	163
Figura 120. Curva hipsométrica relativa. Cuenca arroyo Del Cura. ....	164
Figura 121. Frecuencias altimétricas. Cuenca arroyo Del Cura. ....	164
Figura 122. Nacientes Arroyo del Cura sobre imagen satelital.....	165
Figura 123. Curva hipsométrica. Cuenca arroyo Del Cura Nacientes. ....	166
Figura 124. Curva hipsométrica relativa. Cuenca arroyo Del Cura Nacientes. ....	166
Figura 125. Frecuencias altimétricas. Cuenca del Cura Nacientes. ....	167
Figura 126. Cuenca Arroyo Tiburcio sobre imagen satelital. ....	167
Figura 127. Curva hipsométrica. Cuenca arroyo Tiburcio. ....	168
Figura 128. Curva hipsométrica. Cuenca arroyo Tiburcio. ....	168
Figura 129. Frecuencias altimétricas. Cuenca arroyo Tiburcio.....	169
Figura 130. Cuenca río Valenzuela sobre imagen satelital. ....	170
Figura 131. Curva hipsométrica. Cuenca río Valenzuela. ....	171
Figura 132. Curva hipsométrica relativa. Cuenca río Valenzuela.....	171
Figura 133. Frecuencias altimétricas. Cuenca río Valenzuela.....	172
Figura 134. Cuenca Arroyo Los Ciegos sobre imagen satelital.....	173
Figura 135. Curva hipsométrica. Cuenca arroyo De los Ciegos.....	173
Figura 136. Curva hipsométrica relativa. Cuenca arroyo De los Ciegos. ....	174
Figura 137. Frecuencias altimétricas. Cuenca arroyo De los Ciegos. ....	174
Figura 138. Cuenca Arroyo El Peñón sobre imagen satelital. ....	175
Figura 139. Curva hipsométrica. Cuenca arroyo Del Peñón. ....	176
Figura 140. Curva hipsométrica relativa. Cuenca arroyo Del Peñón.....	176
Figura 141. Frecuencias altimétricas. Cuenca arroyo Del Peñón.....	177
Figura 142. Cuenca Arroyo Punilla sobre imagen satelital. ....	178
Figura 143. Curva hipsométrica. Cuenca arroyo Punilla. ....	179
Figura 144. Curva hipsométrica relativa. Cuenca arroyo Punilla. ....	179
Figura 145. Frecuencias altimétricas. Cuenca arroyo Punilla. ....	180
Figura 146. Curva hipsométrica. Cuenca Nacientes Punilla. ....	181
Figura 147. Curva hipsométrica relativa. Cuenca Nacientes Punilla.....	181
Figura 148. Frecuencias altimétricas. Cuenca Nacientes Punilla.....	182
Figura 149. Curva hipsométrica. Cuenca Punilla Este. ....	183
Figura 150. Curva hipsométrica relativa. Cuenca Punilla Este.....	183







Figura 151. Frecuencias altimétricas. Cuenca Punilla Este.....	184
Figura 152. Curva hipsométrica. Cuenca Punilla Oeste. ....	185
Figura 153. Curva hipsométrica relativa. Cuenca Punilla Oeste. ....	185
Figura 154. Frecuencias altimétricas. Cuenca Punilla Oeste. ....	186
Figura 155. Cuenca Arroyo Los Baños sobre imagen satelital. ....	187
Figura 156. Curva hipsométrica. Cuenca de Los Baños. ....	187
Figura 157. Curva hipsométrica relativa. Cuenca de Los Baños. ....	188
Figura 158. Frecuencias altimétricas. Cuenca de Los Baños. ....	188
Figura 159. Cuenca Arroyo del Fierro sobre imagen satelital. ....	189
Figura 160. Curva hipsométrica. Cuenca Arroyo del Fierro. ....	190
Figura 161. Curva hipsométrica relativa. Cuenca Arroyo del Fierro. ....	190
Figura 162. Frecuencias altimétricas. Cuenca Arroyo del Fierro. ....	191
Figura 163. Valles del Peñón y Azufre. Lugares de muestreo para dataciones radiocarbónicas. ....	197
Figura 164. Morenas en el Valle del Peñón. ....	197
Figura 165. Fluctuaciones de área de los glaciares Peñón y Azufre. ....	198
Figura 166. Cuenca del río Grande, con la división en subcuencas: Norte y Sur. ....	199
Figura 167. Mapa del río Grande Norte. ....	202
Figura 168. Distribución de los cuerpos de hielo inventariados. ....	203
Figura 169. Orientación de los cuerpos de hielo inventariados. ....	203
Figura 170. Número de unidades y superficie cubierta por los cuerpos de hielo inventariados. ....	204
Figura 171. Hipsometría de los cuerpos de hielo, subcuenca del río Grande Norte. ....	204
Figura 172. Esquema del movimiento del agua subterránea en cordillera. ....	207
Figura 173. Corte esquemático de la ladera oriental de Valle Hermoso, mirando al sur. ....	211
Figura 174. Áreas de influencia directa e indirecta. ....	212
Figura 175. Sitios de muestreo. ....	223
Figura 176. Diagrama de Piper 12. Río Valenzuela en Valle Noble. 42 análisis aportados por EVARSA de AyEE, período 1983-1990. ....	232
Figura 177. Composición química del Valenzuela en Valle Noble. ....	234
Figura 178. Diagrama de Wilcox. ....	235
Figura 179. Sitios de muestreo Limnología. ....	250
Figura 180. Mediciones de parámetros físico-químicos <i>in situ</i> . ....	251
Figura 181. Muestreo de Fitobentos. ....	252
Figura 182. Muestreo de Zooplancton. ....	252
Figura 183. Muestreo de Macroinvertebrados. ....	253
Figura 184. Sitio de Muestreo A11, aguas arriba. ....	255
Figura 185. Sitio de Muestreo A09, Punilla Oeste. ....	256
Figura 186. Sitio de Muestreo A13, Arroyo Punilla aguas abajo. ....	256
Figura 187. Sitio de Muestreo A10, Arroyo De los Ciegos. ....	257
Figura 188. Sitio de Muestreo A04, Arroyo De los Baños. ....	258
Figura 189. Valores de pH medidos <i>in situ</i> en los sitios de monitoreo. ....	258
Figura 190. Valores de conductividad eléctrica medidas <i>in situ</i> en los sitios de monitoreo. ....	259
Figura 191. Valores de temperaturas (ambiental y agua) y oxígeno disuelto medidos <i>in situ</i> en los sitios de monitoreo. ....	260
Figura 192. Valores de turbidez medidos <i>in situ</i> en los sitios de monitoreo. ....	261

Dña. Silvia



Figura 193. Especie filamentosa de cianoficea presente en charcas del área arroyo De los Ciegos. Nostoc sp. ....	262
Figura 194. Frecuencia de grupos algales en cada uno de los sitios de monitoreo. ....	263
Figura 195. Riqueza y densidad de algas bentónicas para cada uno de los sitios analizados. ....	265
Figura 196. Diversidad y dominancia de las comunidades algales para cada uno de los sitios analizados. ....	265
Figura 197. Dendrograma de similitud entre los sitios analizados, según las abundancias de especies de las comunidades algales. ....	266
Figura 198. Frecuencia de grupos de zoopláncteres presentes en los sitios de monitoreo. ....	267
Figura 199. Frecuencia de grupos de macroinvertebrados en los sitios analizados. ....	269
Figura 200. Riqueza y densidad de macroinvertebrados en los sitios analizados. Primavera 2022. ....	270
Figura 201. Diversidad y dominancia de macroinvertebrados en los sitios analizados. ....	270
Figura 202. Dendrograma de similitud entre los sitios analizados, según las abundancias de macroinvertebrados. ....	271
Figura 203. Grupos funcionales tróficos de macroinvertebrados en los sitios analizados. ....	272
Figura 204. Algunos taxones de los ensambles de macroinvertebrados. ....	272
Figura 205. Componentes del Paisaje. ....	276
Figura 206. Ruta Provincial N°226 y cauce del Río Grande. ....	283
Figura 207. Elementos para el análisis del paisaje en la zona de proyecto. ....	283
Figura 208. Vista general de un área donde se observa la Ruta Provincial N°226, diversas formaciones de la Cordillera de Los Andes y el cauce del Río Grande. ....	284
Figura 209. Vista de la Ruta Provincial N°226, donde se observa a la izquierda uno de los puestos ganaderos. ....	284
Figura 210. Diversidad de geofomas y vega. ....	285
Figura 211. Puesto ganadero. ....	286
Figura 212. Inicio del Área de proyecto. ....	286
Figura 213. Sectores y Unidades de Paisaje del AO. ....	287
Figura 214. Zonas para el análisis del paisaje. ....	288

Dña. Silvia



## LÍNEA DE BASE AMBIENTAL Y SOCIAL

### Ámbito geográfico del entorno del Proyecto

#### A. Escala Regional: Departamento Malargüe

El departamento de Malargüe se ubica en el sudoeste de la provincia de Mendoza. Limita al norte y noreste con el departamento mendocino de San Rafael, al este y sudoeste con las provincias argentinas de La Pampa y Neuquén, y al oeste con la República de Chile. Su superficie es de 41.317 km<sup>2</sup>, la más extensa de la provincia de Mendoza.

Malargüe, cuya ciudad cabecera es de nombre homónimo, se divide política-administrativamente en cuatro distritos: Agua Escondida, Malargüe, Río Barrancas y Río Grande. El presente proyecto se encuentra dentro del Distrito Río Grande.

#### B. Escala Local: Paraje El Azufre

El Paraje El Azufre se encuentra en la zona del valle Noble. Se accede por la ruta provincial 226, desde la localidad Las Loicas, hacia el Paso internacional Vergara (2511 msnm). En la zona no existen residentes permanentes. Entre las instalaciones se destaca el edificio de Gendarmería Nacional, el Puesto y las Termas del Azufre, como atractivo turístico en temporada estival. Los potreros de altura (mallines) como ecosistemas naturales, representan espacios de veranada como fuente de engorde y alimentación del ganado, como principal actividad económica de los crianceros y ganaderos locales.

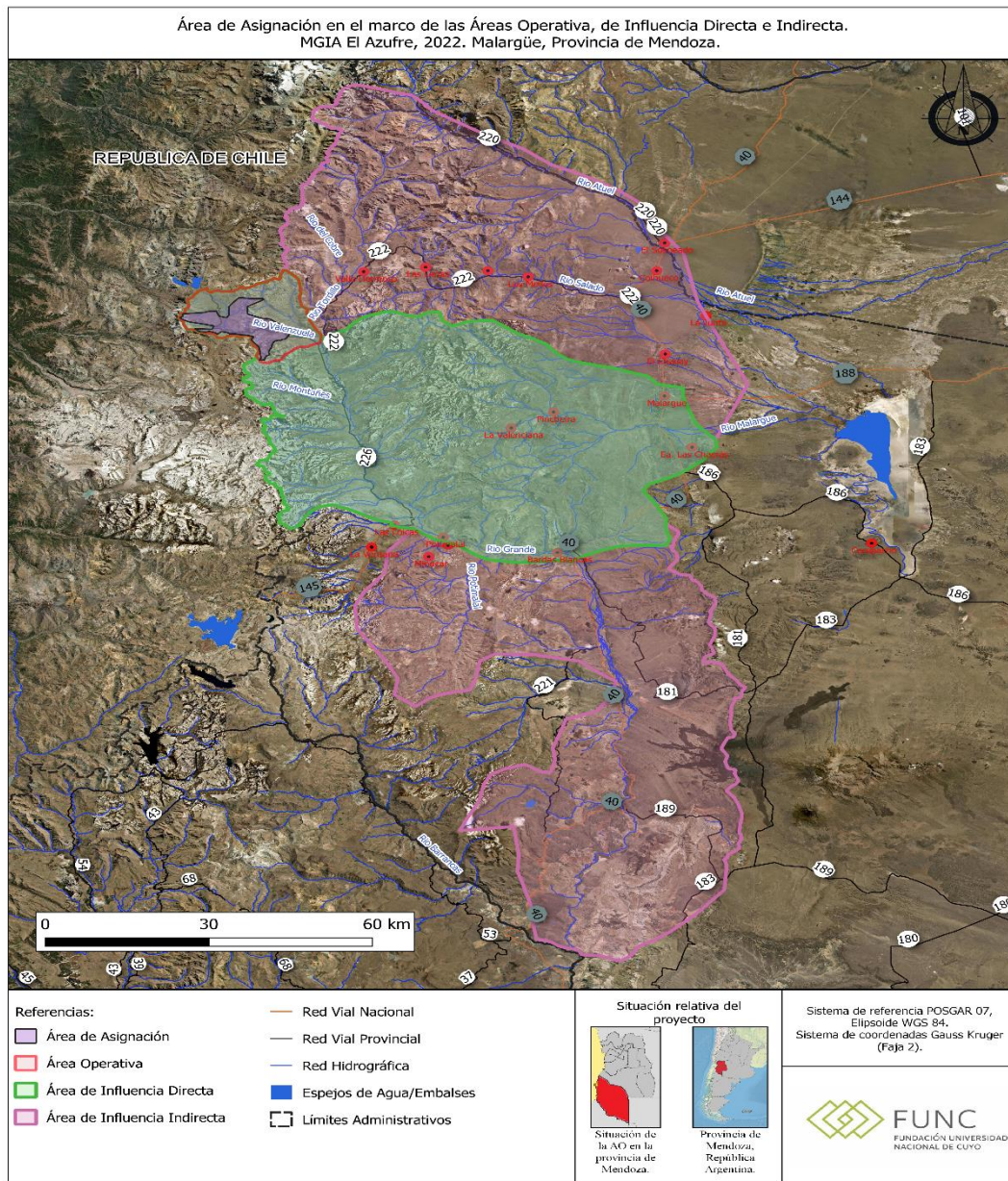
A continuación, se presenta un mapa con la división político-administrativa de la provincia de Mendoza, donde puede observarse la localización del departamento de Malargüe, el distrito Malargüe y el Paraje El Azufre, donde se localiza el proyecto.

*DNyA. Cuyo*





**Figura 1. Delimitación geográfica del proyecto. Escalas regional y local.**



Fuente: Equipo técnico-FUNC.

Dña. Silvia



Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
Mendoza, Argentina. M 5502/IMA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo



## Áreas de influencia

La definición de áreas de influencia permite definir el alcance de la línea de base ambiental territorial.

El área de influencia es el territorio donde potencialmente se manifiestan los impactos de la obra sobre la totalidad del ambiente o sobre alguno de sus componentes. Incluye al Área Operativa, Área de Influencia Directa e Indirecta, y su delimitación debe realizarse a través de un equipo interdisciplinario que evalúe la extensión del espacio donde se manifiestan en forma significativa los impactos del proyecto.

La delimitación de Áreas de Influencia (AI) se efectuó en el marco de la elaboración de la Manifestación General de Impacto Ambiental (MGIA), considerando distintos aspectos socio ambientales naturales e inducidos y la interacción entre ellos.

Los equipos técnicos de la FUNC de manera interdisciplinaria, acordaron los límites de las distintas áreas de análisis. Los componentes evaluados y consensuados en el ámbito geográfico del proyecto, son: Físico, Biológico, Riesgo, Paleontología, Arqueología, Ambiental y Socioeconómico. Como parte de esta MGIA, se delimitaron tres Áreas de Influencia.

**Área operativa (AO):** El Área Operativa comprende el conjunto de porciones del territorio donde se ejecutan las acciones principales y complementarias necesarias para la construcción y operación del proyecto. Aquí se concentran los impactos ambientales producidos en forma directa e inmediata, vinculados fundamentalmente a la etapa de construcción, aunque también incluyen los correspondientes a su funcionamiento.

Para este proyecto, el Área Operativa (AO) comprende las zonas donde se llevarán a cabo las instalaciones y actividades. Se definió sobre la base del ámbito propio del proyecto y se partió del criterio orográfico, glaciario e hidrográfico.

El polígono incorpora los principales Cerros: Puilla, Peteroa y El Cura y las cuencas hidrográficas de los ríos/arroyos: Valenzuela, Punilla, Tiburcio, El Peñón; integrando los humedales ribereños y vegas, hasta su desembocadura con el Río Grande.

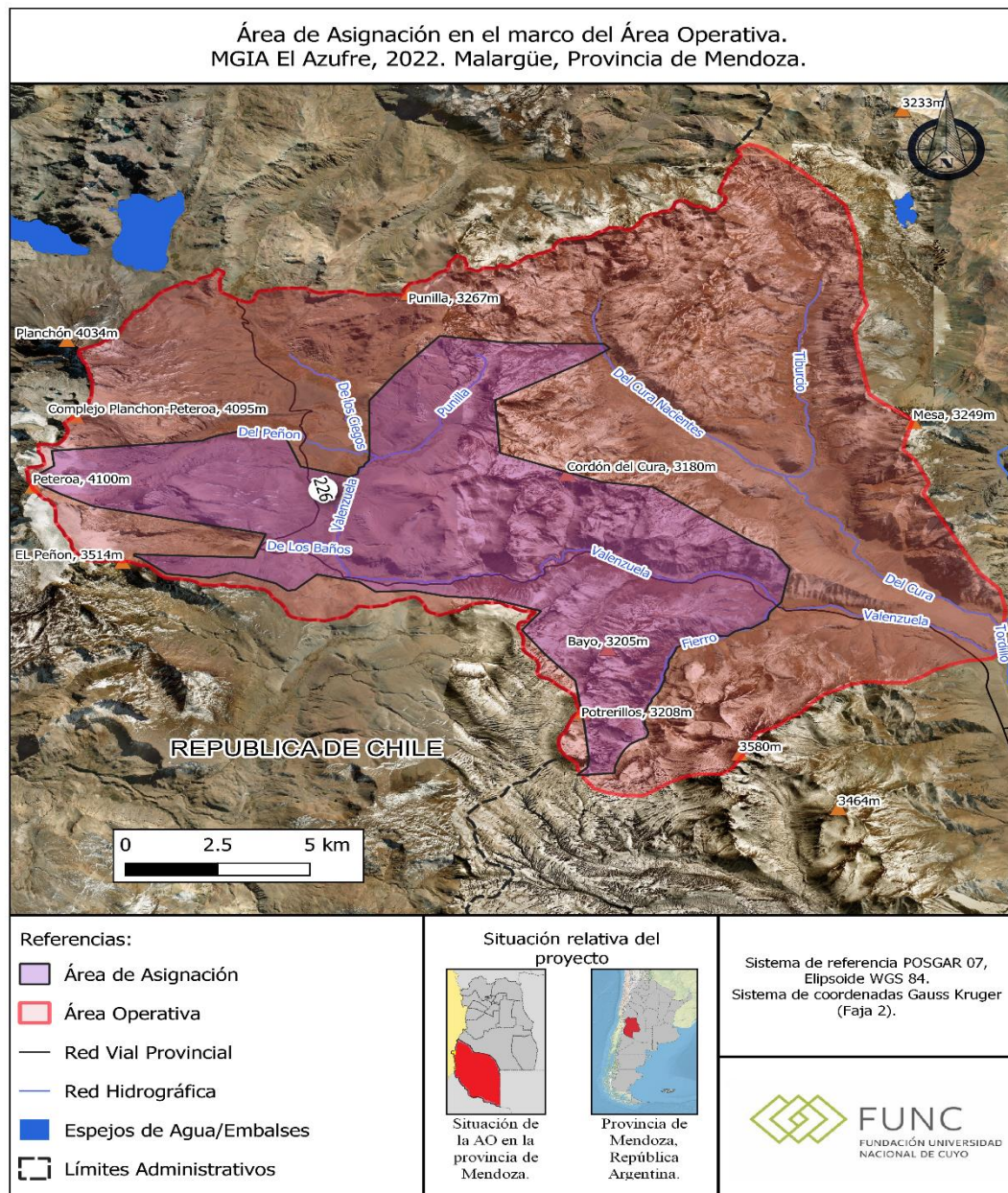
Desde el enfoque social, el AO se encuentra definida por el espacio en el que brindarán los servicios específicos que son objeto del proyecto: los servicios de alojamiento y sus actividades complementarias; abarcaría la subcuenca del río Valenzuela, integrando los Cerros Punilla, Peteroa y El Cura, hasta su desembocadura con el río Tordillo.

Se representa en la siguiente imagen al AO del proyecto:

*DNyA. Cuyo*



**Figura 2. Área Operativa.**



Fuente: Equipo técnico-FUNC.

*Handwritten signature*



Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
Mendoza, Argentina. M 5502/IMA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo

**Área de influencia directa (AID):** El AID está delimitada por el alcance de los impactos directos ligados a la etapa de construcción de las obras, transporte de materiales y personal afectado. Contempla además la etapa de operación del emprendimiento en sus distintas instancias, sus componentes y los impactos de operación y mantenimiento del sistema.

Para la delimitación de esta área se toma el criterio establecido por las distintos criterios (físico, ambiental, arqueológico, paleontológico), en combinación con la presencia de asentamientos humanos afectados de diversa manera por la obra en distintos niveles: por la construcción del emprendimiento o donde se asentarán las viviendas de los trabajadores del proyecto y la afectación de viviendas, infraestructura pública, actividad económica productiva, interrupción en los caminos de trashumancia y de campos de pastoreo. Así como la zona geográfica que provee insumos y factores necesarios para las actividades del proyecto y que generará nuevas transacciones sectoriales.

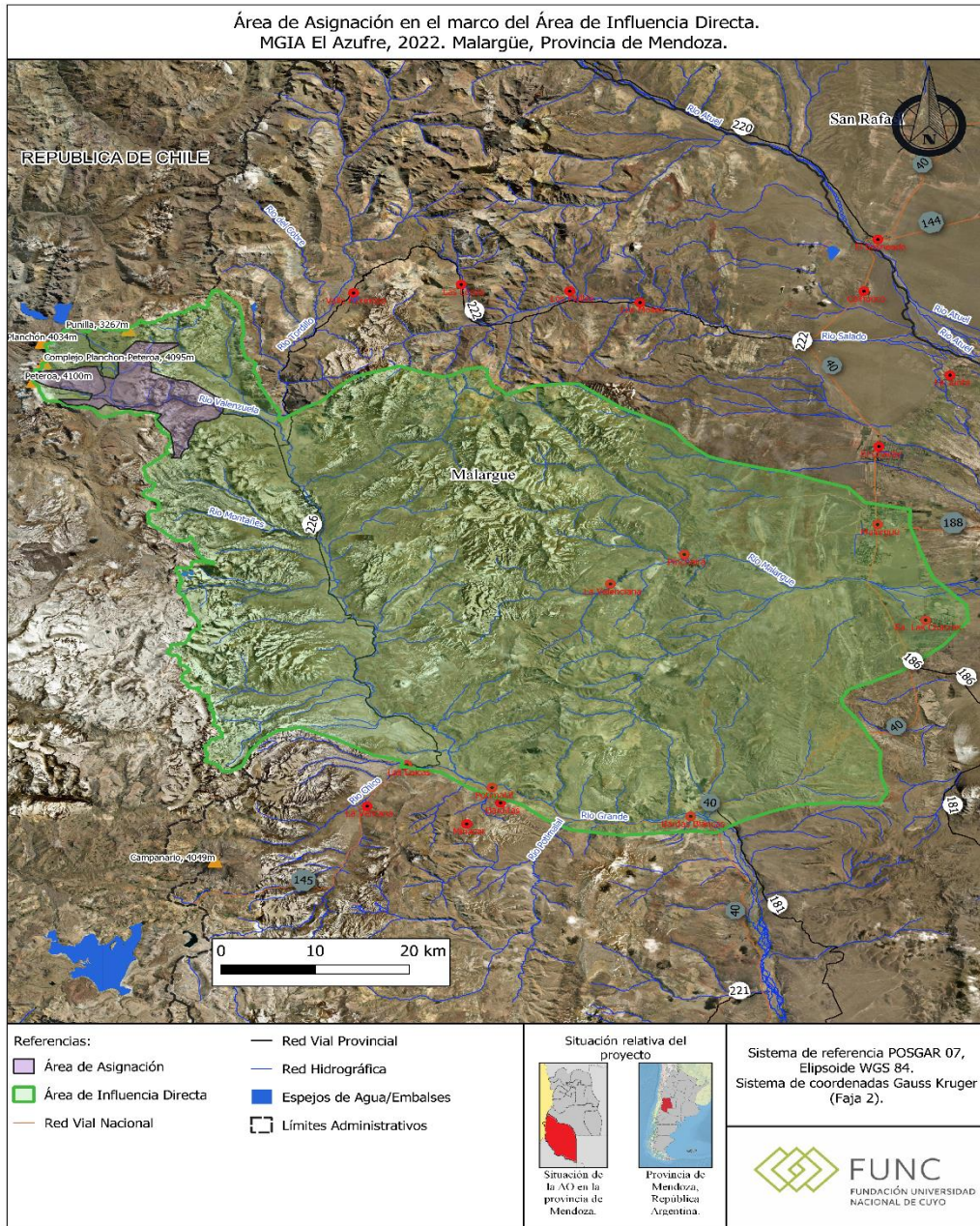
El polígono está integrado por la cuenca del Río Grande Norte (denominación adoptada por el inventario glaciario), no se incluye las cuencas de los Ríos Cobres y Tordillo; además la cuenca del río Malargüe, en su sector oriental y la ciudad de Malargüe; la ruta 226 (puestos, campos de veranada, etc.) y la localidad de Las Loicas, en el límite Sur y el distrito de Malargüe.

*Manuel C. Ceballos*





**Figura 3. Área de Influencia Directa.**



Fuente: Equipo técnico-FUNC.

Dña. Silvia



Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario.  
Mendoza, Argentina. M 5502. IMA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo



**Área de influencia indirecta (AII):** El AII está delimitado por el alcance de los impactos indirectos de las acciones del proyecto, en las distintas etapas: constructiva y operativa. Comprende el AID, localidades cercanas, rutas de transhumancia, potreros de altura, sitios patrimoniales y la red hidrográfica del sistema del río Grande.

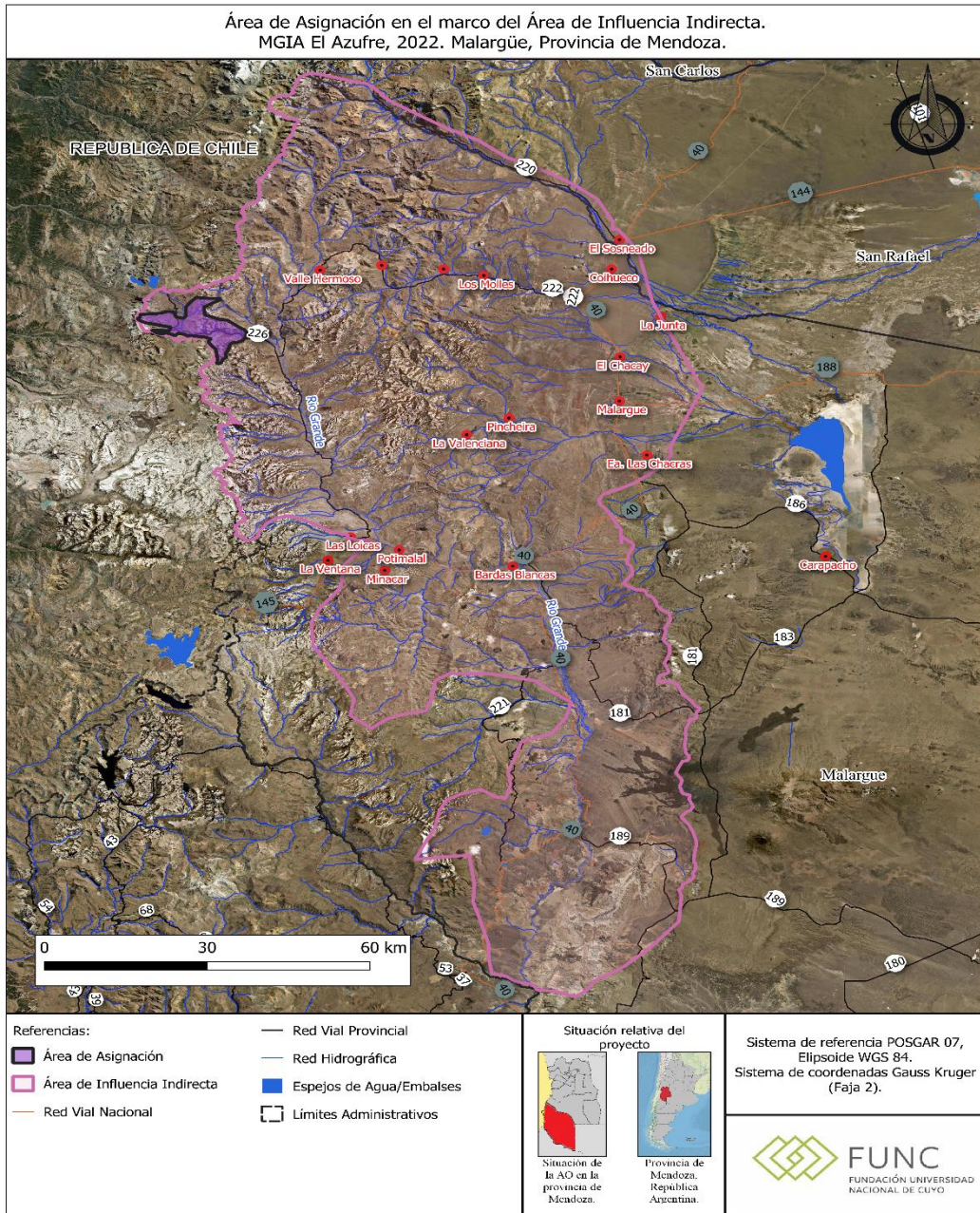
El polígono comprende la Cuenca hidrográfica del río Grande hasta su desembocadura en el río Colorado. Están incorporadas en esta Área las siguientes localidades: Malargüe, Las Leñas, El Sosneado.

Desde el punto de vista socioeconómico, el AII comprende el espacio de actividades económicas, sociales y culturales que no están directamente influidas por el proyecto, pero que son impactadas a través de canales indirectos, así como la zona geográfica que provee insumos y factores necesarios para las actividades del proyecto y que generará nuevas transacciones sectoriales.

*DNyA. Cuyano*



**Figura 4. Área de Influencia Indirecta.**



Fuente: Equipo Técnico-FUNC.

Dña. Silvia



## Medio Físico

### A. Procesos naturales

Los riesgos naturales se entienden como todos aquellos relacionados con procesos físicos que son provocados por fenómenos naturales e inducidos por la acción del ser humano, en los cuales se puede ver afectada la integridad del ambiente.

- En el primer caso, los denominados "peligros" naturales, refieren a aquellos fenómenos de las fuerzas endógenas de la corteza terrestre, como: sismicidad, vulcanismo y procesos de remoción en masa.
- En el segundo caso, se consideran los procesos exógenos físicos morfogenéticos, como la erosión y sedimentación, y su interacción con la intervención antropogénica.

Se procederá a desarrollar la caracterización de los principales procesos mencionados en el Área Operativa (AO) y Área de Influencia Directa (AID) previamente definida en el marco del proyecto.

El objetivo del presente estudio es realizar la caracterización geológica y geomorfológica a escala regional a los efectos de contar con los antecedentes de base correspondientes para la presente MGIA. Se identifican y describen las formaciones y estructuras geológicas, la estratigrafía que aflora en la zona, considerando cronológicamente los períodos, grupos y formaciones respectivos. Además se destacan los procesos naturales que se destacan en la zona de análisis.

Los principales antecedentes considerados son:

- HOJA GEOLÓGICA 3569-III / 3572-IV, MALARGÜE, Escala 1:250.000, Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, 2005.
- EL VOLCANISMO DE ARCO CENOZOICO y ESTRUCTURA. Geología y Recursos Naturales de Mendoza. 1993
- GEOMORFOLOGÍA DE LA PROVINCIA DE MENDOZA. Geología y Recursos Naturales de Mendoza. 1993
- GLACIOLOGÍA. Inventario Nacional de Glaciares. Río Grande, Ianigla\_Conicet, mayo2018.

Posteriormente, se procede a relevar y mapear a escala local la Geología y Morfología de la zona identificada como Complejo Planchón - El Azufre, dando énfasis a la interacción con las instalaciones e intervenciones propuestas en el proyecto..

La bibliografía considerada para esta escala de análisis es la siguiente:

- GEOLOGÍA COMPLEJO VOLCÁNICO PLANCHÓN PETEROA. Servicio Nacional de Geología y Minería. Escala 1:100.000, 1999.
- GEOMORFOLOGÍA. Impact of volcanic processes on the cryospheric system of the Peteroa Volcano, Andes of southern Mendoza, Argentina. 2013.

*DNyA. Cuyo*



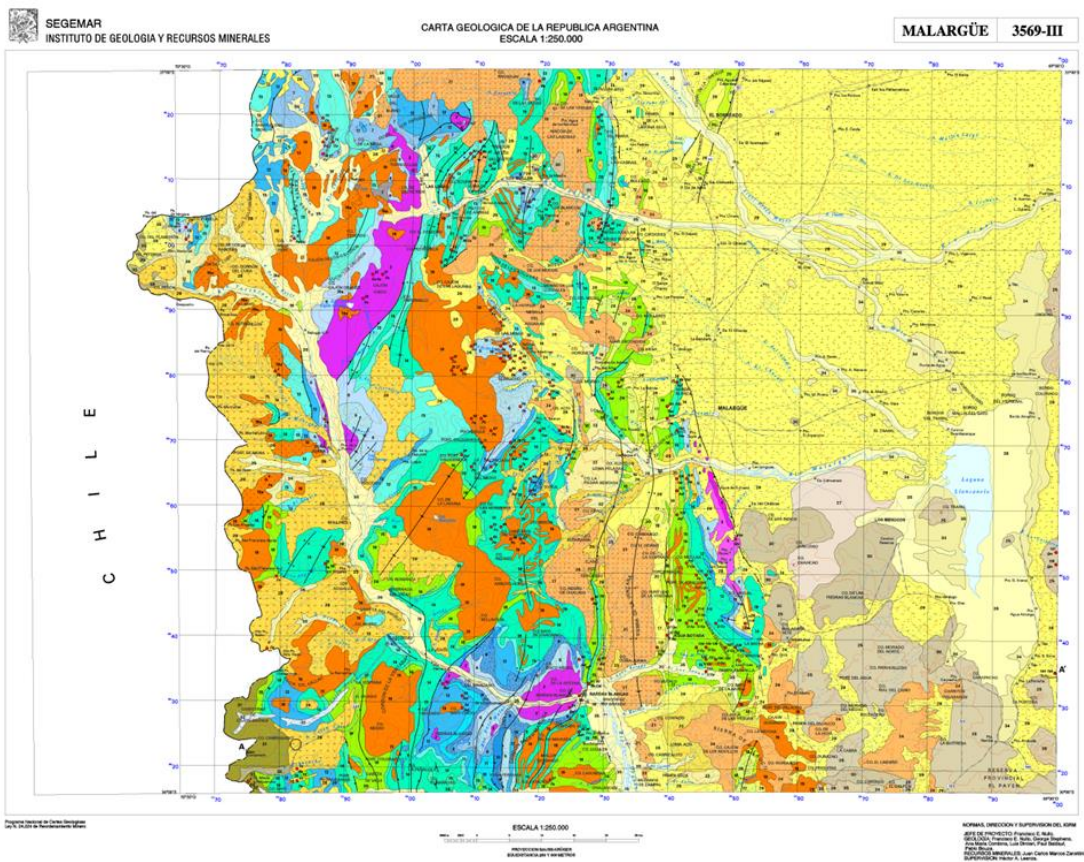
**Geología Regional**

*Historia Geológica Estratigráfica Regional*

La compleja historia geológica de Mendoza que en parte controló el tectonismo ándico define la geometría estructural y las Unidades Formacionales que conforman el paisaje actual mendocino.

La zona de estudio geológicamente corresponde a la “Cuenca Neuquina Sur mendocina” y estructuralmente a la Faja Plegada y Corrida de Malargüe, abarca el segmento austral de la Cordillera Principal. El plano geológico a escala regional, corresponde a parte de la Hoja Geológica Malargüe 3569-III/3572-IV, SEGEMAR (Fig. 5).

**Figura 5. Hoja geológica Malargüe-3569 III. SEGEMAR.**



La secuencia estratigráfica de la hoja Geológica Malargüe, está representada por Unidades que se enuncian en forma cronológica deposicional.

*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C.*



Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
Mendoza, Argentina. M 5502/IMA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo



La Fm. Arroyo Mendino (la más antigua), corresponde a esquistos y pizarras del Paleozoico superior. Luego durante el Pérmico superior-Triásico medio se produjo la acumulación de un importante evento volcánico del grupo Choiyoi, caracterizado por volcanitas ácidas y mesosilícicas. El Mesozoico, se encuentra representado en la Hoja, desde fines del Triásico (Grupo Tronquimalal) a fines del Cretácico (Granito y pórfido del Chihuido), por varias discordancias de diferente magnitud.

Las Unidades anteriores constituyen el substrato de la porción mendocina de la Cuenca Neuquina. El relleno de la cuenca sedimentaria, comienza con la acumulación de sedimentitas continentales de la Fm. Remoredo. Posteriormente, la Fm. Puesto Araya, manifiesta la primera ingresión marina de la comarca, le siguen areniscas y pelitas de la Fm. Tres Esquinas (Calloviano): De manera sinorogénica las Formaciones: Lajas, Calabozo y Tábanos, forman parte de la secuencia estratigráfica que se manifiestan en distintos sectores de la zona (Calloviano sup). Luego se produce una fuerte desecación de la cuenca y se depositan las calizas marinas de la Fm. La Manga, posteriormente depósitos de yeso de la Fm Auquילו.

Sobreviene la fase tectónica Aráunica que produjo en retiro del mar de la cuenca y en forma discordante se depositan areniscas continentales de la Fm Tordillo. Posteriormente (Tithonio-Barremiano), se produce una nueva ingresión marina en la cuenca, acumulándose sedimentitas marinas de Grupo Mendoza (Fm. Vaca Muerta, Chachao y Agrio), de amplia extensión en la Hoja y luego sedimentitas mixtas y continentales, agrupadas en la Fm. Huitrín de edad Aptiano. Siguiendo la secuencia, se identificaron depósitos de la Fm. Diamante de edad Cretácico sup. Una nueva ingresión marina somera de origen atlántico, se manifiesta en la comarca, representada por el Grupo Malargüe (Fms: Loncoche, Roca y Pircala), posteriormente se acumula la Fm Coihueco, durante el Paleoceno.

Durante el Paleógeno y Neógeno se documentaron importantes eventos volcánicos marcando el paulatino ascenso de la Cordillera de los Andes. Durante el Mioceno se produce el Ciclo eruptivo Huican, constituido por cuerpos sub-volcánicos de composición intermedia. Se identifican en esta Fase en forma cronológica: depósitos clásticos de la Fm Agua de Piedra, en el Mioceno sup. se han identificado basaltos de la Fm. Coyocho, que están cubiertos por depósitos clásticos de la Fm. Pincheira. Durante el Plioceno inf., la región fue cubierta por depósitos de conglomerados y areniscas correspondientes al Primer Nivel de agradación, en concomitancia se derramaron coladas basálticas de las Fms. Coyocho y Chapúa (edad Plioceno tardío-Pleistoceno). En el Pleistoceno superior se manifiestan depósitos del Segundo Nivel de agradación y nuevos derrames basálticos de la Fm. El Puente. El Pleistoceno se completa con las ignimbritas y tobas de la Fm Loma Seca y Depósitos de llanura pedemontana. En el Holocenos se identifican nuevas coladas basálticas: Basaltos Cerro Campanario, Peteroa y Fm. Tromen, a la que se suceden depósitos morénicos, eólicos y aluviales.

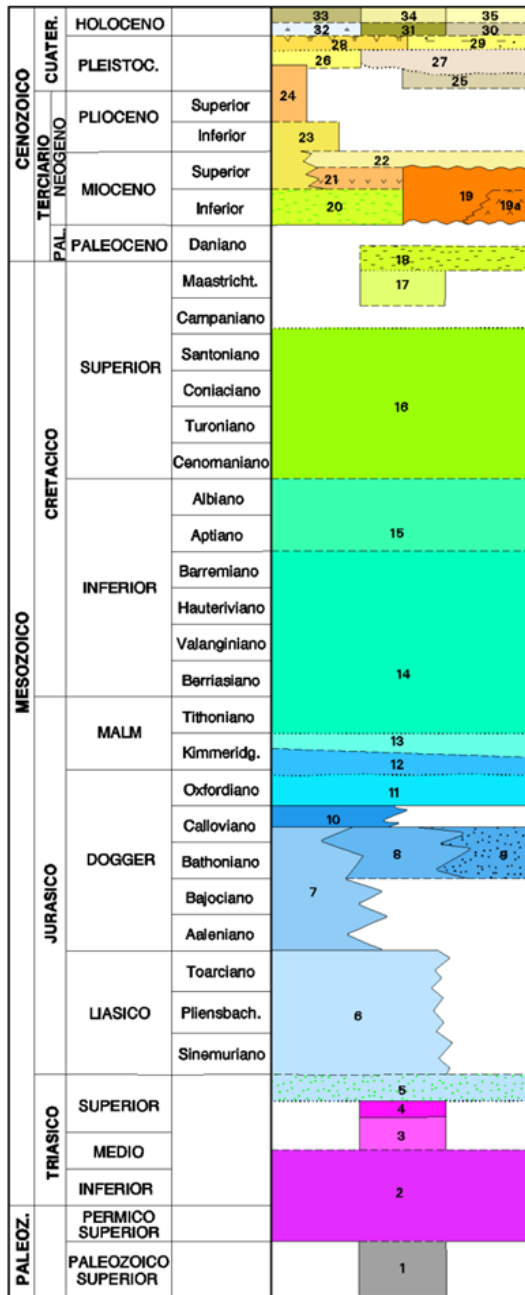
La secuencia estratigráfica de la Hoja Malargüe, como parte de la historia geológica de la zona de estudio a escala regional, se simboliza en la Figura adjunta en forma cronológica (de base a techo), las características generales se mencionaron en los párrafos anteriores.

*Dr. J. C. C. C.*



**Figura 6. Secuencia estratigráfica Hoja Geológica Malargüe-3569 III. SEGEMAR.**

**CUADRO ESTRATIGRAFICO**



- 35 DEPÓSITOS ALUVIALES. Bloques, gravas, arenas, limos.
- 34 DEPÓSITOS EÓLICOS. Arenas finas a muy finas.
- 33 FORMACIÓN TROMEN. Basaltos olivínicos.
- 32 DEPÓSITOS MORÉNICOS. Bloques, gravas, arenas.
- 31 BASALTO PETEROA. Basaltos olivínicos, tobas.
- 30 BASALTO CERRO CAMPANARIO. Basaltos olivínicos.
- 29 DEPÓSITOS DE LA LLANURA PEDEMONTANA. Arenas, limos, arcillas.
- 28 FORMACIÓN LOMA SECA. Ignimbritas, tobas.
- 27 FORMACIÓN EL PUENTE. Basaltos olivínicos.
- 26 DEPÓSITOS DEL SEGUNDO NIVEL DE AGRADACION. Fanglomerados, conglomerados, areniscas.
- 25 FORMACIÓN CHAPÚA. Basaltos olivínicos.
- 24 FORMACIÓN COYOCHO SUPERIOR. Basaltos olivínicos.
- 23 DEPÓSITOS DEL PRIMER NIVEL DE AGRADACIÓN. Conglomerados, areniscas.
- 22 FORMACIÓN PINCHEIRA. Tobas, conglomerados, aglomerados volcánicos, areniscas.
- 21 FORMACIÓN COYOCHO INFERIOR. Basaltos olivínicos, brechas.
- 20 FORMACIÓN AGUA DE LA PIEDRA. Conglomerados, areniscas.
- 19 CICLO ERUPTIVO HUINCÁN. Andesitas, basaltos, basandesitas, dacitas.
- 19a Cuerpos Porfíricos.
- 18 FORMACIONES PIRCALA Y COIHUECO. Areniscas, limolitas, margas, arcillas, yeso.
- 17 GRUPO MALARGÜE. Areniscas, limolitas, calizas, evaporitas.
- 16 FORMACIÓN DIAMANTE. Areniscas, conglomerados, limolitas, tuffas.
- 15 FORMACIÓN HUITRÍN. Yeso, calizas, limolitas, areniscas.
- 14 GRUPO MENDOZA. Pelitas, pelitas calcáreas, limolitas, areniscas finas, calizas y coquinas.
- 13 FORMACIÓN TORDILLO. Areniscas, conglomerados.
- 12 FORMACIÓN AUQUILCO. Yeso, calizas.
- 11 FORMACIÓN LA MANGA. Calizas, limolitas calcáreas, yeso.
- 10 FORMACIÓN TABANOS. Yeso, calizas, pelitas.
- 9 FORMACIÓN CALABOZO. Calizas, limolitas, dolomitas, brechas calcáreas.
- 8 FORMACIÓN LAJAS. Areniscas calcáreas, conglomerados.
- 7 FORMACIÓN TRES ESQUINAS. Areniscas, limolitas, lutitas, lutitas calcáreas.
- 6 FORMACIÓN PUESTO ARAYA. Areniscas, conglomerados.
- 5 FORMACIÓN REMOVEDO. Areniscas, tuffas.
- 4 GRANITO Y PÓRFIDOS DEL CHIHUIDO. Granitos, pórfidos graníticos.
- 3 GRUPO TRONQUIMALAL. Conglomerados, areniscas.
- 2 GRUPO CHOYOI. Volcanitas ácidas y mesosilíceas.
- 1 FORMACIÓN ARROYO MENDINO. Esquistos biotíticos oscuros.

Dña. Silvia

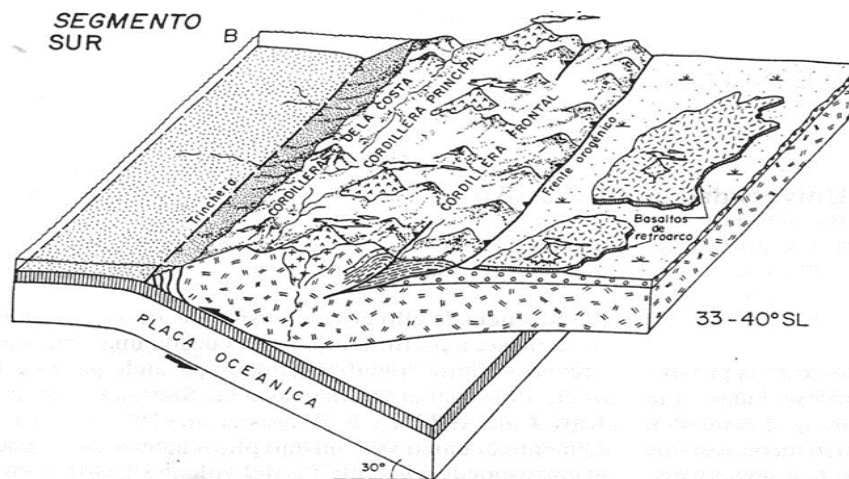


*Marco Geológico-Tectónico*

Las rocas del arco volcánico del cenozoico de la provincia de Mendoza, están ampliamente representadas en la Cordillera del Límite. Se pueden reconocer dos segmentos de diferentes características tectónicas e historias volcánicas para el Cenozoico superior. Estas diferencias que perduran durante el Cuaternario, están controladas por los distintos marcos tectónicos y condicionadas por la interrelación entre las placas de Nazca y Sudamericana. Sobre la base de esta interrelación se pueden distinguir un segmento norte y sur, en el arco volcánico de la Cordillera de Los Andes de Mendoza (Ramos 1993).

El segmento austral de Mendoza, geológicamente es más complejo, presenta un importante desarrollo de volcanismo terciario y cuaternario. La geometría de la zona de Benioff (subducción entre placas), indica un ángulo de inclinación de  $30^\circ$  que solo tuvo leves modificaciones en el cenozoico superior. El marco tectónico de la Cordillera de los Andes en el sur de Mendoza, está controlando una intensa actividad volcánica que se desarrolla desde el Paleógeno hacia el Pliocuatnario, con numerosas evidencias de volcanismo activo en territorio argentino y chileno adyacente. En la Figura se puede observar la geometría de unión entre placas, donde el ángulo mayor a  $30^\circ$ , admite la presencia de calderas magmáticas en la zona de subducción.

**Figura 7. Imagen Tectónica de la zona de subducción (Latitud  $35^\circ 15'$  al Sur). Volcanismo de arco y retro-arco Cuaternarios.**



Fuente: Víctor Ramos, 1993.

Dña. Silvia



*Estructuras de Mendoza*

La actual estructura de la provincia de Mendoza es el resultado de una compleja historia geológica que en parte controló la estructuración andina. Las principales Unidades estructurales de Oeste a Este, son las siguientes: Faja Plegada y Cordillera Principal, la que a su vez divide dos segmentos de comportamiento estructural diferenciales; Bloque Cordillera Frontal, Precordillera, Payunia, Depresión de Los Huarpes y Bloque San Rafael. A los fines de orientar el análisis la zona de interés se focalizará en la Unidad estructural del SO de Mendoza, denominada "Faja Plegada y Corrida de Malargüe", perteneciente a la primer Unidad enunciada en el párrafo anterior.

*Faja Plegada y Corrida de Malargüe*

Abarca el segmento austral de la Cordillera Principal. Está caracterizada por la participación de bloques del Grupo Choiyoi, que interrumpe la continuidad de la deformación epidérmica. En el mapa adjunto se puede apreciar la compleja deformación estructural en el sector Suroeste de Mendoza y la secuencia estratigráfica, mayoritariamente del Terciario y Cuaternario, de origen volcánico.

**Figura 8. Esquema estructural estratigráfico Sur de Mendoza.**



Fuente: Kozlowki, 1993.

Dña. Silvia







Geología. Área de Influencia Directa (AID)

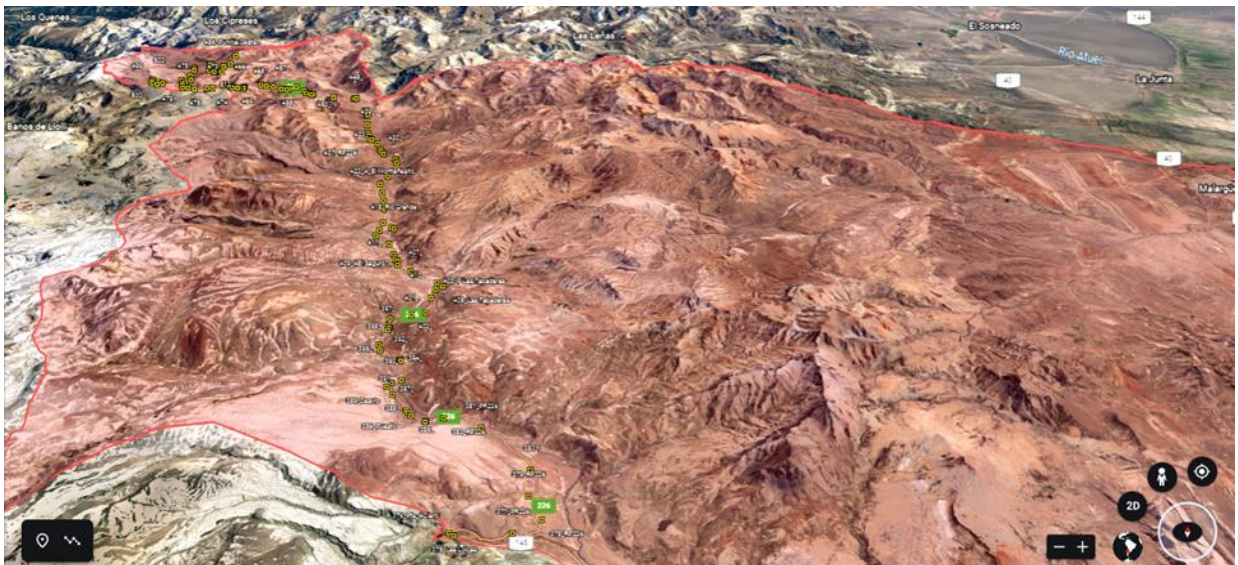
Estratigrafía AID

La secuencia estratigráfica del Área de Influencia Directa, corresponde a la cuenca del río Grande Norte denominado Valle Noble y la cuenca del río Malargüe. La litología analizada, corresponde particularmente a los afloramientos relacionados con la traza de la RP 226, como principal elemento planimétrico, de conectividad y circulación en la zona.

La descripción se efectúa en base al relevamiento "*in situ*" efectuado en septiembre de 2022, contando con la base bibliográfica de la Hoja Geológica Malargüe, en el cual las condiciones climáticas presentan escenarios físicos ambientales, que fueron evaluados, como: volúmenes de acumulación nivea por zonas, derretimiento de nieve en taludes y valles, filtración en rocas, vertientes, caudales y régimen de cauces, etc.

En la imagen adjunta se puede apreciar cada punto simbolizado  a lo largo de ruta provincial hacia el Norte. El sector de observación se encuadra en el marco del AID (  ), destacado por el polígono coloreado.

**Figura 10. Imagen satelital con puntos de relevamiento. AID: Proyecto El Azufre.**



Fuente: Elaboración propia.

En gabinete, se procedió a digitalizar la litología y estructuras que afloran en el sector de interés, para evaluar la yacencia y la respuesta de los materiales a los procesos que interactúan.

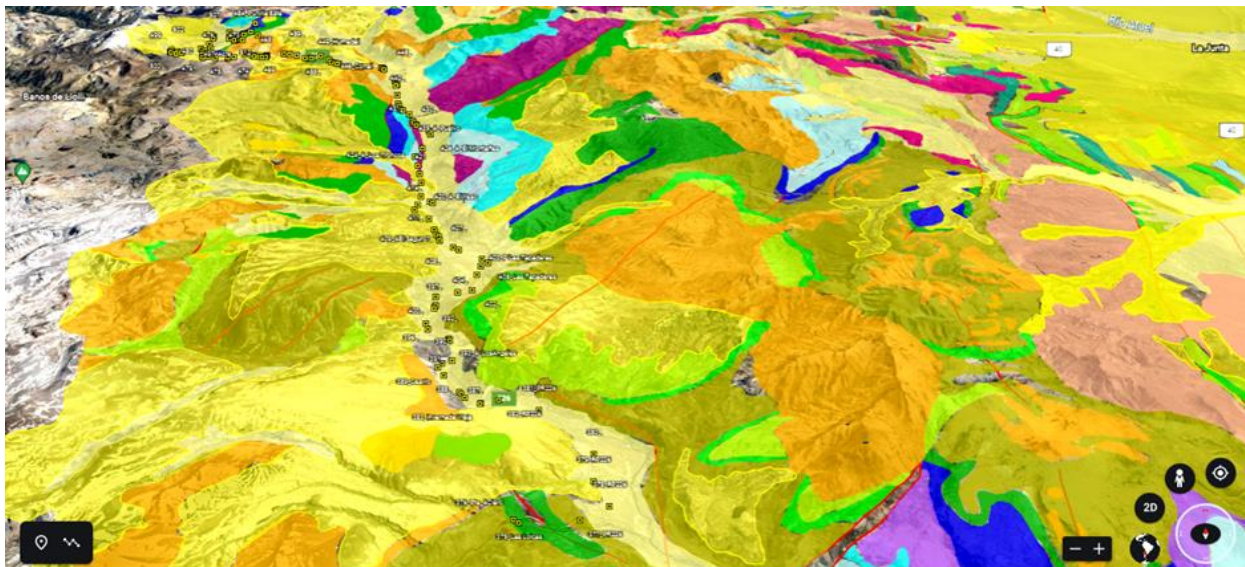
*Handwritten signature: D. N. A. C. S. G. S.*



En la imagen siguiente se puede apreciar la Geología representada por Unidades o Formaciones correspondientes a rocas y/o sedimentos en el AID y en inmediaciones de la franja con los puntos relevados, de orientación Norte-Sur, paralela al río Grande en su margen derecha.

Se enumera en un cuadro de Referencias la litología que aflora en el AID, a continuación, en una Tabla complementaria se describen las Unidades que afloran en el Área de análisis mediante la secuencia estratigráfica, aplicando el principio de superposición cronológica, en la parte inferior están las Unidades más antiguas y en la parte superior las recientes o modernas.

**Figura 11. Imagen satelital con litología. AID: Proyecto El Azufre.**



Fuente: Elaboración propia en base a Hoja Geológica Malargüe.

**Referencias**

- |                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| 2_Grupo Choiyoi     | 15_Fm. Huitrín               |
| 5_Fm. Remoredo      | 19_Ciclo Eruptivo Huincan    |
| 6_Fm. P° Araya      | 26_Dep 2º Nivel de gradación |
| 9_Fm. Tres Esquinas | 28_Fm. Loma Seca             |
| 12_Fm. Auquilco     | 33_Fm. Tromen                |
| 13_Fm. Tordillo     | 34_Dep. Eólicos              |
| 14_Grupo Mendoza    | 35: Dep. aluviales           |

*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C. C.*



Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
Mendoza, Argentina. M 5502/IMA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo

**Tabla 1. Secuencia Estratigráfica AID: Proyecto El Azufre.**

Era	Período	Grupo/ Tectonismo	Formación/ Complejo	Litología
Cenozoico	Cuaternario	Fase Diaguita	Depósitos Sedimentarios Holocenos  Complejo Efusivo Neógeno Pleistoceno	Depósitos aluviales: bloques, gravas, arenas, limos. Depósitos eólicos: arenas finas, muy finas. Fm. Tromen: basaltos olivínicos. Basalto C° Campanario: basaltos olivínicos. Fm. Loma Seca: ignimbritas y tobas Depósitos 2º nivel: anglomerados, conglomerados, areniscas.
	Terciario	Fase Quechua Fase Pehuenche Fase Incaica	Complejo Efusivo Eógeno.  Ciclo eruptivo Huincán	Fm. Pincheira: tobas, conglomerados, aglomerados volcánicos, Fm. Coyocho inf: Basaltos olivínicos Ciclo Eruptivo Huincan: andesitas, basaltos, basandesitas, dacitas Cuerpos porfíricos
Mesozoico	Cretácico	GRUPO MALARGÜE	Fm. Pircala Coihueco(Pi)	Fm. Cohihueco: Areniscas, limolitas, margas, arcilitas, yeso.
			Fm. Roca (Ro)	Calizas, coquinas, pelitas
			Fm. Loncoche (Lo)	Areniscas, areniscas tobáceas, calizas arenosas, pelitas calcáreas, conglomerados
		GRUPO NEUQUÉN	Fm. Diamante (Di)	Areniscas, conglomerados, limolitas, tufitas
			Fm. Rayoso (Ry)	Areniscas, conglomerados finos

Dña. Silvia

			Fm. Huitrín (Hu)	Yeso, calizas, limolitas, areniscas
		GRUPO MENDOZA	Fm. Agrio (Ag)	Pelitas calcáreas, calizas, coquinas
			Fm. Chachao (Ch)	Calizas, coquinas
			Fm. Vaca Muerta (VM)	Pelitas, pelitas calcáreas, limolitas, calizas
	Jurásico	GRUPO[1] CUYO	Fm. Pto. Araya[2] [3]	Areniscas, Conglomerados, Tobas.
			Fm. Tres Esquinas	Areniscas, limolitas, lutitas calcáreas
			Fm. Lajas	Areniscas calcáreas, conglomerados.
			Fm. Calabozo	Calizas, limolitas, dolomitas, brechas calcáreas
			Fm. Tábanos	Yeso, calizas, pelitas
			Fm La Manga	Calizas, limolitas calcáreas, yeso, chert
			Fm Auquilco	Yeso, calizas
	Triásico	GRUPO CHOIYOI		Vulcanitas ácidas y meso-silíceas: brechas dacíticas, pórfiros riolíticos-graníticos y andesitas oscuras

### Geología Estructural AID

Se toma como referencia el esquema estructural de la Faja Plegada y Corrida de Malargüe, descrita en el párrafo Geología Regional; ajustando la escala de análisis al Área de Impacto Directo, como se puede apreciar en el mapa adjunto, se reconocen los siguientes sectores estructurales de Oeste a Este; con sus correspondientes estructuras de Norte a Sur:

Dña. Silvia



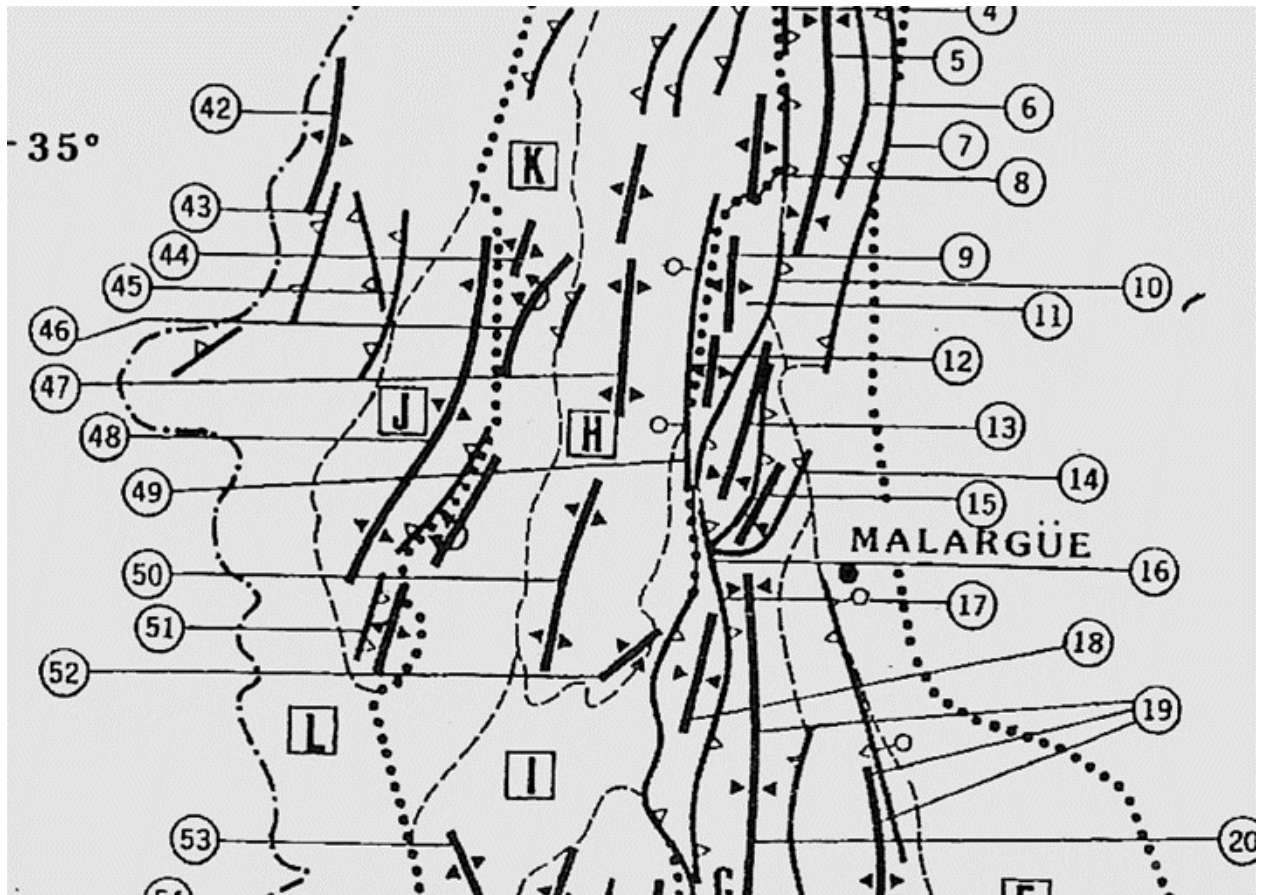


**L\_Santa Elena.** Valle Hermoso: 42: anticlinal Las Choicas, 43: falla inversa río del Cobre, 45: falla inversa río Tordillo

**J\_Pozo Las Ánimas:** 48 anticlinal Dedos-Silla

**K\_Dedos Sillas:** 44: anticlinal Cerro del Yeso, 46: isoclinal Los Rosillos, 51: anticlinal Cerro Tricolor

**Figura 12. Detalle AID. Faja Plegada Corrida de Malargüe.**



Fuente: Kozlowki, 1993.

**K\_Sector Valle Hermoso.** Representa el sector más interno del cinturón orogénico. La interpretación estructural está dificultada por la actividad magmática terciaria que intruye y cubre con productos efusivos. Las estructuras varían a lo largo del rumbo de manera compleja. Se destaca la participación de evaporitas jurásicas y la presencia del Grupo Choiyoi.

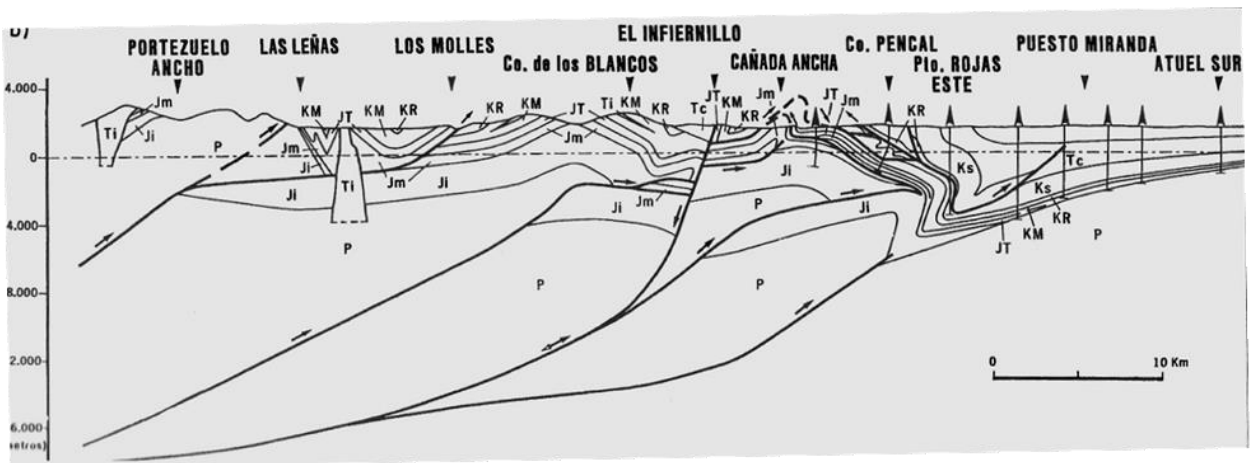
*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C.*

J\_Pozo de Las Ánimas. Este sector tiene su mejor manifestación entre el anticlinal de Los Blancos y el Bloque Dedos Silla, conforma anticlinales apretados que exponen en sus núcleos a la Fm. Tordillo y Fm. Auquilco. En los sinclinales se conserva el Grupo Neuquén. Son pliegues isoclinales de flancos con alto buzamiento y ejes sinuosos, llegando a rebatirse el ala oriental, como en el anticlinal atravesado por el arroyo Los Rosillos. Estos pliegues están asociados a sobrecorrimientos, en los que la Fm. Auquilco llega a montar a la Fm. Huitrín: La participación de las evaporitas en esta estructura se observa de manera dominante en el Cerro del Yeso. Este sector reaparece afectado por intrusivos terciarios en el río Barroso, donde representa el sector intermedio del cinturón orogénico.

I\_Dedos Sillas. La denominación de Bloque Dedos Silla, se propone para el importante anticlinal del Grupo Choiyoi. Se destaca la existencia de meta-sedimentitas deformadas o instruidos. El anticlinal Dedos Silla se extiende por 40 km del río Grande, hasta la cabecera del arroyo Las Leñas Es asimétrico con flanco tendido al oeste y abrupto al este y se ha interpretado como un pliegue originado por flexión de falla.

La geometría de los sectores estructurales descritos en párrafos anteriores, se puede apreciar en la imagen adjunta (perfil longitudinal), representados especialmente en el sector occidental, en correspondencia con las localidades: Portezuelo Ancho, Las Leñas y Los Molles.

**Figura 13. Perfil longitudinal a lo largo del río Salado.**



Fuente: Kozlowski, 1993.

*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C.*



Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario.  
Mendoza, Argentina. M 5502/IMA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo

Geología Local paraje El Azufre (AO)

*Reseña Geológica y Tectónica*

El mapa geológico del Área Operativa (AO) muestra la distribución areal de las unidades cronoestratigráficas y permite reconstruir la historia geológica del área, que se remonta a 200 millones de años, aproximadamente.

Las rocas aflorantes más antiguas corresponden a sedimentitas depositadas en ambiente marino y capas de yeso que documentan períodos de oscilación del nivel de los mares jurásicos. A partir de fines del Cretácico, la zona fue afectada por fuerte deformación tectónica que trajo como consecuencia el levantamiento de la Cordillera de los Andes. Este largo proceso fue acompañado por intensa actividad volcánica, directamente vinculada a la subducción de la Placa de Nazca por debajo de la Placa Sudamericana.

El Complejo Volcánico Planchón Peteroa (CVPP), forma parte del arco volcánico actual, que se extiende en forma discontinua a lo largo de los Andes, desde Colombia hasta la Patagonia Austral. Las interrupciones en el desarrollo del arco corresponden a las llamadas zonas de "silencio magmático", donde las condiciones geodinámicas no son favorables para la producción de magma y consecuente construcción de volcanes.

Las unidades geológicas que se identifican en el Área Operativa, en orden crono-estratigráfico se enumeran en la siguiente Tabla:

**Tabla 2. Unidades geológicas que se identifican en el Área Operativa.**

Era	Período	Secuencia	Componentes
Cenozoico	Holoceno	Tefras recientes	Cenizas volcánicas. Erupción 1991
		Depósitos de remoción en masa	Bloques y gravas
		Depósitos aluvio-coluviales	Gravas, arenas limos y arcillas
		Depósitos aluviales	Gravas, arenas limos y arcillas
		Depósitos glaciares y periglaciares	Bloques, gravas, arenas y limos

Dña. Silvia





**MANIFESTACIÓN GENERAL DE IMPACTO AMBIENTAL**  
Centro Turístico Sustentable de Alta Montaña El Azufre  
Malargüe, Mendoza, República Argentina

		Lavas andesítico basálticas. Cono de escoria La Hornilla	Escorias y lavas andesítico basálticas
		Depósito de pómez Los Baños	Bombas y lapilli andesítico-dacítico
		Oleada piroclástica Valenzuela. Flujo piroclástico Los Ciegos	Cenizas andesíticas laminadas Bombas y cenizas andesíticas
	Pleistoceno	Etapa Planchón II	Lavas andesíticas y andesítico basáltico
		Etapa Planchón I	Lavas andesíticas y andesítico basáltico
		Etapa Azufre	lavas, brechas autoclásticas y piroclastitas
		Fm Loma Seca	Ignimbritas. tobas
	Mioceno	Ciclo Eruptivo Huincan	Basaltos, andesitas y dacitas
Mesozoico	Jurásico/ Cretácico	Sedimentitas Mesozoicas	a. Yeso b. Conglomerados, areniscas, lutitas

Dña. Silvia



### **Geomorfología Regional**

El paisaje mendocino está integrado por dos grandes regiones físicas de relieve, muy diferenciados: un área elevada de montañas o serranías occidentales y otra de escaso relieve que conforma la llanura oriental

Procesos endógenos vinculados con la corteza continental y la tectónica de placas, fueron los generadores del relieve. El esquema geomórfico mendocino se basa en los datos aportados por la Geología regional, tectónica y estructural.

El territorio mendocino, manifiesta el siguiente esquema geomórfico:

#### Montañas y serranías

- Cordillera Principal
- Cordillera Frontal
- Serranías Cisandinas
- Precordillera
  - Cerrilladas pedemontanas
  - Peniplanicie vieja desde su nacimiento
- Huayquerías
- Bloque de San Rafael
- Payenia

#### Llanuras o Planicies agradacionales pedemontanas

- Depresión de Los Huarpes-Graben de Tunuyán
- La Travesía
- Médanos y guadales

Tomando en consideración el esquema anterior y ajustando la escala de análisis, la geomorfología presente en el sector austral mendocino, las Unidades Morfoestructurales que se destacan de Oeste a Este, son: Cordillera Principal, Depresión de Los Huarpes y Payenia. En la

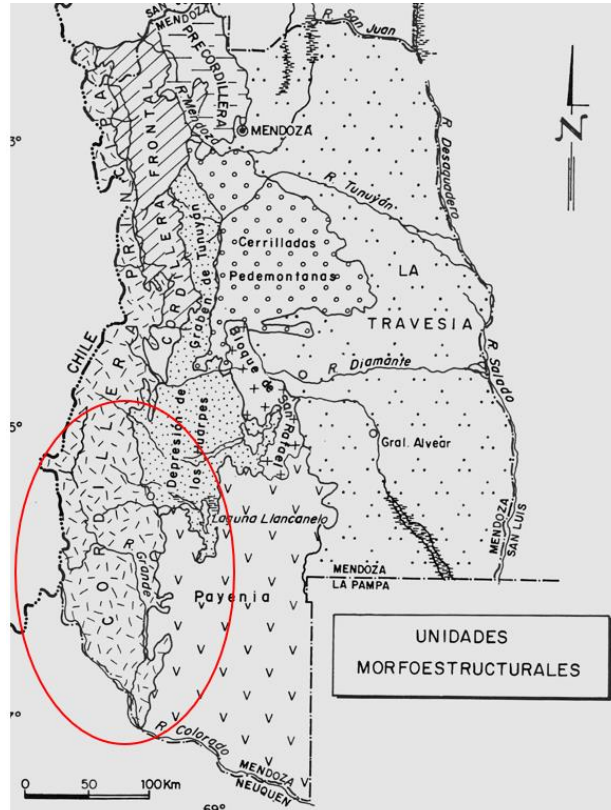
*Dr. Carlos...*





imagen siguiente (Unidades Morfoestructurales de Mendoza), se puede apreciar el esquema de referencia, destacando las Unidades presentes en la zona de interés.

**Figura 15. Unidades Morfoestructurales de Mendoza.**



Fuente: Volkheimer y Dessanti, 1978.

**Cordillera Principal.** Los principales rasgos geomorfológicos entre los paralelos 34° 00' y 36° 00', fueron caracterizados por Volkheimer y Dessanti (1978). El paisaje está conformado por una sucesión de cordones serranos de rumbo meridional cuyas alturas decrecen hacia el este y son cortados por los cursos de los ríos: Malargüe, Salado, Grande y superior del Atuel. Esta alineación se ve enmascarada ante su sepultamiento y por la interposición de efusiones acaecidas a partir del Plioceno superior.

Las sedimentitas mesozoicas afloran, el paisaje expone un estado maduro labrado por un ciclo fluvial. La red de drenaje tiene un notable control estructural y los valles por su disposición con respecto a las estructuras, pueden ser anaclinales, cataclinales y valles de rumbo (homoclinales, anticlinales y sinclinales). Es corriente además la presencia de mesas, cuevas, crestas y

Dña. Silvia

espinazos. Diques discordantes, relacionados con intrusiones terciarias, generan farellones o paredes, como respuesta a la erosión diferencial en forma de necks.

Las coladas basálticas (BI) neoterciarias, dieron lugar a extensas planicies o altiplanicies lávicas que sepultaron la casi totalidad del relieve maduro previo y su red fluvial. La degradación posterior del paisaje anterior, produjo planicies estructurales lávicas interrumpidas por aparatos volcánicos contemporáneos y otros más jóvenes que se imponen en el paisaje de la Cordillera Principal.

**Depresión de los Huarpes.** Corresponde a la subdivisión morfológica de terrenos deprimidos o más o menos aplanados. Corresponde a una franja de orientación meridional, con características diferenciales. El sector austral de esta morfología deprimida, corresponde al **Subgrupo:** Zona pedemontana entre la margen sur del río Diamante y la depresión de la laguna Llancanelo (latitud 34° 30' y 36° S). Se trata de una zona pedemontana, adyacente a la Cordillera, asociada a depósitos fluviales. Se diferencian tres niveles de degradación y agradación pedemontana, relacionadas con ciclos fluviales. La aislada presencia de conos volcánicos interrumpe la bajada oriental. En las inmediaciones de la laguna Llancanelo, se observa una llanura pedemontana, su origen está vinculado a la depositación fluvial de los ríos Atuel, Salado y Malargüe cuyos terrenos se hacen más salinos hacia la laguna (cuenca endorreica).

**Payenia.** Morfológicamente, se trata de una combinación del relieve extendido mesetiforme con el joven relieve volcánico (Polanski, 1954). Su denominación deriva del grupo volcánico Payén, que es el rasgo morfológico más sobresaliente de esta amplia región meridional de la provincia, que se extiende entre la porción sur de la Cordillera Principal y el extremo austral del Bloque de San Rafael. El aparato volcánico de la Payenia, es el complejo volcánico Payún Matru; su geología y morfología tienen características patagónicas.

Toda la región aparece cubierta por extensos mantos de lavas basálticas cuaternarias. Es un ambiente irregular por la presencia de escalones morfológicos entre las coladas y empinados conos volcánicos. El apilamiento de sucesivas coladas neoterciarias originó las planicies estructurales lávicas, conocida como Altiplanicie del Payún.

Se puede resumir los rasgos morfológicos, como un campo múltiple, donde se destacan cuatro gigantescos aparatos volcánicos compuestos: Cerro Nevado, Payún Matru, Payén y Chachahuén, de variado estado de conservación y altura. Este campo volcánico es segmentado por valles fluviales precedentes o se generan cauces efímeros por las estructuras basálticas. Otro fenómeno que se observa en algunos sectores de la altiplanicie del Payún, refiere a la remoción en masa y deslizamientos rotacionales en taludes de pendiente elevada.

#### Geomorfología AID

El esquema morfológico regional descrito en párrafos precedentes, brinda el marco de referencia al análisis del Área de Influencia Directa (AID). Se destaca la geomorfología vinculada con los

*Dr. J. C. C. C.*



agentes exógenos y procesos endógenos. En este punto se describen solo los procesos presentes en la zona objeto de análisis.

#### Procesos Geomórficos Endógenos

- Relieve volcánico primario, se trata de coladas posglaciares, de composición basáltica fundamentalmente. Irrumpe y se preserva en grandes extensiones del paisaje.
- Relieve volcánico muy modificado, se trata de material volcánico de tipo basáltico de edad terciaria. Se observa en su yacencia importante control estructural.
- Conos volcánicos, se manifiestan como relictos aislados y preservados de procesos exógenos de modelación. Especialmente representando el volcanismo de retroarco
- Planicie e ignimbritas tobáceas, acumulaciones de rocas y/o sedimentos finos, relacionados con agentes exógenos y/o procesos de remoción en masa.

#### Procesos Geomórficos Exógenos.

Las principales morfologías relacionadas a agentes exógenos, se destacan:

Geoformas vinculadas al proceso fluvial, dentro de esta clasificación, se encuentran importante cantidad de sedimentos de edades geológicas y composición estratigráfica diferenciales. Se presentan en la zona de interés (AID) los siguientes ambientes:

- Ambiente de Volcanitas Neopalozoicas con control estructural.
- Ambiente de plutonitas terciarias
- Ambiente de Volcanitas mesosilícicas, de edad terciaria
- Ambiente de Volcanitas básicas, con control estructural
- Necks o chihuidos, de edad terciaria que son chimeneas volcánicas desmanteladas.
- Diques, intrusivos de variada composición, estrechamente vinculado a la actividad tectónica.
- Sedimentitas Mesozoicas, con control estructural de edad Jurásica, que mayoritariamente ocupan los valles fluviales

Geoformas vinculadas con el proceso glaciario, el hielo como agente modelador, manifiesta las siguientes geoformas:

- Acumulaciones morénicas o Till, materiales de arrastre o por efecto de la gravedad. Caracterizado por la heterogeneidad granulométrica de sus componentes, desde grandes bloques tipo xenolitos a sedimentos muy finos, arcillosos. Muy degradables y susceptibles de erosión

*Dr. J. C. C. C.*





- Acumulaciones glaci fluviales, se trata de acumulaciones morrenicas de fondo o taludes de valles glaciares. Puede estar relacionados con niveles de agradación fluvial o fluvio-glaciari
- Glaciares de hielo, se trata de acumulaciones níveas perenes de la Cordillera de Los Andes, también conocidos como "hielos eternos". Forma parte de lo que se describe en el ítem inventario glaciario del río Grande Norte.

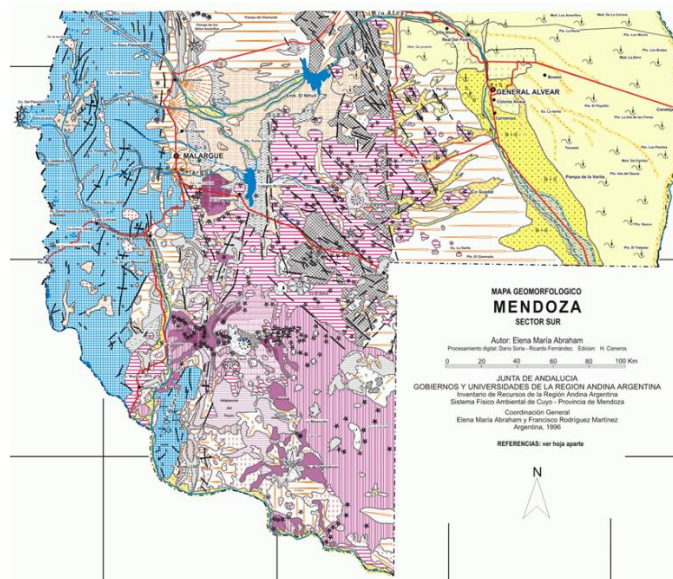
Geoformas vinculadas con los procesos de remoción en masa.

- Depósitos sedimentarios de origen volcánico, son materiales de granulometría fina, que suele estar vinculado a procesos eólicos. Son depósitos de arenas finas, muy finas y tobas.
- Depósitos de rocas, basaltos. Se aplica generalmente a taludes de fuerte pendiente, donde los macizos rocosos presentan alteraciones y/o meteorización de la roca madre, generando el desprendimiento por gravedad de los materiales disgregados. Es el proceso reconocido como remoción en masa, generando inestabilidad de taludes, puede ser material seco o con presencia de humedad.

Geoformas vinculadas con procesos eólicos, representada en la zona de análisis en forma de médanos, Son areniscas finas a muy finas de origen volcánico. Las acumulaciones están restringidas a taludes y valles fluviales.

En el Mapa siguiente se observan y destacan las Unidades Geomórficas presentes en el AID.

**Figura 16. Unidades Geomórficas presentes en el AID.**



*Handwritten signature: D. N. A. C. S. (likely D. N. A. C. S. or similar)*

## Geomorfología AO

El paisaje del Área Operativa del proyecto, se caracteriza por ser de tipo montañoso de relieve importante, con cordones de orientación predominante noreste-suroeste. Las pendientes son más suaves hacia el este y más fuertes hacia el oeste. Los valles de esta zona se caracterizan por ser amplios y sus fuentes de agua son de origen nival casi exclusivamente. Se destaca el valle del río de los Ciegos, cuya traza es paralela al cordón montañoso y posee un característico diseño en "U", como producto del paso de lenguas glaciarias antiguas. Recibe varios afluentes (arroyos del Peñón, de los Baños y otros) y el río Punilla, que luego desaguan hacia el sur en el río Valenzuela, el cual mantiene la dirección por aproximadamente 4 km y luego adquiere un recorrido oeste-este y una morfología más encajonada, con un valle más estrecho, para unirse al río Grande, de dirección norte-sur, paralelo a la ruta provincial 226.

El clima es de tundra andina o región altoandina (Trombotto, 1991). Según la clasificación climática modificada de Köppen (Strahler y Strahler, 1994), la zona responde a un clima ETH, es decir polar tundra de altura, caracterizado por poca o sin exceso de agua, escasa variación estacional en términos de eficiencia hídrica, con períodos más extensos de evapotranspiración en verano, baja precipitación estival y presencia de permafrost. Prevalen los vientos del oeste ("Westerlies") y el ciclón del Pacífico Sur, con intensas nevadas en invierno. La temperatura media anual del aire a una altitud de 3489 msnm, registrada en la cima del CVPP entre 2007 y 2013, fue de  $-2.2^{\circ}\text{C}$  (Trombotto *et al.*, 2014), lo cual indica condiciones favorables para el desarrollo de permafrost.

Posee dos períodos bien diferenciados en cuanto a precipitaciones medias, siendo los meses de mayo a octubre los de mayores valores, según mediciones en la estación chilena Río Teno.

Una particularidad del CVPP es que se encuentra en una zona de la Cordillera de los Andes que, por su altitud (4010 msnm), aloja mantos de hielo en sus cumbres, así como frecuente acumulación de nieve, de hasta cuatro metros en los meses más fríos.

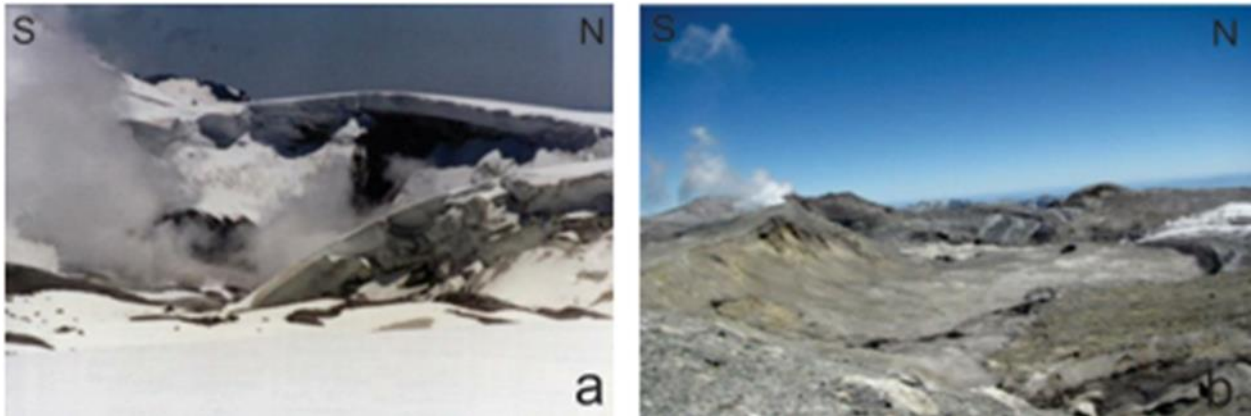
Según Trombotto *et al.* (2014) el sistema glacial es afectado por la actividad geotermal del CVPP mostrando un leve retroceso, y modificando desde glaciares descubiertos y cubiertos por detrito, hasta permafrost (permafrost in situ y permafrost reptante). Por otro lado, a partir de imágenes evaluadas en el área de los cráteres, se puede observar que la diferencia de cobertura entre 2003 y 2011 es significativa, y evidencia no sólo la influencia geotermal sino también el cambio en las condiciones climáticas de la zona.

Los glaciares Peñón y Azufre, ubicados en las nacientes del río Valenzuela, forman la zona de mayor englazamiento de toda la subcuenca. El glaciar El Peñón cubre un área de aproximadamente  $3,5 \text{ km}^2$  y se ubica en la cabecera del arroyo homónimo, mientras que el Azufre, de  $4 \text{ km}^2$ , se ubica en el sector superior del arroyo de los Baños (IANIGLA, 2018).

*Manuel Ceballos*



**Figura 17. Área cratógena del CVPP.**



**Referencias**

- a) enero 2003
- b) enero 2011

Fuente: Trombotto, 2014.

*Sistema Hidrotermal*

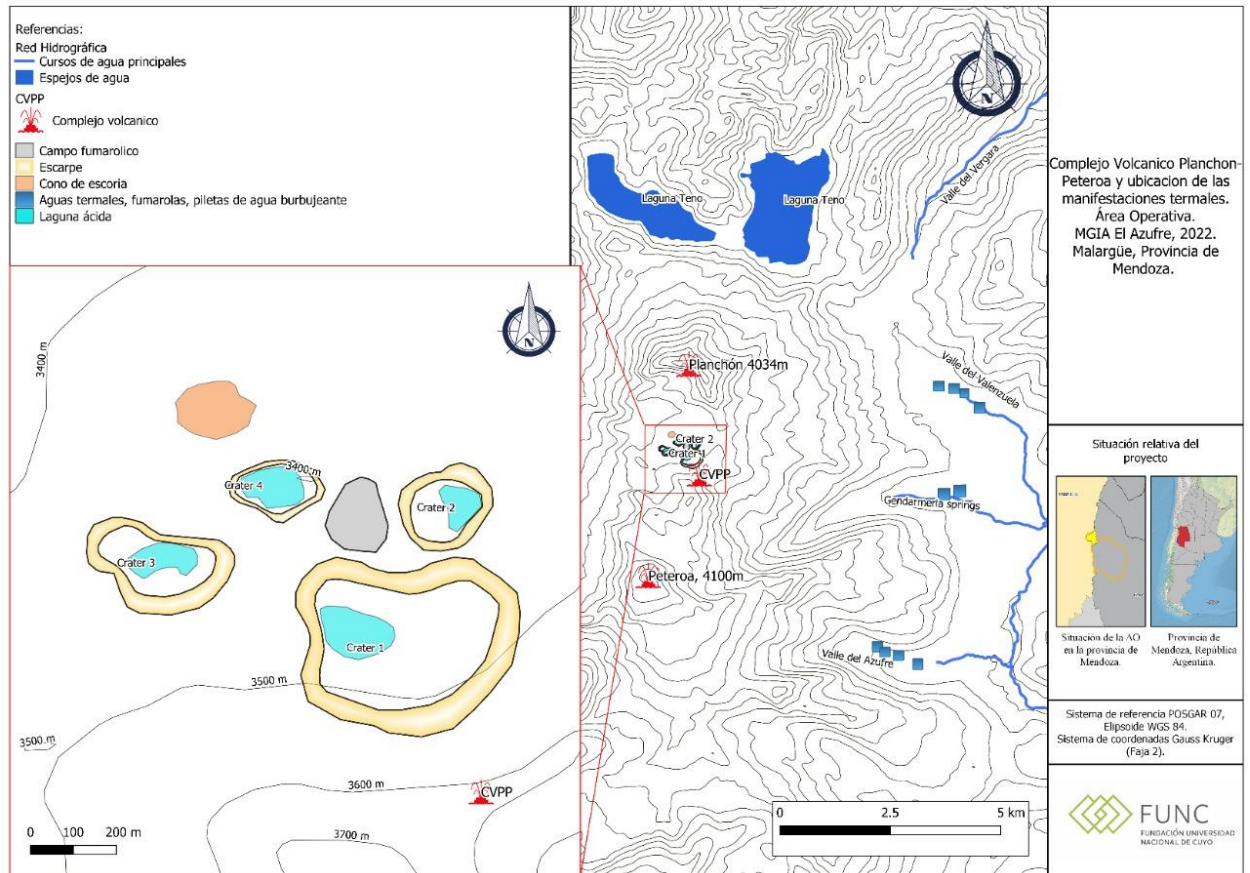
Se reconocen numerosas manifestaciones termales asociadas al CVPP, tal como se aprecia en la figura. En la zona cuspidal, los cráteres activos presentan actividad fumarólica y lagos ácidos. Se desarrollan además dos campos fumarólicos, el primero entre los cráteres 1 y 2, y el segundo al sudeste del cono de escoria La Hornilla (Aguilera *et al.*, 2016). Fuera del área cratérica, se reconocen diferentes manifestaciones termales, incluyendo: manantiales, piletas de agua burbujeante, piletas de fango y fumarolas (Benavente, 2010; Aguilera *et al.*, 2016). Estas manifestaciones se localizan en los valles Vergara, Valenzuela, del Azufre o los Baños y del Colorado, en Gendarmería Nacional y en el flanco del antiguo volcán Azufre.

Dña. Silvia





**Figura 18. Mapa del CVPP y ubicación de las manifestaciones termales.**



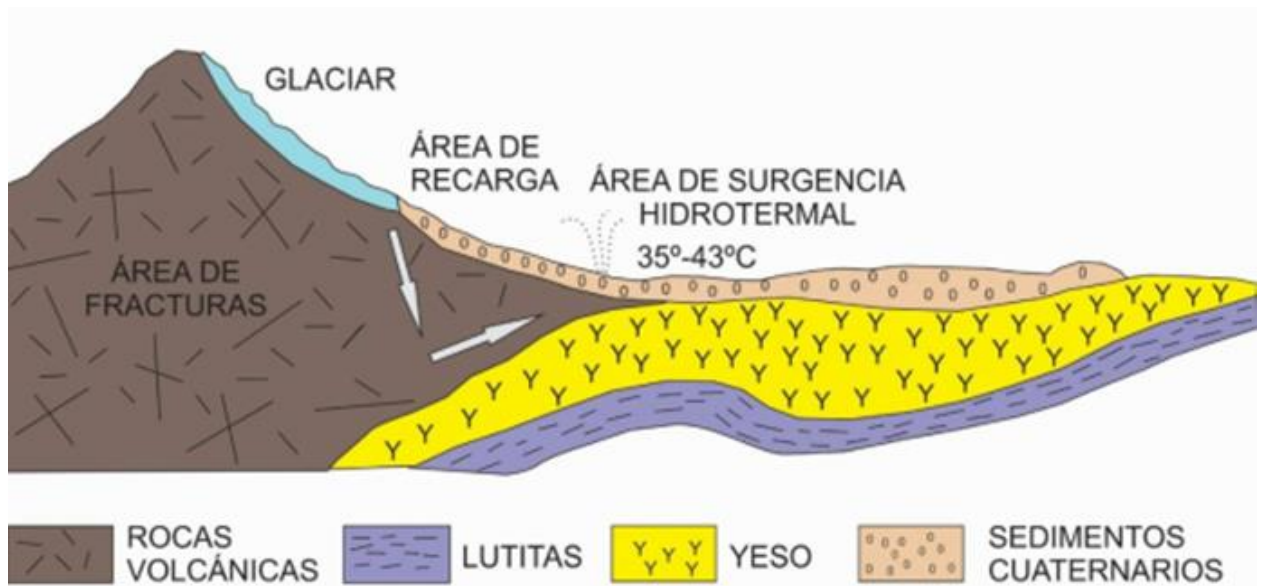
Fuente: Aguilera et al., 2016.

La temperatura, composición química y propiedades de los fluidos de las diferentes manifestaciones es variable. De acuerdo a mediciones recientes (Miranda Jordana, 2016; Benavente, 2010), la temperatura de las fumarolas en la zona cratérica oscila entre 87,7°C y 102,1°C, mientras que la temperatura en las piletas de aguas burbujeantes varía entre 37,4°C y 46,2°C. A partir del análisis geoquímico de gases y fluidos, se interpreta que el sistema hidrotermal del CVPP está relacionado a la interacción entre fluidos magmáticos (SO<sub>2</sub>, HCl, HF) y un acuífero somero que recibe aporte de agua meteórica proveniente de precipitaciones como de fusión glacial (Tassi et al., 2016; Valero y Alvarez, 1993).

El esquema de la figura adjunta, simula el intercambio y comportamiento del sistema natural.

Dña. Silvia

**Figura 19. Esquema idealizado de circulación de fluidos en un sistema hidrotermal en un volcán activo.**



Fuente: Valero y Álvarez, 1993.

Cabe destacar el alto contraste entre las fumarolas asociadas a los cráteres activos y las piletas de agua burbujeante de los valles aledaños. Los lagos desarrollados en la zona craterica son alimentados por agua meteórica y gases ácidos de origen magmático; los gases fumarólicos, por lo tanto, están dominados por vapor de agua, seguidos de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$ , así como concentraciones significativas de  $\text{SO}_2$ , HF, HCl,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$  y menores de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_2$ , He, Ar y CO. Las piletas burbujeantes se caracterizan por una composición periférica de baja temperatura con escasa contribución de fluidos magmáticos, siendo las especies presentes principalmente  $\text{CO}_2$ , y altas concentraciones de  $\text{CH}_4$  y gases atmosféricos  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  y Ar (Benavente, 2010; Tassi *et al.*, 2016; Miranda Jordana, 2016). En ambos sectores se han registrado además flujos de  $\text{CO}_2$  difuso, con emisiones diarias de aproximadamente 15 toneladas (Lamberti, 2019).

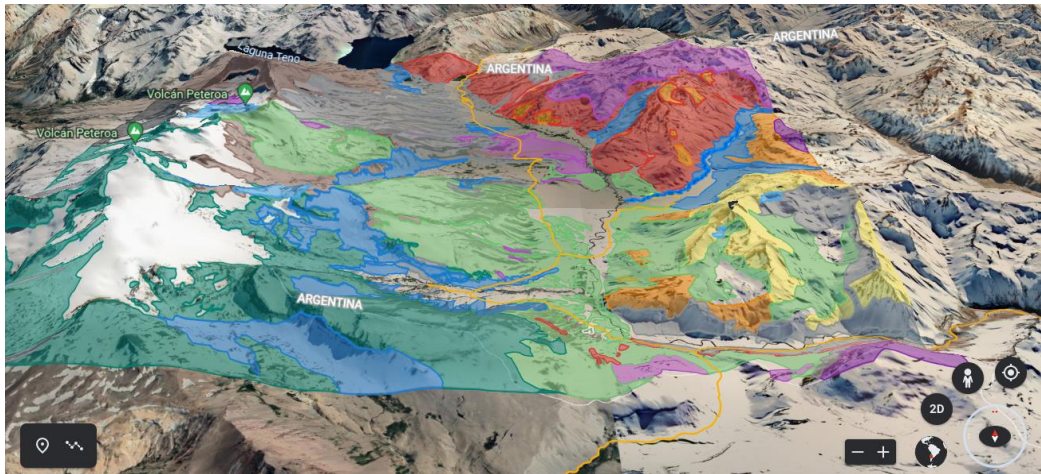
### *Interrelación de procesos geológicos y antrópicos en el Área Operativa*

Para identificar la litología que se encuentra en la zona de trabajo y analizar la respuesta en relación a la intervención con las instalaciones del Proyecto El Azufre, se trabajó con el mapa geológico cuya estratigrafía se detalla en el Punto Geología Paraje El Azufre (AO). Para tal fin se efectuó la conversión de la imagen papel en geotif, homologando el sistema de coordenadas, luego se superpuso con imagen satelital Google en 3D.

Dña. Silvia



**Figura 20. Mapa Geológico (AO), sobre imagen Google 3D.**



Elaborado en base a SEGEMAR 2018.

Para la evaluación de los aspectos físicos de la MGIA, se parte como línea de base ambiental, la infraestructura presente a Setiembre del año 2022: acceso principal desde RP226, obras (casa, lodges, taller) y servicios (energía, toma de agua, planta efluentes, etc).

**Figura 21. Acceso principal desde RP226.**



**Referencias**

- a) Línea amarilla, accesos internos Azufre.
- b) Polígonos amarillos, infraestructura actual.

*Handwritten signature: D. N. A. C. S. G. S.*

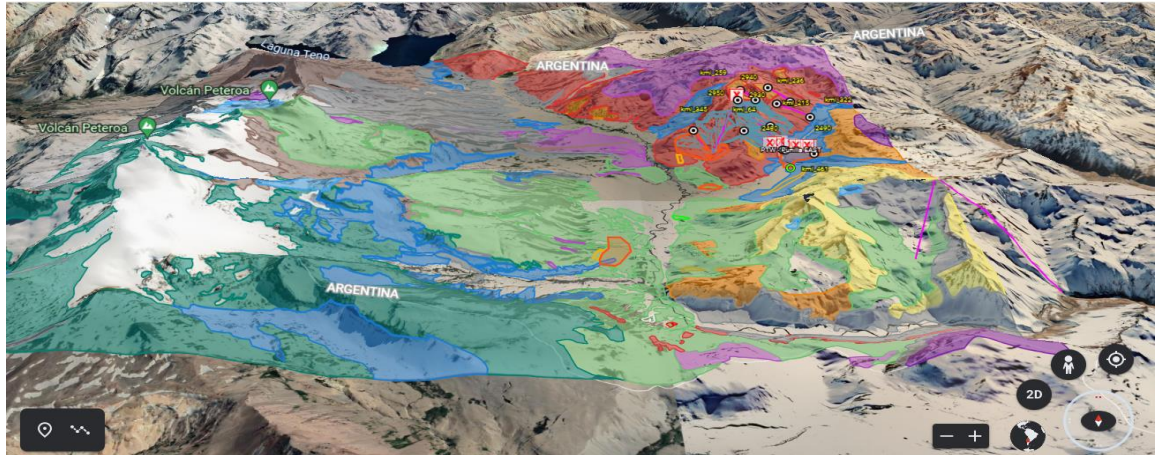


Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
Mendoza, Argentina. M 5502/IMA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo

El diagnóstico principal se focaliza en la planimetría y actividades proyectadas del "Centro Turístico de Alta Montaña", conformada por: Punilla Central, Punilla Oeste, Peteroa, Medios en Cerro El Cura y Valle del río Valenzuela.

**Figura 22. Mapa Geológico (AO), con Infraestructura Proyectada.**



Elaborado en base a SEGEMAR 2018.

### *Relevamiento In situ*

El relevamiento expeditivo, con imágenes satelitales y bibliografía específica, generó la base sobre la que se trabajó en terreno.

Para la caracterización del medio Físico, se efectuaron dos campañas:

- Primera campaña: 19 a 24 de setiembre 2022
- Segunda campaña: 11 a 14 y 18 a 24 de noviembre 2022

Cabe destacar que las variables estacionales son un condicionante esencial en los procesos naturales: hidrológicos, geomorfológicos y de paisaje, en este punto se analizarán los procesos morfológicos.

### *Domos*

En un playón de coordenadas geográficas: 35°18'19.55"S, 70°29'19.93"W, sobre la RP 226 y cercano al río Valenzuela talud margen derecha; se encuentran construidas 2 unidades habitacionales con características de alta montaña y una edificación liviana de servicios básicos. El agua potable se toma de un arroyo aledaño al playón, mediante un sistema natural (almacenamiento y conducción por gravedad). En las fotografías se puede apreciar la infraestructura mencionada que forma parte de la línea de base.

*Dr. A. C. C. C.*



**Figura 23. Izq. Playón con los domos habitacionales. Der. Toma de agua potable de la quebrada de arroyo alimentado por vertientes.**



En esta localización, se plantea instalar la Planta de tratamiento de residuos, con dos sitios:

- a) Un sitio de superficie aproximada 0,3 hectáreas, para residuos orgánicos utilizando la técnica de compostaje y
- b) Un sitio para la Planta de transferencia de Residuos reciclables secos, de superficie aproximada: 0,9 hectáreas.

La zona desde el punto de vista morfológico corresponde a una bajada de pendiente suave, con materiales granulares de origen volcánico. Si bien el playón propiamente dicho no manifiesta afectaciones geomorfológicas, el mismo está marginado por taludes con procesos de inestabilidad, evidenciando remoción y deslizamientos de bloques y rocas, especialmente en la temporada primavera-verano, por derretimiento nieve.

En la imagen adjunta (de fecha enero 2019), se puede apreciar con polígonos de color rojo los sitios propuestos para residuos y los procesos naturales en los taludes rocosos.

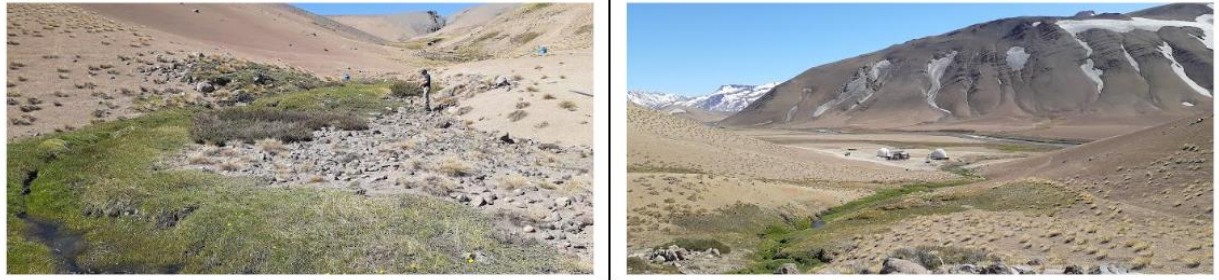
**Figura 24. Sitios propuestos para residuos y los procesos naturales en los taludes rocosos.**



Dña. Silvia

La RP 226, se ve afectada su transitabilidad por tramos, con caída de bloques, rocas y sedimentos, en taludes inestables de alta pendiente; especialmente en épocas de primavera verano por derretimiento de nieve. Tal situación implica trabajos de mantenimiento más frecuentes, tareas que se ejecutan de manera coordinada entre DPV y la empresa El Azufre SA.

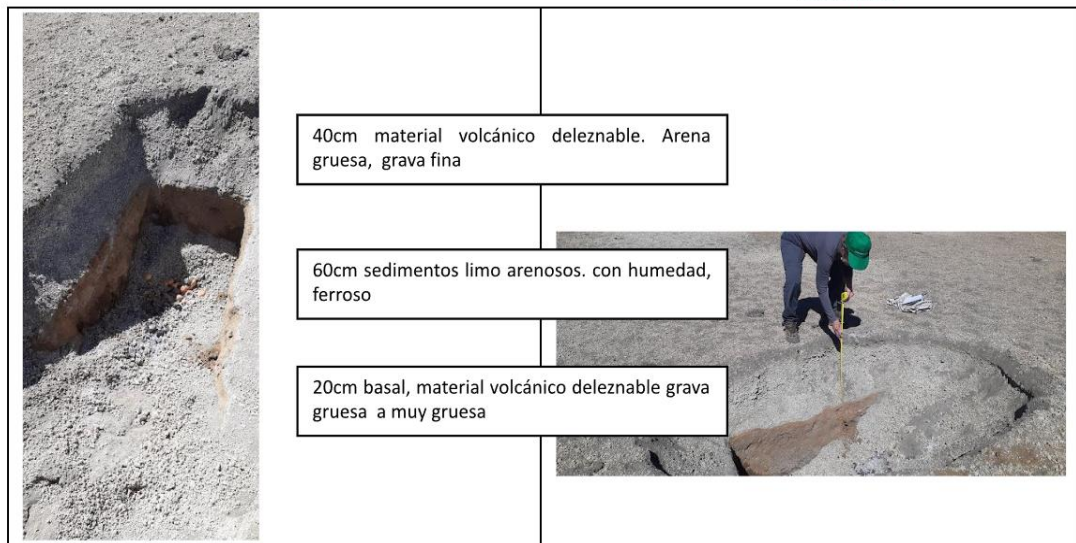
**Figura 25. Vista aguas arriba y aguas abajo, de la pequeña quebrada que vierte al río Valenzuela, margen derecha, se alimenta de vertientes y se ubica al Sur del playón con los domos.**



Los sectores Norte y Sur del playón de domos y sitios de residuos pasibles de afectación, deben ser monitoreados. En caso de indicios de erosión retrocedente en los taludes, se deben contemplar obras correctivas.

Detalle suelos. En una calicata de 1,20 m de profundidad, se efectuó la observación directa de los componentes sedimentarios de la columna edafológica. La cual se detalla con referencias fotográficas.

**Figura 26. Calicata de 1,20 m de profundidad.**



DPV El Azufre

El perfil litológico de suelos con observación macroscópica permite inferir a priori, capacidad adecuada para implementar técnica de compostaje. Esta observación debe ser validada con ensayos específicos y se deben establecer puntos de control aguas abajo, previo al río Valenzuela.

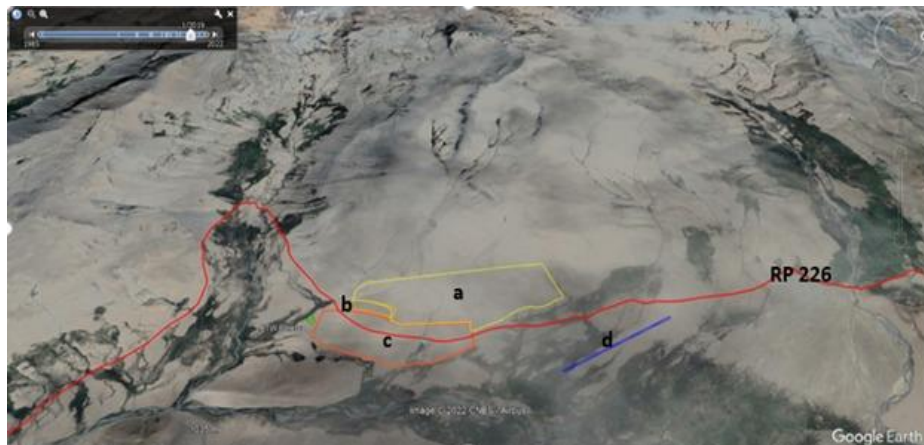
### Peteroa

La denominada Peteroa, tiene previstas las siguientes instalaciones:

- Estación de energía solar: ocupando una superficie aproximada de 58 hectáreas
- Sitio de disposición final de efluentes tratados: ocupando una superficie aproximada de 2,8 hectáreas
- Área Urbana: ocupando una superficie aproximada de 34,5 hectáreas
- Pista de aterrizaje: de 900 metros lineales aproximadamente

En la composición de las imágenes satelitales adjuntas, se superpuso la planimetría y la litología presente en el sector a analizar, para evaluar el contexto físico natural respecto de lo observado *in situ*. Las instalaciones anteriores, se plantean emplazar en la ladera oriental de una lomada erosionada entre los Cerros Peteroa y El Peñón, los que representan las nacientes de los Arroyos del Peñón y De Los Baños, interfluvios que marginan por el Norte y el Sur, respectivamente la geoforma de referencia.

**Figura 27. Imagen satelital con planimetría Peteroa.**



### Referencias

Línea roja RP 226

- polígono amarillo, planta de energía solar
- polígono naranja, sitio de disposición final de efluentes tratados
- polígono rojo, área urbana
- pista de aterrizaje









**Figura 30. Vista del terreno donde emplazará desde la RP226 al SE.**



En el caso de la zona urbana y plantas de energía, se recomienda diseñar la infraestructura mencionada respetando las cotas topográficas para no propiciar procesos de erosión lineal por escurrimientos superficiales, ya que los sedimentos presentes son deleznable. Preservar los escurrimientos y/o vertientes (aún los pequeños indicios) mediante obras complementarias.

Una consideración especial se efectúa en el área donde se plantea la construcción de la pista de aterrizaje. Si bien el relevamiento no detectó procesos erosivos destacados, el análisis multianual en base a imágenes satelitales muestra que la zona corresponde al sistema de escurrimientos sub-superficiales que alimentan al humedal y el río Valenzuela próximos. Se deben efectuar ensayos de capacidad portante de suelos, en consecuencia plantear las obras de ingeniería adecuadas.

### *Azufre Central*

En el sector Azufre Central, se tiene previstas las siguientes instalaciones:

- a) Área Urbana: ocupando una superficie aproximada de 6,4 hectáreas
- b) Estación de energía solar: ocupando una superficie aproximada de 20 hectáreas
- c) Accesos internos. Vinculación con Punilla Oeste

La zona donde está emplazado el Sector Azufre Central corresponde a las estribaciones Sur de la Sierra de Punilla, en la imagen satelital se incluyó la planimetría mencionada y la geología del Área del SEGEMAR 2018.

Se destaca que en la parcela urbana actualmente existen construcciones compuesta por unidades habitacionales: una casa y 2 lodges, playón de combustible, platea con tanques de gas envasado, galpón de mantenimiento, tráilers con paneles solares, toma de agua con red de distribución y piletas de tratamiento de agua de efluentes.

*DNyA. Cuyo*



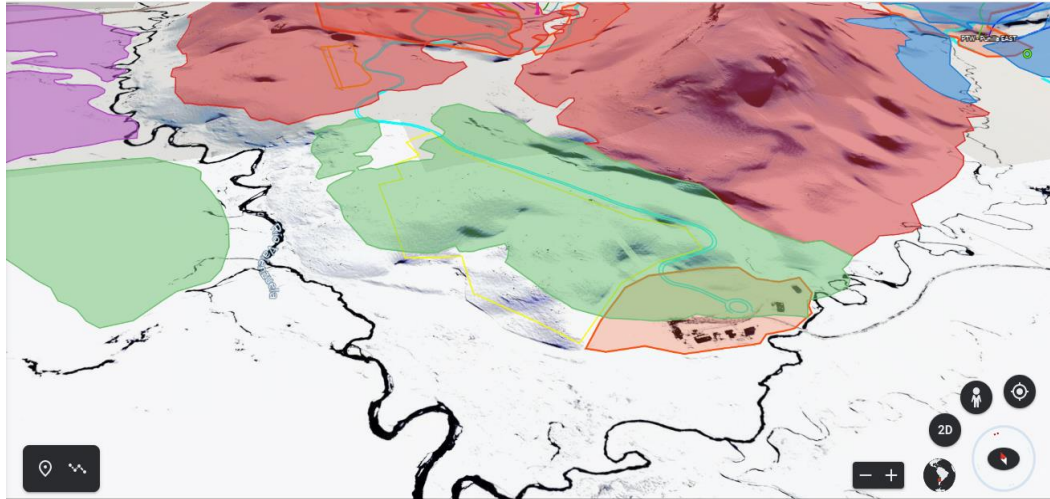
**Figura 31. Imagen satelital con planimetría Azufre Central.**



**Referencias**

- a) polígono rojo, área urbana
- b) polígono amarillo, planta de energía solar
- c) accesos internos

**Figura 32. Imagen satelital 3D con Geología y planimetría Azufre Central.**



Fuente: SEGEMAR, 2018.

Dña. Silvia S.



Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
 Mendoza, Argentina. M 5502. IMA.  
 +54 261 449 4087.  
 info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
 funcuyo

La superficie prevista para la infraestructura anterior, se encuentra emplazada en la zona más baja y austral del Cerro Punilla, morfológicamente se trata de una bajada de suave pendiente marginada por cerros y lomadas de variada altura; los procesos geomórficos que prevalecen en la zona son: eólico y glaciar. Las instalaciones se ubican en inmediaciones de la unión de 2 cauces principales del Área Operativa: ríos Punilla y Valenzuela, la confluencia entre los cauces está representada con humedales de importante desarrollo.

La litología presente en el sector analizado corresponde a depósitos de pómez, son materiales de origen volcánico de variada granulometría sin compactación, los valles principales manifiestan depósitos de arenas finas a muy finas de origen eólico y las elevaciones que rodean el complejo están compuestas por rocas de edad Mesozoica.

La secuencia fotográfica del área del Azufre donde está la infraestructura actual, muestra en distintas estaciones las variables naturales.

**Figura 33. Vistas de las instalaciones piloto de Azufre Central (distintas épocas del año), desde el humedal Punilla hacia el Norte.**



*DNyA. Cuyo*



**Figura 34. Detalle de procesos de deflación (erosión eólica), en distintas épocas del año, como geoformas destacadas en la zona.**



Como elementos a considerar en esta zona se destacan:

Humedales como ecosistemas naturales a preservar. En el caso que determinadas construcciones no permitan evitarlos (ej. caminos), se deben ejecutar obras de arte o lechos drenantes que no alteren la transmisividad hidráulica del flujo sub-superficial. En el caso de la cercanía con sitios de disposición final de efluentes tratados, se deben definir puntos de plantas de tratamiento de efluentes tratados, se deben definir puntos (freatímetros o pozos de observación) de monitoreo y control químico y biológico.

Erosión eólica, los bajos de deflación en taludes, por la alta degradabilidad de los sedimentos puede afectar parte de las instalaciones previstas. Se deben prever rangos de retiro en las inmediaciones a estas geoformas.

### *Punilla Oeste*

Punilla Oeste, tiene previstas las siguientes instalaciones:

- a) Área Urbana Punilla Oeste 1: ocupando una superficie aproximada de 14 hectáreas
- b) Área Urbana Punilla Oeste 2: ocupando una superficie aproximada de 48 hectáreas
- c) Sitio de disposición final de efluentes tratados: ocupando una superficie aproximada de 3 hectáreas
- d) Accesos internos y vinculación con Azufre
- e) Línea de aerogeneradores: 14 generadores eólicos en una longitud total aproximada 1,15 Km

Dña. Silvia









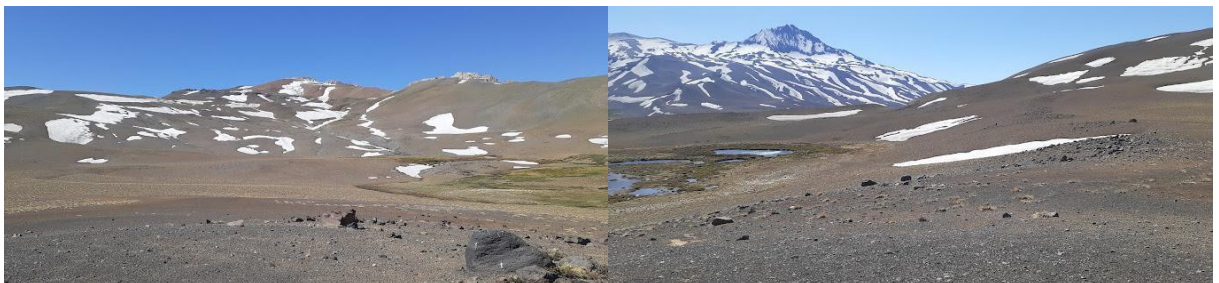
**Figura 38. Vistas de la ladera de la Sierra Punilla donde se observan las dolinas, geoformas kársticas por disolución-**



**Figura 39. Cabecera del valle que separa las parcelas urbanas de Punilla Oeste, representadas en laguna y escurrimientos superficiales, hacia el humedal.**



**Figura 40. Vista del terreno donde emplaza Parcela 2, bajada de pendiente suave sin procesos erosivos destacados.**



Se puede identificar que, para la infraestructura planteada en Punilla Oeste, la zona con más limitaciones para su construcción es la ladera donde emplaza la Parcela urbanística 1 y parte de los medios de elevación; ya que la presencia de dolinas indica procesos de paisajes kársticos en evolución. La Unidad litológica compuesta por yesos y calizas manifiesta un desarrollo

*DNyA. Cuyo*

importante en superficie, se desconoce la potencia de la Fm Auquilco. Se recomienda no fundar es esta roca, especialmente las bases de los medios de elevación ya que la alteración de la roca puede acelerar los procesos de disolución.

En el caso de los caminos que cruzan humedales, la traza debe contemplar obras complementarias: puentes, alcantarillas o lechos drenantes de manera de no afectar el flujo sub superficial de estos ecosistemas.

La superficie donde emplaza la planta de efluentes tratados, no manifiesta problemas en cuanto a la morfología y tipo de suelos, se recomienda aguas abajo de tal localización definir puntos (freatímetros o pozos de observación) de monitoreo y control químico y biológico

La línea de aerogeneradores, se proyecta en el borde occidental de la Sierra de Punilla, si bien la litología está compuesta por sedimentitas granulométricas. Al momento de su instalación, al conocer las dimensiones, peso y características constructivas de cada aerogenerador, se deben efectuar ensayos de suelos para determinar su capacidad portante.

### *Punilla Central*

En el sector de Punilla Central, se tiene previstas las siguientes instalaciones:

- a) Área Punilla Central: ocupando una superficie aproximada de 56 hectáreas
- b) Acceso principal, internos y vinculación con Azufre Central
- d) Plantas de energía solar
- e) Pistas y sistemas de elevación
- f) Sitio de disposición final de efluentes tratados: ocupando una superficie aproximada de 16 hectáreas.

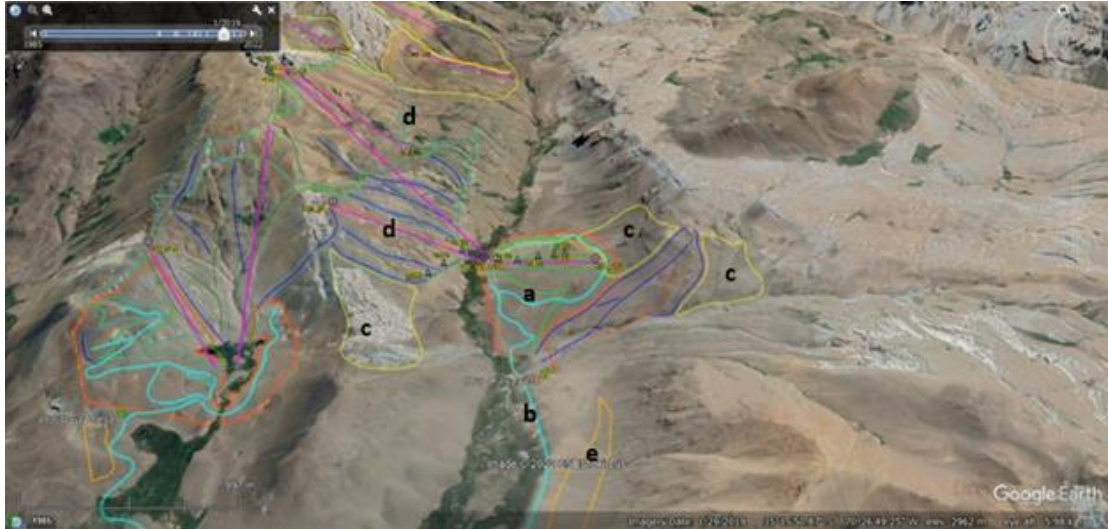
La zona donde está emplazada la Punilla Central corresponde al valle principal del río Punilla, flanqueado por la ladera oriental de Sierra de Punilla, con el Cerro Punilla (3267 metros) como elemento orográfico destacado, hacia el Norte y estribaciones del Cordón del Cura (3180 metros), del cerro homónimo hacia el Sur. En la imagen satelital se incluyó la planimetría mencionada y la geología del Área.

*DNyA. Cuyo*





**Figura 41. Imagen satelital con planimetría Punilla Central.**

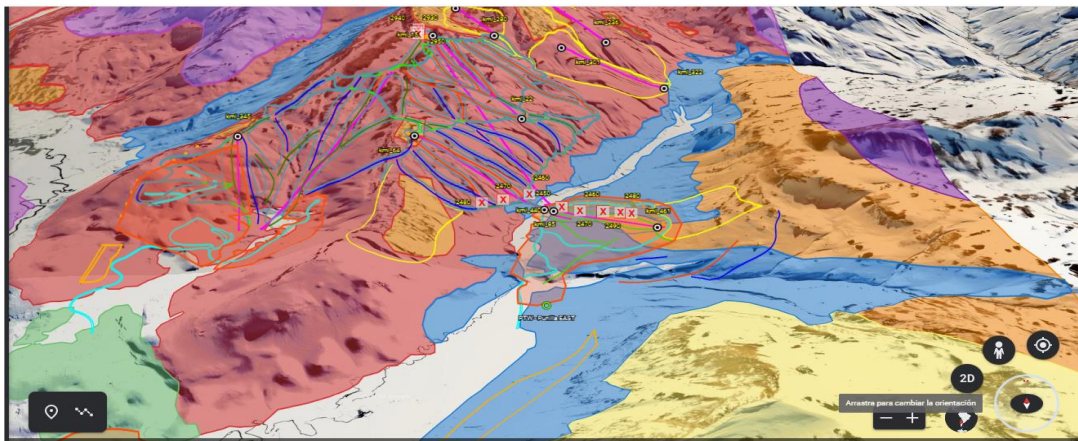


Fuente: SEGEMAR 2018.

**Referencias**

- a) polígono rojo, área urbana
- b) líneas celestes, acceso principal e internos
- c) polígonos amarillo, pistas libres
- d) Líneas magenta y verdes, medios de elevación y pistas de esquí
- e) polígono naranja, sitio de disposición final de efluentes tratados.

**Figura 42. Imagen satelital 3D con Geología y planimetría Punilla Central.**



Fuente: SEGEMAR, 2018.

Dña. Silvia S.



Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
 Mendoza, Argentina. M 5502. IMA.  
 +54 261 449 4087.  
 info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
  funcuyo

La litología donde se proyecta la infraestructura de Punilla Central, corresponde mayoritariamente a sedimentos granulométricos (areniscas y conglomerados), identificados como Fm Tordillo de edad Mesozoica. Las zonas elevadas, la conforman ignimbritas y tobas correspondientes a la Fm Loma Seca. Los valles presentan depósitos eólicos de arenas finas a muy finas de origen volcánico y en algunas quebradas depósitos fluvio glaciares compuestos por bloques y rocas mayores.

Los procesos erosivos que se destacan en la zona son: eólico y fluvioglacial. Las geoformas que predominan en respuesta a los factores mencionados son: quebradas con derrubio de rocas y boques. Taludes con vertientes que alimentan los humedales y lagunas de valle intermontano.

La secuencia fotográfica muestra en forma gráfica el ambiente físico natural de los terrenos de emplazamiento de las instalaciones mencionadas.

**Figura 43. Distintas vistas del valle Punilla, tomada desde la ladera Suroeste del cordón Del Cura, donde se proyecta emplazar la zona urbana de Punilla Central.**



**Figura 44. Las fotografías muestran la pendiente natural presente en los terrenos donde emplazará la infraestructura de Punilla Central. No se observan procesos erosivos en superficie.**



*DNyA. Cuyo*



**Figura 45. Las imágenes muestran evidencias de bloques dispersos en taludes como parte de procesos de remoción en sectores.**



**Figura 46. Bloque de "yesera", donde se proyectan los principales medios de elevación y pistas de esquí.**



Las fotografías tomadas desde talud margen izquierda del río Punilla, se observa el talud de rocas evaporíticas, descritas en Punilla Oeste. Se destacan procesos erosivos por disolución en forma de cavernas con vertientes que aportan al río Punilla.

La infraestructura proyectada en Punilla Central, no presenta afectaciones a procesos morfológicos destacados. Se debe atender particularmente los caminos que cruzan humedales, cuya traza debe contemplar obras complementarias: puentes, alcantarillas o lechos drenantes para no afectar el flujo sub superficial de estos ecosistemas.

Los terrenos donde se emplaza una de las pistas de esquí libre, corresponden a sedimentos evaporíticos, susceptibles de disolución. Se debe controlar el estado de las pistas en esta zona de manera más frecuente. La traza de los medios de elevación requiere un análisis de capacidad portante de roca y un rediseño, ya que se deben evitar las "yeseras".

La superficie donde emplaza el sitio de disposición final de efluentes tratados, no está en una localización adecuada, ya que se encuentra sobre un talud rocoso, de alta pendiente y muy poca cobertura de sedimentos que puedan absorber los efluentes tratados. Se debe relocalizar.

*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C.*



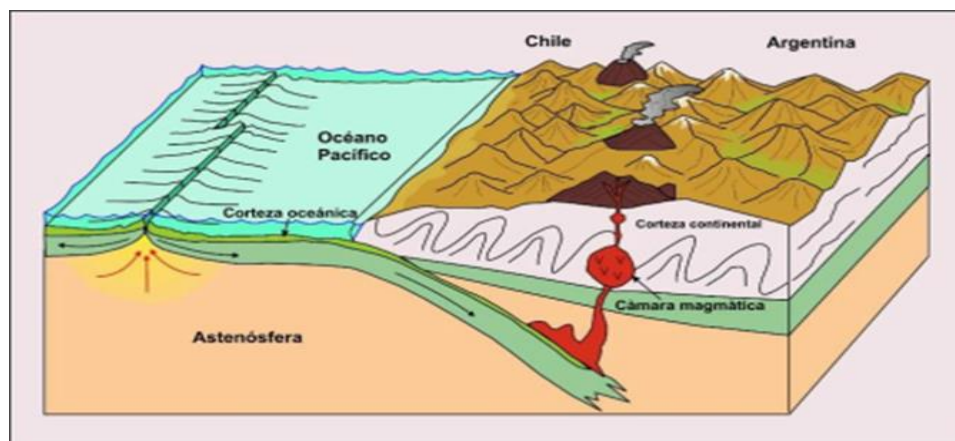
### Sismicidad

La sismicidad es el estudio de los sismos para una distribución geográfica determinada, y de sus efectos destructores. La base de su estudio es, por lo tanto, la recopilación de datos sobre terremotos, el momento y la fecha de ocurrencia, su localización, daños producidos, etc.

La actividad sísmica de Argentina está concentrada principalmente en el noroeste y centro-oeste, a lo largo de la Cordillera de los Andes. Esta región se encuentra en un ambiente tectónico producto del choque entre la Placa de Nazca que se desplaza hacia el Este, y la placa Sudamericana que se desplaza hacia el oeste, con una velocidad relativa entre ambas placas de aproximadamente 8,0 cm/año. Ese choque produce el hundimiento, en forma de cuña, de la Placa de Nazca por debajo de la Sudamericana, proceso que se denomina "subducción". Estos esfuerzos tectónicos provenientes del oeste, producto de la interacción de estas dos placas tectónicas, son generadores de sismos, deformaciones en superficie, fallas, etc.

Los regímenes tectónicos al Norte y Sur de los 33° 15' latitud S, distinguen un segmento Norte con sismos de magnitud y un segmento Sur con volcanes. La imagen ilustra en forma esquemática el comportamiento en el área de interés (segmento Sur).

**Figura 47. Esquema donde se ilustra el proceso de subducción, volcanismo asociado y deformación tectónica.**



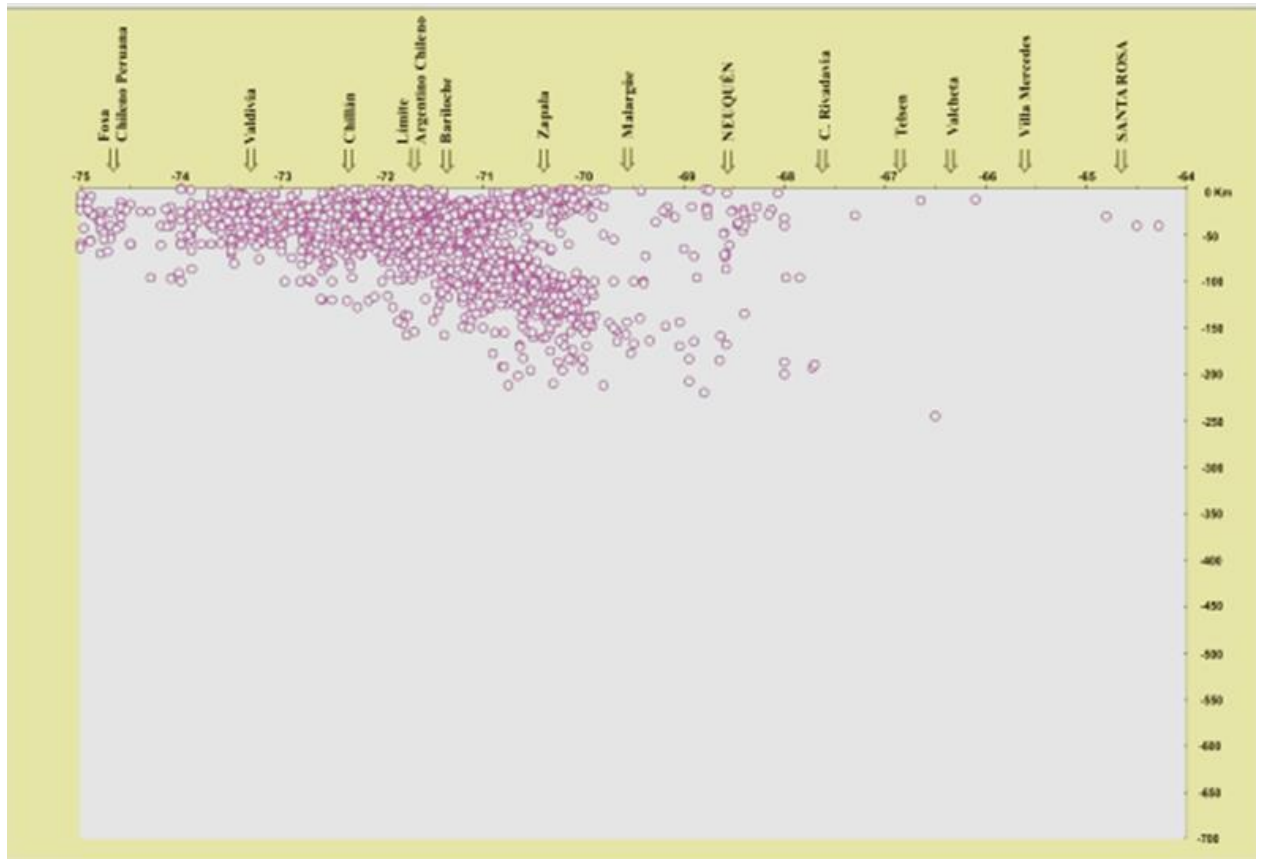
Fuente: P. Sruoga, 2020.

El Sur argentino, por debajo del paralelo 34° ha sufrido, en muchos casos, las consecuencias de los grandes terremotos chilenos que alcanzaron a producir daños de menor cuantía en las poblaciones limítrofes, siendo reducida la cantidad de sismos con epicentro en territorio argentino.

*Manuscrito*

En la Figura que sigue, está graficada la distribución en profundidad de los sismos en la sección transversal tomada entre los 33,5° y 46° de latitud sur, donde se observa en la zona de Benioff la diferencia del ángulo de penetración de la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana, respecto de latitudes Norte. Esta zona (límitrofe) se destaca por intensa actividad sísmica superficial, se reconocen también como "enjambres sísmicos", relacionados con actividad volcánica.

Figura 48. Perfil transversal Oeste-Este, Distribución en profundidad de todos los sismos ocurridos **entre los 33,5° y 46° de latitud sur.**



Fuente: INPRES.

### Volcanismo

El proceso endógeno que prevalece en la zona de estudio refiere a la actividad volcánica. Localizados en la Cordillera Principal se presentan conos volcánicos o centros eruptivos, la Zona

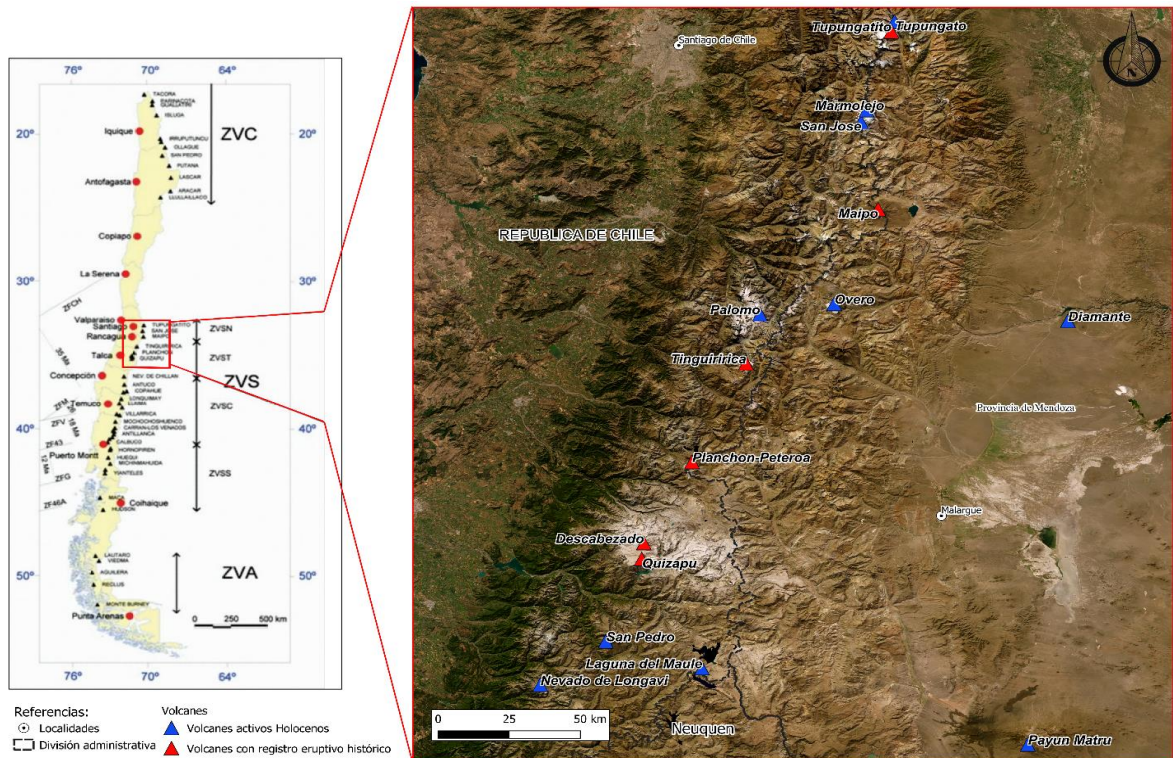
Dña. Silvia

Volcánica Sur se divide en cuatro segmentos: Norte, De Transición, Central y Sur. El Complejo Volcánico Planchón Peteroa (CVPP) pertenece al segmento de transición, el cual se diferencia de los sectores norte y sur por el espesor de la corteza y la naturaleza de los magmas.

Los centros volcánicos activos que se encuentran en este segmento son: Tinguiririca, Palomo, Overo, Planchón-Peteroa, Grupo Volcánico Cerro Azul-Descabezados, Laguna del Maule, San Pedro-Tatara o San Pedro-Pellado, Nevado de Longaví, Lomas Blancas, Nevados de Chillán, Payún-Matru, Domuyo y Tromen. Los volcanes que presentan registro de actividad histórica son: Tinguiririca, Planchón-Peteroa, Descabezado Grande, Quizapu, Nevados de Chillán y Tromen. Los volcanes restantes presentan registro de actividad en el Holoceno (<11.700 años).

En la siguiente figura se observa la Zona Volcánica Sur destacando la ubicación del CVPP en el segmento de transición (ZVST). Se representan con símbolos triangulares. Los triángulos rojos corresponden a aquellos volcanes con registro eruptivo histórico, mientras que los triángulos representan los volcanes activos holocenos.

**Figura 49. Segmentación de la Zona Volcánica Sur y ubicación del CVPP.**



Fuente: Elaborado con base en Stern, 2004.

Dña. Silvia



*Complejo Volcánico Planchón Peteroa*

**Generalidades**

El Complejo Volcánico Planchón-Peteroa (4.107 msnm, 35,24°S-70,57°O) se halla situado en el límite internacional argentino-chileno, distante a aproximadamente 95 km de la localidad de Las Loicas por la RP 226, en el sur de la provincia de Mendoza. Del proyecto que nos ocupa, la distancia en línea recta, del principal centro cratógeno Planchón a Punilla Oeste es 8,5 Km, a Punilla Central: 10,5 Km y a sector Peteroa: 9 Km.

Se trata de un complejo volcánico, conformado por una serie de volcanes, y cráteres que se caracterizan por tener un amplio registro eruptivo, sin embargo, su actividad explosiva suele ser de baja intensidad. El límite norte de la estructura está coronado por el volcán Planchón (3920 msnm), al cual le sigue hacia el sur una extensa meseta que se prolonga por casi 2 km de longitud, sobre la cual yacen los cuatro cráteres de las erupciones de 1991 (cráter doble), y el cono de la erupción de 1837. Al sur, esta estructura está delimitada por el Volcán Peteroa, una caldera de forma de herradura abierta hacia el NO.

**Figura 50. Imagen panorámica Complejo Volcánico Planchón-Peteroa.**



Fuente: P. Sruoga, 2020.

**Antecedentes históricos**

El registro de actividad eruptiva en los últimos 10.000 años es de naturaleza explosiva e incluye productos más silíceos en claro contraste con la actividad más antigua. En tiempos históricos, desde 1600 aproximadamente, se han registrado entre 15 y 20 erupciones de acuerdo con las crónicas y documentos de archivo, en su mayoría descriptas como explosiones pequeñas (VEI 1-2), con emisión de ceniza.

*Handwritten signature: D. N. J. C. S. S.*



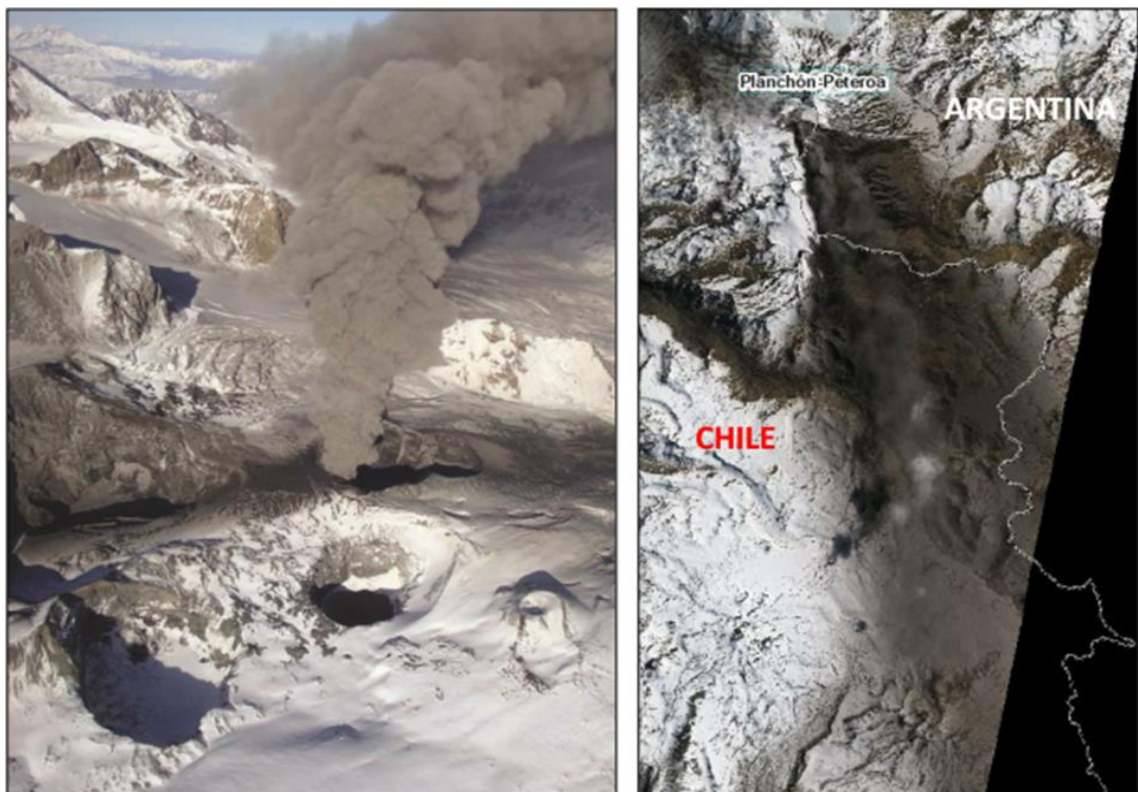
Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
Mendoza, Argentina. M 55021MA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo

En tiempos recientes, cabe destacar la erupción ocurrida el 10 de febrero de 1991, que consistió en un episodio de tipo freatomagmático que produjo caída de ceniza en una vasta región hasta la ciudad de Malargüe. Posteriormente, se han registrado explosiones menores.

En septiembre de 2010 y enero de 2011 tuvieron lugar erupciones freáticas con emisión de gases y material particulado que alcanzaron la localidad de Las Loicas. En el lapso interruptivo, el volcán Peteroa registra actividad fumarólica de intensidad variable con emisión de vapor de agua y otros gases que sumado a las fuentes termales aledañas revelan la existencia de un reservorio magmático poco profundo.

**Figura 51. Volcán Planchón-Peteroa durante sobrevuelo realizado en abril de 2011.**



Se observa una columna de ceniza hacia el sur (fotografía Orlando Rivera, Exploraciones Mineras Andinas S.A. Tomado de Smithsonian GVP). (Der): Imagen Nasa (NASA Earth Observatory image) del 26 de septiembre de 2010, donde se observa dispersión y caída de material hacia el SE.

El C.V. Planchón-Peteroa es el volcán que se encuentra en el puesto N° 2 del Ranking de Riesgo Relativo para la República Argentina elaborado por el SEGEMAR. El mismo se encuentra en

*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C. C.*



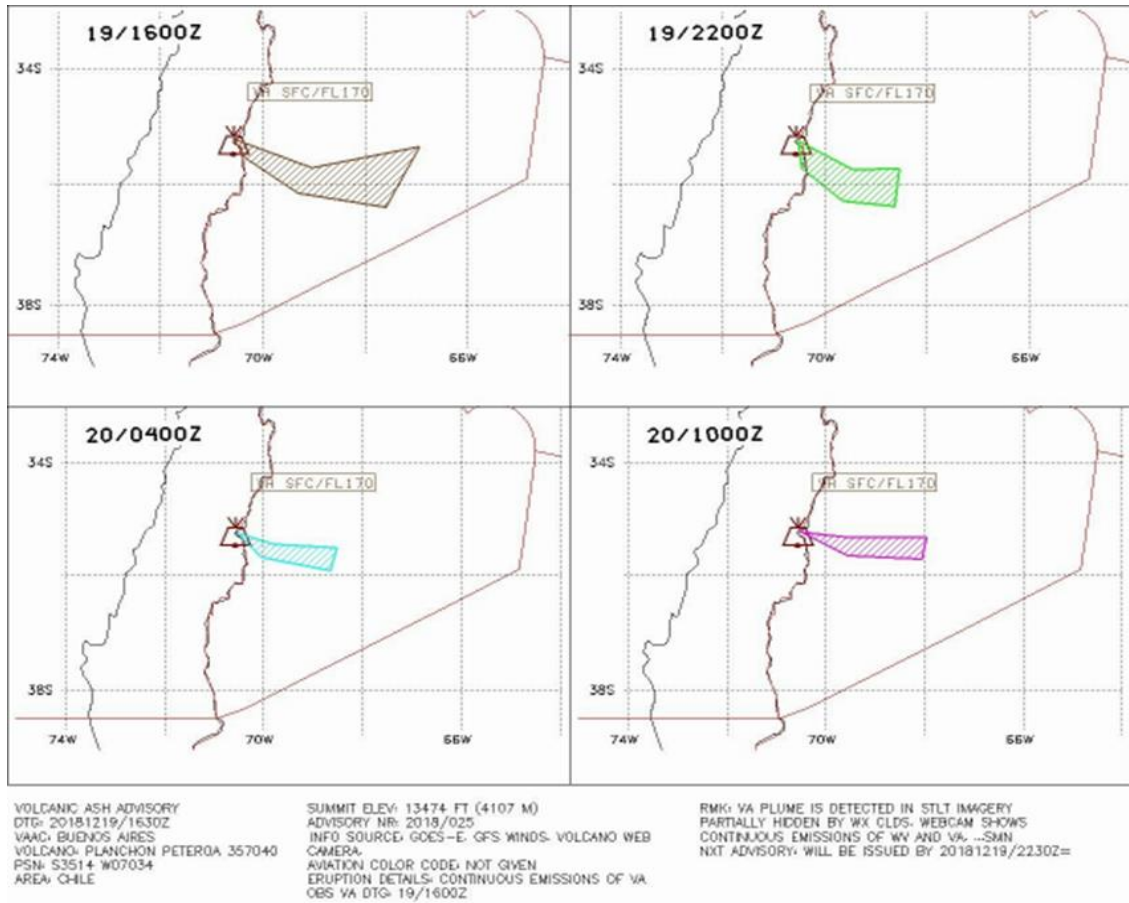




fronterizo Vergara. El día domingo 16 de diciembre, se registró la presencia de incandescencia en el cráter del volcán, como evento significativo, indicando esto la posible cercanía del cuerpo magmático a la superficie. La actividad se ha mantenido de forma continua durante diciembre 2018, con una columna de baja magnitud que ha variado su dirección de SSE a E.

En la secuencia de imágenes adjuntas, se pueden apreciar los cambios de orientación de la pluma de dispersión de cenizas volcánicas.

**Figura 53. Imagen de los Avisos de Ceniza Volcánica realizadas a partir de la observación de ceniza en suspensión detectada por el pronosticador a través de imágenes satelitales.**

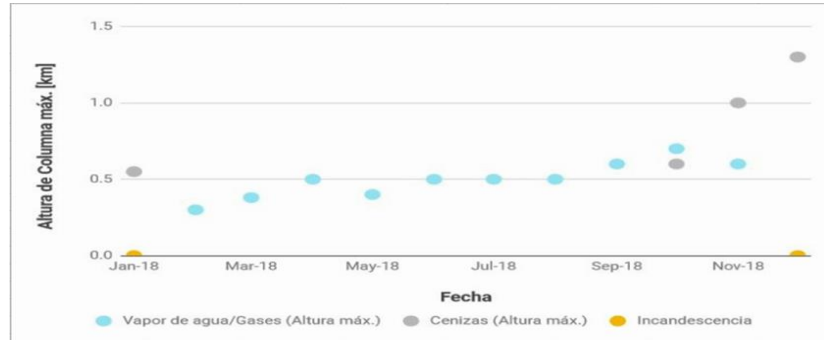


Fuente: Centro de Aviso de Cenizas Volcánicas (VAAC), del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), 2018.

*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C.*

El gráfico siguiente, expresa el comportamiento de la efusión volcánica del año 2018, mayoritariamente compuesta por gases, vapores y cenizas, en menor proporción material lávico incandescente.

**Figura 54. Actividad superficial en el volcán para 2018.**



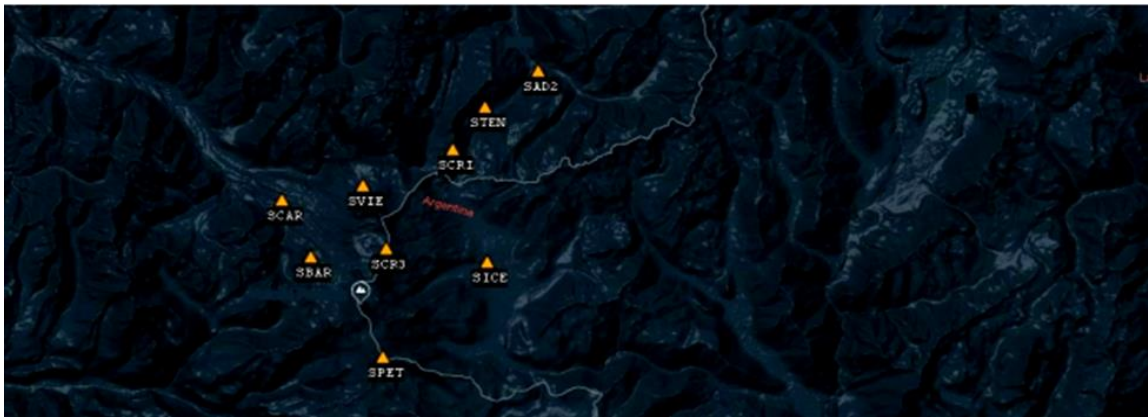
Fuente: SEGEMAR, 2018.

### Estaciones de Monitoreo

Actualmente, el C.V Volcánico Planchón-Peteroa, cuenta con una red binacional de monitoreo volcánico, que cuenta con:

- 10 estaciones sismológicas
- 4 cámaras IP
- 2 estaciones GPS-GNSS

**Figura 55. Red binacional de monitoreo volcánico del C.V. Planchón-Peteroa.**



Fuente: SEGEMAR, 2018.

*Manuscrito: Cuyano*

Peligrosidad volcánica

**Tabla 3. Peligros volcánicos asociados con el CV. Planchón-Peteroa, características generales e impacto.**

<b>Peligro</b>	<b>Características</b>	<b>Riesgo</b>
Coladas de lava	Alta Temperatura (800°C-1200 °C)	Destrucción total a lo largo de su recorrido, por enterramiento, impacto, calor.
	Baja velocidad (pocos Km a 60 Km)	
	En bajos topográficos, longitud máx. decenas de Km	Incendios forestales
	Dispersión areal reducida	Cambios geomorfológicos relevantes
Caída de bloques	Radio de varios Km (hasta 10Km)	Destrucción por impacto
	Alta energía de impacto	Incendios
	Densidad < 3 t/m <sup>3</sup>	
Caída de tefra o Cenizas	Disminución del espesor con la distancia al volcán	Disrupción tránsito terrestre, acuático y aéreo
	Abrasiva, conductiva	Desplome de techos (espesor > a 10cm)
		Problemas de suministro de agua, energía y comunicaciones
		Abrasión y corrosión de superficies
		Perjuicio en cultivos, flora y fauna
	Contaminación de agua por turbidez	

Dña. Silvia



Peligro	Características	Riesgo
Flujos piroclásticos	Alta temperatura (100° C- 900° C)	Destrucción parcial y/o total por impacto, incineración, enterramiento.
	Gran velocidad (100.150 Km/h)	
	Distancia viaje 5-10 km, los más pequeños 50-100Km	
	Encauzados en bajos topográficos	Cambios geomorfológicos importantes
	Capacidad de sobrepasar barreras topográficas	Incendios forestales
Flujos de barro o lahares	Encauzados gran dispersión areal	Gran poder destructivo por impacto, enterramiento
	Alta velocidad (hasta 100Km/h). alta densidad (2-2,4 t/m <sup>3</sup> ), alta carga de material (75-90% peso)	Cambio en sistema fluvial Contaminación de aguas superficiales
Avalanchas Deslizamientos	Ríos no encauzados	Gran poder destructivo (impacto, enterramiento)
	Gran volumen (10-20m <sup>3</sup> ) y velocidad hasta 100 m/seg	Cambios geomorfológicos relevantes
	Gran dispersión areal (distancia máx. 20-30Km y Área >100Km <sup>2</sup> )	Pueden formar lagos y desencadenar flujos de barro y crecientes
	Pueden viajar pendiente arriba y superar barreras topográficas	Pueden generar tsunamis al ingresar en cuerpos de agua
Terremotos	Máxima intensidad MM8	Daño en área reducida

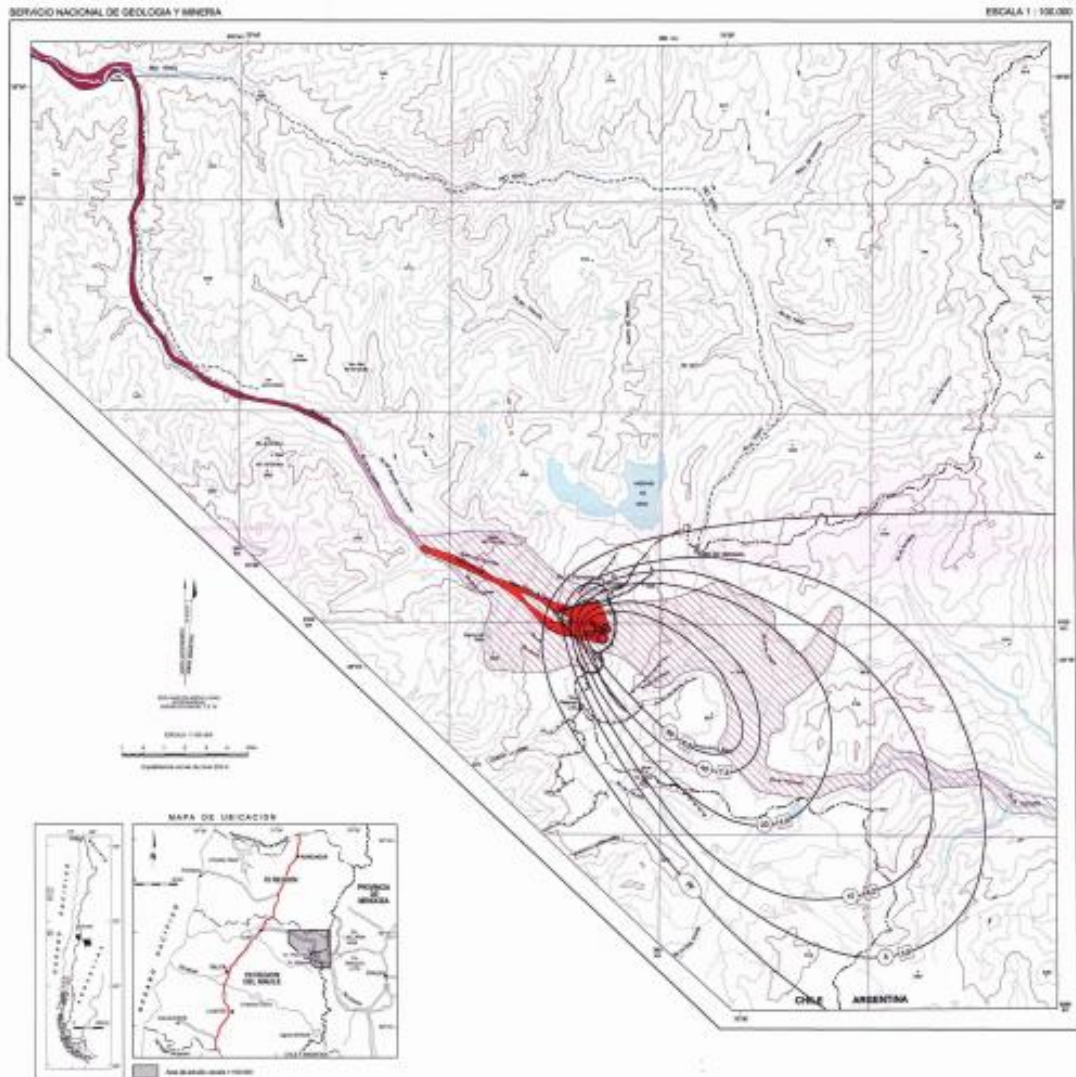
Fuente: Mod. Blong, 2000.

Teniendo en cuenta la evolución del complejo volcánico, en particular el cambio drástico en el estilo eruptivo y la participación de magmas más silíceos, cabe esperar episodios similares a los ocurridos en el Holoceno, es decir explosiones con distinto grado de interacción agua-magma, con formación de columnas eruptivas de poca altura (<3 km) y dispersión de ceniza hacia el este, con variaciones hacia el cuadrante noreste y sudeste, de acuerdo al viento predominante. No se descarta la generación de flujos piroclásticos, lahares y de coladas de lava, que pueden configurar distintos escenarios eruptivos.

Dña. Silvia



**Figura 56. Mapa de peligros volcánicos del Planchón-Peteroa.**



Fuente: Naranjo *et al.*, 1999.

### Escenarios y posibles impactos

Considerando el escenario actual, es decir erupciones explosivas de baja altura, el peligro volcánico que puede esperarse es dispersión y caída de cenizas, con dirección variable de acuerdo con la circulación atmosférica.

Dña. Silvia



Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
 Mendoza, Argentina, M 5502/IMA,  
 +54 261 449 4087,  
 info-func@uncu.edu.ar

[www.func.uncu.edu.ar](http://www.func.uncu.edu.ar)  
 funcuyo

Los eventos de caídas de cenizas no implican riesgos de pérdida de vidas humanas, pero sí generan un alto impacto en grandes extensiones de terreno, causando daños ambientales y socio-económicos. El impacto varía dependiendo del espesor y tamaño de grano de la ceniza.

Entre los impactos reconocidos se destacan los siguientes:

- 1) Salud: Problemas respiratorios y oculares.
- 2) Flora y Fauna.
  - Vegetación, dependiendo del espesor del material depositado genera daños en la vegetación natural y cultivos.
  - Ganado, desgaste de dentadura, problemas oculares, digestivos, deshidratación por contaminación de fuentes de agua, desorientación, problemas respiratorios, acumulación de ceniza sobre el cuerpo animal
  - Fauna silvestre, tanto en terrestre como acuática, se reportaron daños en mamíferos y biota acuática.
  - Cuerpos de agua y suelos, cuando la ceniza se encuentra asociada a volátiles (Flúor y Cloro), puede generarse contaminación de agua y suelos. La ceniza también genera contaminación por turbidez de los ríos y cuerpos de agua.
- 3) Sistemas de transporte:
  - Tráfico Terrestre, la dispersión y caída de cenizas puede generar disminución de visibilidad, ocultación de demarcación en la calzada, obstrucción de caninos
  - Tráfico aéreo, interrupción de rutas aéreas, cuando hay cenizas en la atmósfera, cierre de aeropuertos.
- 4) Infraestructura y servicios:
  - Interrupción del suministro eléctrico
  - Interrupción del suministro de agua potable
  - Interrupción de comunicaciones
  - Aislamiento de localidades
  - Colapso de techos (solo si el espesor de cenizas es del orden de 10 cm)
  - Suspensión de actividades por ceniza en suspensión
- 5) Pérdidas económicas, varían dependiendo la zona, pero incluye pérdidas en sistemas productivos.

Los impactos registrados variarán dependiendo de las características de la erupción, la dirección de los vientos y los elementos expuestos (personas, flora, fauna, infraestructura, etc.).

*DNyA. Cuyo*



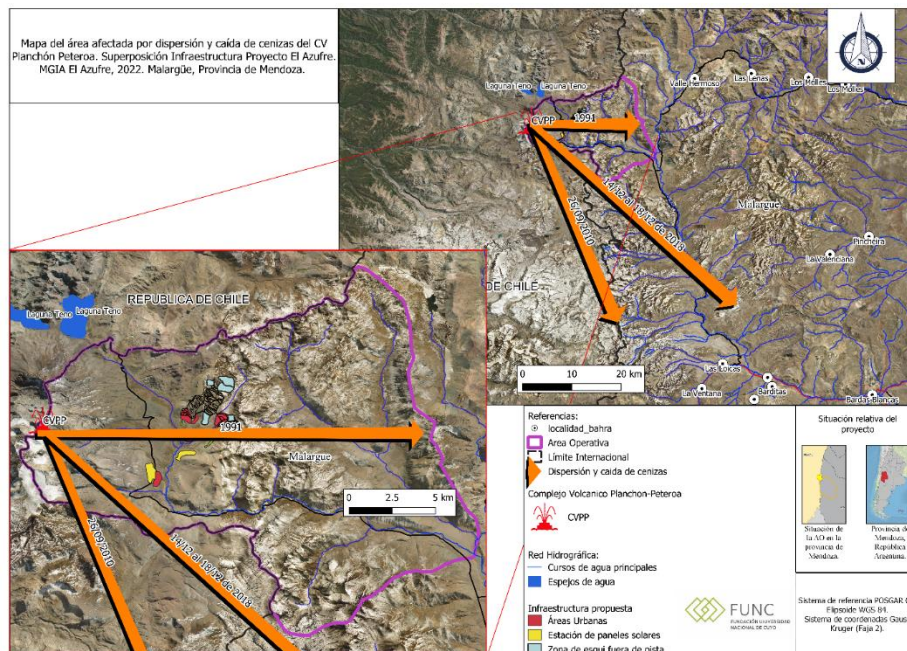


En la situación actual, con columnas débiles y dispersión de material particulado a decenas de kilómetros del complejo volcánico, la actividad que presenta mayor exposición, dada la época del año, es la ganadería trashumante.

En principio y de acuerdo con la dirección de los vientos, el área potencialmente afectada comprende desde el valle del río Salado al norte hasta Bardas Blancas al sur con dispersión hacia el este que podría afectar la ciudad de Malargüe, si la magnitud de la erupción se incrementa a niveles comparables a los de 1991.

El siguiente mapa, representa el área pasible de ser afectada por dispersión y caída de cenizas del CV Planchón-Peteroa. Las líneas de color naranja indican la dirección aproximada del eje de dispersión de la pluma de cenizas. Los ejes correspondientes a los años 2010 y 2018 fueron obtenidos a partir de imágenes MODIS; el eje de dispersión de 1991 fue tomado del trabajo de Naranjo y Haller (2002). Adjunto en Anexos del Tomo 2A).

**Figura 57. Mapa del área afectada por dispersión y caída de cenizas del CV Planchón-Peteroa.**



Fuente: Elaboración propia.

El SEGEMAR establece 4 niveles de alerta en función al estado de actividad de cada volcán, indicando escenarios posibles y recomendaciones a las poblaciones que pueden verse afectadas.

*DNyA. Cuyano*



**Tabla 4. Eventos eruptivos históricos del CVPP y sus características principales.**

Fecha	Productos	IEV	Altura de Columna (m snc)	Dispersión	Alcance	Observ.
1660		3				
Nov a Dic 1751		2				
3-Dic 1762	LH-AD	4				Erupción Incierta
1835		2				Erupción Incierta
Feb 1837	CL-CT-LH	2				Erupción Estromboliana
1842						Erupción Incierta
1860		2				
1869						Erupción Incierta
1872						Erupción Incierta
Sep 1889 a 1894?		2				
Abr a 5-May 1937		2				
Sep a Oct 1938		2				
6-Nov 1959		1				
10-Jul 1960		1				Erupción Incierta
16-Ene 1962		1				
16-Feb 1967		1				
9-Feb 1991 a 2-Mar 1991	CT-LH	2	1000	E	CT en Malargüe (110 km)	
18-Nov a 21-Nov 1998	CT	1	?	O		
4-Sept 2010 a Jul 2011	CT	2	3000	Variable	CT en Las Loicas	4 fases eruptivas
7-Nov 2018 a 7-Mar 2019	CT	2	1000	SE	CT en el valle del Valenzuela	

Fuente: GVP 2013.

Dña. Silvia



Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
Mendoza, Argentina. M 5502/IMA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo



## Suelo

### Introducción

El suelo es el conjunto de materiales sólidos, líquidos y gaseosos que, integrados en una unidad, conforman la parte superficial de la litosfera continental y que sirve de sustento nutritivo a gran parte de la biosfera. Presenta ya sea, horizontes o capas, que se diferencian del material de origen como resultado de adiciones, pérdidas, migraciones, y transformaciones de energía y materia; o por la habilidad de soportar raíces de plantas en un ambiente natural (FAO, 2009).

El horizonte es una capa del suelo paralela a la superficie de la tierra que tiene características distintivas producto de los procesos físicos, químicos y biológicos, de formación del suelo. En tanto el horizonte de diagnóstico de suelo es conceptualizado a partir de un conjunto de parámetros cuantitativos de las propiedades del suelo, con utilidad básica en la Clasificación Taxonómica de Suelos (USDA, 2014).

El presente estudio tiene como propósito describir e interpretar los suelos del área de referencia a través de antecedentes secundarios e información primaria generada en la misma que posibiliten su evaluación integral a través del análisis del soporte físico y bioformas asociadas

En esta línea metodológica caracterizar los suelos de una determinada región, implica considerar los factores externos e internos que se encuentran condicionados principalmente por la morfología, morfodinámica y morfogénesis junto a las condiciones geomorfológicas, geológicas y litológicas que definen las geoformas dominantes. Así su estudio permite reconocerlos distintos tipos de suelo, según las características climáticas, hídricas y de vegetación presentes en las unidades de análisis. Estas a su vez cuentan con una homogeneidad fisonómica, fitosociológica y ecológica que a través de la fisiografía permite reconocer los sitios de muestreo mejor representados.

En este aspecto tanto el material parental como los procesos formadores junto a la topografía de las unidades de paisaje o cuerpo de suelo delineado (polipedones), geoformas y elementos del relieve permiten la caracterización edáfica del AID.

### Clasificación taxonómica de suelos

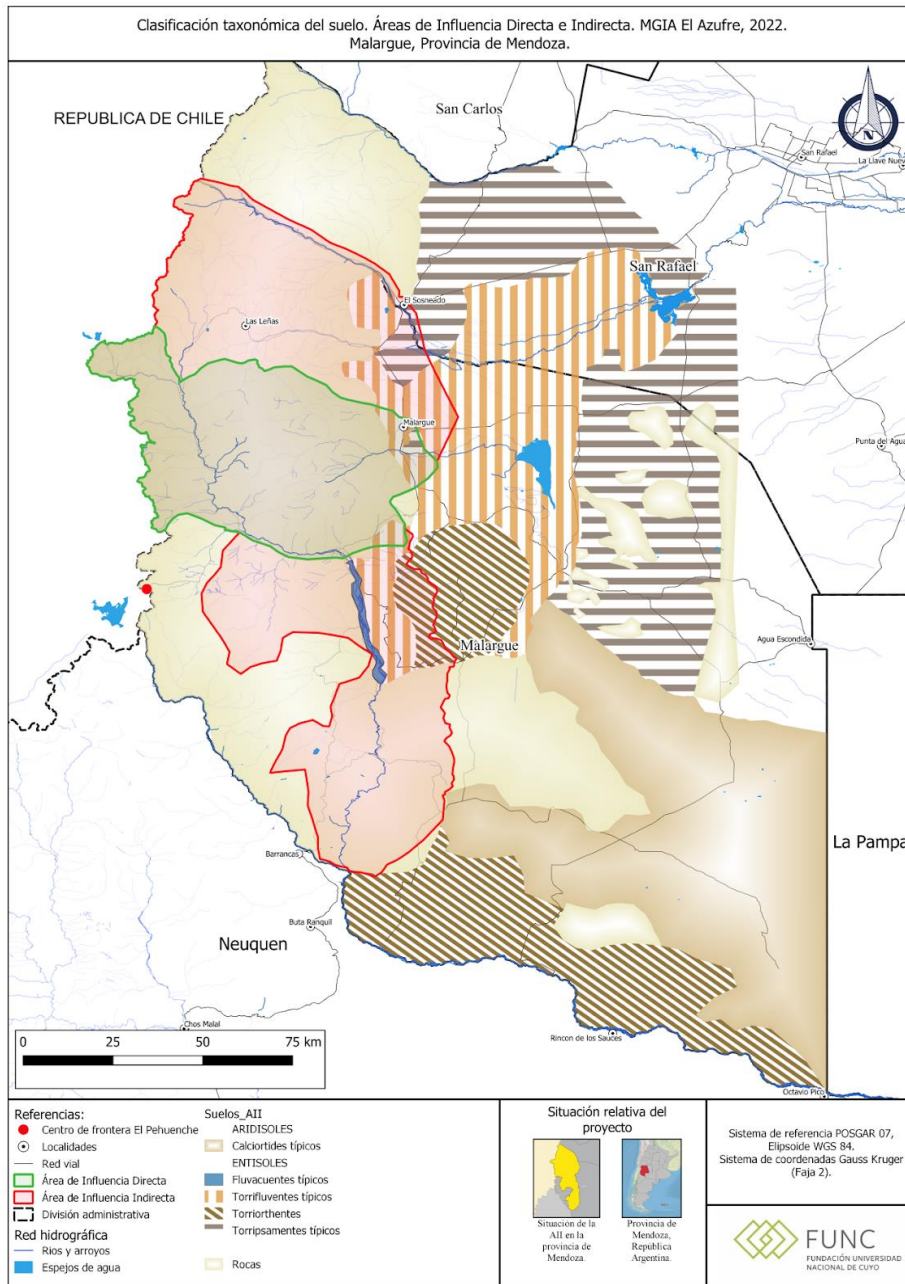
El AII se encuentra en una zona de variada taxonomía edáfica, gobernada por los factores formadores de suelo (material madre, relieve, clima, vegetación, tiempo) que dan origen a distintos tipos de suelo.

El paisaje hacia el oeste está relacionado con la cordillera principal, con material madre muy expuesto como son las coladas basálticas y andesíticas, sin embargo, sobre estas se desarrollan suelos incipientes (Entisoles) que se detallan más adelante. Hacia el este se desarrollan suelos a partir de sedimentos eólicos-pluviales transportados por agua, viento y por la misma gravedad que otorga el relieve.

*Dr. D. C. C. C.*



**Figura 59. Clasificación taxonómica del suelo. Áreas de Influencia Directa e Indirecta.**



*Handwritten signature: DNYA. Cuyano*



Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
Mendoza, Argentina. M 5502. IMA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo

Dentro de la mayor parte del AID se desarrolla la cordillera principal, un relieve marcado por pendientes abruptas (más de 35°) y material lítico, sobre laderas y cimas porfiríticas se desarrollan suelos de diferente tipo:

**Ustortentes típicos:** son suelos escasamente desarrollados, donde la humedad no se distribuye de manera uniforme a lo largo del año, sino que sufre “recargas” en determinados intervalos del año, esto se produce en época invernal donde las precipitaciones son más abundantes y en forma de nieve. En la época primaveral y estival, en cambio el suelo se presenta casi siempre seco, excluyendo algunas precipitaciones que son escasas. Pueden poseer un horizonte óchrico escasamente desarrollado con algo de materia orgánica, disminuyendo sensiblemente esta con la profundidad. La vegetación dominante se desarrolla en forma de cojín y suele crecer en parches. Este tipo de perfil es característico de cimas en forma de mesetas que se encuentran al sur del AID y también en laderas formadas por materiales detríticos con mayor o menor grado de meteorización.

**Ustortentes líticos:** estos suelos, también son característicos de cimas montañosas y laderas, sin embargo, su diferencia estriba en la cantidad de material rocoso que es superior al 25%, además muchas veces están en contacto con afloramientos rocosos desarrollándose sobre estos.

**Fluvaquentes húmicos:** se generan en vegas y mallines, están caracterizados por un régimen de humedad permanentemente saturado en la mayoría del año. Algunas vegas están sujetas al manejo antrópico al ser controlado el riego. Presentan horizontes moteados de colores grises y verduzcos por presencia de Fe y Mn reducidos. Poseen una acumulación de materia orgánica de espesores considerables en algunos casos. Son los típicos suelos de vegas y mallines.

Hacia el sector oriental de la All, el paisaje es otro, por acarreos fluviales y eólicos se producen suelos sedimentarios.

**Torrifluventes típicos:** son suelos que se originan por acumulación de sedimentos de variada textura y granulometría, suelen estar asociados a piedemontes, y su composición mineralógica depende de la roca madre. Su drenaje es bueno, ya que se asocian a texturas sueltas, sin embargo puede estar impedido por cementaciones o acumulaciones arcillosas en horizontes más profundos.

**Torripsamentes típicos:** estos suelos han desarrollado perfiles profundos con capas poco diferenciadas. La capa superficial es de pequeño espesor con consistencia muy suelta, las restantes están constituidas por materiales arenosos a arenos francos. La mayoría son suelos no salinos ni sódicos. La retención de humedad es muy baja y el drenaje interno excesivo. Se encuentran principalmente afectados por erosión eólica moderada e hídrica ligera; en pequeñas áreas se presenta erosión eólica grave.

**Torriorthentes típicos:** son suelos escasamente desarrollados sobre planicies aluviales que reciben sedimentos de zonas con mayor erosión. Tienen elementos gruesos dentro del perfil, como rocas, gravas y gravillas. Tienen escasa materia orgánica y su granulometría suele ser

*DNyA. Cuyo*

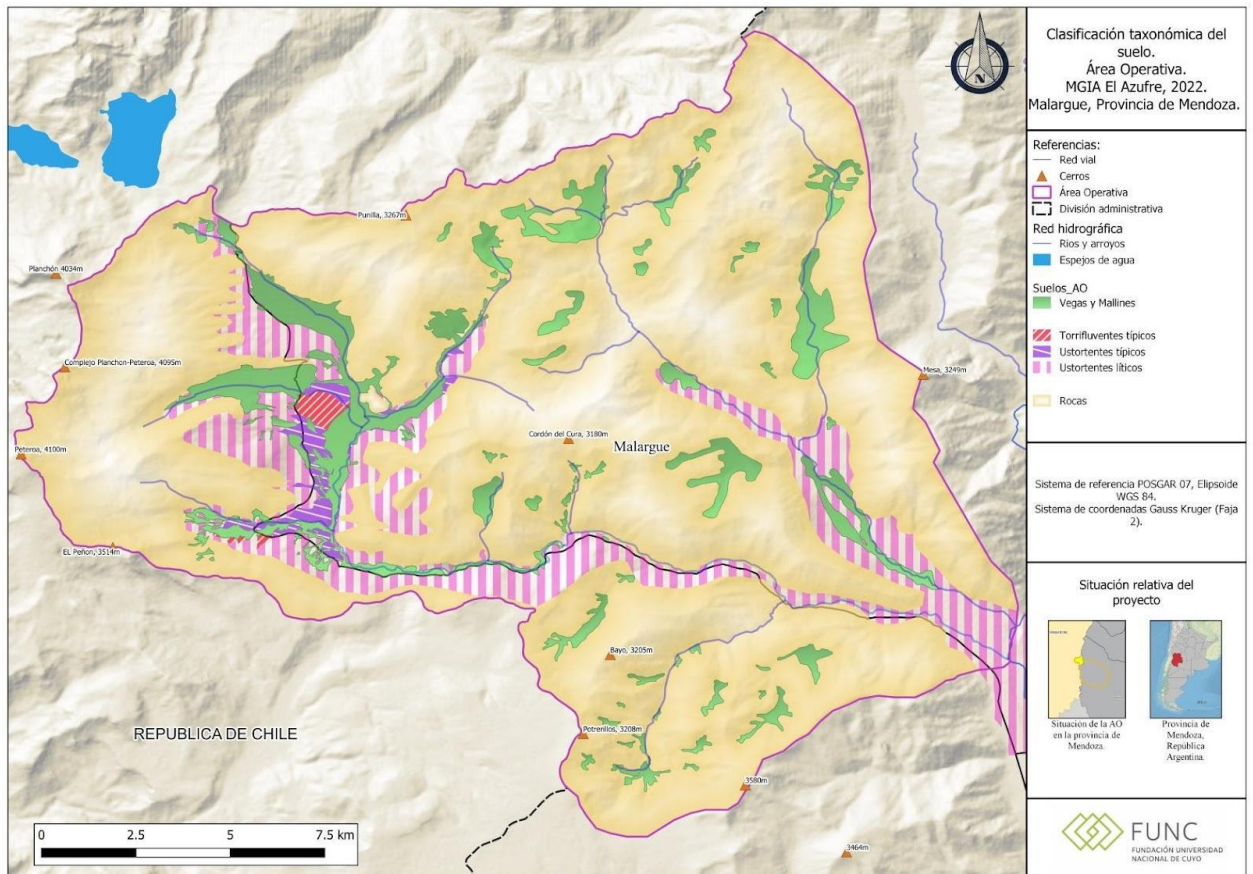




limo-arenosa. Pueden ser suelos profundos, pero también, presentar horizontes o capas limitantes de drenaje interno. Esos son característicos en partes distales de laderas desarrolladas de cerrilladas y glacis.

**Calciortides típicos:** son suelos que poseen un horizonte cálcico cementado o no, a menudo a 50cm de profundidad. Son de texturas gruesas en superficie y franco limosos en profundidad.

**Figura 60. Clasificación taxonómica del suelo. Área Operativa.**



La mayor parte de Mendoza está afectada por un clima árido meso y mega termal. Estas condiciones son responsables de que los suelos posean un complejo de intercambio plenamente saturado, pH neutro a francamente alcalino, sales solubles, yeso y carbonatos cercanos a la superficie, así como abundancia de minerales meteorizables.

*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C.*

Si bien el medio ácido favorece la perdurabilidad de las propiedades heredadas de los materiales originarios, es posible encontrar suelos con cierta evolución pedogenética debido a una o más de las siguientes causas:

- Herencia paleoclimática de períodos más húmedos (ciclo glacial-interglacial).
- Percolación profunda en años excepcionalmente lluviosos, típicos de zonas áridas.
- Condiciones químicas tales como pH alcalinos que favorecen la remoción de sílice o bien la dispersión y posterior translocación de arcillas cristalinas.

En el tercio occidental mendocino, donde son acusados los cambios altitudinales, se hallan franjas climáticas discontinuas progresivamente más húmedas y frías: semi árido mesotermal, subhúmedo y húmedo microtermales que tienen decisiva importancia en los procesos de melanización, calcificación, leve acidificación y aun en la paludización.

A la sucesión de climas atmosféricos, le correspondería, de este a oeste a los climas edáficos: arídico, ústico, y con ciertas reservas údico. En cuanto al régimen de temperatura de los suelos la sucesión en el mismo sentido sería: térmico, méxico, asumiendo en plena región cordillerana los regímenes críco y pergélico. En cuanto a la vegetación se destaca una estrecha correspondencia con las diferentes zonas climáticas. A su vez, la vegetación traduce específicamente condiciones edáficas.

Así, por ejemplo, pueden citarse:

- Psamófilas: *Panicumurvilleanum* "tupe", *Sporolobusrigens* "junquillo", *Hyalis argétea* "blanquilla".
- Halófitas: *Suaeda divaricata* "vidriera", *Allenrolfeavaginata* "jume", *Distichilisspicata* "pasto salado".
- Higrófitas: *Juncussp.* "junco", *Cortadeirasp.* "cortadera"
- Coironales: son típicos de Molisoles o integrados
- Suelos de Huayquerías: se desarrolla la "chirriadora" o "ardengras" (Chuquiragaerinacea)

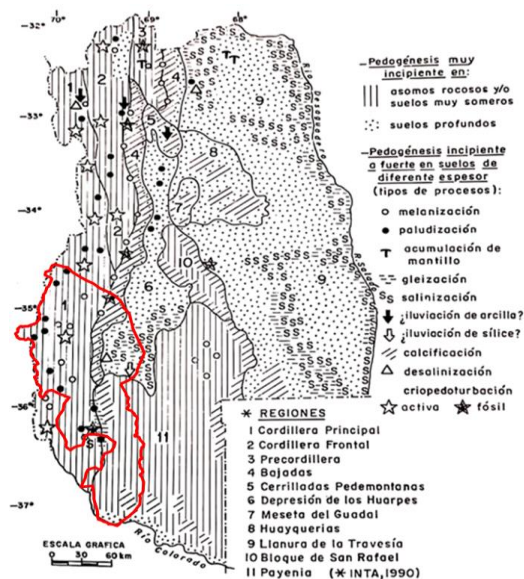
Existe también una relación entre específicas taxas de suelos y los factores de índole geológica. Así, por ejemplo, los Flueventes, o integrados fluvénticos están vinculados a planicies eólicas, campos de médanos, los Psamentes están vinculados a planicies eólicas, campos de médanos, posiciones cóncavas favorecen la presencia de grupos ácuicos o fases salinas.

A continuación, se documentan los factores pedogenéticos y su variación inter e intrarregional en las principales unidades de paisaje.

*Dr. Carlos...*



**Figura 61. Procesos pedogenéticos de la provincia de Mendoza. En rojo All.**



Fuente: J. A. Ferrer; M. C. Regairaz. 1993.

A tal efecto se procede a elaborar tablas sintéticas con el detalle correspondiente y aspectos fisiográficos destacados.

**Cordillera Principal. Sector Sur: Malargüe**

**Tabla 5. Factores pedogenéticos de Cordillera Principal (Zona 1 en imagen).**

Clima	Paisaje (formación geológica)	Subpaisaje (% pendiente)	Suelo dominante	Suelo subordinado	Vegetación dominante
Sub-húmedo micro termal	Laderas y cimas (Porfiritas del triásico)	"mallines" (1-3%)	Humaqueptefluvacuéntico	Medifibristero típico	Higrófitas "Choyoral"
		Cimas (25%)	Asomos rocosos (Porfiritas)	Ustortente típico y lítico	En cojin
		Laderas	Haplustoléntico Haplustol típico	Ustortente típico	"coironal"
	Valles aluviales estrechos		Hapludol	Sapistre	Higrófitas + coironal

Dña. Silvia...





**Bajadas pedemontanas**

**Tabla 6. Factores pedogenéticos de bajadas pedemontanas.**

Clima	Paisaje (formación geológica)	Subpaisaje (% pendiente)	Suelo dominante	Suelo subordinado	Vegetación dominante
Sub-húmedo micro-termal (SH-mi)	Abanicos aluviales antiguos Fm. Mesones = Piedemonte I Fm. Invernada = Piedemonte II	Pedimento plano cubierto (5%)	Haplustol típico Haplustol lítico Haplustoléntico	Ustortente lítico	Coironal
		Colinas residuales umbría (41%) solana (29%)	Haplustolúdico Haplustolpáchico Calcicustol típico	Calcicustol típico	
Semi árido meso termal (SA-MS)	Piedemonte II	Huayquerías (40-50%)	Calcicortideustólico o Paleortide típico		Jarillal
Árido meso-termal (A-MS)		Zonas convexas	Paleortide típico Torripsamente típico		Solupal y psamófitas
		Zonas planas y cóncavas	Torripsamente típico	Torriortense típico	Halófitas + psamófitas
		Sector apical y med. (buen drenaje) Sector distal (mal drenaje)	Psammacuyente típico	Torripsament típico	
		Abanicos residuales	Paleortide Cacliortide		

Dña. Silvia

## Depresión de Los Huarpes

**Tabla 7. Actores pedogenéticos de Depresión de los Huarpes.**

Clima	Paisaje (formación geológica)	Subpaisaje (% pendiente)	Suelo dominante	Suelo subordinado	Vegetación dominante
Árido meso-termal (A-MS)	Planicie fluvio lacustre río Atuel	Drenaje bueno	Torrifluvente	Torripsamientos típicos	Jarillal
		Drenaje pobre	Haplacuyente		
	Planicie lacustre de Llancanelo	Planicie	Torriorthenteácuico Torrifluvente típico	Fluvacuentetípico	Higrófitas + halófitas
	Valle río Diamante Fm. Las Tunas	Terraza superior Terraza inferior (< 10%)	Torripsamente típico Torriortente típico	Paleortide típico	Solupal
Valle del río Grande	Terrazas	Torrifluventetípico	Fluacuyente		
	Planicie lacustre	Calciacuoltípico	Haplacuepte medifibriste	Higrófitas	

## Payenia

**Tabla 8. Factores pedogenéticos de la Payenia.**

Clima	Paisaje (formación geológica)	Subpaisaje (% pendiente)	Suelo dominante	Suelo subordinado	Vegetación dominante	
Árido meso-termal (A-MS)	Sierras y volcanes		Misceláneo rocoso "malales" Torriorthente lítico	Torriorthente típico	Coirones + jarilla	
	Valles aluviales y/o vertientes			Calciacuol típico	Higrófitas	
	Depósitos coluvio-aluviales			Torrifluvente típico Torriorthente típico	Torriorthentesvérticos	
	Depósitos coluvio-aluviales recientes			Calciortidetípico		"Solupal"
	Planicie arenosa			Torripsamientos típicos		Psamófilas "tupe"
	Huayquerías del río grande			Torriorthente típico		Jarillal

### Procesos pedogenéticos en la All

Se sintetiza para cada proceso su respectiva manifestación morfológica y/o horizonte diagnóstico, algunas propiedades asociadas, y factores del medio geográfico que lo rigen.

*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C.*



**Tabla 9. Procesos pedogenéticos en horizonte A.**

Proceso	Calcificación	Melanización	Paludización	Acum. mantillo
Concepto general	Horizontes cálcicos y petrocálcicos no hidrotermales	Horizonte mólico	Horizonte hístico (Oi, Oe, Oa)	"littering"
Ubicación principal	Payenia: depósitos aluviales recientes Bajada: sector medio y solanas de abanicos residuales (colinas)	Cordillera: umbrías, valles estrechos Bajada: sector apical y medio de abanicos aluviales	Cordillera: valles y vertientes	Cordillera: "pampas de altura"
Factor de formación (génesis)	Clima semiárido y semihúmedo. Relieves convexos y solanas	Clima húmedo y subhúmedo microtermal + "coironal" ( <i>Stipa sp.</i> )	Régimen ácuico + hidrófitas (ej.: <i>Juncussp.</i> )	"coironal" ( <i>Stipa sp.</i> )
Características	15-35% CaCO <sub>3</sub> (Calciustoles) 23-41% (Haplustoles)	4,6-6,7% MO (Hapludoles) 1-2,8% MO (Haplustoles)	Fibriste: <i>Oxychloe sp.</i> "choroyal" Sapistre: <i>Ranunculus sp.</i>	Mantillo en coironales

**Tabla 10. Procesos pedogenéticos en horizonte B.**

Proceso	Pedoturbación	Salinización y/o alcalinización	Andosolización	Gleización
Concepto general	Bio-pedoturbación (zooturbación) Crio-pedoturbación (congelamiento/ Descongelamiento)	Horizontes sálicos Horizontes gípsicos		Régimen ácuico (hidromorfismo severo)
Ubicación principal	Cordillera: crioperturbación activa + zoperturbación	Playas de ríos Diamante, Atuel, Grande	Cordillera: umbrías, valles estrechos (ej.: Paso Pehuenche, Valle Hermoso)	Planicies fluvio-lacustres
Factor de formación (génesis)	Clima microtermal o más frío Tundúque ( <i>Ctonomyssp.</i> ) lombrices Arcillas expandibles	Clima árido mega termal Relieves planos y/o cóncavos Ascenso y descenso de la capa freática / "revenición"	Clima húmedo microtermal Cenizas i/o lapillis Umbrías	Relieves planos y/o cóncavos (ej.: paleocauces) Freática cercana a la superficie (ej.: área distal conos aluviales)
Características	Criopedogénesis Biopedogénesis :vermustoles	≈2ds/CM "salitrales" ≈1ds/CM "peladales"	Retención de fosfatos (≈40%)	Colores "gley"; moteados; jaspeados, concreciones de Fe y Mn

Como información complementaria se agregan los siguientes aspectos:

Calcificación: no es muy relevante dentro del AII solamente en su parte oriental. Un aspecto interesante con respecto a ciertos horizontes cálcicos y petrocálcicos es que se presentan

Dña. Silvia



discontinuos lateralmente, o bien conformando lenguas, las cuales se han relacionado con moldes de cuñas de hielo fósiles.

Criopedoturbación: aparte de estas manifestaciones en ciertas vegas o mallines cordilleranos, es posible encontrar césped almohadillado=thufur (earth o turf hummocks). Estructuras de suelo esponjoso (puffysoil) o “de pastel” (Kuchen-boden), producido por hielo acicular = pipekrake (needle ice), están presentes en forma generalizada en sectores de valles fluvio-glaciares con temperaturas de congelamiento

Andosolización: este proceso no parece tener importante difusión areal, no obstante, la presencia de rocas volcánicas, depósitos de cenizas y lapilli, requisito necesario, pero no suficiente para la formación de Andisoles. Las intensas y/o reiteradas fases de desecamiento pueden constituir la causa principal que frena la formación de productos pseudoamorfos (materiales alófanos), constituyentes esenciales de los Andisoles, tales como los que se hallan en la provincia de Neuquén. Por esta razón se han identificado en ambientes mal drenados, en pendientes de umbría dentro de la franja subhúmeda, así como en la húmeda microtermal, incluso en horizontes profundos no afectados por el desecamiento.

Formación de mantillo (littering): este proceso también es de exigua distribución areal y su manifestación en términos de espesor de los horizontes O1 + O2 no alcanza la magnitud propia de los suelos del bosque de Nothofagus de la Cordillera Patagónica donde suele superar holgadamente los 10 cm.

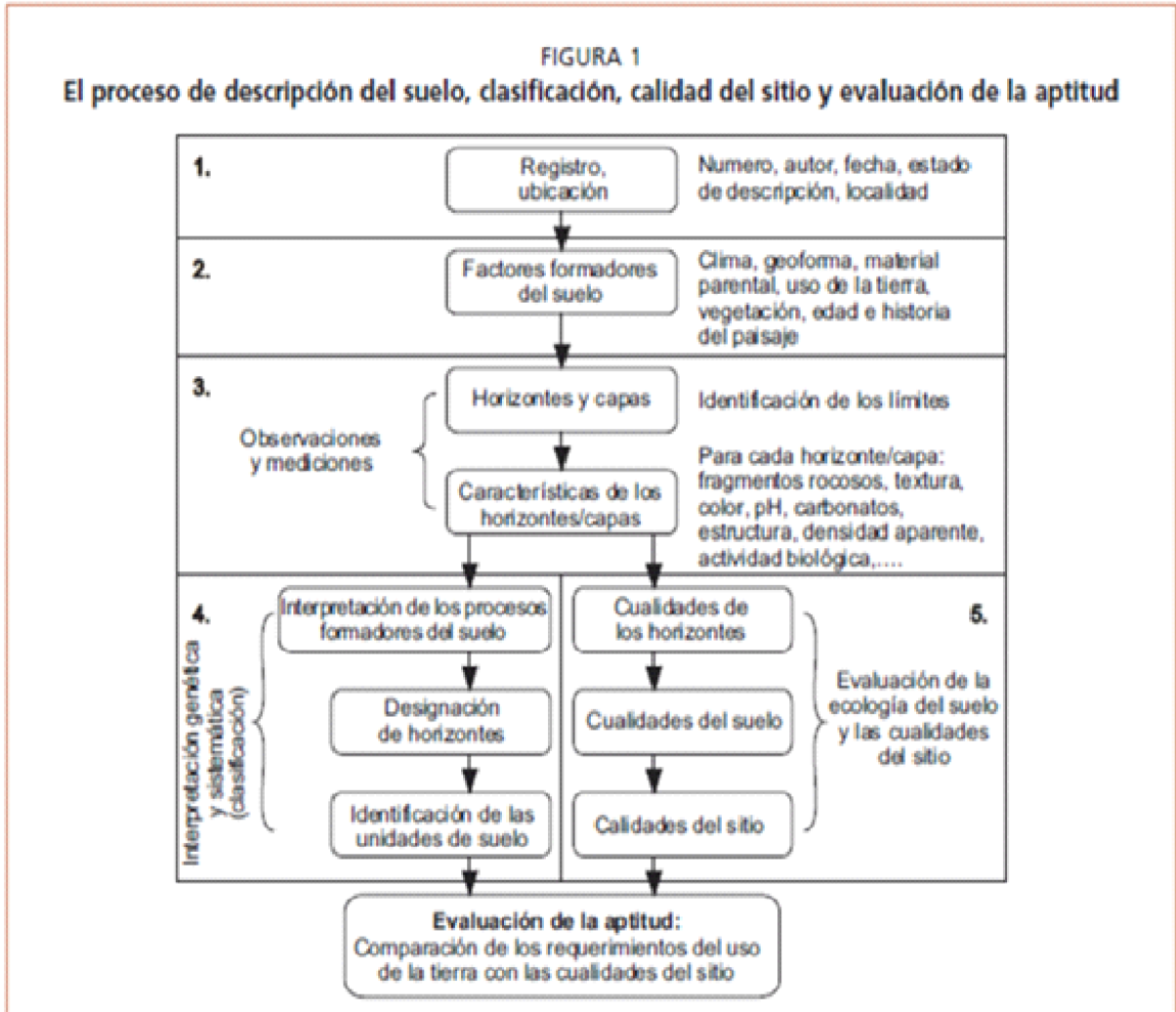
### *Materiales y métodos*

Para la descripción, clasificación, calidad del sitio y evaluación de aptitud se tuvieron en cuenta los factores formadores del suelo, se realizaron las observaciones y mediciones correspondientes, se interpretaron los resultados y se efectuó la evaluación de la aptitud en el marco de la línea de base del estudio edáfico del AID. En la siguiente figura se observa el siguiente flujograma metodológico.

*DNA. Cuyano*



**Figura 62. Metodología de la evaluación de la aptitud del suelo.**



Fuente: adaptado de FAO, 2009.

Se procedió a la elaboración del estudio de suelos, seleccionando los sitios más representativos en campo para realizar sondeos, describir los perfiles respectivos y extraer muestras para análisis de laboratorio.

En cada unidad de análisis se seleccionaron los sitios previamente identificados considerando las principales geformas y procesos formadores.

Dña. Silvia



Se realizaron distintos sondeos en las principales unidades de análisis: las excavaciones y/o calicatas se realizaron hasta aproximadamente 100 cm de profundidad o hasta el contacto lítico, orientándose en sitios no afectados por procesos artificiales.

Se caracterizó cada uno de los sitios a través de la descripción de los factores externos predominantes y se evaluaron a campo ciertas características externas de los suelos, como:

- Pendiente del terreno expresada en porcentaje
- Relieve: plano, ligeramente ondulado, etc.
- Pedregosidad superficial: fragmentos rocosos mayores de 25 cm de largo, redondeados o irregulares angulosos o mayores a 38 cm aplanados (SoilSurvey Staff, 2014). Es importante su estimación por cantidad de espesores y reducción de suelo útil.

También se identificó en campo la presencia de carbonato de calcio, mediante el uso de ácido clorhídrico al 11%.

Para diferenciar estratos u horizontes en campo, las propiedades consideradas fueron:

- Color
- Consistencia en seco y/o en húmedo
- Textura: cantidad relativa de arenas, limos y arcillas en la fracción inferior a 2 mm.
- Fragmentos gruesos: porcentaje y tamaño máximo en la fracción superior a 2 mm
- Estructura: grado de agregación de las partículas de suelo, blocosa, laminar,
- Reacción por carbonato de calcio y/ o yeso
- Presencia de eflorescencias salinas, carbonato de calcio o sales más solubles
- Presencia de revestimientos de arcilla, designados como "*cutanes*" arcillosos
- Presencia de capas compactadas, toscas u otros duripanes
- Indicios de mal drenaje: moteos o colores indicadores de anegamiento
- Abundancia de raíces, otros.

Respecto a la textura, esta se determinó en laboratorio de la siguiente manera, de las muestras de suelo tomadas, se molieron en laboratorio en mortero y se dejaron secar al aire aproximadamente 72 h. Una vez seco se tomaron 25 g de muestra y se pasaron por tamiz de 2mm. Se volcó esta alícuota en una probeta de 100ml, a la que previamente se le agregaron 50 ml de agua destilada. Se procedió a agitar y se agregaron posteriormente 25 ml más de agua destilada. A las 24 horas posteriores se leyó el volumen ocupado por el suelo, este se multiplica por 0,04 para dar la clasificación textural según el volumen de sedimentación expresado en ml/g.

*DNyA. Cuyo*



(Nijensohn, 1971). Cabe destacar que esta técnica es sencilla y rápida en comparación con otras técnicas para determinar textura.

Se utilizaron métodos de trabajo expeditivos basados en SoilSurfey Staff, 1951,2014, USDA; y Manuales FAO 2009.

Se considera importante la identificación, análisis y evaluación de factores y procesos formadores y genéticos, especialmente para la realización de los estudios integrales de materiales y suelos. Así, se procedió a la identificación de los mismos para el análisis del estado, como así también la sistematización del procedimiento de evaluación edáfica como instrumento de base técnica

Los principales factores externos estudiados fueron: a) horizontes y capas, b) proceso formador, c) tipo de erosión, d) consistencia, e) color, f) peligro de anegamiento, g) tipo y cantidad de raíces, h) meteorización, tamaño y forma de los fragmentos de roca, i) tipo de rasgos biológicos, j) pendiente, k) otros.

Se efectuaron extracciones de muestras de suelos, para análisis físicos y químicos determinándose los principales parámetros edáficos. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de ALS Global, con sede en Casella Pinero 345 de Avellaneda, Provincia de Buenos Aires.

Los principales factores internos analizados han sido los siguientes: a) textura, b) estructura, c) infiltración, d) salinidad, e) sodicidad, e) acidez-alcalinidad, f) materia orgánica, g) fertilidad, h) porosidad i) tamaño poros y raíces, j) humedad, k) ascenso capilar, l) capas limitantes (yesos, caliche, toscas), m) pedregosidad, n) drenaje del perfil m) otros.

Se utilizaron clasificaciones utilitarias para evaluación de los suelos, basado en parámetros físicos y químicos. Sin embargo, de los factores enunciados se eligieron solo aquellos que cuentan con indicadores de evaluación que disponen de un valor de referencia regional conocido o ajustado con trabajos de campo y que son más representativos del hecho que se pretende evaluar. Estas evaluaciones permiten determinar atributos simples o complejos, con la aplicación de umbrales de referencia que posibilitan clasificar rangos máximos y mínimos para su calificación. La aplicación de los márgenes de inflexión de los indicadores seleccionados al contexto regional, genera una amplia gama de situaciones (Marn, 1979, citado por Zinck, 1994).

La topografía es un importante factor para determinar la erosión del suelo, las prácticas de control de la erosión y las posibilidades de labranza mecanizada del suelo, y tiene una influencia primaria sobre la aptitud agrícola de la tierra. Cuanto mayor es gradiente de la pendiente del terreno y la longitud de esa pendiente, mayor será la erosión del suelo. Un aumento del ángulo de la pendiente causa un aumento de la velocidad de escorrentía y con ello la energía cinética del agua causa una mayor erosión. Las pendientes largas llevan a una intensificación de la escorrentía, aumentando su volumen y causando así una erosión más seria. Además de los problemas de erosión, las áreas con pendientes agudas también presentan un menor potencial de uso agrícola.

*Dr. Carlos...*



La textura es un factor interno fundamental que hace referencia a la proporción relativa por tamaños de partículas de arena, limo y arcilla. Estas al combinarse generan las clases texturales, aunque en condiciones naturales los suelos presentan siempre mezclas en diferentes grados de las fracciones. Esto da lugar a que texturalmente los suelos se clasifiquen en arenosos, limosos y arcillosos o más comúnmente, en livianos, medianos y pesados, de acuerdo a la predominancia de partículas grandes, medianas y pequeñas (ver tabla siguiente).

**Tabla 11. Predominio de texturas y combinaciones.**

ID	Descripción	Código
1	Franco limosa, franca, Franco arenosa fina	Apto
2	Franca arcilla-arenosa, Franca arcillosa, Franca arcilla-limosa, Limosa	
3	Arcillo arenosa, Arcillo limosa, Arenosa franca, Franco arenosa gruesa, Arenoso fina	Limitado
4	Arcillosa, Arenosa media, Arenosa gruesa	
5	Arcillosa densa, Arenosa muy gruesa	Marginal

Fuente: SCS USDA (INTA, 1999).

El término estructura del suelo, se relaciona con la organización o agregación natural de sus separados individuales, en unidades conocidas como partículas secundarias o agregados. Estas unidades están separadas por planos de debilidad caracterizados por persistir en el lugar, por más de un ciclo de humedecimiento-desechamiento del suelo. La estructura se refiere al modo en que las partículas del suelo cohesionan entre sí, dando lugar a los agregados tiene una gran influencia en parámetros tan importantes como la aireación del suelo y la infiltración del agua (Padilla, 2007). Aquellos suelos que presentan peores propiedades físicas en general se caracterizan por presentar estructuras de grano simple o masivo (excepto en texturas arenosas) y laminares. En tanto con mejores propiedades físicas se agrupan las estructuras en bloques o granulares (Tabla siguiente).

La pendiente juega un papel fundamental en la generación del suelo. Así a mayores gradientes en las laderas existirán diversas influencias en la potencia de sus espesores y en las funciones del suelo por acumulación basal en el área distal. Por otra parte, el ciclo de nutrientes en sitios de mayor pendiente será abierto con suelos delgados, no así en sitios de menor pendiente con ciclos de nutrientes cerrados en suelos de mayor espesor y mejor aptitud edáfica.

**Tabla 12. Pendiente y aptitudes.**

ID	Pendiente	Descripción	Código
1	<2%	Llano	Apto
2	2-8%	Ondulado	Limitado
3	8-16%	Muy Ondulado	
4	16-30%	Colinado	Marginal
5	<30%	Montañoso	

Fuente: Baver, *et al.* 1973. E. Alliaume, 2007.

Dña. Silvia

El término estructura del suelo, se relaciona con la organización o agregación natural de sus separados individuales, en unidades conocidas como partículas secundarias o agregados. Estas unidades están separadas por planos de debilidad caracterizados por persistir en el lugar, por más de un ciclo de humedecimiento-desecamiento del suelo. La estructura se refiere al modo en que las partículas del suelo cohesionan entre sí, dando lugar a los agregados tiene una gran influencia en parámetros tan importantes como la aireación del suelo y la infiltración del agua (Padilla, 2007). Aquellos suelos que presentan peores propiedades físicas en general se caracterizan por presentar estructuras de grano simple o masivo (excepto en texturas arenosas) y laminares. En tanto con mejores propiedades físicas se agrupan las estructuras en bloques o granulares (Tabla siguiente).

**Tabla 13. Tipo de estructuras y aptitudes.**

ID	Tipos y clases	Descripción	Código
1	Granular	Excelentes condiciones físicas	Apto
2	Bloques subangulares	Muy buenas condiciones físicas	
3	Bloques angulares	Buenas condiciones físicas	
4	Prismática	Moderadas condiciones físicas	Limitado
5	Columnar	Bajas condiciones físicas	Marginal
6	Laminar	Muy bajas condiciones físicas	
7	Masiva	Peores condiciones físicas	

Fuente: Baver, 1973. E. Alliaume, 2007.

La compactación es el proceso de reducción del volumen de los poros midiéndose su consistencia en seco. Cuando el suelo se compacta aumenta su densidad aparente, en tanto el espacio perdido corresponde a la macroporosidad. Este factor es importante para conocer las condiciones del suelo para el desarrollo de las plantas y el intercambio hídrico y de oxígeno. El concepto de consistencia se refiere a la relación en que se encuentran las fuerzas de cohesión (atracción entre partículas o moléculas de la misma sustancia) y adhesión (atracción entre sustancias o partículas heterogéneas) que exhibe un suelo, y/o la resistencia que él ofrece a la deformación o ruptura cuando se le aplica una fuerza. En tabla siguiente se resaltan las principales clases vinculadas a la consistencia y dureza.

**Tabla 14. Compactación de suelos.**

ID	Tipo y clases	Descripción	Código
1	Sin compactación, suelo suelto, blando	Bueno	Apto
2	Algo de compactación, ligeramente duro	Regular	
3	Duro	Moderado	Limitado
4	Muy duro	Pobre	Marginal
5	Extremadamente duro	Muy pobre	

Fuente: Etcheverre, 1998, Universidad de Chile, 2004.

Dña. Silvia



Las capas limitantes en los perfiles de suelos se convierten en factores que influyen en la velocidad o tasa de infiltración y que son fácilmente observables en terreno. Se pueden mencionar: el contenido inicial de humedad del suelo, relacionado inversamente con la tasa de infiltración; la textura y estructura del suelo; la condición de superficie (suelo desnudo, con presencia de costra, o existencia de vegetación); cantidad de materia orgánica; temperatura del suelo y calidad del agua aplicada. Lado *et al.* (2004) hallaron que para suelos de textura franco arenosa, contenidos bajos de materia orgánica (< 2,3%) facilitan la ruptura de los agregados y la aparición de capas sellantes, con una consecuente disminución de la tasa de infiltración básica (Landini, et al, 2007). En tablas siguientes se detallan las principales clases que condicionan la aptitud.

**Tabla 15. Tipo de compactación de suelos.**

ID	Clases limitantes	Código
1	Sin capas	Apto
2	Lentejones	
6	Semi continua	Limitado
4	Masiva	Marginal

Fuente: Landini, *et al.* 2007.

La profundidad del suelo es otro factor importante para evaluar su capacidad, ya que a mayor desarrollo pedogenético existirán mejores condiciones para implantación de la forestación y espacios verdes. La profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrimentos indispensables. Tal información resulta ser de suma importancia para el crecimiento de las plantas. La mayoría de las últimas pueden penetrar más de un metro, si las condiciones del suelo lo permiten. Un suelo debe tener condiciones favorables para recibir, almacenar y hacer aprovechable el agua para las plantas, a una profundidad de por lo menos un metro. En un suelo profundo las plantas resisten mejor la sequía, ya que a más profundidad mayor capacidad de retención de humedad. De igual manera, la planta puede usar los nutrimentos almacenados en los horizontes profundos del subsuelo, si éstos están al alcance de las raíces (León Arteta, 2007). Dado las condiciones del AP se tendrá en cuenta umbrales de referencia para material permeable (Tabla siguiente).

**Tabla 16. Profundidad del suelo (material permeable).**

ID	Tipos y clases	Descripción	Código
1	>90 cm	Profundo	Apto
2	89-50 cm	Moderadamente profundo	
3	49-30 cm	Delgado	Limitado
4	29-20 cm	Muy delgado	
5	<20 cm	Extremadamente delgado	Marginal

Fuente: Regairaz, 2001.

Dña. Silvia

La salinidad del suelo se refiere al contenido de sales solubles en el mismo. Las sales son comúnmente mezclas de cloruros, sulfatos, carbonatos, y bicarbonatos de sodio, magnesio y calcio. Cualquiera sea el caso: contenido total de sales, sales individuales o combinación de las mismas en el suelo; ellas causan un retraso en el crecimiento de las plantas, daño en los tejidos y decrecimiento en rendimiento.

En los suelos salinos la cantidad de sales existentes en la masa edáfica ejerce una presión osmótica tan elevada que inhibe la absorción del agua por las raíces. La salinidad aparece cuando la conductividad del suelo es mayor de 4000  $\mu\text{mhos/cm}$  y genera efectos negativos en el desarrollo de los cultivos (Tabla siguiente).

**Tabla 17. Contenido de sales.**

ID	CE ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	Descripción	Efecto	Código
1	0-2000	No Salino	Efectos casi nulos en la mayoría de los cultivos	Apto
2	2000-4000	Ligeramente salino	Pueden verse afectados cultivos sensibles	Limitado
3	4000-8000	Salino	La mayoría de los cultivos son afectados	Marginal
4	8000-12000	Muy salino	Solo pueden prosperar cultivos tolerantes	
5	>12000	Extremadamente salino	Solo pueden prosperar cultivos muy tolerantes	

Fuente: Etcheverre, 1998.

El crecimiento de las plantas puede verse afectado por el pH del suelo por varias formas. Condiciones adversas para el crecimiento ocurren a los dos extremos de la escala de pH. Algunos suelos pueden ser muy ácidos (bajo pH), para un óptimo desarrollo, mientras que otros pueden ser muy básicos (alto pH). El uso de enmiendas para corregir las condiciones extremas del pH del suelo es esencial para alcanzar la máxima producción.

Las plantas en solución nutritiva toleran valores de pH que varían de 4.0 a 8.5 sin perjuicio en el desenvolvimiento si los nutrientes en solución son mantenidos disponibles mediante procesos bioquímicos. Pero debido a la gran dinámica existente en el suelo, pH menores de 5.5 o arriba de 7.5 ya restringen bastante el crecimiento de los cultivos, debido a que estos valores indican la existencia de varias condiciones desfavorables en las plantas como deficiencias de varios cationes como Ca y Mg. Según los valores encontrados del pH del suelo, las condiciones favorables o desfavorables se advierten el momento que el pH está hacia arriba o hacia abajo del valor neutro (7), pero se tornan realmente críticas en los valores menores de 4.5 de pH en  $\text{CaCl}_2$ , ó menores de 5.0 en agua, o pH en agua y en  $\text{CaCl}_2$  mayores o iguales a 7 (Padilla, 2007)

El agua de riego puede ser una fuente de sales y esta es la fuente más importante desde el punto de vista agrícola. El uso de aguas salinas provenientes de pozos producirá efectos salinos en el suelo. Además, el agua de los ríos que se usan para irrigación progresivamente se hace salina,

Dña. Silvia

conforme avanza en su recorrido va llevando las sales que han sido lavadas de los suelos en la cuenca hidrográfica.

El sodio en estado de ion (Na<sup>+</sup>) adsorbido especialmente por la arcilla o el humus del suelo y que tiene la propiedad de intercambiarse con otros iones y pasar a la solución del suelo confiriéndole alcalinidad. Cuando en algún horizonte el porcentaje de sodio intercambiable es igual a mayor del 15% del total de cationes adsorbidos, el suelo se considera sódico y por lo general, es alcalino (INTA, 1998). Se pueden detectar mediante atributos complejos, determinadas clases de suelo.

**Tabla 18. Clases de suelos según pH, CE (µmhos/cm) y RAS (%).**

ID	Valores	Descripción	Código
1	<8,5 pH, <4000 µmhos/cm y <13% RAS	Normal	Apto
2	<8,5 pH, >4000 µmhos/cm y <13% RAS	Salino	Limitado
3	>8,5 pH, >4000 µmhos/cm y >13% RAS	Salino Sódico	Marginal
4	>8,5 pH, <4000 µmhos/cm y >13% RAS	Sódico	

Fuente: Etcheverre, 1998.

La materia orgánica favorece la formación de una estructura estable de agregados en el suelo por medio de la estrecha asociación de las arcillas con la materia orgánica. Esta asociación incrementa la capacidad de retención de agua ya que puede absorber de tres a cinco veces más de su propia masa, lo cual es especialmente importante en el caso de los suelos arenosos. La materia orgánica incrementa la retención de los nutrientes del suelo disponibles para las plantas debido a su CIC – en el humus varía entre 100 y 500 cmol (+) kg<sup>-1</sup> (Universidad de Chile, 2004). En tabla adjunta se describen clases y aptitudes del suelo en función del porcentaje de materia orgánica presente en la muestra.

**Tabla 19. Clases de suelos según contenido de materia orgánica.**

ID	Valores porcentuales de MO	Descripción	Código
1	>4%	Muy alto	Apto
2	4-3%	Alto	
3	3-2%	Moderados	
4	2-1%	Bajo	Limitado
5	<1%	Muy bajo	Marginal

Fuente: Etcheverre, 1998.

Debido a que la mayoría del Nitrógeno se encuentra en los suelos en forma orgánica, es posible obtener una idea del contenido total del nitrógeno en el suelo a partir del contenido de la materia orgánica del mismo. La determinación del N total como una guía para establecer una recomendación de fertilización, de hecho, ha quedado fuera de uso, no solo por su complejidad sino por la falta de predicción a las respuestas del nitrógeno por el cultivo. Existen muchos métodos de laboratorio para determinar el P disponible en el suelo, y ellos varían dependiendo

Dña. Silvia



del tipo de suelo y de sus características especialmente relacionados con el pH. Es uno de los elementos requeridos en grandes cantidades por las plantas. Se encuentran en los suelos en cantidades variables y es absorbido por las plantas en forma de ion  $K^+$ . El contenido de potasio de los suelos y de los fertilizantes se expresan también en forma de  $K_2O$ , tomando en este caso el nombre de potasa.

Por lo general, los suelos contienen más potasio que cualquiera de los otros nutrientes más importantes y la mayor parte se encuentra en forma de silicatos insolubles como feldspatos y micas. En suelos muy arenosos el potasio se infiltra, aunque no tan rápidamente como el nitrógeno en forma de nitratos. En suelos pesados o arcillosos la infiltración es lenta, ya que las partículas finas de estos suelos, tienen la propiedad de absorber física y químicamente el potasio (Padilla, 2007). En tabla siguiente, se agrega clasificación de aptitud de la fertilidad del suelo según los valores combinados de macro nutrientes.

**Tabla 20. Clases de suelos según fertilidad.**

ID	Contenido de nutrientes	Descripción	Código
1	>0,2%N, >14 ppm P, > 240ppm K	Alto	Apto
2	0,1-0,2% N, 7-14 ppm P, 100 - 240 ppm K	Medio	Limitado
3	<0,1%N, <7 ppm P, >100 ppm K	Bajo	Marginal

Fuente: Etcheverre, 1998.

Los suelos con un alto contenido de  $CaCO_3$  (Carbonato de Calcio) pertenecen al grupo de referencia de Calcisoles. Se relacionan con zonas áridas. La productividad potencial de los suelos calcáreos es alta cuando el agua y nutrientes se encuentran disponibles. La saturación elevada del calcio tiende a mantener los suelos calcáreos en formas bien agregadas y buenas condiciones físicas cuando la materia orgánica es escasa. Sin embargo, cuando los suelos contienen un piso de arado impermeable (horizonte petro cálcico) se debe implementar el laboreo profundo para romper la capa para luego instalar un sistema eficiente de drenaje. Los suelos calcáreos suelen ser pobres en el contenido de materia orgánica y nitrógeno. El fósforo también puede ser escaso en suelos calcáreos, ya que el pH de estos disminuye su disponibilidad. En la tabla siguiente se clasifican los suelos en función del porcentaje de carbonato.

**Tabla 21. Clases de suelos según contenido de carbonato.**

ID	Contenido de Carbonato en %	Descripción	Código
1	0%	No calcáreo	Apto
2	<2%	Ligeramente calcáreo	
3	2-10%	Moderadamente calcáreo	Limitado
4	10-25%	Fuertemente calcáreo	
5	>25%	Extremadamente calcáreo	Marginal

Fuente: Etcheverre, 1998.

Dña. Silvia

## Procesos pedogenéticos en las Áreas de Impacto

Para evaluar los tipos de suelos que se presentan los terrenos donde se proyecta el Centro Turístico Sustentable de Alta Montaña El Azufre, se realizó una campaña durante el mes de noviembre 2022, para efectuar muestreos de suelo de sitios previamente definidos en gabinete.

En el Tomo 2C se presentan los Resultados de los Monitoreos correspondientes.

## Capacidad de uso

La Capacidad de Uso de los suelos es una clasificación técnica interpretativa basada en los efectos combinados del clima y las características permanentes del suelo, y que tiene por objeto agrupar a los suelos existentes en Clases de Capacidad de Uso, para señalar su relativa adaptabilidad a ciertos cultivos propios de una zona, además de indicar las dificultades y riesgos que se pueden presentar al usarlos. La clasificación está basada también en la capacidad de la tierra para producir, señalando las limitaciones naturales de ella.

La clasificación de suelos por Clase de Capacidad de Uso, es indispensable para mostrar y localizar en forma simple y resumida sus potencialidades y limitaciones para el uso agrícola, ganadero y forestal, tanto en condiciones de riego como de secano.

Las categorías de clasificación empleadas para establecer la Capacidad de Uso de los suelos, son tres: Clases, Subclases y Unidades de Capacidad de Uso, las cuales se usarán dependiendo del grado de detalle del estudio.

Las clases convencionales para definir la Capacidad de Uso son ocho, las que se designan con números romanos del I al VIII, ordenadas de acuerdo a sus crecientes limitaciones y riesgos en el uso.

Se realizaron los correspondientes mapas con su clasificación utilitaria que permite determinar las correspondientes aptitudes (FAO, 2009)

## 1.1 Tierras aptas para cultivo

Clase I: Cultivables sin limitaciones de uso

Los suelos de la Clase I tienen pocas limitaciones que restrinjan su uso. Son casi planos, profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, poseen buena capacidad de retención de humedad y la fertilidad natural es buena. Los rendimientos que se obtienen, utilizando prácticas convenientes de manejo, son altos en relación con los de la zona. Se adaptan bien para cultivos intensivos y en su uso se requieren prácticas simples de manejo para mantener su potencialidad productiva y su fertilidad natural.

No existen suelos de este tipo dentro del AO

Clase II: Cultivables con ligeras limitaciones de uso y moderados riesgos de daño

*Handwritten signature: D. N. J. C. C. C.*



Los suelos de la Clase II presentan algunas limitaciones que reducen la elección de los cultivos o requieren moderadas prácticas de conservación. Son suelos planos con ligeras pendientes, profundos a moderadamente profundos, de buena permeabilidad y drenaje. Presentan texturas favorables que pueden variar a extremos más arcillosos o arenosos respecto a las texturas de la Clase I.

Las limitaciones más frecuentes de esta Clase, las que se pueden presentar solas o combinadas, son las siguientes:

- Pendientes suaves (de 0 a 4%) y microrelieves poco acentuado.
- Moderada susceptibilidad a la erosión por agua o viento o efectos adversos moderados de erosión pasada.
- Profundidad menor que la ideal.
- Estructura y facilidad de laboreo desfavorable.
- Ligeras humedad corregible por drenaje, pero existiendo siempre como una limitación moderada.
- Limitaciones climáticas ligeras.

**No existen suelos de este tipo dentro del AO**

**Clase III: Cultivables con moderadas limitaciones de uso susceptibles de corrección, y riesgos de daños:**

Los suelos de la Clase III presentan moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para ciertos cultivos especiales. La topografía varía de plana a moderadamente inclinada (hasta 8%), poca profundidad efectiva, la permeabilidad varía de lenta a muy rápida. Los suelos de esta Clase requieren prácticas especiales de conservación.

Las limitaciones más comunes para esta Clase se refieren a:

- Suelo descansando sobre roca
- Alta susceptibilidad a la erosión o efectos visibles de ella
- Excesiva humedad o riesgos continuos de inundación que restringen el desarrollo radicular
- Baja fertilidad inherente
- Topografía moderadamente ondulada
- Profundidad del suelo que restringe el desarrollo de las plantas
- Estructura y textura desfavorables
- Baja capacidad de retención de agua

**No existen suelos de este tipo dentro del AO**

**Clase IV: Cultivables solo ocasionalmente por presentar serias limitaciones**

Los suelos de la Clase IV presentan severas limitaciones de uso que restringen la elección de cultivos. Requieren de un manejo muy cuidadoso y, por ello, más difícil de aplicar y mantener

*DNyA. Cuyo*





que las de la Clase III. Los suelos de esta Clase pueden estar adaptados sólo para dos o tres de los cultivos comunes y la cosecha producida puede ser baja con relación a los gastos sobre un período largo de tiempo.

Las limitaciones más usuales para esta Clase se refieren a:

- Suelos delgados a muy delgados
- Pendientes pronunciadas con topografías moderadamente onduladas y disectadas
- Baja capacidad de retención de humedad
- Humedad excesiva con riesgos continuos de anegamiento
- Moderados efectos adversos de clima
- Severa susceptibilidad a la erosión por agua o severa erosión efectiva

### **No existen suelos de este tipo dentro del AO**

2.2 Tierras de uso limitado generalmente no adaptada a los cultivos

#### Clase V: Apta para pastoreo y/o forestación sin limitaciones:

Esta es una Clase especial que prácticamente no se usa. Los suelos de esta Clase tienen escaso o nulo riesgo de erosión, pero presentan otras limitaciones que no pueden removerse en forma práctica, limitando su uso a cultivos de empastadas, praderas naturales de secano o forestación. Los suelos son casi planos, demasiado húmedos o pedregosos o rocosos, para ser cultivados por los métodos tradicionales. Están condicionados a inundaciones frecuentes y prolongadas. Cuando son planos inclinados (pie de monte) y que por factores climáticos no tienen posibilidad de cultivarse, pero pueden emplearse en la producción de praderas. **No existen suelos de este tipo dentro del AO.**

#### Clase VI: Apta para pastoreo y forestación, pero susceptibles a la erosión:

Corresponden a suelos inadecuados para los cultivos agronómicos y su uso está limitado para pastos y forestación. Los suelos tienen limitaciones continuas que no pueden ser corregidas como pendientes muy pronunciadas (hasta 30%), alta susceptibilidad a la erosión o efectos severos de ella, suelos muy delgados o pedregosos, excesiva humedad (drenaje pobre a muy pobre), muy baja capacidad de retención de humedad, clima desfavorable especialmente en durante la estación de crecimiento.

**Los suelos de este tipo dentro del AOP están representados por Fluvaquentes húmicos.**

#### Clase VII: Uso restringido para pastoreo y uso principal para forestación

Los suelos de esta Clase presentan limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para los cultivos agronómicos. Su uso fundamental es pastoreo y forestación. Las restricciones que presentan estos suelos son más severas que los de la Clase VI por una o más de las limitaciones siguientes y que no pueden corregirse: pendientes muy pronunciadas (hasta 60%), con topografías muy irregulares y disectados; suelos muy delgados, humedad excesiva (pobremente

*DNyA. Cuyo*



drenados), muy baja capacidad de retención de humedad, clima desfavorable durante la estación de crecimiento. **No existen suelos de este tipo dentro del AO.**

### Clase VIII: Tierras sin uso agropecuario y forestal:

Los suelos de esta Clase no tienen valor agrícola, ganadero o forestal. Su uso está limitado solamente para la vida silvestre, recreación o protección de hoyas hidrográficas y cauces de ríos y esteros.

**Los suelos de este tipo dentro del AID están representados por la Cordillera (Rocas), Ustortentes líticos y típicos, y, Torrifluventes típicos.**

### *Aspectos relevantes*

Se procedió a clasificar los suelos con base en información primaria y secundaria obtenida de antecedentes de la zona y generada en campañas de campo con una visión interdisciplinaria corroborando en terreno tanto los datos como su correcta interpretación con valores referenciales regionales

Se logró identificar y cartografiar el uso actual del suelo teniendo en cuenta las principales vocaciones de aprovechamiento y de las actividades de usos extractivos predominantes en el AID.

Se tuvo en cuenta el levantamiento integral de terreno y la visión sistémica de las unidades de paisaje con métodos de jerarquización analítica para una adecuada identificación los puntos de muestreo y calicatas que fueron ubicadas en terreno en forma tridimensional. Ha podido corroborarse una adecuada representatividad de los distintos tipos de suelo que posibilitó realizar su caracterización edáfica siendo un insumo fundamental para determinar las aptitudes de uso. En este sentido puede apreciarse que el entorno y soporte físico biológico tiene una limitada capacidad para los usos ganaderos actuales y cuenta con clases limitadas de aptitud dado la oferta del medio

Se obtuvieron resultados de calidad de suelos y/o propiedades físicas, químicas y descripciones biológicas en cada uno de los sitios de muestreo, pudiendo determinarse su calidad y condiciones en base a los principales parámetros establecidos para este tipo de estudios

Se procedió a anexar informes de laboratorio y cadenas de custodia que permiten dar consistencia a los resultados obtenidos

Se logró efectuar mapeo de suelos a un nivel de resolución adecuado (escala 1:25 000 o mayor), en los que se ha podido verificar las características edáficas de las unidades de análisis. De esta manera se ha podido apreciar las características de los suelos y relacionar las actividades del proyecto con los cambios en el uso del suelo.

*Dr. Carlos...*



## Conclusiones

La aptitud edáfica en el Área de Influencia es fundamental para definir la factibilidad de actividades planteadas en el master plan. Estas varían según el ambiente y la unidad morfopedológica analizada. Para ello se considera la aptitud del suelo en función de sus características físico químicas.

Los suelos que se desarrollan en el AOP, son generalmente suelos de origen volcánico con más o menor estado de desarrollo. Este desarrollo está vinculado a la presencia del recurso hídrico. Sobre laderas de cerros se desarrollan suelos con limitada capacidad vegetativa asociada a periodos de sequía durante la fase de desarrollo de la misma, dado que el suelo se recarga de humedad en época invernal donde la nieve impide el crecimiento vegetativo. Lo contrario sucede en suelos que se desarrollan sobre vegas y mallines, estos presentan acumulación de materia orgánica en el perfil superior, estructura asociada a la humificación, y estabilidad dada por la misma vegetación.

Se observó un evidente flujo subsuperficial en vegas en material volcánico más o menos disgregado, el mismo sigue el gradiente hidráulico y permite el flujo de agua en las diferentes partes de vegas. Es de suma importancia a la hora de construir los caminos proyectados sobre vegas, no interrumpir este flujo natural, se debe tener en cuenta que el mismo es el que permite el desarrollo de la vegetación, la cual solo se desarrolla con un flujo permanente de agua en profundidad.

Respecto a construcciones sobre laderas, como son las proyectadas sobre Punilla Oeste, debe considerarse su ubicación, ya que durante la campaña de muestreo se observó el desarrollo de dolinas o depresiones kársticas asociadas a la erosión hídrica diferencial por disolución de sales.

También, debe considerarse la construcción de medios de elevación y pistas de esquí, sobre ladera de Punilla Central. Esta presenta formaciones asociadas a depósitos de yesos, con evidencias de formación de cavernas por disolución química. Lo que genera al igual que dolinas, laderas inestables para fundaciones de construcción.

El proyecto debe contar con un monitoreo de áreas sensibles a la contaminación y degradación como son las vegas y mallines. Estas áreas son muy susceptibles a la degradación por la modificación del régimen hídrico natural al que están asociadas. Estos suelos deben preservarse ya que las vegas de montaña representan un ecosistema de suma importancia para el desarrollo no solo de la vegetación, sino también de la fauna que se desarrolla sobre las mismas. Debe considerarse el acceso restringido y/o monitoreado de residentes y potenciales turistas del proyecto.

*Dr. J. C. C. C.*



### B. Calidad del aire

Los principales problemas ambientales que se manifiestan a nivel de la atmósfera son la contaminación del aire debido a actividades, el agotamiento de la capa de ozono y el cambio climático producto de las emisiones de gases efecto invernadero.

La calidad del aire es un aspecto ambiental relevante por su relación con la salud de la población. Además, teniendo en cuenta que el área de estudio se encuentran humedales, que si bien el proyecto contempla preservar su integridad ecosistémica, la calidad del aire es relevante para la fauna, especialmente especies de aves migratorias al contar con la presencia de estos ecosistemas. En general, los contaminantes atmosféricos que más preocupan en cuanto a calidad de aire son las partículas en suspensión totales (PST), los óxidos de nitrógeno (NOx), el monóxido de carbono (CO) y los hidrocarburos (HC).

Las fuentes de emisión más importantes son:

- Las tradicionales fuentes móviles, o sea, los vehículos con motores de combustión interna.
- Las fuentes fijas asociadas con procesos industriales e importantes consumos de combustibles para el desarrollo de esos procesos.

En relación al análisis ambiental y específicamente a la calidad del aire en relación al proyecto, se hará mención al Estudio de determinación de óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono, ozono, hidrocarburos metánicos e hidrocarburos total, material particulado de diámetro aerodinámico menores a 10  $\mu\text{m}$ , y la correspondiente medición de variables meteorológicas, solicitado en el año 2010 por la Dirección de Protección Ambiental de la provincia, al Laboratorio de Análisis Instrumental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo<sup>1</sup> quien encargó la verificación de calidad de aire con objeto de establecer los efectos del Volcán Peteroa. En este sentido, se puede señalar que el monitoreo y vigilancia de los fenómenos atmosféricos es imprescindible debido a sus influencias sobre los sistemas naturales y las actividades productivas. La información relativa a temperaturas, viento y humedad relativa, se presenta para cada uno de los puntos donde se efectuó el mencionado monitoreo.

#### *Sitios de monitoreo*

Las determinaciones se realizaron en cuatro puntos:

- Ciudad de Malargüe.
- Parque industrial.
- Las Loicas.
- Bardas Blancas.

<sup>1</sup> Fuente: Expediente N° 1528-D-2010, Dirección de Protección Ambiental, provincia de Mendoza.



*Metodología de muestreo y análisis*

Las mediciones fueron realizadas por medio de una Unidad Móvil de Monitoreo de Calidad del Aire (UMM) equipada con el siguiente instrumental de medición.

**Tabla 22. Instrumental de medición.**

Analizador de	Marca	Modelo	Principio de detección	Límite de detección	N° EPA <sup>2</sup>
PM10	Environnement S.A.	MP101M	Atenuación radiación $\beta$	6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio 1h	EQPM-0404-151
SO <sub>2</sub>	Environnement S.A.	AF21M	Fluorescencia UV	0.001 ppm	EQSA-0292
NO <sub>x</sub>	Environnement S.A.	AC31M	Quimiluminiscencia	0.35 ppb	RFNA-0795-104
CO	Environnement S.A.	CO11M	NDIR (non dispersive infrared)	0.1 ppm	RFCA-0995-108
HC	Environnement S.A.	HC15M	FID (flame ionization detection)	0.1 ppm	
PM2.5	Thermo Andersen	FH62C14	Atenuación radiación $\beta$	4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio 1h	EQPM-1102-150
O <sub>3</sub>	Environnement S.A.	O341M	Absorción UV	0.001 ppm	EQOA-0795-104

El procedimiento de muestreo para la determinación de los contaminantes gaseosos (CO, HC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>) consiste en aspirar aire ambiente a través de un cabezal ubicado en el techo de la unidad móvil que retiene las partículas del gas. Luego, el gas "limpio" pasa por una trampa de humedad compuesta por una bomba peristáltica y un enfriador Peltier. Recién en este punto, el gas seco es derivado a cada uno de los analizadores. Los analizadores poseen bombas

<sup>2</sup> Este número reconoce a los métodos como equivalentes, es decir cuyos resultados son comparables a los obtenidos con los métodos de referencia y válidos para usar en el monitoreo de la calidad del aire.

Dña. Silvia

independientes por lo que los caudales de muestreo varían de acuerdo a las necesidades de cada uno.

Para la determinación de material particulado PM10, la muestra sigue un camino alternativo ya que es necesario separar del gas, las fracciones de material suspendido con diámetro aerodinámico menos a 10 µm para enviarlas a los respectivos analizadores. Esta separación se realiza por medio de cabezales (sharp cut cyclone para PM 2,5) ubicados en la parte superior de la UMM.

La adquisición de ciertos parámetros meteorológicos es imprescindible a la hora de analizar los datos obtenidos en mediciones de calidad del aire. Por ello, la UMM posee equipos para determinar temperatura, humedad relativa, y velocidad y dirección del viento. A continuación se describen los equipos:

**Tabla 23. Descripción equipos de monitoreo de variables meteorológicas.**

Equipo	Marca	Modelo	Descripción
Taco-anemómetro	LASTEM	C500S	Sensor de velocidad del viento
Radiómetro UVB	LASTEM	C502UVB	Sensor de radiación UVB
termohidrómetro	LASTEM	C502TH	Sonda de temperatura y humedad con ventilación natural
Pinanómetro	LASTEM	C511R	Sensor de radiación global
Dirección del viento	LASTEM	C500D	Sensor de dirección del viento

En sitios remotos donde no se dispone de energía eléctrica, la alimentación de la UMM se realiza por medio de un generador de corriente alterna Briggs & Stratton (Modelo 294447) de 14 HP que se coloca a aproximadamente 100 m de distancia, cuidando que su posición quede a sotavento respecto de la UMM. Además, la tensión se mantiene constante por medio de un estabilizador marca Salicru Electronics modelo RE 3009-2T-NF.

### Resultados

A continuación se adjuntan los resultados obtenidos en cada uno de los puntos monitoreados.

Dña. Silvia



*Ciudad de Malargüe*

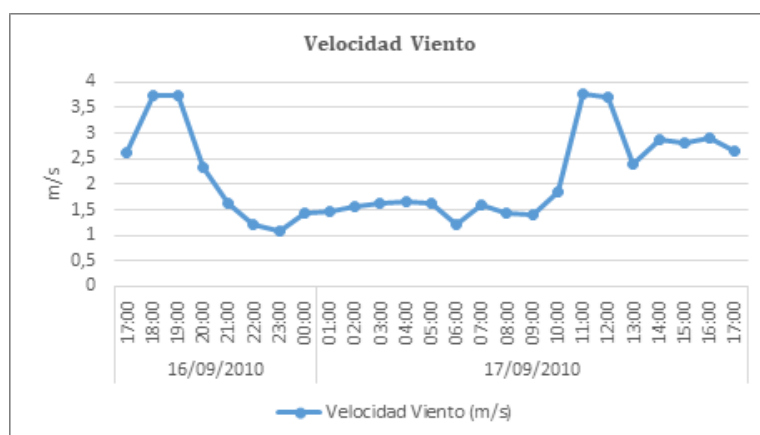
**Tabla 24. Valores de los parámetros meteorológicos para el período monitoreado.**

Fecha	Hora	Dirección Viento (grados)	Velocidad Viento (m/s)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
16/09/10	17:00	67,56	2,618	13,13	20,41
	18:00	71,22	3,750	12,09	24,94
	19:00	91,28	3,727	9,977	31,79
	20:00	125,4	2,345	8,591	35,62
	21:00	159,2	1,624	6,730	40,76
	22:00	118,0	1,224	5,867	44,18
	23:00	173,6	1,090	4,527	48,17
	24:00	148,2	1,442	3,193	50,92
17/09/10	1:00	55,62	1,460	3,219	50,56
	2:00	264,7	1,578	1,932	52,84
	3:00	326,9	1,640	0,692	55,72
	4:00	315,8	1,672	-0,060	56,75
	5:00	298,2	1,619	-0,080	54,92
	6:00	275,5	1,203	-1,080	57,64
	7:00	271,9	1,594	-1,610	59,42
	8:00	278,3	1,444	-1,870	61,26
	9:00	260,9	1,395	1,639	52,17
	10:00	141,6	1,841	4,958	38,65
	11:00	76,70	3,782	5,514	34,10
	12:00	70,59	3,706	6,231	34,75

*Dr. A. C. C. C.*

	13:00	83,97	2,410	8,006	31,64
	14:00	80,20	2,875	10,04	27,81
	15:00	87,10	2,814	11,37	25,22
	16:00	94,98	2,896	12,12	22,72
	17:00	98,84	2,635	12,61	20,11

**Figura 63. Velocidad del viento (m/s) para el período monitoreado.**



**Figura 64. Dirección del viento (grados) para el período monitoreado.**

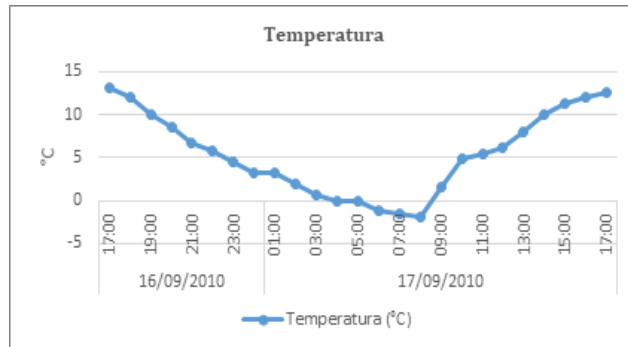


*DNyA. Cuyano*

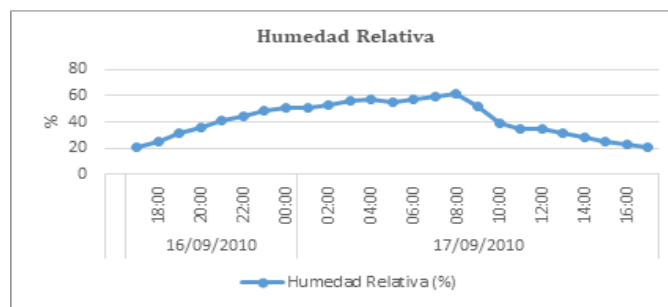


Se aclara que la dirección del viento es la dirección de la cual proviene el viento. Es tomada en grados partiendo de 0° para la dirección norte y aumentando en sentido de las agujas del reloj hasta completar el giro (360°).

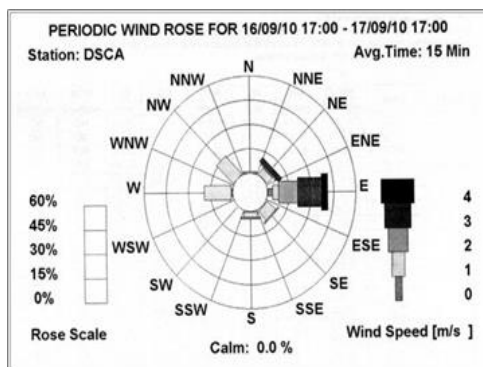
**Figura 65. Temperatura (°C) para el período monitoreado**



**Figura 66. Humedad relativa (%) para el período monitoreado.**



**Figura 67. Rosa de Viento para el período monitoreado.**



Dña. Silvia...



Concentraciones de contaminantes

Concentraciones de contaminantes monitoreados en la Ciudad de Malargüe, se puede apreciar su variación en la franja horaria monitoreada.

**Tabla 25. Concentraciones de contaminantes para el período monitoreado**

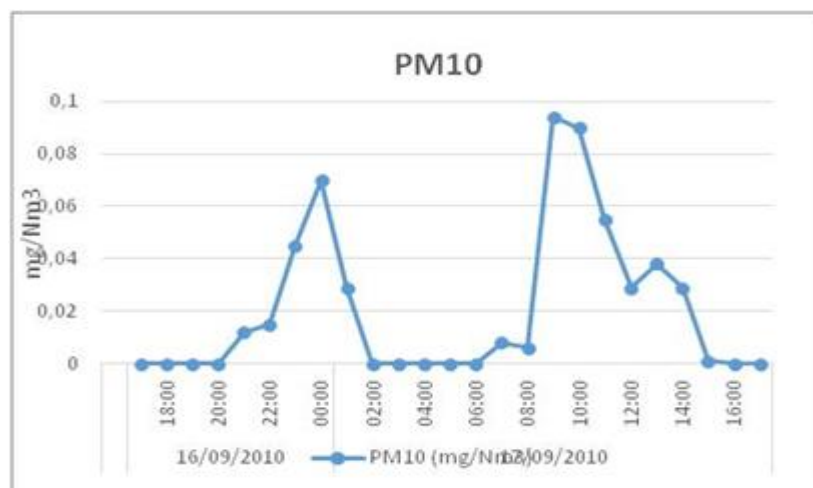
Fecha	Hora	PM10 (mg/Nm <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO (ppb)	NO <sub>2</sub> (ppb)	CO (mg/ Nm <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (ppb)	HCM (mg/ Nm <sup>3</sup> )	HCT (mg/ Nm <sup>3</sup> )
16/09/10	17:00	0,000	13,09	9,045	6,876	0	28,08	ND	ND
	18:00	0,000	17,84	12,39	8,078	0	26,49	ND	ND
	19:00	0,000	6,256	12,06	7,034	0	24,40	ND	ND
	20:00	0,000	11,01	21,33	10,80	0,009	20,88	ND	ND
	21:00	0,012	16,01	24,09	8,493	0,012	16,57	ND	ND
	22:00	0,015	4,780	35,65	8,499	0	14,24	ND	ND
	23:00	0,045	1,374	25,02	18,38	0	6,846	ND	ND
	24:00	0,070	0	8,332	16,03	0	11,86	ND	ND
17/09/10	1:00	0,029	0	5,681	12,05	0	17,47	ND	ND
	2:00	0,000	0	3,679	8,709	0,087	19,69	ND	ND
	3:00	0,000	0	3,535	9,726	0,088	16,85	ND	ND
	4:00	0,000	0	3,286	8,539	0,354	17,93	ND	ND
	5:00	0,000	0	3,257	7,754	0,445	17,96	ND	ND
	6:00	0,000	0	5,239	15,00	0,297	75,05	ND	ND
	7:00	0,008	0	8,890	15,76	0,408	52,33	ND	ND
	8:00	0,006	0	28,92	21,80	0,606	41,69	ND	ND

*Manuel C. C. C.*



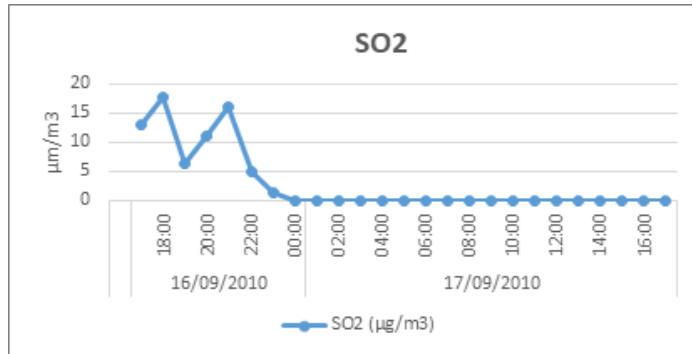
9:00	0,094	0	21,54	13,69	0,545	14,46	ND	ND
10:00	0,090	0	9,467	6,570	0,339	25,70	ND	ND
11:00	0,055	0	14,70	6,886	0,122	27,72	ND	ND
12:00	0,029	0	12,59	4,761	0,591	27,10	ND	ND
13:00	0,038	0	9,647	5,327	0,551	29,63	ND	ND
14:00	0,029	0	8,579	4,483	0,273	30,48	ND	ND
15:00	0,001	0	6,617	3,821	0	31,12	ND	ND
16:00	0,000	0	6,596	4,111	0	31,72	ND	ND
17:00	0,000	0	6,367	4,122	0	31,58	ND	ND

**Figura 68. Valores de material particulado de diámetro < a 10 µm (PM10) para el período monitoreado.**

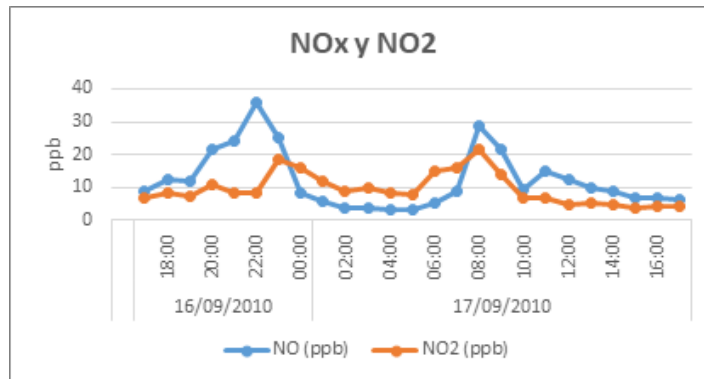


*DNyA. Cuyano*

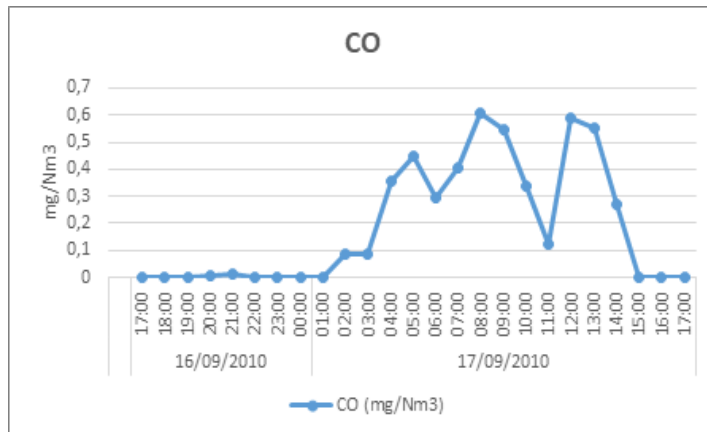
**Figura 69. Valores de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) para el período monitoreado.**



**Figura 70. Valores de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) para el período monitoreado.**



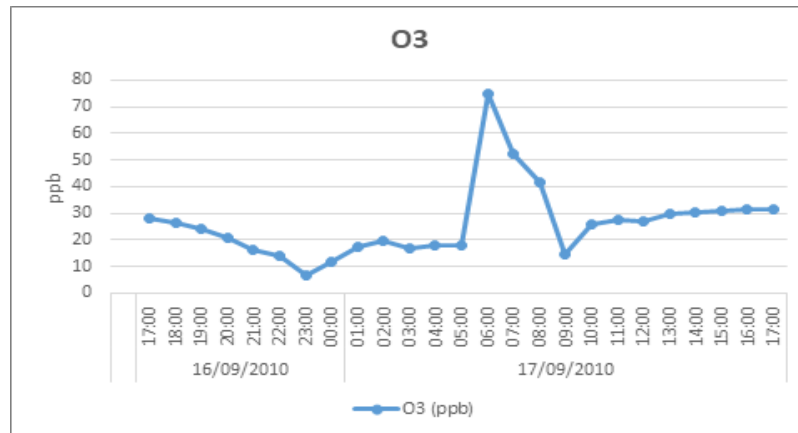
**Figura 71. Valores de monóxido de carbono (CO) para el período monitoreado.**



Dña. Silvia S.



**Figura 72. Valores de ozono (O<sub>3</sub>) para el período monitoreado.**



Las concentraciones de O<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> están relacionadas, durante las horas de insolación, los NO<sub>x</sub> se transforman en O<sub>3</sub> por medio de reacciones fotoquímicas. Durante la noche, el O<sub>3</sub> desaparece y vuelven a transformarse en NO<sub>x</sub>.

*Parque Industrial*

Variables meteorológicas

**Figura 73. Valores de los parámetros meteorológicos para el período monitoreado.**

Fecha	Hora	Dirección Viento (grados)	Velocidad Viento	Temperatura	Humedad Relativa (%)
			(m/s)	(°C)	
15/09/2010	14:00	303,9	7,901	12,96	22,63
	15:00	288,5	8,138	12,04	28,73
	16:00	295,2	9,063	11,31	32,89
	17:00	293,3	8,040	11,22	32,43
	18:00	300,5	5,728	11,21	30,38

Dña. Silvia...



**MANIFESTACIÓN GENERAL DE IMPACTO AMBIENTAL**  
Centro Turístico Sustentable de Alta Montaña El Azufre  
Malargüe, Mendoza, República Argentina

	19:00	337,4	5,540	9,807	34,61
	20:00	350,4	5,034	8,330	37,03
	21:00	227,4	2,027	7,672	37,25
	22:00	134,3	2,568	4,620	51,34
	23:00	209,5	2,173	3,866	56,15
16/09/2010	00:00	255,8	2,193	3,083	56,44
	01:00	241,1	1,502	2,700	54,66
	02:00	264,5	1,310	2,048	54,36
	03:00	268,2	1,875	1,513	58,47
	04:00	268,6	1,434	0,726	59,53
	05:00	277,8	1,790	0,380	59,13
	06:00	268,0	1,580	-0,480	60,6
	07:00	328,1	2,553	-0,480	62,46
	08:00	300,8	2,076	-0,620	61,12
	09:00	272,0	1,310	2,711	51
	10:00	150,5	1,620	3,200	48,34
	11:00	74,28	2,027	5,778	42,92
	12:00	85,25	2,695	6,780	42,32
	13:00	80,11	3,503	7,711	40,06
14:00	82,41	3,251	8,600	38,25	

*Dr. J. C. C. C.*



Edificio Rectorado FUNC 1° piso, Centro Universitario,  
Mendoza, Argentina. M 55021MA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

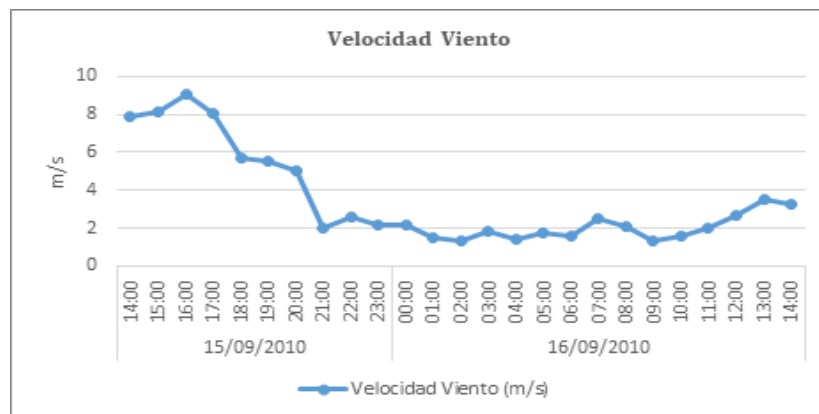
www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo

**Figura 74. Dirección (grados) del viento para el período monitoreado.**



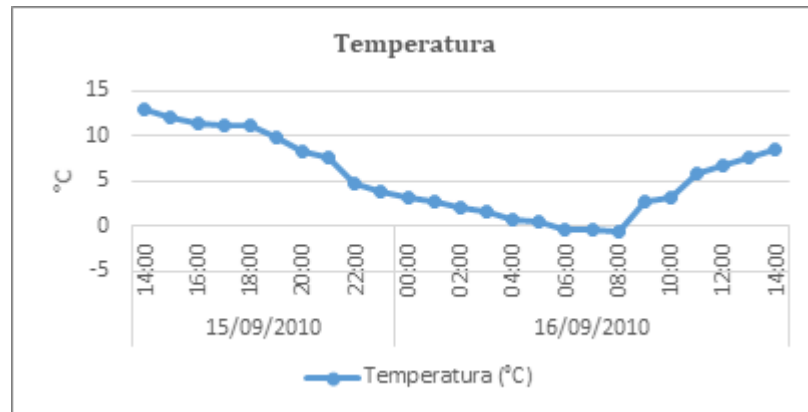
Se aclara que la dirección del viento, es la dirección de la cual proviene el viento. Es tomada en grados partiendo de 0° para la dirección norte y aumentando en sentido de las agujas del reloj hasta completar el giro (360°).

**Figura 75. Velocidad (m/s) del viento para el período monitoreado.**

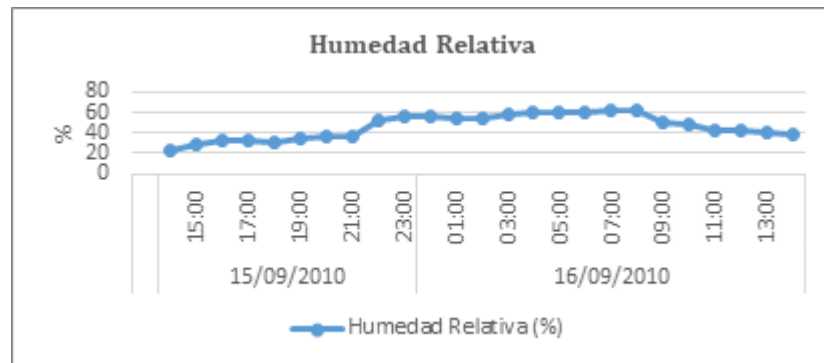


Dña. Silvia  

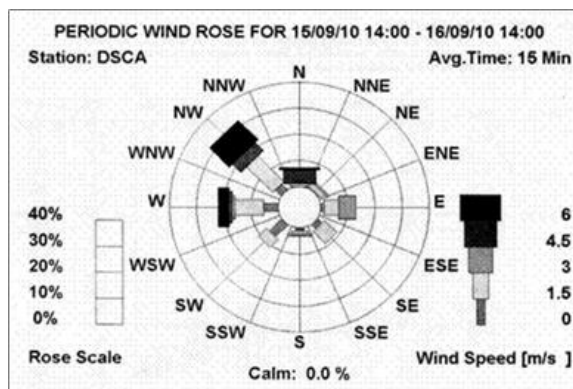

**Figura 76. Temperatura (°C) para el período monitoreado.**



**Figura 77. Humedad relativa (%) para el período monitoreado.**



**Figura 78. Rosa del viento para el período monitoreado.**



*Handwritten signature: D. N. A. C. S. G. S.*





Concentraciones de contaminantes

En la Tabla y figuras siguientes se puede apreciar las variaciones de concentración para cada uno de los contaminantes monitoreados. Se aclara que debido a desperfectos técnicos en el equipamiento no se presentan los valores de hidrocarburos totales

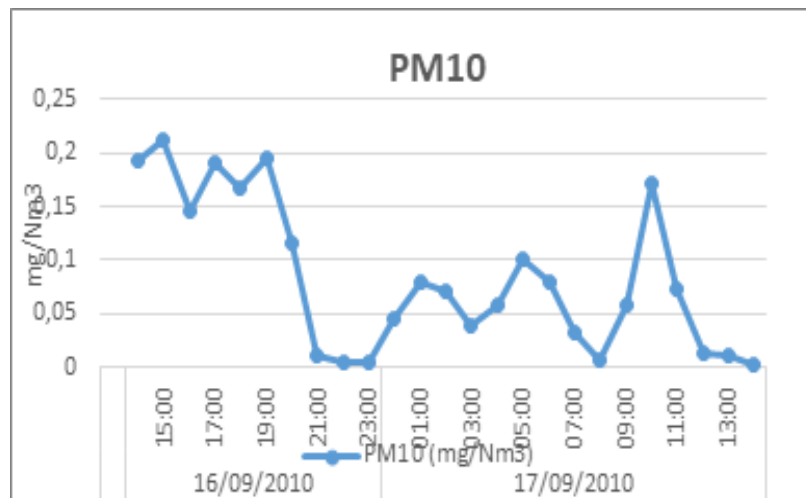
**Tabla 26. Concentraciones de contaminantes para el período monitoreado.**

Fecha	Hora	PM10 (mg/Nm <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO (ppb)	NO <sub>2</sub> (ppb)	CO (mg/ Nm <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (ppb)	HCM (mg/ Nm <sup>3</sup> )	HCT (mg/ Nm <sup>3</sup> )
16/09/2010	14:00	0,192	8,083	5,653	24,77	ND	33,38	ND	ND
	15:00	0,212	17,88	6,301	16,19	ND	31,78	ND	ND
	16:00	0,146	15,88	6,218	12,20	ND	30	ND	ND
	17:00	0,190	15,64	6,296	9,779	ND	29,88	ND	ND
	18:00	0,167	10,54	4,811	8,303	ND	31,09	ND	ND
	19:00	0,196	22,93	16,66	14,11	ND	27,76	ND	ND
	20:00	0,115	22,96	12,91	11,72	ND	30,29	ND	ND
	21:00	0,011	21,96	5,150	8,653	ND	28,92	ND	ND
	22:00	0,004	19,23	3,153	5,408	ND	24,46	ND	ND
	23:00	0,004	4,844	4,157	6,622	ND	22,45	ND	ND
17/09/2010	00:00	0,046	2,647	10,71	9,007	ND	16,64	ND	ND
	01:00	0,079	2,215	7,197	9,627	ND	12,85	ND	ND
	02:00	0,071	2,130	5,023	10,47	ND	10,78	ND	ND
	03:00	0,038	2,550	8,810	18,24	0,041	2,515	ND	ND
	04:00	0,058	2,429	6,785	15,21	0,733	4,994	ND	ND
	05:00	0,101	1,390	4,285	9,509	1,136	16,81	ND	ND

*Handwritten signature*

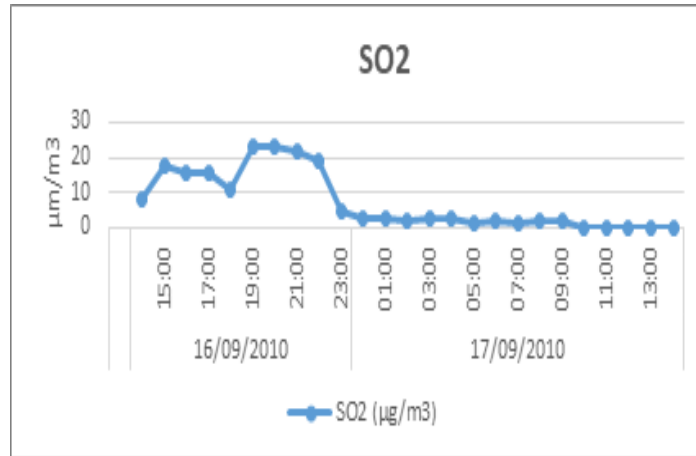
	06:00	0,080	1,566	4,986	5,666	1,28	12,81	ND	ND
	07:00	0,032	0,886	14,54	10,86	1,376	9,25	ND	ND
	08:00	0,006	2,082	24,11	22,9	1,429	6,542	ND	ND
	09:00	0,057	1,567	34,62	14,47	1,269	8,753	ND	ND
	10:00	0,171	0	4,850	4,167	2,526	27,34	ND	ND
	11:00	0,072	0	7,907	4,784	2,357	27,93	ND	ND
	12:00	0,013	0	5,482	3,874	1,679	28,97	ND	ND
	13:00	0,010	0	4,834	3,213	1,638	29,36	ND	ND
	14:00	0,002	0	3,712	3	1,616	30,13	ND	ND

**Figura 79. Valores de material particulado de diámetro <10 µm (PM10) para el período monitoreado.**

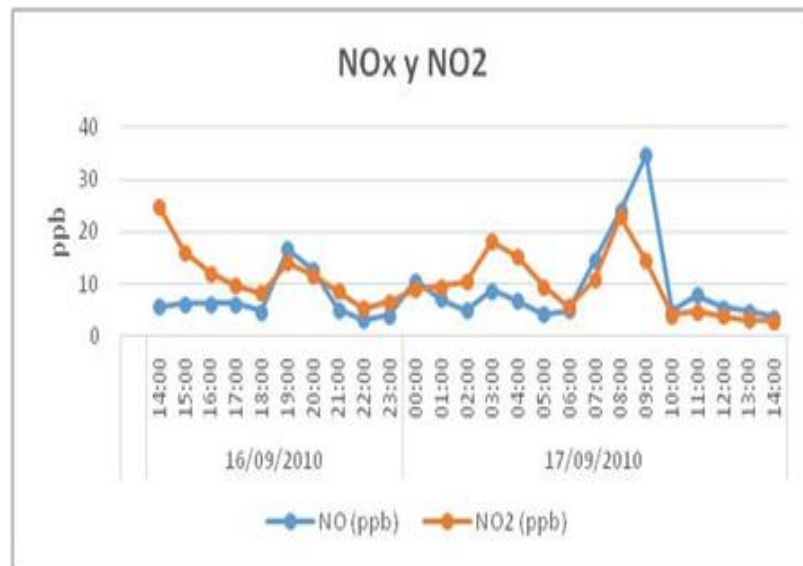


*DNyA. Cuyano*

**Figura 80. Valores de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) para el período monitoreado.**

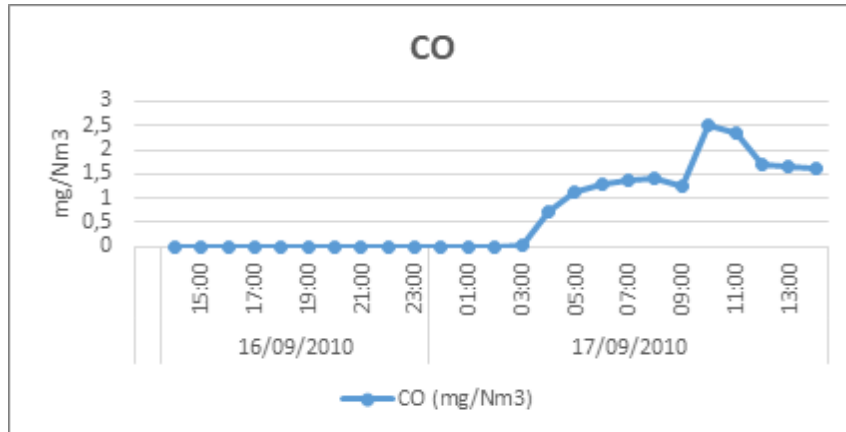


**Figura 81. Valores de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) para el período monitoreado.**

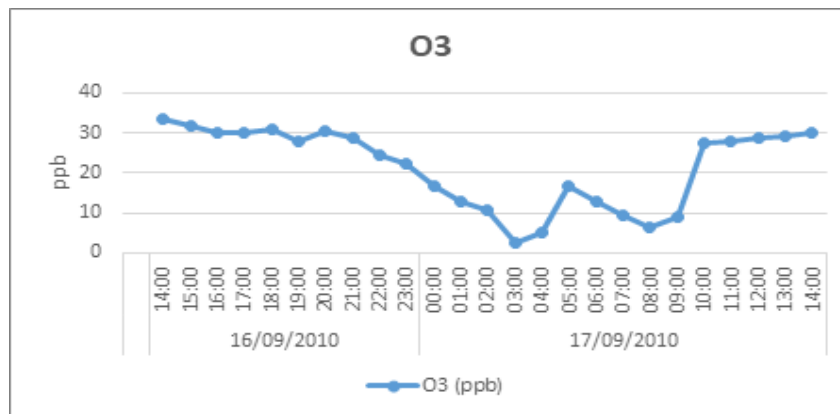


Dña. Silvia S.

**Figura 82. Valores de monóxido de carbono (CO) para el período monitoreado.**



**Figura 83. Valores de ozono (O<sub>3</sub>) para el período determinado.**



Las concentraciones de O<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> están relacionadas, durante las horas de insolación los NO<sub>x</sub> se transforman en O<sub>3</sub> por medio de reacciones fotoquímicas. Durante la noche, el O<sub>3</sub> desaparece y vuelven a formarse los NO<sub>x</sub>.

*Bardas Blancas - Variables meteorológicas*

En relación a las variables meteorológicas medidas por la UMM en la localidad de Bardas Blancas, los resultados pueden observarse en la Tabla y figuras siguientes, variaciones obtenidas en la franja horaria monitoreada.

Dña. Silvia...





**Tabla 27. Valores de los parámetros meteorológicos para el período monitoreado.**

Fecha	Hora	Dirección Viento (grados)	Velocidad Viento (m/s)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
17/09/2010	19:00	109,6	2,172	11,75	23,94
	20:00	166,5	2,569	10,83	27,9
	21:00	112,3	2,616	9,953	29,95
	22:00	203,6	1,298	6,882	37,05
	23:00	172,2	1,827	6,393	37,95
18/09/2010	00:00	211,2	1,818	4,708	42,13
	01:00	ND	ND	ND	ND
	02:00	ND	ND	ND	ND
	03:00	306,8	1,876	4,490	34,12
	04:00	227,4	1,085	3,392	39,39
	05:00	207,1	0,927	1,023	42,45
	06:00	191,3	1,333	3,658	30,54
	07:00	264,8	2,050	9,654	29,27
	08:00	251,1	2,985	11,12	23,24
	09:00	248,9	2,321	12,09	23,5
	10:00	247,5	2,723	14,45	22,9
	11:00	247,5	3,455	16,30	21,42
	12:00	256,7	3,561	17,01	17,85

Entre la hora 1:00 y 2:00 de la mañana del día 18 de septiembre, se produjo un corte de electricidad en el recinto donde se encontraba ubicado el móvil de monitoreo. Debido a este suceso, no se pudo tomar lecturas de los valores correspondientes.

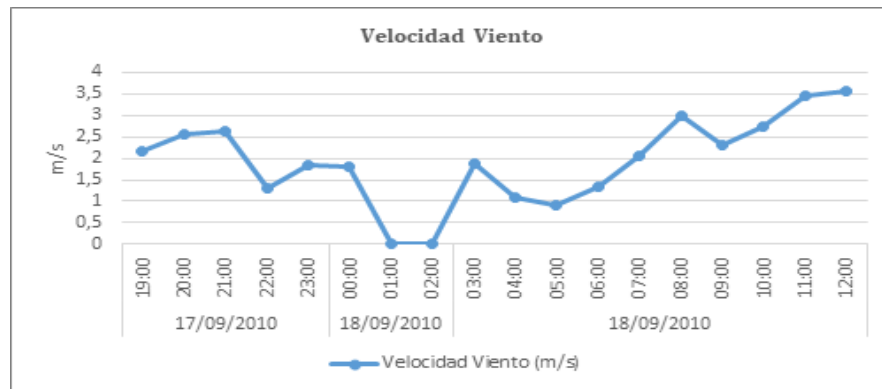
*DNyA. Cuyano*

**Figura 84. Dirección del viento (grados) para el período monitoreado.**



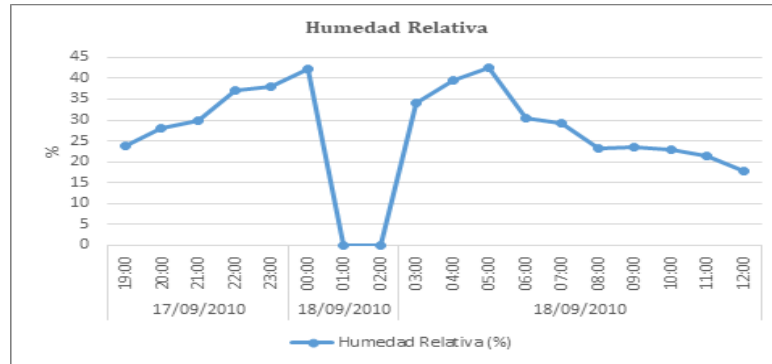
Se aclara que la dirección del viento es la dirección de la cual proviene el viento. Es tomada en grados partiendo de 0° para la dirección norte y aumentando en sentido de las agujas del reloj hasta completar el giro 360°.

**Figura 85. Velocidad del viento (m/S) para el período determinado.**

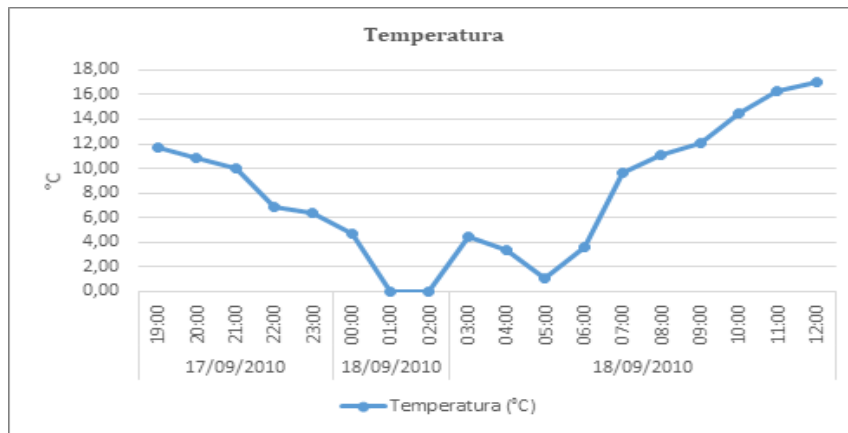


*Handwritten signature: D. N. A. C. S. S.*

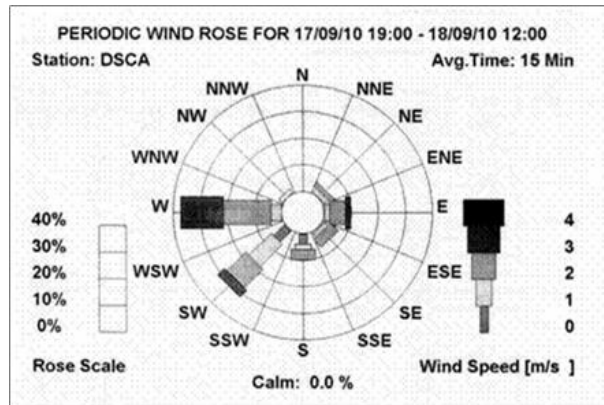
**Figura 86. Humedad relativa (%) para el período determinado.**



**Figura 87. Temperatura (°C) para el periodo monitoreado.**



**Figura 88. Rosa de viento para el periodo monitoreado.**



Concentraciones de contaminantes

En tanto, los datos de concentraciones de contaminantes obtenidos en la localidad de Bardas Blancas, se pueden observar en la siguiente Tabla. Por otra parte, en las Figuras siguientes se puede apreciar las variaciones de concentración para cada uno de los contaminantes monitoreados. Se aclara que debido a desperfectos técnicos en el equipamiento no se presentan los valores de hidrocarburos totales.

**Tabla 28. Concentraciones de contaminantes para el período monitoreado.**

Fecha	Hora	PM10 (mg/Nm <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO (ppb)	NO <sub>2</sub> (ppb)	CO (mg/N m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (ppb)	HCM (mg/Nm <sup>3</sup> )	HCT (mg/Nm <sup>3</sup> )
18/09/2010	14:00	0,092	4,017	2,000	22,90	0,000	41,38	ND	ND
	15:00	0,131	5,469	2,690	13,21	0,000	39,38	ND	ND
	16:00	0,107	5,111	3,026	5,224	0,000	40,23	ND	ND
	17:00	0,044	1,426	2,936	3,717	0,005	41,79	ND	ND
	18:00	0,224	0,000	2,497	2,956	0,249	42,04	ND	ND
	19:00	0,157	0,000	2,578	2,200	1,22	40,70	ND	ND
	20:00	0,004	0,000	2,474	2,000	1,996	36,48	ND	ND
	21:00	0,157	0,000	2,548	2,972	2,774	27,21	ND	ND
	22:00	0,112	2,111	2,481	4,016	3,246	28,65	ND	ND
	23:00	0,000	2,460	2,618	2,993	3,688	26,61	ND	ND
19/09/2010	00:00	0,000	0,430	3,319	2,728	4,726	23,18	ND	ND
	01:00	0,000	0,000	2,281	3,509	5,849	18,63	ND	ND
	02:00	0,000	0,000	1,810	2,294	0,068	22,84	ND	ND
	03:00	0,000	0,000	1,347	1,92	0,017	25,52	ND	ND
	04:00	0,000	0,000	2,000	1,515	0,000	25,57	ND	ND
	05:00	0,145	0,000	2,008	1,910	0,000	24,03	ND	ND

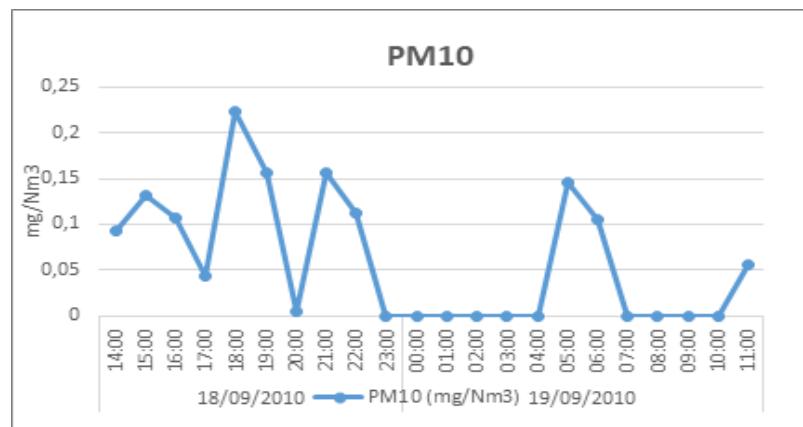
Dña. Silvia



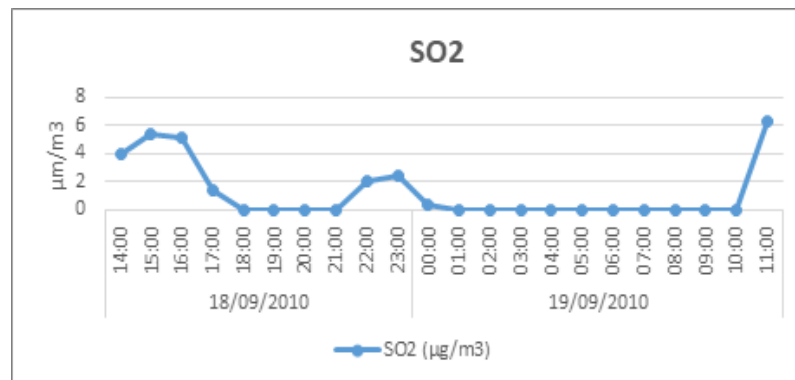


	06:00	0,105	0,000	2,000	1,468	0,000	25,54	ND	ND
	07:00	0,000	0,000	2,042	1,265	0,000	23,41	ND	ND
	08:00	0,000	0,000	2,510	2,069	0,000	18,87	ND	ND
	09:00	0,000	0,000	2,573	2,639	0,284	20,50	ND	ND
	10:00	0,000	0,000	1,812	1,168	0,017	28,18	ND	ND
	11:00	0,055	6,301	2,107	1,413	0,000	28,70	ND	ND

**Figura 89. Valores de material particulado de diámetro < a 10 µm (PM10) para el período monitoreado.**



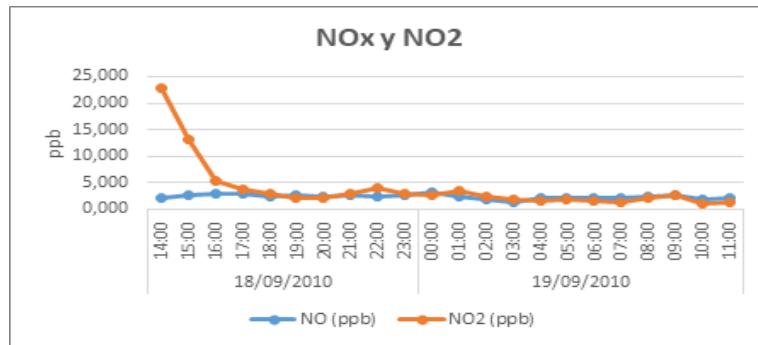
**Figura 90. Valores de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) para el período monitoreado.**



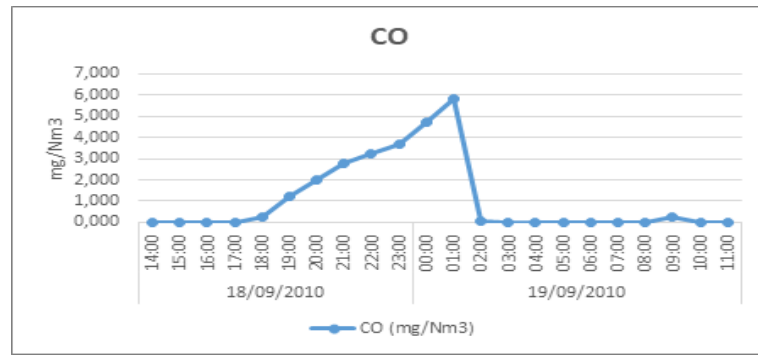
Dña. Silvia  



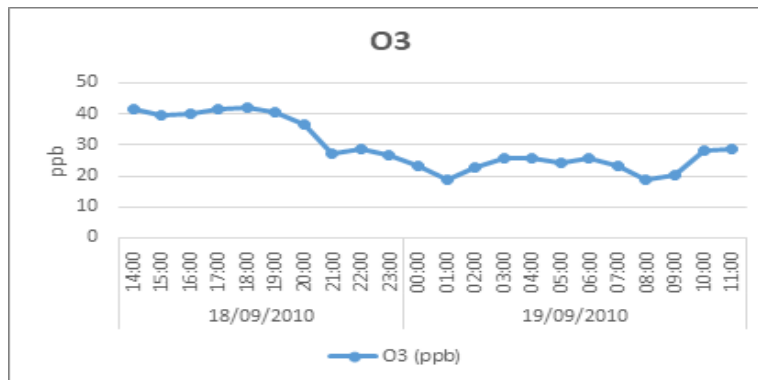

**Figura 91. Valores de óxidos de nitrógeno (NOx) para el período monitoreado.**



**Figura 92. Valores de monóxido de carbono (CO) para el período monitoreado.**



**Figura 93. Valores de ozono (O3) para el período de monitoreado.**



*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C. C.*



Las concentraciones de O<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> están relacionadas, durante las horas de insolación, los NO<sub>x</sub> se transforman en O<sub>3</sub> por medio de reacciones fotoquímicas. Durante la noche, el O<sub>3</sub> desaparece y vuelven a formarse NO<sub>x</sub>.

#### Valores medios

A continuación, se adjuntan los valores promedio observados en cada uno de los puntos monitoreados. El objeto de definir valores medios es confrontarlos con los valores límites establecidos en la legislación aplicable.

**Tabla 29. Valores promedio de PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub>, CO y O<sub>3</sub>.**

Contaminante	Ciudad de Malargüe	Parque Industrial	Bardas Blancas	Las Loicas
Partículas sedimentables (PM10)	0,021 mg/Nm <sup>3</sup>	0,083 mg/Nm <sup>3</sup>	0,043 mg/Nm <sup>3</sup>	0,061 mg/Nm <sup>3</sup>
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	2,81 µg/m <sup>3</sup>	7,18 µg/m <sup>3</sup>	8,84 µg/m <sup>3</sup>	1,24 µg/m <sup>3</sup>
Monóxido de nitrógeno (NO)	12,26 ppb	8,77 ppb	2,61 ppb	2,35 ppb
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	9,5 ppb	10,51 ppb	3,98 ppb	3,91 ppb
Monóxido de carbono (CO) <sup>3</sup>	0,19 mg/Nm <sup>3</sup>	0,68 mg/Nm <sup>3</sup>	0,146 mg/Nm <sup>3</sup>	1,09 mg/Nm <sup>3</sup>
Ozono (O <sub>3</sub> )	26,31 ppb	21,43 ppb	34,61 ppb	29,52 ppb

#### Guías internacionales

A nivel internacional, la Organización Mundial de la Salud ofrece directrices sobre Calidad del Aire cuyo objetivo es ofrecer una evaluación de los efectos sanitarios derivados de la contaminación del aire, así como establecer los niveles de contaminación perjudiciales para la salud.

<sup>3</sup> Corresponde a OMS 2000.

*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C.*



**Tabla 30. Niveles guía de la OMS.**

Contaminante	Límites	
	OMS (Air quality guidelines 2005)	
	Valor	Tiempo promedio
PM10	20 µg/m <sup>3</sup> 50 µg/m <sup>3</sup>	1 año 24 horas
SO <sub>2</sub>	20 µg/m <sup>3</sup> 500 µg/m <sup>3</sup>	24 horas 10 min
NO <sub>x</sub>	40 µg/m <sup>3</sup> 200 µg/m <sup>3</sup>	1 año 1 hora
CO <sup>[1]</sup>	10000 µg/m <sup>3</sup> 30000 µg/m <sup>3</sup>	8 horas 1 hora
O <sub>3</sub>	100 µg/m <sup>3</sup>	8 horas

Valores medios vs. Valores límites

Dado que los valores mostrados en el Informe RCC I-5747 de la DETI, se encuentran en unidades diferentes a las utilizadas en la normativa aplicable, se han convertido de manera que resulten comparables.

Debe señalarse que la comparación con los límites legislados solo se realiza de manera indicativa, y acotando las conclusiones al tiempo monitoreado, debido a la brevedad del mismo.

*Ciudad de Malargüe*

En la Tabla siguiente se observan los valores medios y los valores guía.

*DNA. Cuyo*





**Tabla 31. Valores obtenidos del monitoreo vs. valores guía, ciudad de Malargüe.**

Contaminante	Unidades	Valores promedio monitoreados	Valores límite de OMS		Valores límite Ley Provincial N° 5100	
			Valor	Tiempo promedio	Valor	Tiempo promedio
PM10	µg/m <sup>3</sup>	21	20µg/m <sup>3</sup> 50µg/m <sup>3</sup>	1 año 24 horas		
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	2,81	20µg/m <sup>3</sup> 500µg/m <sup>3</sup>	24 horas 10 min	260µg/m <sup>3</sup>	1 hora
NO	µg/m <sup>3</sup>	15,30	40µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 1 hora	100µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 24 horas
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	18,16	40µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 1 hora	100µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 24 horas
CO	mg/m <sup>3</sup>	0,19	30 mg/m <sup>3</sup>	1 hora	10 mg/m <sup>3</sup> 40 mg/m <sup>3</sup>	8 horas 1 hora
O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	52,53	100µg/m <sup>3</sup>	8 horas	125µg/m <sup>3</sup>	1 hora

En todos los casos, los valores de concentraciones medias de contaminantes se encuentran por debajo de los valores límites, tanto de la normativa provincial como los valores guías establecidos por la OMS.

*Parque Industrial*

**Tabla 32. Valores obtenidos del monitoreo vs. valores guía, Parque Industrial de Malargüe.**

Contaminante	Unidades	Valores promedio monitoreados	Valores límite de OMS		Valores límite Ley Provincial N° 5100	
			Valor	Tiempo promedio	Valor	Tiempo promedio
PM10	µg/m <sup>3</sup>	83	20µg/m <sup>3</sup> 50µg/m <sup>3</sup>	1 año 24 horas		

Dña. Silvia



SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	7,18	20µg/m <sup>3</sup> 500µg/m <sup>3</sup>	24 horas 10 min	260µg/m <sup>3</sup>	1 hora
NO	µg/m <sup>3</sup>	10,95	40µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 1 hora	100µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 24 horas
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	20,11	40µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 1 hora	100µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 24 horas
CO	mg/m <sup>3</sup>	0,68	30 mg/m <sup>3</sup>	1 hora	10 mg/m <sup>3</sup> 40 mg/m <sup>3</sup>	8 horas 1 hora
O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	48,78	100µg/m <sup>3</sup>	8 horas	125µg/m <sup>3</sup>	1 hora

Debe señalarse que el valor promedio monitoreado de material particulado resulta mayor al valor guía establecido por la OMS. Debe señalarse que el área posee calles sin asfaltar, pudiendo por tanto, el tránsito de vehículos por las mencionadas arterias, influir en los valores monitoreados de PM10. La velocidad de viento se mantuvo por encima de los 5 m/s, entre las 14 y 20 horas, coincidiendo con mayores concentraciones de PM10, puede inferirse también el efecto del viento en las concentraciones de PM10 resultantes.

El resto de los valores monitoreados, se encuentran por debajo de los valores límite de la normativa provincial, y de los valores guía de la OMS.

*Bardas Blancas*

En la siguiente Tabla, se observan los valores medios y los valores guía.

**Tabla 33. Valores obtenidos del monitoreo vs. valores guía, Bardas Blancas.**

Contaminante	Unidades	Valores promedio monitoreados	Valores límite de OMS		Valores límite Ley Provincial N° 5100	
			Valor	Tiempo promedio	Valor	Tiempo promedio
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	43	20µg/m <sup>3</sup> 50µg/m <sup>3</sup>	1 año 24 horas		
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	8,84	20µg/m <sup>3</sup>	24 horas	260µg/m <sup>3</sup>	1 hora

Dña. Silvia



			500µg/m <sup>3</sup>	10 min		
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	3,26	40µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 1 hora	100µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 24 horas
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	7,62	40µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 1 hora	100µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 24 horas
CO	mg/m <sup>3</sup>	0,146	30 mg/m <sup>3</sup>	1 hora	10 mg/m <sup>3</sup> 40 mg/m <sup>3</sup>	8 horas 1 hora
O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	69,10	100µg/m <sup>3</sup>	8 horas	125µg/m <sup>3</sup>	1 hora

En el caso de la Localidad de Bardas Blancas, el valor medio de PM10 obtenido en el monitoreo realizado, resulta cercano al valor guía establecido por la OMS. Debe señalarse que el monitoreo se realizó en el año 2010, período en que la RN40 no se encontraba en buenas condiciones de transitabilidad. Además, también puede verse la influencia del viento a partir de las 07:00 horas, en que fue incrementándose paulatinamente, y con ello, las concentraciones de PM10.

El resto de los valores de concentraciones se encuentran por debajo de los valores límites.

*Las Loicas*

Valores obtenidos del monitoreo vs. valores guía, Bardas Blancas.

**Tabla 34. Se observan los valores medios y los valores guía.**

Contaminante	Unidades	Valores promedio monitoreados	Valores límite de OMS		Valores límite Ley Provincial N° 5100	
			Valor	Tiempo promedio	Valor	Tiempo promedio
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	61	20µg/m <sup>3</sup> 50µg/m <sup>3</sup>	1 año 24 horas		
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	1,24	20µg/m <sup>3</sup> 500µg/m <sup>3</sup>	24 horas 10 min	260µg/m <sup>3</sup>	1 hora
NO	µg/m <sup>3</sup>	2,93	40µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 1 hora	100µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 24 horas

Dña. Silvia...



## MANIFESTACIÓN GENERAL DE IMPACTO AMBIENTAL

Centro Turístico Sustentable de Alta Montaña El Azufre  
Malargüe, Mendoza, República Argentina

NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	7,49	40µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 1 hora	100µg/m <sup>3</sup> 200µg/m <sup>3</sup>	1 año 24 horas
CO	mg/m <sup>3</sup>	1,09	30 mg/m <sup>3</sup>	1 hora	10 mg/m <sup>3</sup> 40 mg/m <sup>3</sup>	8 horas 1 hora
O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	58,94	100µg/m <sup>3</sup>	8 horas	125µg/m <sup>3</sup>	1 hora

El valor de concentración medio de PM10 obtenido en la localidad de Las Loicas, resultó ser mayor que el valor guía de la OMS. Debe señalarse que el monitoreo fue realizado en el año 2010, momento en que aún no se encontraba asfaltada la RN145. Por ello, se puede inferir que el tránsito en la mencionada ruta, pudo influir en los valores de concentraciones de PM10 obtenidos.

Otro factor a considerar, es la influencia del viento. La velocidad del viento se mantuvo entre 5 y 3 m/s durante las 14:00 y 19:00 horas.

El resto de los valores de contaminantes se encuentran por debajo de los valores límites.

Los valores medio de material particulado PM10 de las Localidades de Bardas Blancas y Las Loicas, resultaron cercanos al valor guía establecido por la OMS. Ello puede resultar de dos factores. Debe señalarse que el estudio fue realizado en el año 2010. En dicho período, la RN40 no se encontraba en buenas condiciones de transitabilidad, en la zona de Bardas Blancas. En relación a la Localidad de Las Loicas, debe señalarse que la RN145 no se encontraba asfaltada.

*DNyA. Cuyano*





### **C. Clima**

Definir una línea base climatológica es fundamental para la comparación de futuros monitoreos ambientales a realizar, así como para establecer un diagnóstico referente al impacto probable de la variabilidad climática en la región de interés.

Se analiza la variación de variables climatológicas tales como temperaturas, humedad, intensidad y dirección de los vientos. También se estudia el comportamiento y frecuencia de ocurrencia de los principales fenómenos meteorológicos que se registran en la zona, tales como viento Zonda, tormentas convectivas y nevadas. Por último, cabe mencionar que se obtiene la clasificación climática del área en cuestión según métodos internacionales, y se analiza las condiciones bioclimáticas del área

A los efectos de obtener datos meteorológicos de zonas aledañas a la zona de proyecto, es que la FUNC solicitó vía mail al 4to. Distrito de la Dirección Nacional de Vialidad, información de la *“Serie continua de datos meteorológicos de las estaciones: Pehuenche, Bardas Blancas y Cajón Grande, del departamento de Malargüe, provincia de Mendoza”*, información que aún no ha sido facilitada por esta repartición.

#### **Contexto climático**

El clima es el recurso natural más relevante de cuantos afectan al ambiente; sus alteraciones y cambios cíclicos, propios del comportamiento atmosférico, modifican temporalmente el medio natural -físico y biológico- causando gran influencia sobre la evolución y calidad de los ecosistemas.

Las condiciones climáticas se conocen mediante el estudio de los elementos meteorológicos que actúan en él, también de los factores geográficos que influyen modificándolos, entre los cuales los más importantes son:

- latitud
- altitud
- mayor o menor distancia del mar
- el viento, evaluando la dirección predominante de los mismos como factor meteorológico fundamental en la dinámica de la circulación atmosférica.
- con la latitud, la temperatura, en general, disminuye hacia el sur, por la menor incidencia solar

*DNyA. Cuyano*



## **MANIFESTACIÓN GENERAL DE IMPACTO AMBIENTAL**

Centro Turístico Sustentable de Alta Montaña El Azufre  
Malargüe, Mendoza, República Argentina

- con la altitud, la temperatura disminuye con la altura
- la mayor distancia del mar determina un aumento de la amplitud térmica hacia el oeste, aunque ésta no es muy marcada, debido al poco desarrollo en longitud que tiene la Argentina
- los vientos, como agente dinámico, son en realidad el principal modificador del tiempo. Su desplazamiento de acuerdo con la situación de los ciclones y anticiclones, la temperatura y el contenido en humedad que transmiten, determinan el régimen del clima y del tiempo característico de un lugar
- la disposición del relieve, lo cual influye en la dificultad del paso de las masas de aire y las respectivas precipitaciones por excitación orográfica.
- corrientes marinas, las cuales influyen en la evaporación en las aguas superficiales de mares y océanos, y que a su vez esto se relaciona directamente con la carga de humedad de las masas de aire.

Los diferentes dominios climáticos son consecuencia del movimiento de las masas de aire sobre las grandes unidades morfológicas, cuyo distanciamiento, altura y posición determinan los matices regionales y locales.

Por su ubicación en el centro-oeste de la República Argentina, la provincia de Mendoza se halla localizada en la denominada zona templada.

Los climas templados se subdividen en:

- Templado húmedo de llanura
- Templado subhúmedo
- Templado serrano
- Semiárido de las planicies
- Semiárido de meseta
- Semiárido de montaña
- Semiárido serrano
- Árido de meseta
- Templado húmedo andino
- Templado subhúmedo andino
- Templado semiárido patagónico

*Dr. J. C. C. C.*



La Región de Cuyo incluida la provincia de Mendoza, posee condiciones climáticas particulares de un clima de transición entre el clima de grandes montañas dominadas por masas del Pacífico al oeste y el clima templado de piedemonte con marcada influencia de la depresión del Noroeste y masas del Atlántico al este (MAYOP, 1998).

Los datos climáticos condicionan la evolución de los ecosistemas en los aspectos físicos y biológicos. También determinan la localización de los usos y técnicas de aprovechamiento de los recursos. A continuación, se indican los principales parámetros climáticos referenciados a la provincia de Mendoza y Región de Cuyo.

### **Temperatura**

Como es de esperar, las regiones climáticas son también perceptibles en las temperaturas del suelo. Cuanto más seca y cuanto más cálido sea el clima, por lo general la temperatura del suelo es mayor a la temperatura del aire. Por sus características de aridez, en la Región de Cuyo la temperatura del suelo excede a la del aire en 2,5° C.

### **Humedad atmosférica**

Debido a que esta región está completamente protegida de la influencia del Pacífico, la región muestra valores bajos de humedad del aire.

### **Evaporación**

La evaporación es una variable importante en las actividades humanas influenciadas por la temperatura y el clima. Es difícil estimar la evaporación potencial de un área con observaciones escasas. La información disponible indica que para la provincia de Mendoza, la evaporación máxima se produce en el mes de diciembre, con valores referenciales de 211,6 mm y 176,7 mm respectivamente.

### **Precipitación**

Se registra un promedio de precipitaciones de 196 mm. Con lluvias escasas a lo largo de todo el año, pero en los meses de verano están caracterizados por tormentas intensas que, en casos extremos producen deslizamientos en áreas montañosas. Hay lluvias ciclónicas correspondientes a frentes que afectan la provincia siendo por lo general de gran extensión y de

*Dr. J. C. C. C.*



mayor perdurabilidad sobre todo en los meses primavera y otoño. Otras se producen por tormentas convectivas de menor extensión, corta duración y mayor intensidad.

### **Granizo**

Granizo y pedrisco son producidos por el ascenso vertical de fuertes corrientes de aire húmedo que se enfrían a medida que ascienden. Las condiciones atmosféricas propicias para la formación de estas tormentas con granizo, son las que se denominan de inestabilidad y pueden ser originadas por la formación de tormentas “locales” o de “calor” y las de carácter “ciclónico” por el contacto entre frentes.

### **Heladas**

Una helada es el resultado de una inversión de la temperatura. Normalmente la temperatura de la atmósfera disminuye con la altura, pero en ciertas ocasiones ocurre lo contrario: asciende con la altura hasta ciertos niveles a partir de los cuales comienza a descender. Hay dos motivos para que tales hechos se produzcan: por irradiación y por advección. En el primer caso los suelos irradian a la atmósfera el calor acumulado durante el día. La propagación del calor se extingue con la distancia a la superficie terrestre, especialmente con aire seco, en el segundo caso, la causa de la helada es la llegada de una masa de aire muy fría, especialmente de origen polar.

### **Nieve**

Uno de los factores determinantes de la productividad en la región es el agua proveniente de los deshielos en las altas cumbres. Las nevadas son el resultado de procesos climáticos que se registran en su límite oeste, sobre las altas cumbres. En las cadenas montañosas la acumulación de la nieve está condicionada, aparte de la precipitación, por el rumbo y fuerza de los vientos, generalmente muy violentos y con dirección acorde con el relieve.

### **Vientos**

Por su ubicación respecto de las dos células anticiclónicas, la región de estudio se halla bajo el área de influencia del anticiclón del Pacífico, que al este de los Andes origina vientos predominantes del sector sur durante todo el año. Esos vientos atraviesan esta región árida de valles en el oeste y de bolsones y llanuras hacia el este. En la parte sur de esta zona prevalecen los vientos del sur y en la parte norte vientos del sector este. Estas direcciones corresponden al

*Dr. J. C. C. C.*





trazado de las isobaras, pues la posición media anual del centro del anticiclón del Pacífico está entre los 15°S y los 30°S. En el verano se registra una mayor frecuencia y una velocidad más alta de los vientos del sur, en correspondencia con el gradiente de presión mayor hacia la presión continental.

### **Nubosidad**

La nubosidad muestra para la región de Cuyo menos del 40% de cielo cubierto anualmente. La variación de la nubosidad a lo largo del año, muestra condiciones de cobertura casi uniformes a lo largo del año. Esto ocurre debido a que no reciben la influencia marítima del Atlántico, por la distancia que las separa de la costa y tampoco, la influencia del Pacífico, debido a la gran altura de la cordillera, en estas latitudes. La variación anual es típica para una región subtropical con el máximo en invierno.

### **Heliofanía**

La heliofanía es la duración del registro de la luz solar directa que alcanza la superficie y es una variable importante en los procesos biofísicos y químicos que se registran en las plantas y en sus frutos. De acuerdo con las latitudes entre las cuales se ubica la región cuyana, la duración astronómica de la heliofanía está comprendida entre 13 horas 40 minutos, en el norte de Cuyo y 14 horas 35 minutos en el sur, para el mes de diciembre.

Los datos de heliofanía efectiva tomados en Mendoza muestran que el promedio anual está por encima de 3.000 horas (aprox. 8 horas diarias), o sea entre el 65 y 75 % del máximo posible de insolación. Durante el verano este valor alcanza a 11 horas diarias.

### **Clasificación climática**

Se ha tenido en cuenta la clasificación climática de Koeppen (1948), que se basa fundamentalmente en las variaciones de la temperatura y la precipitación, (elementos meteorológicos fácilmente disponibles), sus variaciones estacionales y sus efectos sobre la vegetación natural.

Se consideran cinco Grupos Climáticos principales (primera letra) y Subgrupos (segunda y tercera letras): A) Climas tropicales lluviosos, B) Climas Secos, C) Templados lluviosos, D) Climas fríos de los bosques nevados, E) Climas Polares, H) Climas polares de altura.

*Dr. J. C. C. C.*



**Tabla 35. Clasificación climática Koeppen.**

<b>A</b>	Climas lluviosos tropicales	El mes más frío supera los 18°C
<b>B</b>	Climas secos	La evapotranspiración es mayor que la precipitación
<b>C</b>	Climas templados lluviosos	Un mes supera los 10°C y el más frío supera 0°C
<b>D</b>	Climas fríos de bosques nevados	Un mes supera los 10°C y el más frío no supera 0°C
<b>E</b>	Climas polares	El mes más cálido no supera los 0°C
<b>H</b>	Climas polares de altura	Zonificación altitudinal con ciclo anual térmico latitudinal

Se caracteriza por identificar a las diferentes regiones climáticas mediante combinaciones de letras que responden a iniciales de palabras derivadas del idioma alemán. Dada la diversidad de regiones climáticas, se mencionarán solamente aquellas que caracterizan a la provincia de Mendoza y sus adyacencias:

#### Índices

- B- Climas secos
  - BS seco de estepa
  - BW desértico
- E- Climas polares
  - ET de tundra
  - EF de hielos eternos

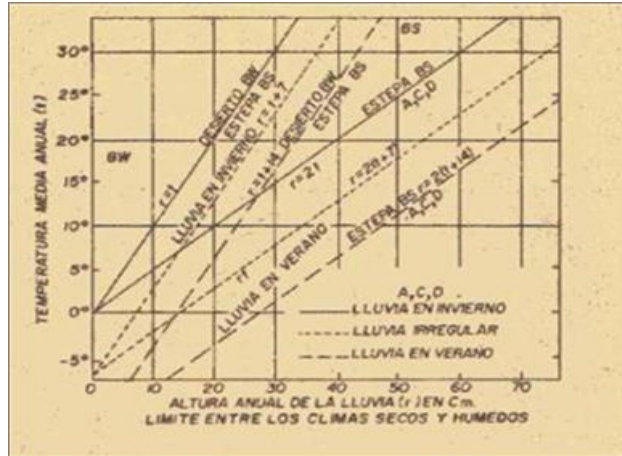
#### Subíndices

- a: la temperatura del mes más caliente es mayor que 22° C.
- b: la temperatura del mes más caliente es menor que 22° C y en al menos cuatro meses es mayor de 10°C.
- h: caliente, con temperatura media anual mayor que 18° C.
- k: frío en invierno con temperatura media anual menor que 18° C.
- k': ídem que k, salvo que la temperatura media del mes más caliente es inferior a 18°C.
- s: seco en verano.
- w: seco en invierno.

Dña. Silvia

De acuerdo con la clasificación mencionada la provincia de Mendoza está dominada por la zona climática del tipo B.

**Figura 94. Delimitación de climas secos según temperatura y precipitación.**



El límite entre el clima seco estepario y el desértico está determinado por una relación entre la precipitación (en cm) y la temperatura (en °C) dada por las rectas  $r = t$  y  $r = t + 14$ , donde  $r$  es la cantidad de precipitación anual y  $t$  es la temperatura media anual. Koeppen construyó un gráfico que permite establecer (conociendo  $r$  y  $t$ ) en qué tipo de clima seco está ubicada una localidad. Se observa que en la región cordillerana como la correspondiente al AID el clima es de tipo polar debido a la altura, incluyéndose zonas de clima polar helado (o de hielos eternos). El límite entre el clima de tundra ET y el de polar helado EF está dado por la isoterma de 0°C correspondiente a la temperatura media del mes de enero. El clima ET se caracteriza por no tener bosques, pero sí algunos arbustos al menos en verano. El EF tiene ausencia absoluta de vegetación. En las altas montañas de las latitudes medias se encuentran climas de tipo polar, y se añade la letra H para distinguirlos de las regiones polares. Mendoza posee zonas que se encuentran entre los climas B, E y H.

**Tabla 36. Clasificación correspondiente al AID.**

<b>B</b>	Climas Secos	<b>BS</b>	seco de estepa
		<b>BW</b>	seco desértico
<b>E</b>	Climas Polares	<b>ET</b>	polar de tundra

*Manuscrito vertical con firma y nombre: D. N. y A. C. S. y A. C. S.*



**MANIFESTACIÓN GENERAL DE IMPACTO AMBIENTAL**  
Centro Turístico Sustentable de Alta Montaña El Azufre  
Malargüe, Mendoza, República Argentina

		<b>EF</b>	polar de hielos eternos
<b>H</b>	Climas de altura	Sin subclases particulares	

**Contexto regional**

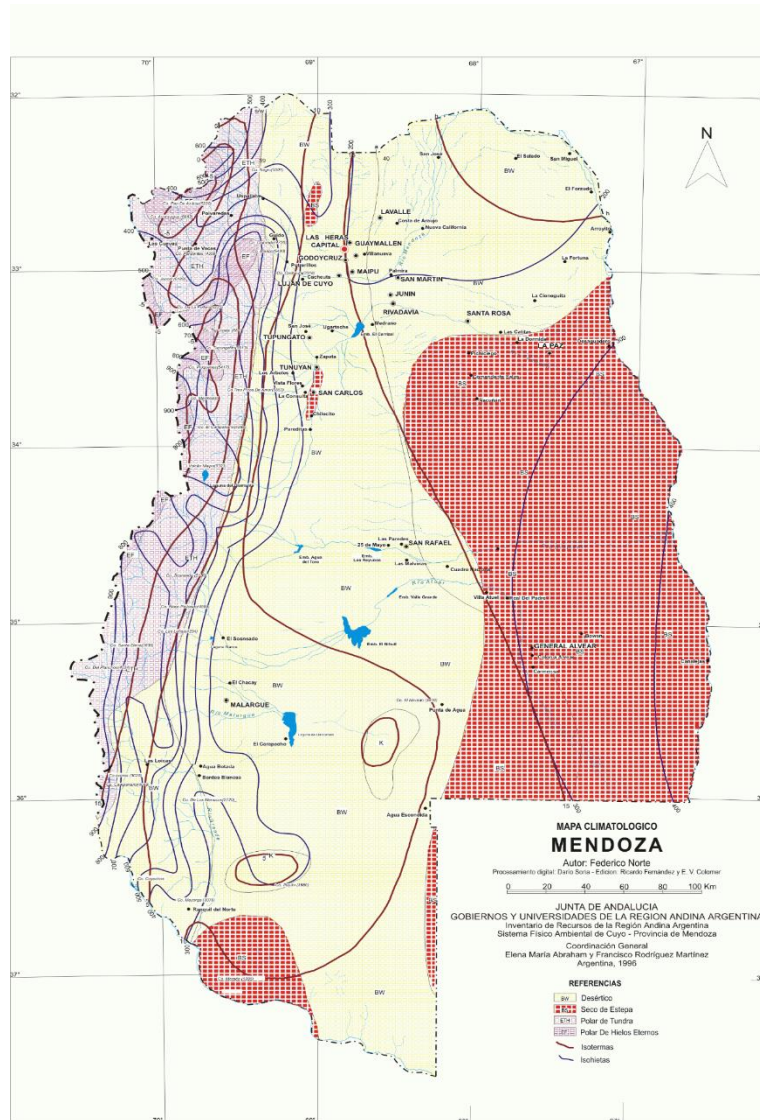
Como se puede observar en la siguiente figura, en la línea de base, el clima según la clasificación adoptada y descrita anteriormente, corresponde al polar de tundra, mencionado en las referencias como ETH, lo que significa una distinción por ser de altura, precisamente de alta montaña, que modificado por el factor de la altitud y disposición del relieve. Corresponde al tipo de tundra alpina, que hace referencia a las montañas de cualquier sitio en el planeta, a alturas donde no crece ningún tipo de vegetación con estratos arbóreos. Una gran diferencia con la tundra ártica, es que sus suelos suelen estar drenados naturalmente, por lo cual no se encuentra formación de permafrost.

Dña. Silvia





**Figura 95. Mapa climático de la Provincia de Mendoza.**



Fuente: Norte, F. (1996). Recuperado de:  
<https://www.mendoza-conicet.gob.ar/ladyot/catalogo/cdandes/ig04i.htm#index>

*Man. Cuyo*



Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
Mendoza, Argentina. M 5502/IMA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo

### Parámetros climáticos

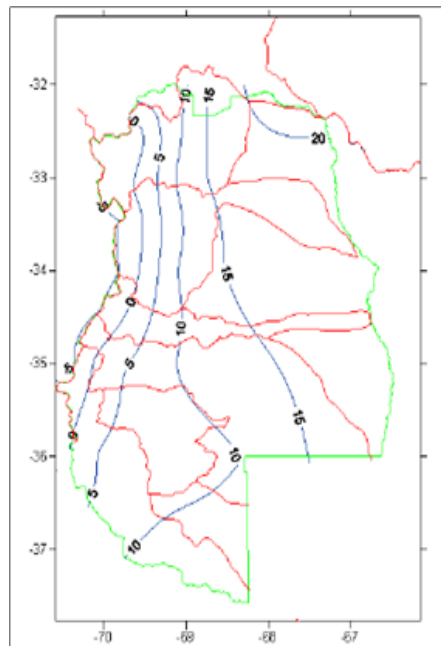
#### Temperatura

Desde el punto de vista térmico, se ha sugerido para Mendoza, la división del año climático en dos épocas, debido a las claras diferencias de temperatura máxima, mínima y media.

De acuerdo con los distintos procesos atmosféricos, se interpreta que los estados del tiempo resultan en dos períodos con diferentes actividades en lugar de las clásicas divisiones en estaciones; de mayo a agosto hay temperaturas máximas por debajo de los 15° C; mientras que el resto del año, las máximas superan este valor.

Por otra parte, puede señalarse que, en la parte alta de la cuenca, las temperaturas son muy bajas.

**Figura 96. Esquema con temperaturas medias anuales cada 5° C.**



El comportamiento de la temperatura mes a mes para la ciudad de Malargüe, se muestra en la siguiente figura:

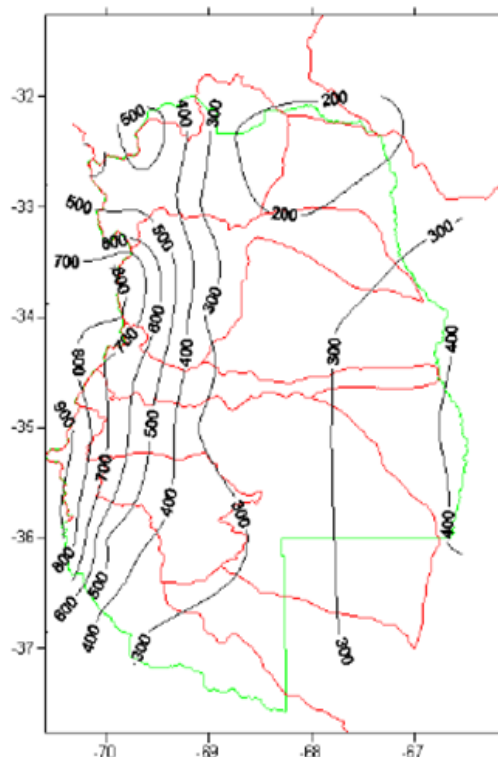
*Mano de Carlos*



## Precipitaciones

En general, en cuanto a las precipitaciones, se pueden distinguir dos unidades: precipitaciones escasas al Este (de 200 a 400 mm), y precipitaciones abundantes hacia el Oeste (de 500 a 900 mm).

**Figura 98. Esquema de las precipitaciones totales anuales en mm.**



### Referencias

isohietas (negro); límites de cuencas (rojo); límites provinciales (verde).

Al sur de los 34° S, las precipitaciones superan los 400 mm y aumentan rápidamente de este a oeste. Tal aumento no se observa en la unidad del norte, pues el cambio se produce en el territorio chileno. En la cuenca superior del río Grande, se pueden acumular precipitaciones superiores a los 900 mm/año. Hacia aguas abajo, las precipitaciones descienden hasta llegar a 420 mm/año en Bardas Blancas.

*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C.*



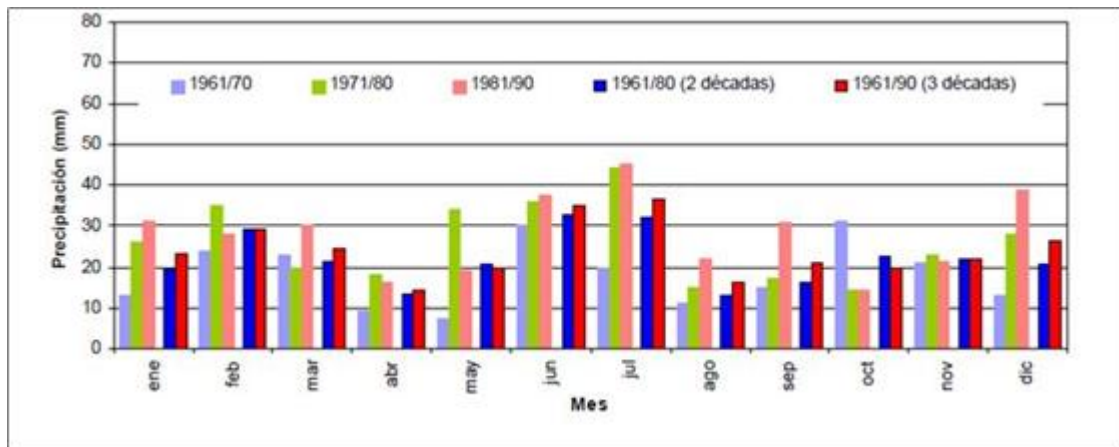
Se puede concluir que las precipitaciones son típicamente invernales, se producen principalmente entre mayo y agosto. Este hecho coincide con el desplazamiento en invierno, del anticiclón hacia el N, pues es el momento en que envía aire templado y húmedo. Mientras que, el aire del Océano Pacífico llega a las planicies a través de la provincia de Neuquén o La Pampa e impone un régimen invernal de precipitaciones al SO de Mendoza, como en la cuenca del río Grande.

Fuera del invierno, el anticiclón del pacífico está desplazado hacia el S, aporta al centro, norte y este de Mendoza aire seco, generando un largo período que alcanza a las dos terceras partes del año.

Al este de la montaña las transformaciones sufridas por las masas de aire del Pacífico que ingresan a través de Los Andes mendocinos son muy grandes. Las planicies mendocinas solo reciben, por esta vía, vientos cálidos y secos o masas de aire que descienden de la cordillera calentándose adiabáticamente y secándose resultando muchas veces en viento Zonda.

En relación con la ciudad de Malargüe se detecta la variación de precipitación total mensual, que a diferencia de la temperatura, presenta una asimetría con un máximo principal en el mes de julio y dos máximos secundarios, uno de febrero y otro en septiembre, respondiendo cada uno de ellos a factores distintos.

**Figura 99. Variación decádica de las precipitaciones medias mensuales, Malargüe.**



En el caso del máximo de julio, se relaciona con el régimen de precipitación de tipo invernal, también llamado mediterráneo, típico de la costa del Océano Pacífico. Se trata de precipitaciones

Dña. Silvia

de lluvia y nieve provocadas por el desplazamiento de centro de baja presión atmosférica con sistemas frontales asociados.

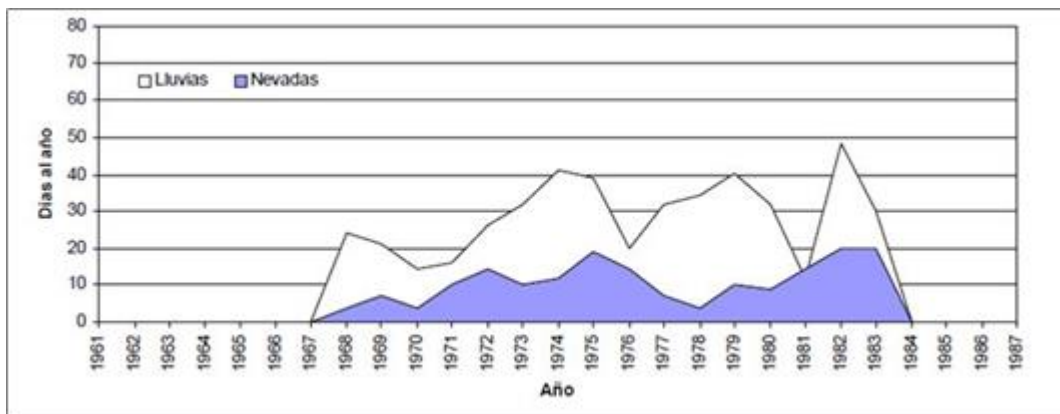
El máximo secundario o relativo de febrero, responde a las precipitaciones originadas en nubes convectivas (cúmulos-nimbus), conocidas como nubes de “tormentas de verano”; estas tormentas pueden estar acompañadas de actividad eléctrica. Aquí es predominante el régimen de lluvias generadas por advección de humedad proveniente del Océano Atlántico que presenta sus máximos en verano.

En el mes de septiembre influyen en Malargüe los dos regímenes mencionados: el del Océano Pacífico en la primera quincena del mes; y el del Océano Atlántico, advección húmeda del este, aproximadamente al finalizar la segunda quincena. Este período de precipitaciones, producido por la advección de humedad proveniente del Océano Atlántico, presenta en sus fases iniciales lluvias y lloviznas que no son de tipo convectivo. Recién a finales de septiembre puede producirse, eventualmente, alguna tormenta eléctrica.

### Lluvias y nevadas

Se muestra el número de días con lluvia y con nevada en Malargüe a lo largo de los años analizados en la siguiente figura. En realidad, la serie no es lo suficientemente extensa como para detectar algún comportamiento cíclico. Sin embargo, se puede detectar que los mínimos de lluvia del período tienen una recurrencia de aproximadamente 5 a 6 años.

**Figura 100. Distribución de frecuencia anual de lluvias y nevadas, Malargüe.**



Dña. Silvia  

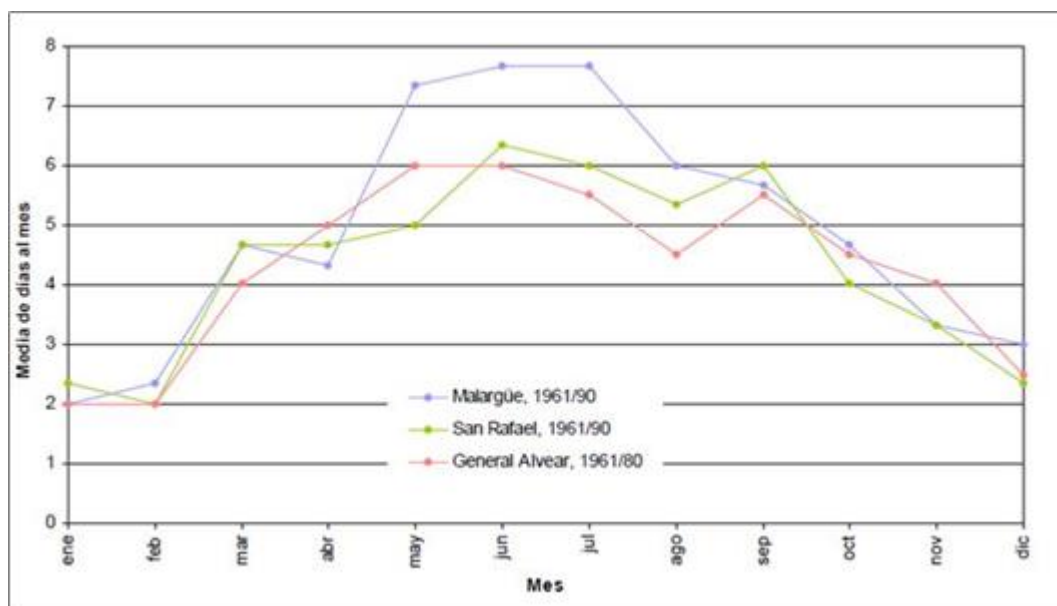

En cuanto a las nevadas, se pueden distinguir mínimos importantes en 1968, 1970 y 1978. Como dato significativo, se destaca que en 1982 se registraron los máximos absolutos de nieve y lluvia. En ese año comenzó un evento El Niño que abarcó el período 1982-1983, que por su intensidad fue calificado como el más importante del siglo XX, sin considerar el evento reciente de 1997/1998, fuera de esta serie.

En términos generales, se puede observar que en Malargüe hay una tendencia creciente en el número de días con precipitaciones.

### Nubosidad

En la Figura siguiente, la línea azul muestra la distribución mensual de la nubosidad total, para la ciudad de Malargüe. Se puede apreciar que el máximo de días con cielo cubierto corresponde a los meses de invierno. El mínimo secundario de abril coincide con el pasaje de un tipo de régimen de precipitaciones y sistemas de tiempo predominantes (estival o Atlántico a invernal o Pacífico). Por el contrario, enero es el mes con menos cantidad de días con cielo cubierto. Si bien, la época de tormentas es el verano, dado que éstas se manifiestan en forma aisladas, no dan lugar a muchos días con cielo totalmente cubierto en ese período del año.

**Figura 101. Distribución de frecuencia mensual de los días con cielo totalmente cubierto.**



Dña. Silvia

## Heladas

Se muestra la distribución de frecuencia anual entre 1968 y 1983 para Malargüe del número de días con heladas, observándose que como mínimo hay 150 días con heladas al año en la figura próxima.

Comparando los datos, se observa que los años con menor cantidad de heladas coinciden con los de mayor número de nevadas.

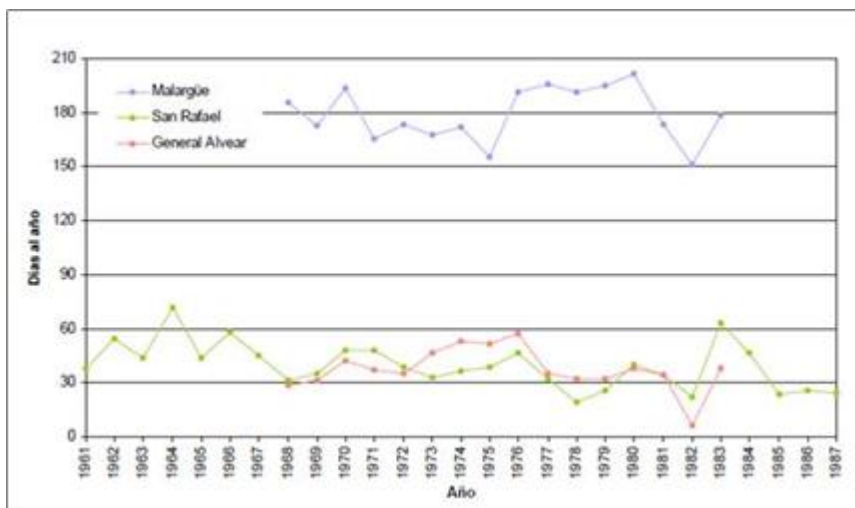
Ello se debe a que los máximos de nevadas implican mayor frecuencia de días con cielo cubierto y por tanto, de menor amplitud térmica que son propias de períodos húmedos. Por el contrario, en épocas más secas la ocurrencia de heladas es mayor.

Es notable la señal del calentamiento observada en las últimas décadas, evidencia por la declinación de la frecuencia media de días con heladas.

El valor medio disminuye desde más de 50 eventos a principios de la década 1961-1970, a menos de 30 al finalizar la década 1981-1990, si se observa la tendencia para San Rafael.

Además, se observa que 1976 fue un año de alta frecuencia de heladas para los períodos analizados, coincidiendo con la finalización de un evento fría La Niña de la Oscilación del Sur.

**Figura 102. Distribución de frecuencia anual de heladas.**

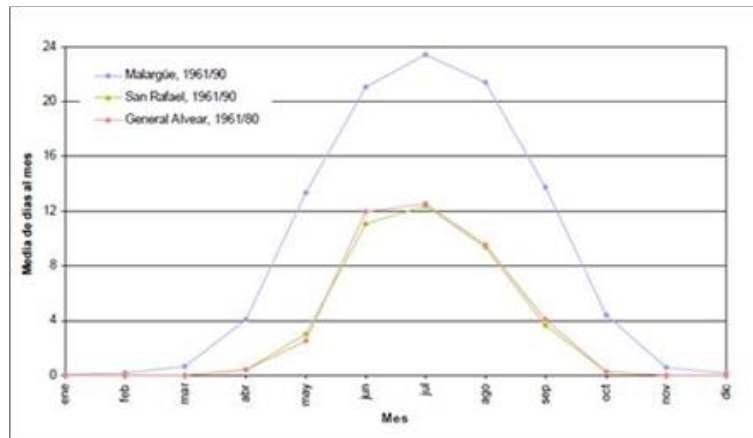


Dña. Silvia



En cuanto a la distribución mensual se puede observar que las heladas pueden ocurrir en cualquier mes del año. Además, se observa un máximo en el mes de julio, siendo el período mayo-septiembre el que mayor frecuencia de heladas presenta.

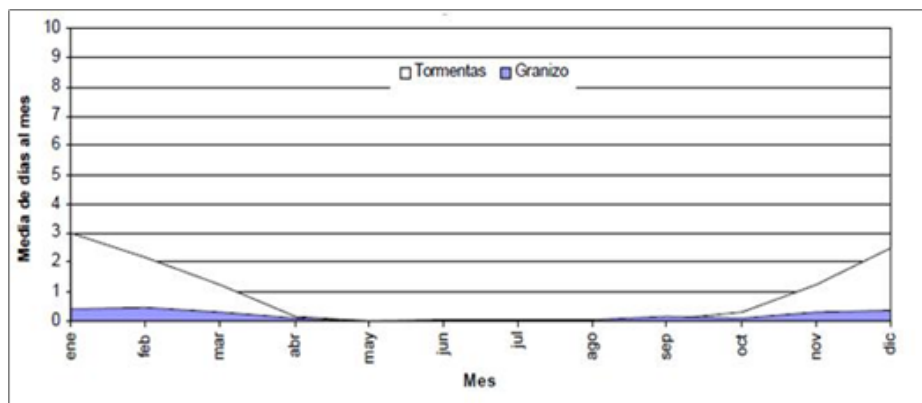
**Figura 103. Distribución de frecuencia mensual de heladas.**



### Tormentas de verano

Se indica la distribución de frecuencia mensual de los días con tormenta eléctrica y con granizo en Malargüe en la siguiente Figura.

**Figura 104. Distribución de frecuencia mensual de las tormentas eléctricas y el granizo, Malargüe (1961-1990).**



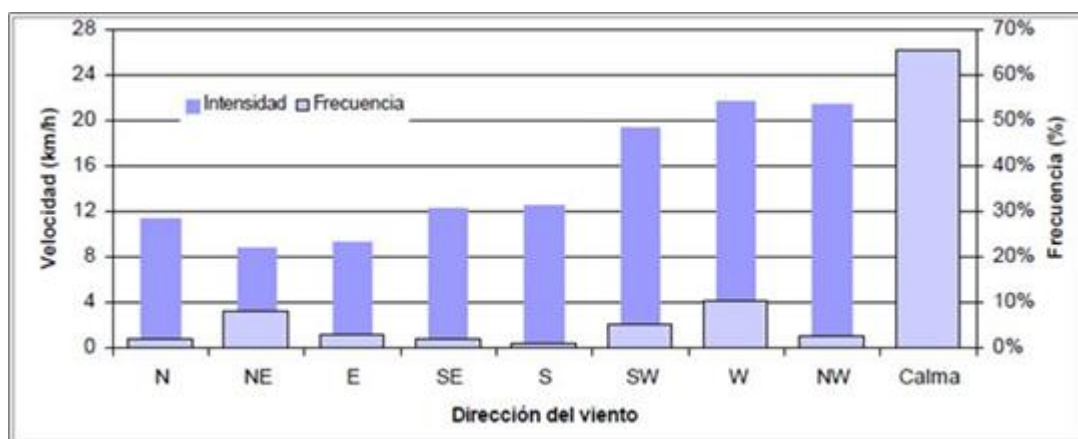
Dña. Silvia

Se observa un claro predominio de ocurrencia de tormentas desde principios de primavera hasta finales del verano. Con respecto al granizo, que puntual y aleatoriamente los acompaña, en ninguno de los casos aparece con una alta frecuencia de ocurrencia, ni siquiera en los meses de mayor convección. Esto se debe al carácter meso escalar del meteoro.

## Viento

La siguiente Figura, muestra la distribución del viento medio por dirección y por intensidad.

**Figura 105. Dirección y velocidad media del viento, Malargüe (1961-1990).**



Se observa que la dirección más frecuente del viento es del oeste. Las direcciones que le siguen en importancia son el noroeste y el sudoeste, y la menor frecuencia la presenta la dirección sur.

Debe señalarse que este departamento está ubicado en una latitud muy próxima a la zona de circulación de vientos semipermanentes del oeste<sup>4</sup>, a las puertas de la Patagonia e inmediatamente a sotavento de la Cordillera de Los Andes.

Esta es una de las causas principales por lo que dirección predominante del viento es del oeste; ello incluye el viento Zonda<sup>5</sup>, que sopla previo al avance de un frente frío, y el viento del oeste post-frontal que normalmente, en el transcurso de las horas, gira al sudoeste. Por lo tanto, en la mayoría de los casos, el viento sopla con una componente del oeste predominante.

<sup>4</sup> Ahrens, 1991.

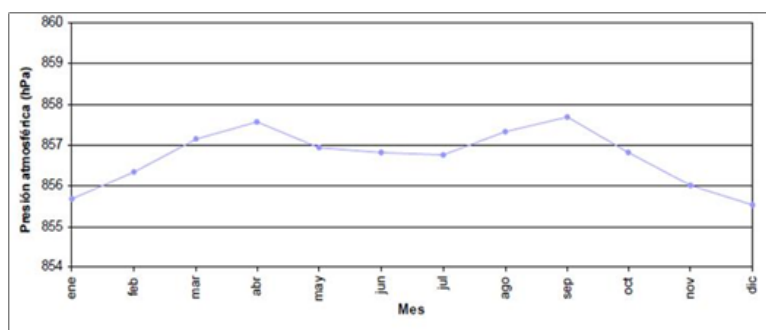
<sup>5</sup> Norte, 1988.

El viento del nordeste, que es más frecuente entre noviembre a marzo, es el responsable de advenir humedad a la región desde el este, favoreciendo la formación de tormentas de verano.

### Presión atmosférica

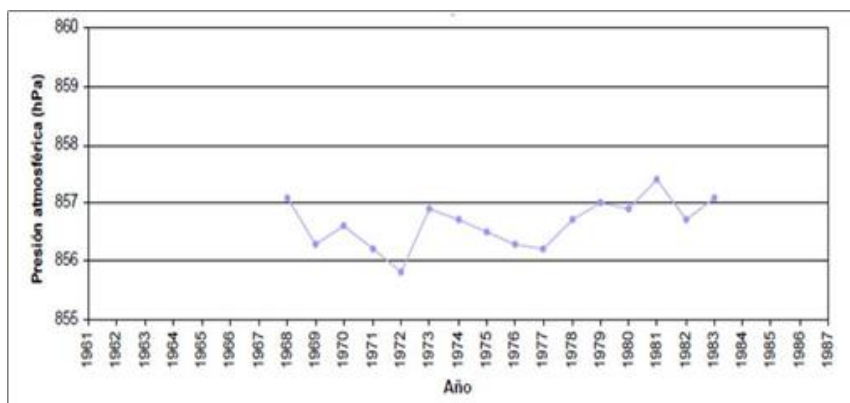
Se observan las variaciones de la presión atmosférica a lo largo del año. El valor medio anual (reducido al nivel de la estación) es de 856,7 hPa. Hay dos máximos significativos: uno en otoño (abril) y otro al finalizar el invierno (septiembre), y dos mínimos, uno principal en diciembre y otro secundario en julio.

**Figura 106. Variación mensual de la presión atmosférica, Malargüe (1961-1990).**



Se indica la presión atmosférica media anual del período 1968-1983. Se advierten mínimos relativos al comienzo de la ocurrencia del fenómeno El Niño, el cual en los 15 años analizados se registró en tres oportunidades: 1972-73, 1976-77, 1982-83.

**Figura 107. Variación anual de la presión atmosférica Malargüe (1961-1990).**



*DNyA. Cuyano*

Por otra parte, y en términos generales, hay una tendencia creciente o de ascenso de la presión atmosférica desde 1972 hasta 1983.

### Fenómenos meteorológicos relevantes

El análisis minucioso de la evolución de distintos fenómenos se realizó con la ayuda de las denominadas secuencias sinópticas, que consisten en datos completos del lugar, hora por hora, desarrolladas por el SMN. Esta información procesada y descodificada permite caracterizar los fenómenos más relevantes. Se consideran los fenómenos meteorológicos típicos de la zona en estudio, pero en su versión extrema o más significativa.

#### *Viento Zonda*

Es el fenómeno más común en Malargüe, sopla en cualquier época del año pero es más frecuente y de mayor intensidad en el invierno, aunque las variaciones en su frecuencia en la última década demuestran eventos de zonda incluso hasta diciembre. Suele estar asociado a tormentas de polvo y ocurre generalmente previo al pasaje de un frente frío.

No resulta fácil diferenciar entre el viento Zonda y el viento oeste post-frontal, debido a que ambos poseen velocidades semejantes y escasa humedad. Para diferenciarlos, especialmente en el invierno, se utiliza la nubosidad. Generalmente, la transición se observa cuando desaparecen los altocúmulos lenticulares, típicas nubes de viento Zonda, y surgen las nubes más bajas conocidas como nubes estratos, asociadas entre otras cosas, a pasaje de frentes fríos. El viento Zonda en Malargüe puede soplar en cualquier momento del día, pero es más frecuente después del mediodía. Un indicio de que el Zonda está finalizando y está llegando el frente frío, lo da la variación de la presión atmosférica que va aumentando sostenida y gradualmente cuando pasa el frente.

#### *Precipitaciones continuas no convectivas*

Son las lluvias de tipo otoño-invernales, prolongadas y uniformes, que ocurren mayormente entre marzo y noviembre. Se deben a diversas causas: frentes fríos o sistemas frontales originados en el Océano Pacífico, aire húmedo proveniente del Océano Atlántico generando el típico temporal conocido como "Sudestada", y zona de baja presión en altura (vaguadas).

Estas lluvias pueden durar más de un día entero y presentarse con temperaturas bajas entre los 3° C y los 6° C. Algo semejante sucede con las nevadas, pero éstas suelen tener una duración

*Dña. Silvia*



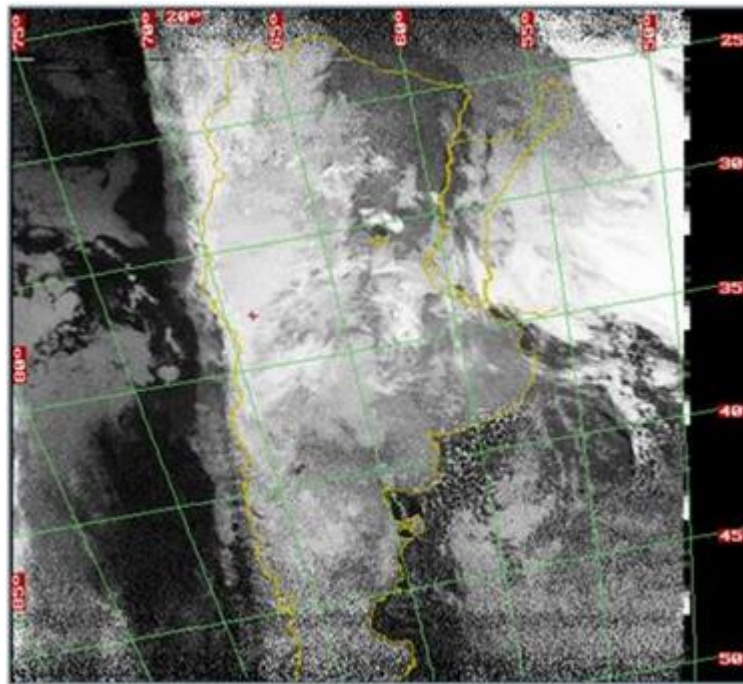
algo menor que las lluvias y lloviznas, con una temperatura que puede variar entre los 2° C y los -3° C cuando nieva. Estas condiciones determinan lluvias y lloviznas en forma ininterrumpida en la región con ocasionales nevadas en la zona cercana a Malargüe.

*Nevadas en el llano*

La Imagen Satelital siguiente, muestra la imagen infrarroja correspondiente a las 7:38 hora local del día 27 de junio de 1996, cuando una nevada significativa afectó la mayor parte del territorio provincial, siendo particularmente importante en la zona de interés.

Una tonalidad gris muy particular indica las zonas donde la nubosidad estratiforme posee gran cantidad de nieve precipitable y precipitante.

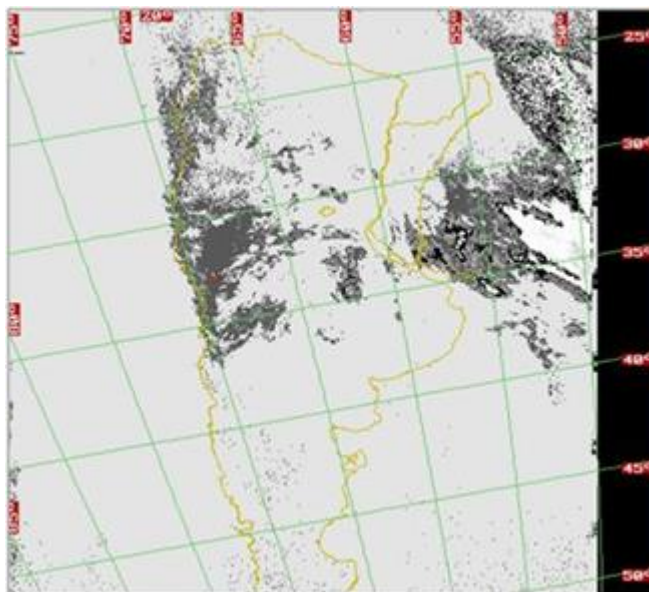
**Figura 108. Imagen infrarroja del 27 de junio d 1996 a las 7:38 hora local, mostrando una situación de nevadas en el llano mendocino.**



La siguiente Imagen, corresponde a un análisis especial donde se recorta solamente la nubosidad significativa.

Dña. Silvia

**Figura 109. Tratamiento digital de la misma imagen, rescatando la nubosidad más significativa.**



En este caso, si bien la nubosidad es baja, y por lo general desaparece en este tipo de análisis, no ocurre lo mismo donde el contenido de agua en estado sólido es importante.

De allí que la zona de Mendoza se pueda apreciar una tonalidad gris especial que indica la presencia de abundantes cantidades de copos de nieve.

### ***Estación Nivométrica El Azufre***

En marzo del año 2021, se instala en el predio de El Azufre la “Estación Nivométrica El Azufre”, correspondiente a la Red Hidrológica Nacional (RHN) de la Dirección Nacional de Política Hídrica y Coordinación Federal.

Esta estación se localiza en las coordenadas siguientes:

- Latitud: 35°14'29.09"S
- Longitud: 70°30'25.21"O

*DNyA. Cuyo*



## MANIFESTACIÓN GENERAL DE IMPACTO AMBIENTAL

Centro Turístico Sustentable de Alta Montaña El Azufre  
Malargüe, Mendoza, República Argentina

La RHN es una herramienta de planificación del Estado Nacional para disponer en tiempo y forma de información hidrológica necesaria. Está orientada a la evaluación y a la recolección y procesamiento de datos de cantidad y calidad del recurso hídrico, con una importante presencia en el territorio nacional. Constituye una herramienta sólida para la coordinación interjurisdiccional e interinstitucional en la búsqueda de consensos que abonen a la gestión y administración integrada de los recursos hídricos. La RHN a través del desarrollo e implementación de un Sistema Nacional de Información Hídrica, contribuye al correcto diseño y construcción de los diversos tipos de obras de infraestructura (viales, hidráulicas, portuarias, etc.) y a lograr un eficiente aprovechamiento del agua para sus múltiples usos (agua potable, energía, riego, industrial, minero, turístico, etc.). A través del Contrato de Obra Pública Red Hidrológica Nacional Periodo 2018-2023, se trabaja en el fortalecimiento de la RHN incorporando monitoreo que permita la transmisión de Datos en tiempo cuasi real, capturando los mismos automáticamente, almacenándolos en una interfaz interoperable y visualizándolos en el sitio web institucional; y a su vez se encuentran disponibles para el público en general a través de la página [www.snih.argentina.gob.ar](http://www.snih.argentina.gob.ar)

*Manuel C. C...*



Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
Mendoza, Argentina. M 55021MA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
 funcuyo

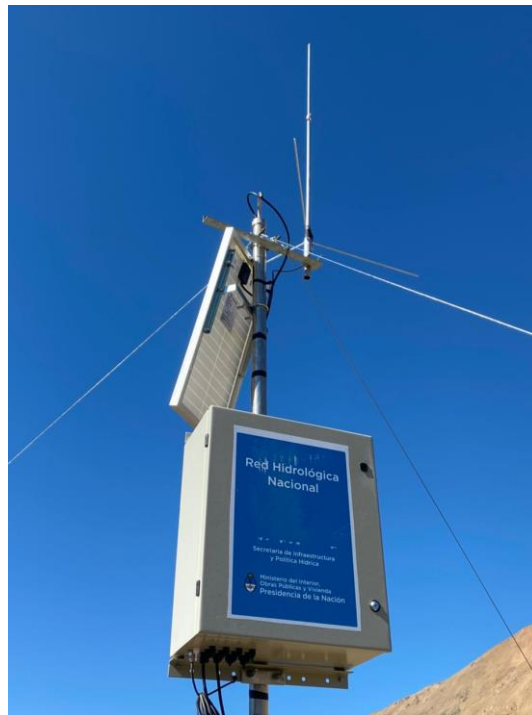




**Figura 111. Acciones de instalación de la estación Nivométrica El Azufre, marzo 2021.**

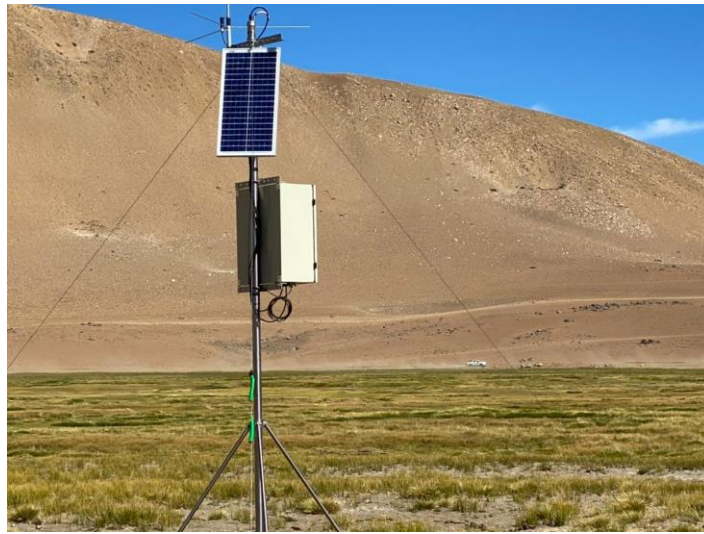


**Figura 112 Detalle de la estación Nivométrica El Azufre, marzo 2021.**



*Manuel Estigarribia*

**Figura 113. Vista de la estación Nivométrica El Azufre, marzo 2021.**



### ***Estación Meteorológica El Azufre***

Dicha estación se encuentra en los alrededores del Cerro Punilla, y su ubicación es: Latitud (S): 35° 13' 39" / Longitud (W): 70° 28' 02" / Altitud: 2953 msnm.

Desde julio de 2021, esta estación meteorológica comenzó a registrar y enviar datos vía satélite cada 30 minutos, y así se dio comienzo a un registro sistemático y continuo de las siguientes variables meteorológicas:

- Fecha y hora
- Presión atmosférica
- Temperatura
- Velocidad del viento
- Dirección del viento
- Temperatura de punto de rocío
- Humedad relativa
- Ráfaga del viento
- Temperatura mínima y máxima (en los últimos 30 min)

*DNyA. Cuyano*

Se trata de una estación meteorológica automática Davis Vantage Pro2 cuyos sensores cumplen con normativa de la Organización Meteorológica Mundial, y cuya instalación estuvo a cargo del meteorólogo Adrián Irurzun.

**Figura 114. Vistas de la Estación Meteorológica El Azufre, julio 2021.**



*Adrián Irurzun*

## D. Agua

### *Hidrología Superficial*

#### Descripción Geográfica. Cuenca del Río Grande

La siguiente descripción de la cuenca del río Grande ha sido extraída de: Proyecto Aprovechamiento Integral del Río Grande, Estudio de Base Cero. 4.a. Hidrología (superficial).

La cuenca del río Grande se ubica al sur de la provincia de Mendoza, en el departamento de Malargüe. La misma se extiende entre los paralelos 34° 48' y 36° 53' de latitud sur y entre los meridianos 70° 34' y 69° 24' de longitud este, aproximadamente.

Limita al norte con la cuenca del Río Atuel, y al sur con la cuenca del río Barrancas y Colorado, del que es su principal afluente. El límite oeste está constituido por las altas cumbres de la cordillera principal en un frente cordillerano de unos 200 km.

Las mayores elevaciones sobre el límite oeste son: El Horno (3689 m), Santa Elena (3839 m), Punilla (3267 m), Del Planchon (4034 m), El Peñón (3514 m) y Campanario (4049 m).

El límite Este se extiende desde el Risco Plateado hasta la cuchilla de Los Entumidos y sigue compartiendo la divisoria con el Atuel, con elevaciones superiores a los 4000 m. Luego de la cuchilla, pasando por el cerro Torrecillas (3771 m), cerro Lagunita (3588 m), hasta la cuchilla del Infiernillo, con altitudes superiores a los 3600 m. Luego, el parteaguas tuerce hacia el este, hasta la sierra de Las Aguadas, pasando por el cerro Potrerito de los Morros (3789 m). En todo este sector, comparte la divisoria con la cuenca del Salado. Desde Las Aguadas, la divisoria, nuevamente cambia de dirección, predominantemente con rumbo norte-sur, hasta el cerro Marguira (3330 m). La línea pasa por los cerros Calquenque (3017 m) y de La Laguna (3118 m); en este sector, la divisoria separa las aguas que van al Grande de las del Pincheira y Malargüe.

Desde el cerro Marguira hasta el cerro Negro del Chacay-co (3006 m), la divisoria posee dirección este, y constituye el límite sur de la cuenca del río Malargüe; la elevación más importante en esta trama es el cerro Rezago (3602 m). Del cerro Negro del Chacay-co, la divisoria adquiere rumbo norte sur hasta el punto de cierre sobre el puente, en Bardas Blancas.

El límite sur, que separa aguas entre el Grande y el Barrancas, se extiende desde la cordillera principal, hasta el cordón de Mary, con el cerro de nombre homónimo (3626 m), pasando por la sierra de la Media Luna. De allí, la divisoria se dirige hacia norte por las crestas de la sierra Azul, con el cerro Llano Grande (2521 m), el cordón Pateomahuida, hasta el punto de cierre.

El río Grande es el más caudaloso de la provincia de Mendoza. Desde sus nacientes, se desarrolla en dirección predominantemente norte – sur. Se origina en la confluencia de los Río Tordillo y Valenzuela a la salida de la quebrada de La Estrechura. En ambos afluentes existen estaciones de aforo. El río Tordillo está formado por los arroyos El Yesero y del Perdido. El primero, drena las aguas provenientes del faldeo oriental de la cordillera principal; su afluente

*D. N. C. Cuyo*





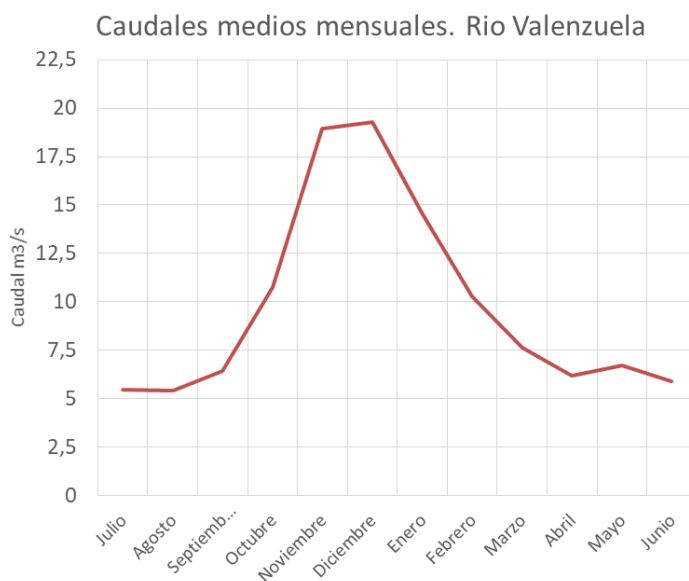
principal por margen derecha, es el arroyo Las Choicas. El segundo, recibe los aportes provenientes del contrafuerte divisorio del Atuel; por margen izquierda, recibe dos importantes afluentes como son los arroyos Vega Florida y del Burro. Ambos arroyos, el Perdido y La Línea, corren por valles estrechos, hasta su confluencia, a partir de la cual el valle alcanza mayor amplitud, y recibe por margen izquierda el arroyo del Portezuelo. Hacia aguas abajo, el río Tordillo alcanza Valle Hermoso, de origen glaciario, flanqueados por amplias terrazas fluvio-glaciares. En este sitio, el Tordillo se encuentra aforado.

El río Cobre, drena las aguas que provienen de los glaciares cordillera principal; posee un frente andino de aproximadamente 20 km. Posee una marcada dirección noroeste-sureste y desemboca en el Tordillo en Valle Hermoso.

Antes de la finalización del Valle Hermoso, el Tordillo, recibe dos afluentes por margen derecha: los ríos Santa Elena y de las Carga. Luego, penetra en un estrecho cañón, denominado Quebrada de la Estrechura, en cuyo trayecto, solo recibe pequeñas afluencias de margen izquierda, como el arroyo Cajón de los Oscuros. A la salida de la quebrada recibe los aportes del río Tiburcio, para confluir a escasa distancia de este, con el río Valenzuela, que constituye el origen del río Grande.

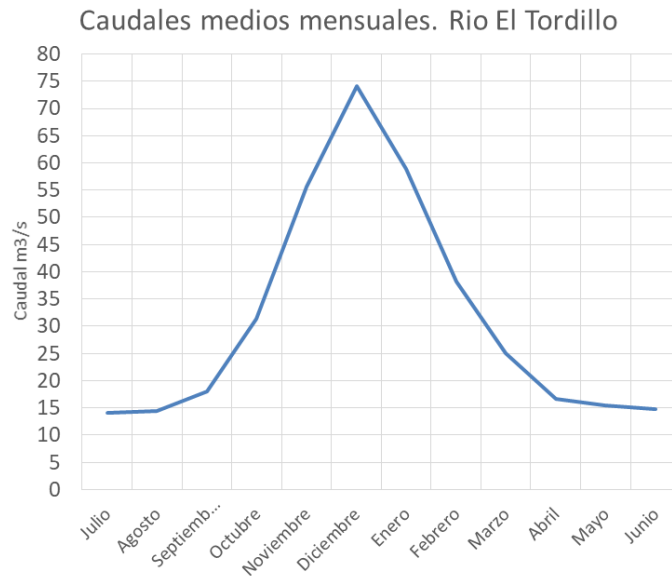
A los fines de exponer la importancia de los aportes del Tordillo y Valenzuela, se presenta un hidrograma con los caudales medios mensuales para el periodo que comprenden los años 1978/77 hasta el año 2020. Las estaciones están ubicadas antes de la confluencia de ambos. Datos extraídos de la Subsecretaría de recursos Hídricos de la Nación.

**Figura 115. Caudales medios mensuales. Río Valenzuela.**



*Manuel Ceballos*

**Figura 116. Caudales medios mensuales. Río El Tordillo.**



El río Valenzuela es el más importante de todos los afluentes del Grande. En la siguiente sección se realiza una caracterización con más detalle de esta cuenca.

Desde la confluencia del Tordillo y el Valenzuela, hasta la desembocadura con el río Chico, el río Grande recibe el aporte de importantes cauces como ser: Arroyo del Cura (aguas arriba de la descarga del Valenzuela). Continuando el recorrido hacia aguas abajo, descargan sus aguas los ríos Montañés y Montañesito, los arroyos El Yeso, El Seguro y Los Ángeles; por Margen izquierda: los arroyos de la Pampa, Infiernillo, de la Totorá, Calquenque, Yesero, de los Morros y Cari Lauquen.

El río Chico, posee una cuenca importante drenando sus aguas provenientes de la zona del cerro Campanario y paso el Pehuenche. Los afluentes que se destacan son los arroyos: Pichí-Trolón, Callao, Overas, Cajón Grande, Cajón Chico, Guanaco, Pehuenche, Pomar, Laguna y Loicas. Existe una estación de aforo sobre el río Chico. A partir de esta altura, el río Grande, define un nuevo rumbo.

En el tramo comprendido por la desembocadura del Chico y Bardas Blancas, el Grande recibe dos afluentes importantes por margen derecha como son el arroyo Leones y el Río Poti-Malal. Por margen izquierda, los más importantes son el arroyo Piedra Hernández y Chacay-co sur-sureste.

Dña. Silvia...



### Hidrología superficial del Área Operativa

Para la caracterización de la cuenca del río Valenzuela y las sub cuencas que la constituyen, además de la información de base se utiliza información procesada a través de modelos digitales de terreno, provistos por el IGN e información recopilada a campo.

Con el procesamiento del MDT se extraen una serie de datos que permiten calcular una serie de parámetros que ayudan a caracterizar el comportamiento de la cuenca frente a los fenómenos de precipitación, fusión (en el caso que se genere acumulación de nieve) y escorrentía.

Con el fin de describir la morfología de las cuencas se presenta a continuación los factores de forma y relaciones área – elevación; que permitirán tener una idea de cómo se desarrolla el escurrimiento en cada una de ellas.

Los datos necesarios para realizar esta caracterización son los siguientes:

- Superficie total de la cuenca (km<sup>2</sup>)
- Superficie por banda de altura (superficie que se genera entre dos curvas de nivel (km<sup>2</sup>))
- Perímetro del contorno de la cuenca (km)
- Longitud del cauce principal (km)
- Cota del punto más alto de la cuenca (msnm)
- Cota del punto más alto del cauce principal (msnm)
- Cota del punto menor de la cuenca o sección de control (msnm)

### *Parámetros a calcular*

#### Forma de la cuenca

Toda cuenca posee un área y un perímetro definido, pero dos cuencas de igual área no necesariamente poseen el mismo comportamiento hidrológico ya que la diversidad de formas puede condicionarlo.

Índice de compacidad: Relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de igual área. Mientras la cuenca tenga su forma más parecida al círculo, el número tenderá a 1 y se aleja en la medida que su forma sea más irregular.

Alejamiento Medio: Relaciona el recorrido de los cauces colectores del drenaje en el interior de la cuenca. Si la cuenca fuese cuadrada y el cauce tuviese la longitud de una arista, el valor sería de 1.

Factor de forma de Horton: Busca relacionar la distancia, entre la salida de la cuenca y su punto más alejado, con el área de la misma.

*DNyA. Cuyo*



### Relaciones Área – Elevación

Para caracterizar el relieve de la cuenca se presenta la curva hipsométrica de la misma. Consiste en representar en abscisas la superficie de la cuenca que se halla por encima de las cotas de altura representadas en el eje de ordenadas. Esto representa la superficie dominante para cada altura. Con los datos extraídos se calcula la relación hipsométrica, que consiste en la relación entre el área por encima de la curva y el área por debajo de la misma. Para una cuenca en estado de equilibrio morfológico el valor es igual a 1.

Para evaluar el equilibrio morfológico se representa la curva hipsométrica en términos relativos de altura y superficie. Permitiendo lograr una caracterización visual de los fenómenos de juventud, madurez y vejez de la cuenca en términos de potencial erosivo.

A modo de guía, se presentan las curvas hipsométricas características del ciclo de erosión de una cuenca. La curva A representa una cuenca con gran potencia erosiva, la B una cuenca en equilibrio y la curva C una cuenca sedimentaria, en términos de potencial erosivo. Siempre analizando la misma desde su comportamiento frente a escurrimientos superficiales y tratando de caracterizar de manera rápida el potencial erosivo de una cuenca. Para tener una idea más precisa de los fenómenos particulares dentro de una cuenca, es necesario avanzar con estudios más detallados. Una cuenca puede presentar condiciones medias de equilibrio (curva tipo B) pero luego al estudiarla en detalle, puede contener sub cuencas altamente erosivas o sedimentarias. El estudio dependerá del grado de intervención o intersección que posea la cuenca con las actividades o infraestructura proyectada.

*Dr. Carlos...*







Es importante describir la orientación de la cuenca, ya que esta puede tener incidencia en los efectos de la dirección de los frentes de precipitación, la dirección predominante de los vientos y la insolación de laderas, factor importante en las cuencas de fusión nival.

#### Pendiente del cauce principal

En la gran mayoría de las cuencas, la pendiente disminuye conforme el cauce avanza en la dirección de la desembocadura de la cuenca. Se toma la altura máxima, mínima y la longitud del cauce. Siempre sobre el cauce principal definido, no se utilizan las cotas máximas de la cuenca, a fines de ajustar la pendiente disminuyendo los efectos de mayores pendientes en las partes altas.

#### Descripción de la hidrología superficial Área Operativa

El área operativa está inserta en dos cuencas que descargan sus aguas en el Río Tordillo. El primer cauce en hacerlo es el Arroyo del Cura y luego el Río Valenzuela. Es luego de esta confluencia, que nace el Río Grande.

#### *Cuenca del Arroyo Del Cura*

**Figura 118. Cuenca Arroyo del Cura sobre imagen satelital.**



Fuente: Elaboración propia.

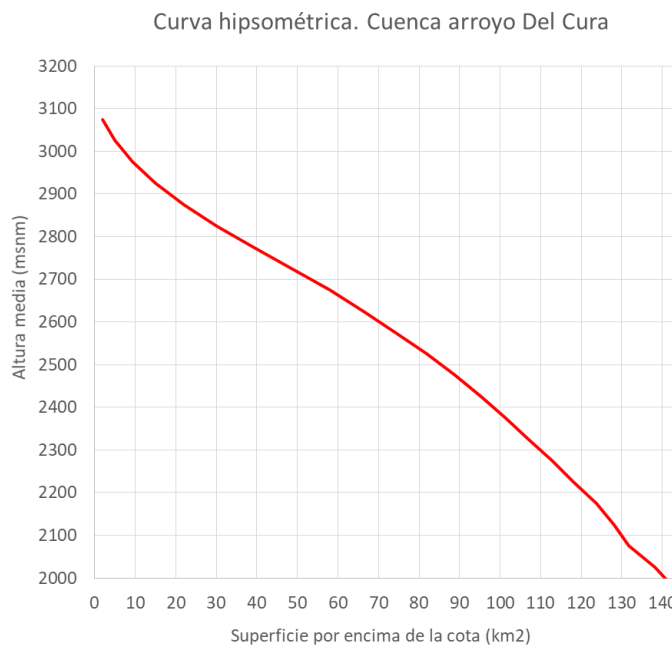
*DNyA. Cuyano*

Ubicada en el sector norte del área operativa, la misma se conforma por dos cauces importantes Arroyo del Cura y Tiburcio (este último tributario del Cura). Al confluir forman un cauce de relativa importancia, a unos 8 km antes de su desembocadura en el Tordillo.

Esta cuenca queda definida por la superficie aguas arriba de la confluencia del arroyo Del Cura con el río Tordillo. Además de integrar las dos cuencas nombradas anteriormente, Nacientes del Cura y Tiburcio, se suma un amplio valle denominado sub cuenca Del Cura Bajo que es atravesado por el cauce principal del Arroyo Del Cura y aportando su escurrimiento a lo largo de su desarrollo. Con una superficie total de 143,1 km<sup>2</sup> es uno de los aportes más importantes al Río Grande en su parte alta. En su parte alta presenta un frente cordillerano de unos 13 km de longitud, su ancho disminuye conforme se desarrolla, llegando al punto de cierre en la confluencia con el río Tordillo.

Se presentan los parámetros morfológicos correspondientes a las sub cuencas Nacientes del arroyo del Cura, la sub cuenca del arroyo Tiburcio y los de la cuenca completa del arroyo del Cura como punto de cierre la desembocadura del mismo en el Tordillo.

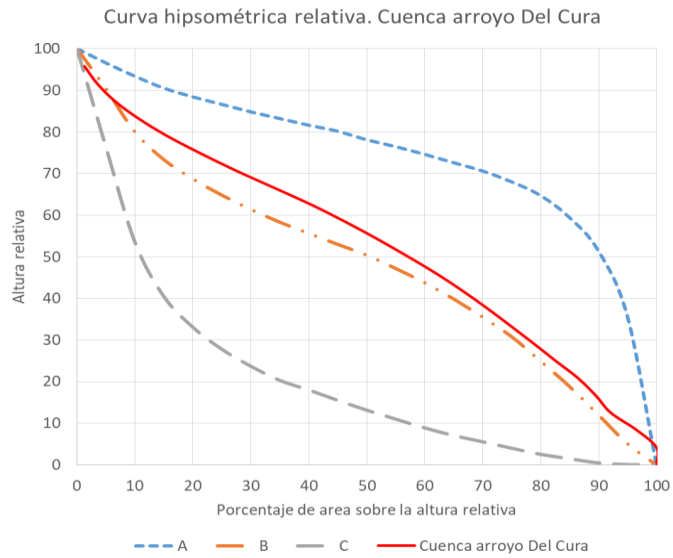
**Figura 119. Curva hipsométrica. Cuenca arroyo Del Cura.**



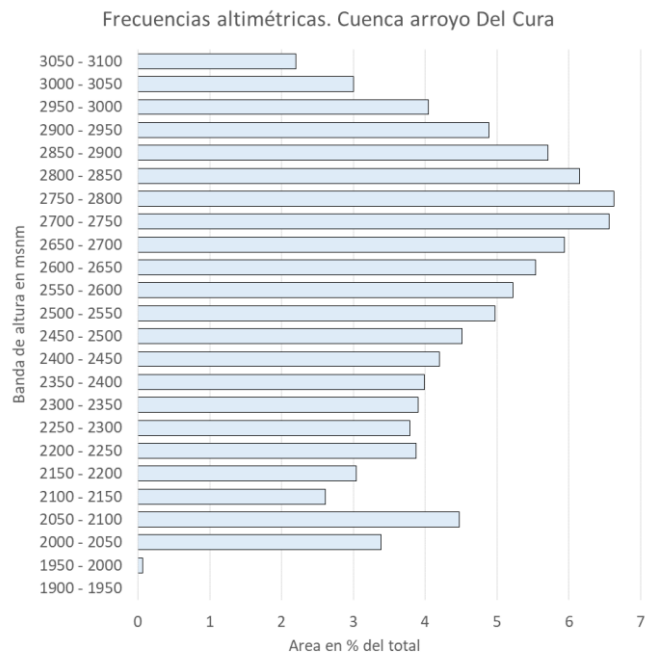
*Dr. J. C. C. C.*



**Figura 120. Curva hipsométrica relativa. Cuenca arroyo Del Cura.**



**Figura 121. Frecuencias altimétricas. Cuenca arroyo Del Cura.**



*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C.*





**Tabla 37. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.**

Parametro	Valor
Area de la cuenca km2	143,12
Altitud Media (msnm)	2583
Indice de Compacidad	1,48
Alejamiento Medio	1,51
Factor de forma de Horton	0,34
Relacion Hipsometrica	1,11
Pendiente media cauce (%)	1,65

*Nacientes del Arroyo El Cura*

**Figura 122. Nacientes Arroyo del Cura sobre imagen satelital.**



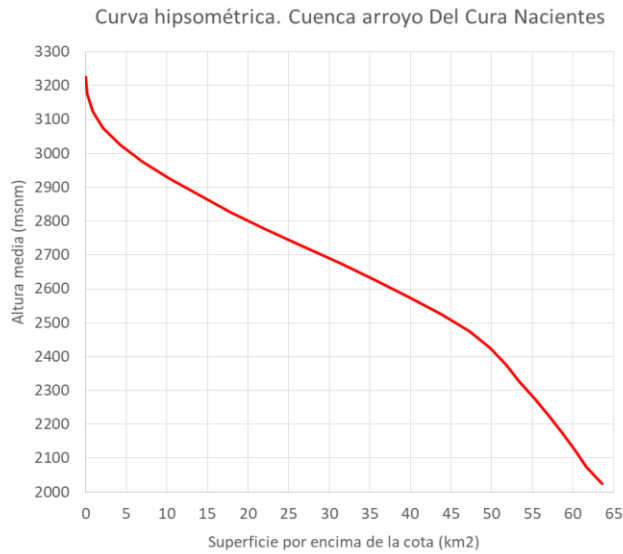
Fuente: Elaboración propia.

Se define esta cuenca como la superficie que drena sus aguas en la confluencia con el arroyo Tiburcio. La misma se desarrolla en dirección Sur Este, con un importante frente cordillerano (cordillera del límite) de 10 km. Ancho que disminuye conforme avanza su cauce, nutriéndose de numerosos arroyos menores. Luego de conformarse su cauce principal, saliendo de la cuenca alta, el arroyo escurre por un valle profundo con laderas muy accidentadas a margen izquierda con exposición predominantemente oeste. En su margen derecha, la ladera presenta una pendiente menor y exposición noreste. Presenta una superficie de 63,58 km<sup>2</sup> y una altitud media de 2666 msnm.

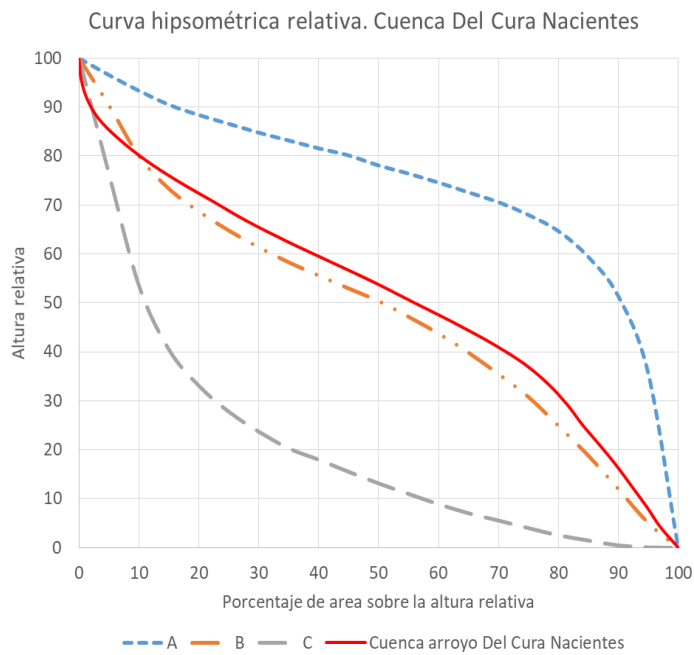
*DNyA. Cuyo*



**Figura 123. Curva hipsométrica. Cuenca arroyo Del Cura Nacientes.**



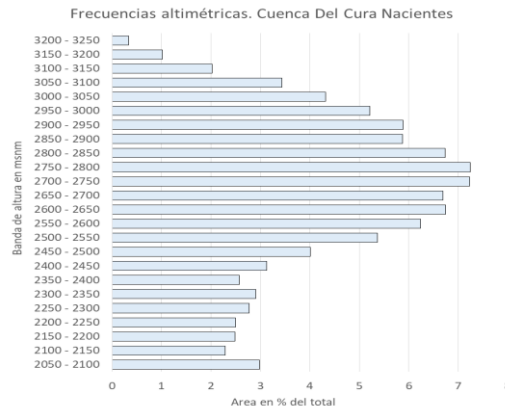
**Figura 124. Curva hipsométrica relativa. Cuenca arroyo Del Cura Nacientes.**



Dña. Silvia S.



**Figura 125. Frecuencias altimétricas. Cuenca del Cura Nacientes.**



**Tabla 38. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.**

Parametro	Valor
Area de la cuenca km2	63,58
Altitud Media (msnm)	2666
Indice de Compacidad	2,03
Alejamiento Medio	1,73
Factor de forma de Horton	0,53
Relacion Hipsometrica	1,05
Pendiente media cauce (%)	6,46

*Cuenca Arroyo Tiburcio*

**Figura 126. Cuenca Arroyo Tiburcio sobre imagen satelital.**



Fuente: Elaboración propia.

*DNyA. Cuyo*

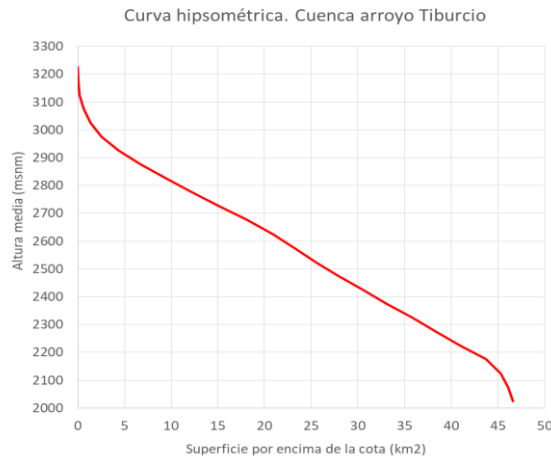


Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
Mendoza, Argentina. M 5502. IMA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

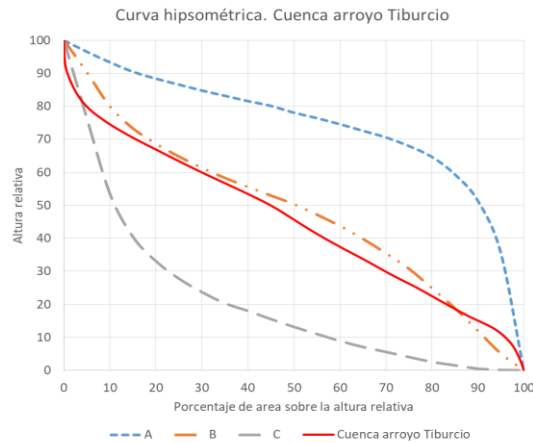
www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo

Ubicada en el sector norte de la cuenca del Cura, presenta en pequeño frente cordillerano de no más de 3 km. Limita al noroeste con la cuenca del Arroyo De La Carga, último afluente de margen derecha del Río El Tordillo antes de la descarga del arroyo Del Cura. Su forma es más bien alargada, con un solo curso de agua bien definido que recorre prácticamente la totalidad de la cuenca. Se desarrolla predominantemente hacia el sur exponiendo sus laderas hacia el este y oeste. Siendo la ladera de exposición oeste la más accidentada, la ladera de exposición este presenta una pendiente un poco más suave, pero no dejando de ser accidentada. Con una superficie de 46,63 km<sup>2</sup> y una altitud media de 2590 msnm es menor a la cuenca de las nacientes del Cura pero su altitud media es mayor.

**Figura 127. Curva hipsométrica. Cuenca arroyo Tiburcio.**



**Figura 128. Curva hipsométrica. Cuenca arroyo Tiburcio.**

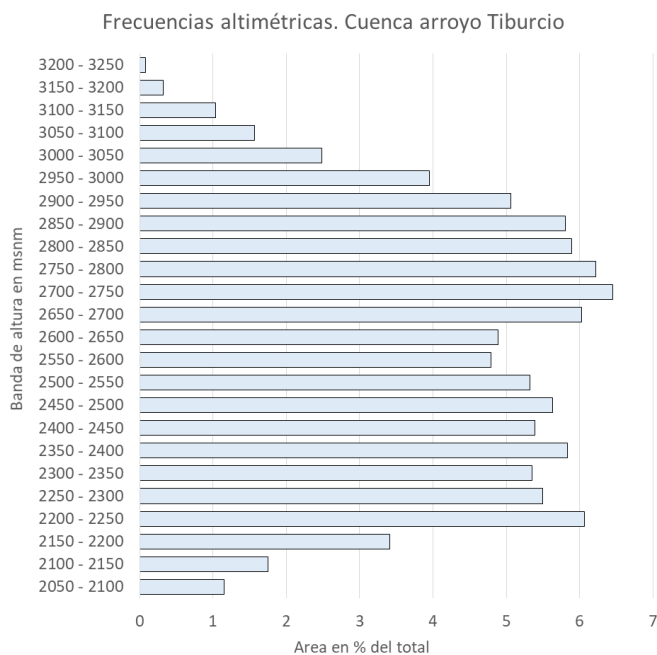


Dña. Silvia





**Figura 129. Frecuencias altimétricas. Cuenca arroyo Tiburcio.**



**Tabla 39. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.**

Parametro	Valor
Area de la cuenca km2	46,63
Altitud Media (msnm)	2592
Indice de Compacidad	1,89
Alejamiento Medio	2,01
Factor de forma de Horton	0,29
Relacion Hipsometrica	0,83
Pendiente media cauce (%)	5,24

Dña. Silvia  




*Río Valenzuela*

**Figura 130. Cuenca río Valenzuela sobre imagen satelital.**



Fuente: elaboración propia.

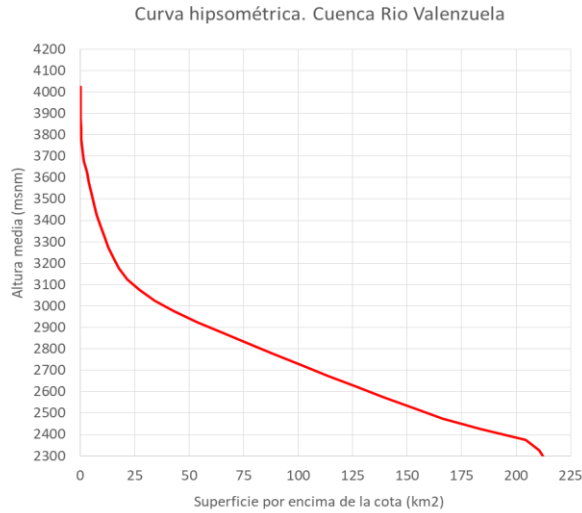
Este cauce representa en conjunto con el Río Tordillo y el Arroyo del Cura las nacientes del Río Grande.

El Río Valenzuela nace en la confluencia del arroyo Los Ciegos (este cauce representa las nacientes del Río Valenzuela), el arroyo Del Peñón y el arroyo Punilla. A lo largo de su recorrido va recibiendo aportes de diversos cauces importantes, como ser el Arroyo De Los Baños y cerca de su confluencia con el Tordillo, del Arroyo Del Fierro. Además del aporte de los cauces bien definidos, se identifican zonas o sub cuencas, Aportes al Valenzuela, Valenzuela Medio y Bajo, como áreas de drenaje de escurrimientos que, si bien no poseen grandes cauces de aportes, recolectan las aguas en pequeños arroyos que algunos escurren superficialmente y otros de manera subsuperficial, descargando sus aguas a lo largo del desarrollo del río. Estas sub cuencas son importantes ya que tanto la ruta 226 como los caminos secundarios, intersectan estos cauces menores generando la necesidad de materializar diversas obras de arte que permitan mejorar la transitabilidad de los caminos en función del nivel de seguridad que se quiera dotar a los mismos. Las sub cuencas de estos cauces menores son muy diversas en su morfología y potencial de erosión presentando importantes fenómenos de inestabilidad de taludes, en especial en las sub cuencas Valenzuela Medio y Bajo. Excede en este nivel de análisis la identificación de estas cuencas menores, y su caracterización frente a fenómenos

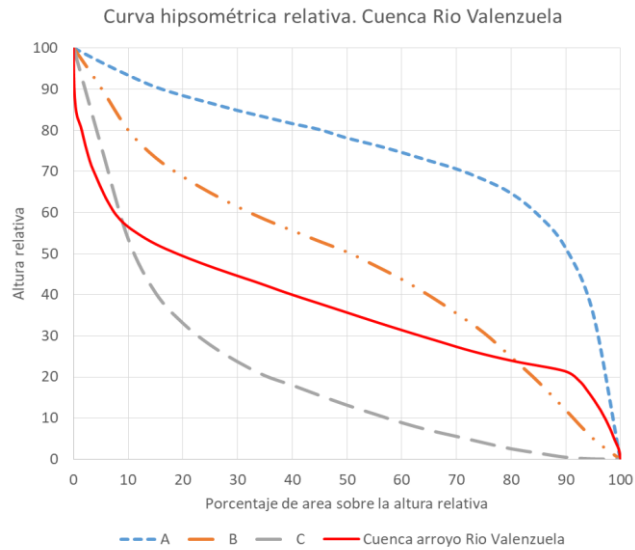
*Dr. J. C. C. C.*

tanto de precipitación - escorrentía como de estabilidad de taludes, se hace imperante su estudio a la hora de materializar obras sobre el camino.

**Figura 131. Curva hipsométrica. Cuenca río Valenzuela.**



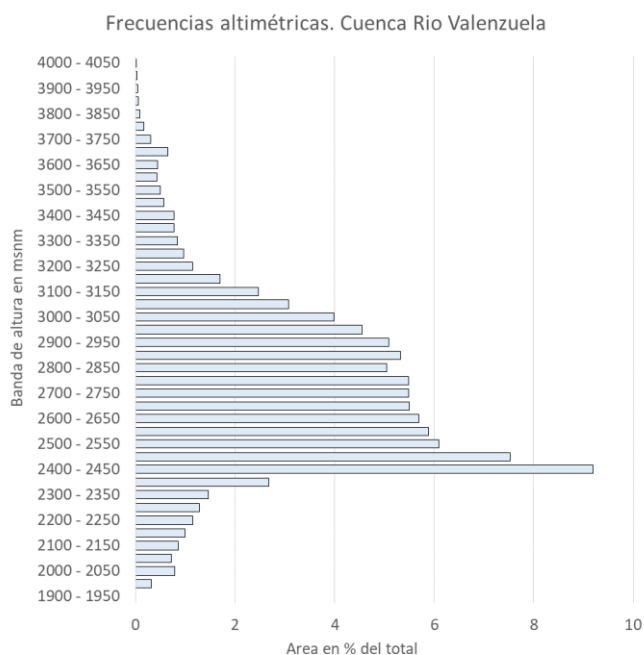
**Figura 132. Curva hipsométrica relativa. Cuenca río Valenzuela.**



Dña. Silvia...



**Figura 133. Frecuencias altimétricas. Cuenca río Valenzuela.**



**Tabla 40. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.**

Parametro	Valor
Area de la cuenca km2	227,57
Altitud Media (msnm)	2732
Indice de Compacidad	1,51
Alejamiento Medio	2,17
Factor de forma de Horton	0,31
Relacion Hipsometrica	1,74
Pendiente media cauce (%)	1,59

A continuación se caracterizan a las subcuencas que conforman la cuenca del Rio Valenzuela: Los Ciegos, Los Baños, Del Peñón, Punilla (este último se analizan cada una de sus subcuencas) y Del Fierro.

*[Handwritten signature]*





*Cuenca del Arroyo Los Ciegos*

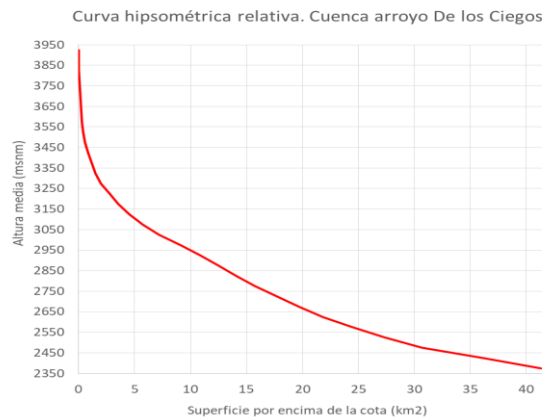
**Figura 134. Cuenca Arroyo Los Ciegos sobre imagen satelital.**



Fuente: elaboración propia.

Esta cuenca representa las nacientes del Rio Valenzuela. Con un importante frente cordillerano de unos 13 km ubicados hacia el noroeste y una superficie total de 41.3 Km<sup>2</sup> representa las nacientes del Rio Valenzuela, la altitud media es de 2750 msnm. Esta cuenca se encuentra atravesada por la ruta 226 y sobre ella se encuentra el paso internacional. Limita al sur con la cuenca del arroyo el Peñón, al norte presenta su frente cordillerano y al oeste limita con la cuenca del Cura y el Punilla. Las laderas que conformas su amplio valle presentan exposición suroeste y noroeste con pendientes más suaves que las observadas en otras cuencas cercanas, si bien en algunas zonas de la ladera de margen izquierda se presentan relieves accidentados.

**Figura 135. Curva hipsométrica. Cuenca arroyo De los Ciegos.**



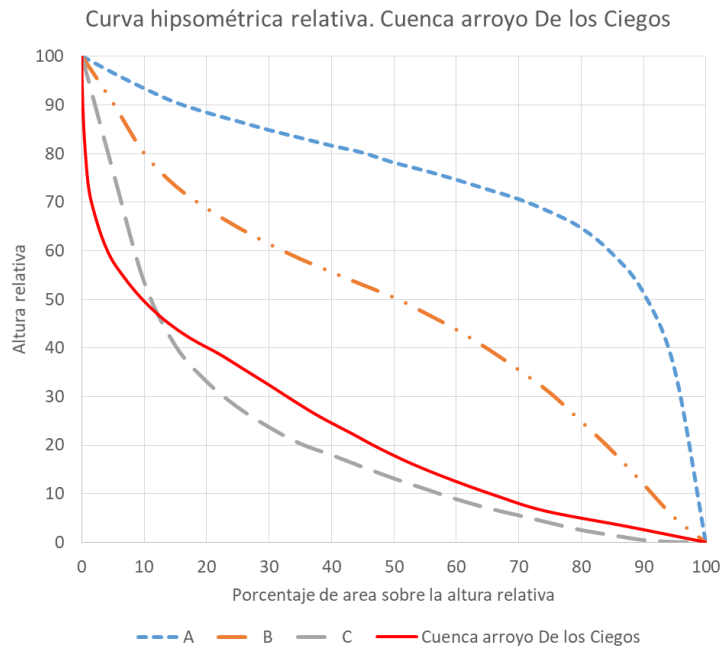
Dña. Silvia



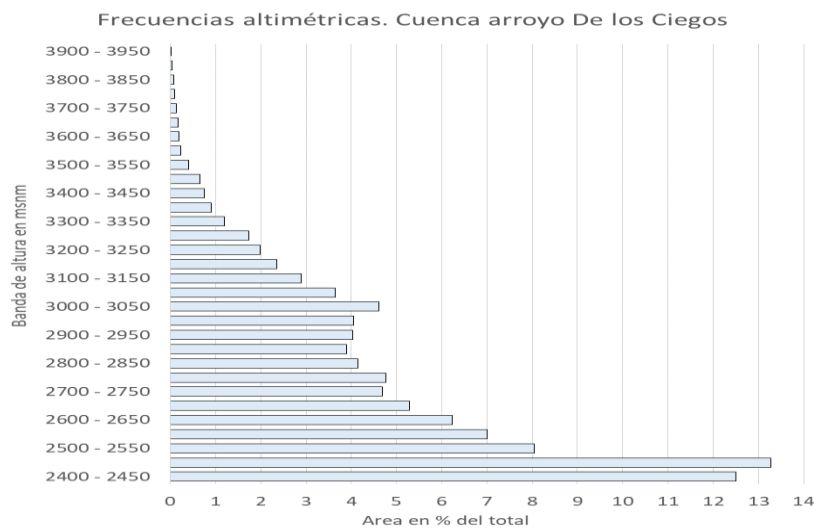
Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
Mendoza, Argentina. M 5502/IMA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo

**Figura 136. Curva hipsométrica relativa. Cuenca arroyo De los Ciegos.**



**Figura 137. Frecuencias altimétricas. Cuenca arroyo De los Ciegos.**



Dña. Silvia S.



**Tabla 41. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.**

Parametro	Valor
Area de la cuenca km <sup>2</sup>	41,33
Altitud Media (msnm)	2753
Indice de Compacidad	1,79
Alejamiento Medio	1,07
Factor de forma de Horton	0,58
Relacion Hipsometrica	0,43
Pendiente media cauce (%)	1,30

*Cuenca Arroyo del Peñón*

**Figura 138. Cuenca Arroyo El Peñón sobre imagen satelital.**

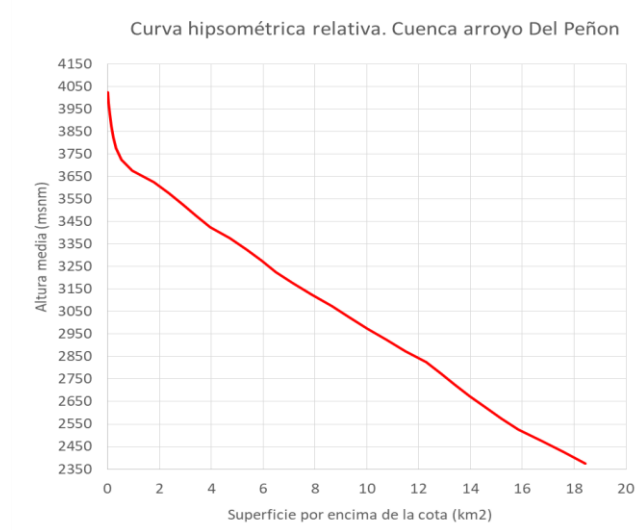


Fuente: elaboración propia.

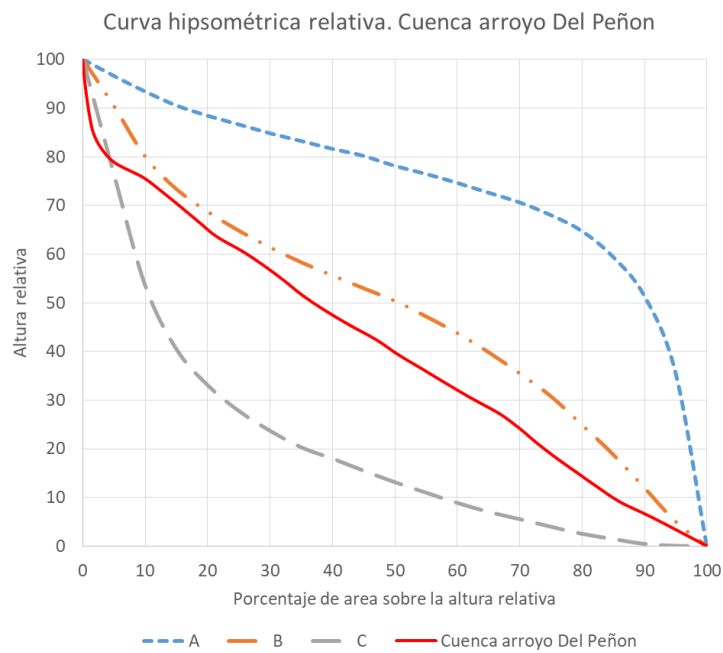
Posee un frente condillero de 5 km, limita al oeste con la cordillera del límite y con la ladera este del volcán Peteroa. Su cuenca se denomina valle del Peñón, se desarrolla en dirección noroeste, hasta su desembocadura en el arroyo los Ciegos. Presenta laderas con exposición norte y sur muy accidentadas, siendo esta última más extensa y con una pendiente relativamente menor que su ladera de exposición norte.

*DNyA. Cuyo*

**Figura 139. Curva hipsométrica. Cuenca arroyo Del Peñon.**



**Figura 140. Curva hipsométrica relativa. Cuenca arroyo Del Peñon.**

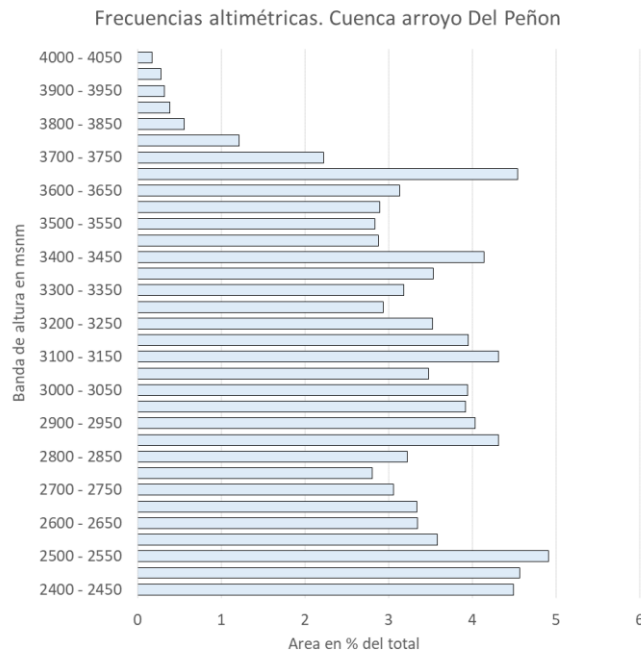


*Handwritten signature: D. N. A. C. S. (likely D. N. A. C. S. Malargüe)*





**Figura 141. Frecuencias altimétricas. Cuenca arroyo Del Peñon.**



**Tabla 42. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.**

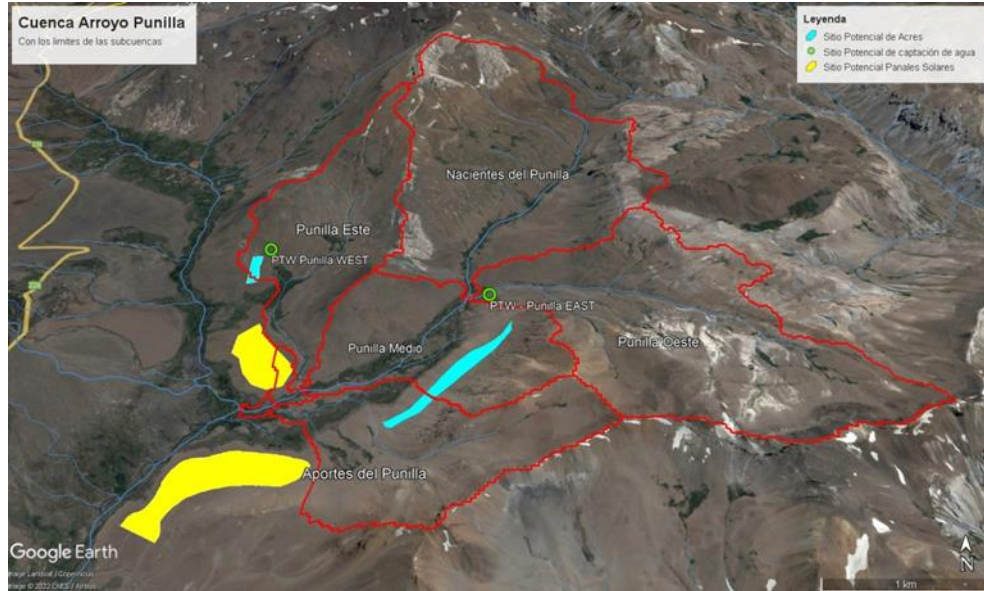
Parametro	Valor
Area de la cuenca km <sup>2</sup>	18,42
Altitud Media (msnm)	3068
Indice de Compacidad	2,04
Alejamiento Medio	2,18
Factor de forma de Horton	0,25
Relacion Hipsometrica	1,22
Pendiente media cauce (%)	13,42

Dña. Silvia...



*Cuenca del Arroyo Punilla*

**Figura 142. Cuenca Arroyo Punilla sobre imagen satelital.**



Fuente: elaboración propia.

Esta cuenca es de especial interés, ya que posee gran parte de las infraestructuras proyectadas en el master plan: zonas residenciales, de servicios, acres, caminos, pistas de esquí, entre otras. Con respecto a su comportamiento hidrológico, además de presentar un importante cauce principal, el arroyo Punilla, posee dos afluentes denominados, para esta descripción, Punilla Central y Punilla Oeste, con características particulares cada uno y de interés especial para el proyecto. Sobre el cauce denominada Punilla Oeste está materializada, actualmente, la toma de agua para la zona de servicios, y el otro, Punilla Central, presenta características morfológicas con un alto potencial erosivo que bordea la zona sur del área destinada a uso denominada Punilla Central. Es por ello que, una vez presentada la descripción general de la cuenca, se procede a analizar las subcuencas que la constituyen, estas son: Nacientes del Punilla, Punilla Central, Punilla Oeste, Punilla Media y Aportes al Punilla.

*Aspectos morfológicos de la Cuenca del Arroyo Punilla*

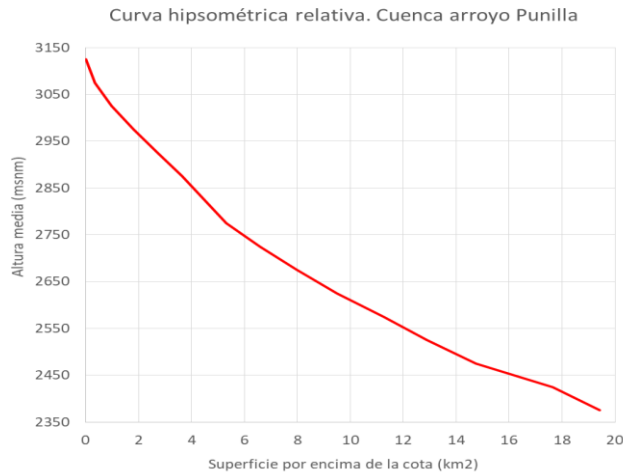
La cuenca limita al oeste con la cuenca del arroyo Los Ciegos, al este con la cuenca del Cura, al sur y al sur con las sub cuencas medias del Rio Valenzuela. Su orientación es predominantemente sur oeste. Desde sus nacientes, el arroyo escurre por un amplio valle donde hay una fuerte presencia de vegas, justo antes de encontrarse con su principal afluente, borde una pequeña llanura sitio de emplazamiento en un futuro de Punilla Central. Este sitio con

*Handwritten signature: D. N. A. Cuyo*

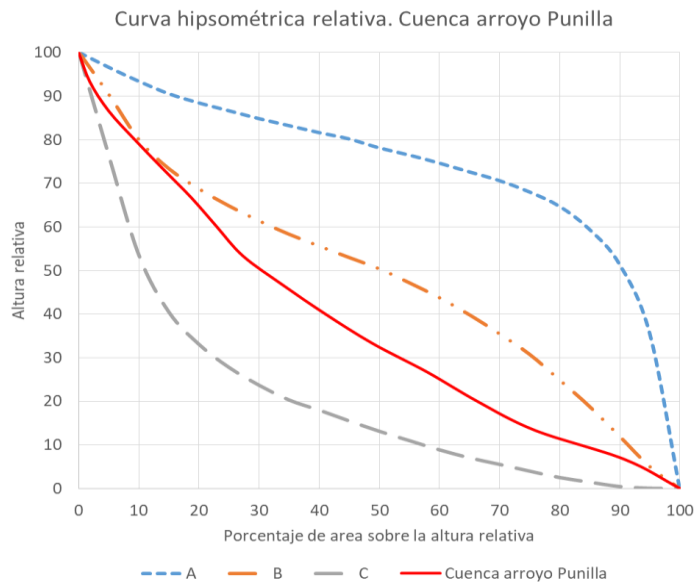


pendientes casi nulas, es bordeado en su sector sur por el cauce denominado Punilla Central con un considerable potencial erosivo. El arroyo termina de conformarse con los aportes del Punilla y otros de menor importancia. Una vez que desemboca en el arroyo Los Ciegos, sus aguas, pasan a formar parte del Rio Valenzuela.

**Figura 143. Curva hipsométrica. Cuenca arroyo Punilla.**



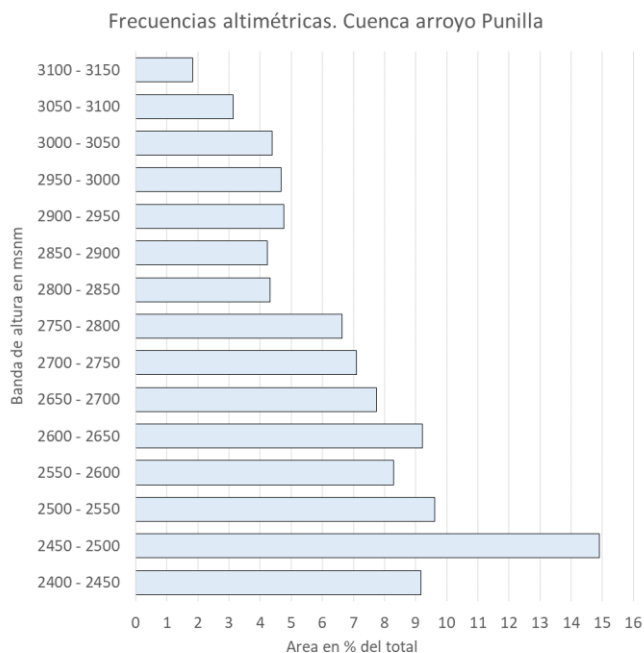
**Figura 144. Curva hipsométrica relativa. Cuenca arroyo Punilla.**



Dña. Silvia  




**Figura 145. Frecuencias altimétricas. Cuenca arroyo Punilla.**



**Tabla 43. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.**

Parametro	Valor
Area de la cuenca km <sup>2</sup>	19,43
Altitud Media (msnm)	2682
Indice de Compacidad	1,77
Alejamiento Medio	1,07
Factor de forma de Horton	0,72
Relacion Hipsometrica	0,69
Pendiente media cauce (%)	1,68

*Sub cuenca Nacientes del arroyo Punilla.*

Como se expresó anteriormente, en este sector de la cuenca se conforma el Arroyo Punilla. Posee una superficie de 6,7 km<sup>2</sup> y una altitud media de 2660 mnm. El mismo, desde sus nacientes, recibe los aportes de pequeños cauces ubicados a ambas márgenes del valle,

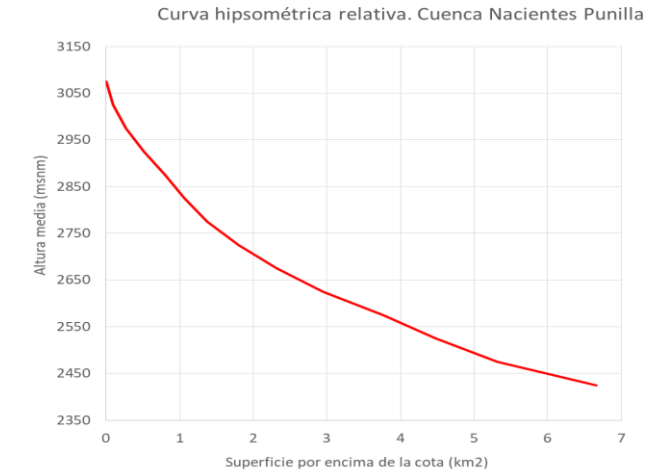
Dña. Silvia



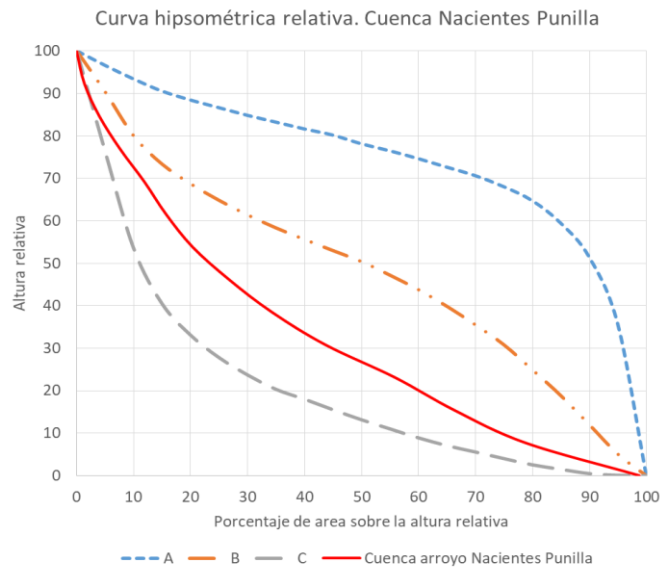


siguiendo siempre una trayectoria norte - sur. En ambas márgenes del valle, pero especialmente en la margen derecha, se observa un gran potencial erosivo de estos pequeños cauces. Una vez que bordea el sitio del emplazamiento de Punilla Central recibe las aguas del arroyo Punilla.

**Figura 146. Curva hipsométrica. Cuenca Nacientes Punilla.**



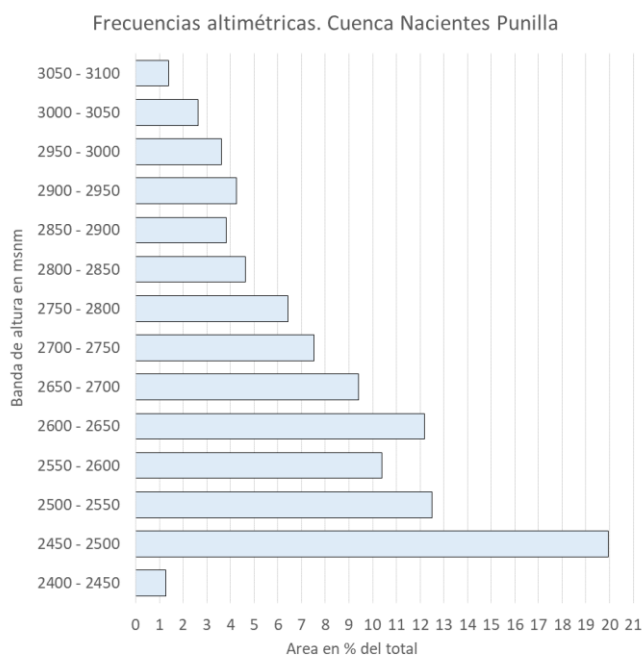
**Figura 147. Curva hipsométrica relativa. Cuenca Nacientes Punilla.**



Dña. Silvia S.



**Figura 148. Frecuencias altimétricas. Cuenca Nacientes Punilla.**



**Tabla 44. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.**

Parametro	Valor
Area de la cuenca km <sup>2</sup>	6,75
Altitud Media (msnm)	2658
Indice de Compacidad	1,71
Alejamiento Medio	1,26
Factor de forma de Horton	0,52
Relacion Hipsometrica	0,51
Pendiente media cauce (%)	4,90

*Sub cuenca arroyo Punilla Este*

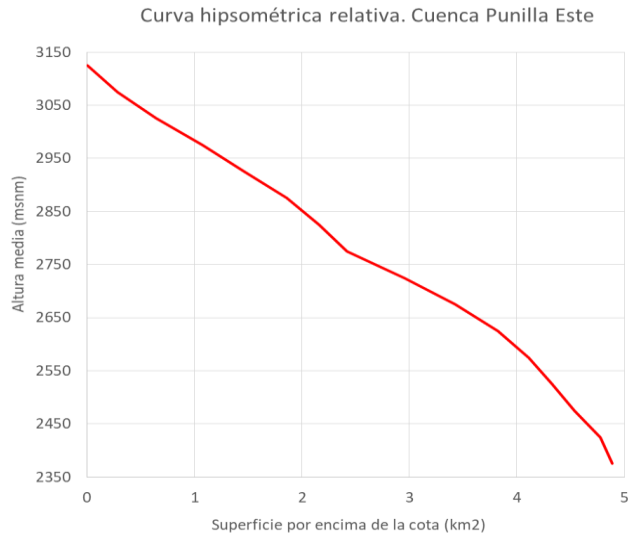
Esta cuenca recolecta las aguas del sector Este de la cuenca del Punilla. Presenta un desarrollo predominantemente este-oeste, contrario al escurrimiento de la mayoría de los cauces de la

Dña. Silvia

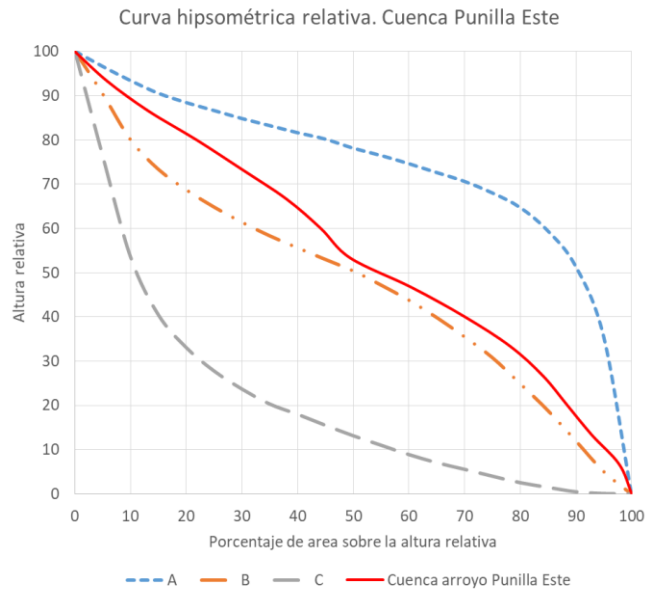


zona. Con fuertes pendientes y cauces poco trezados, presenta una erosión importante a lo largo de su recorrido. Se identifican un cauce principal y otros menores con fuertes pendientes.

**Figura 149. Curva hipsométrica. Cuenca Punilla Este.**

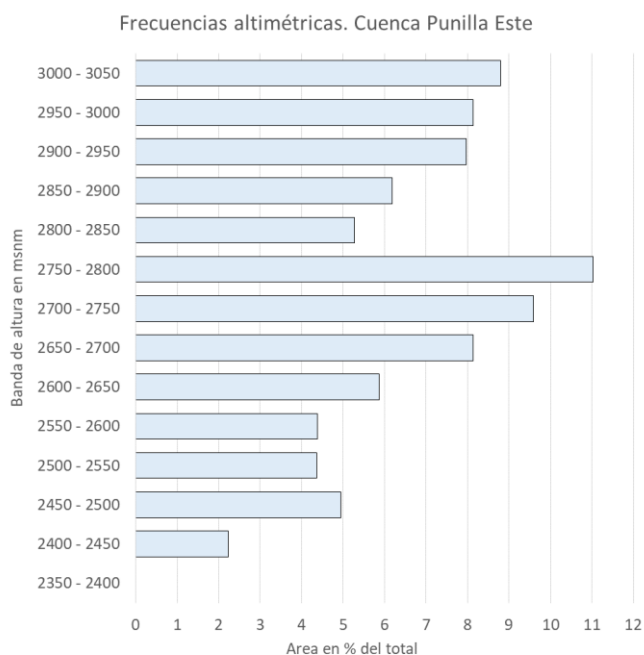


**Figura 150. Curva hipsométrica relativa. Cuenca Punilla Este.**



Dña. Silvia  


**Figura 151. Frecuencias altimétricas. Cuenca Punilla Este.**



**Tabla 45. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.**

Parametro	Valor
Area de la cuenca km <sup>2</sup>	4,89
Altitud Media (msnm)	2812
Indice de Compacidad	1,80
Alejamiento Medio	1,36
Factor de forma de Horton	1,14
Relacion Hipsometrica	1,40
Pendiente media cauce (%)	15,52

*Sub cuenca arroyo Punilla Oeste*

Esta sub cuenca se ubica al oeste de la cuenca del Punilla. Posee una superficie de 3,1 km<sup>2</sup> y una altitud media de 2580 msnm. Descarga sus aguas a unos escasos 700 metros de la confluencia entre el arroyo Los Ciegos y Punilla. La importancia de esta sub cuenca radica en

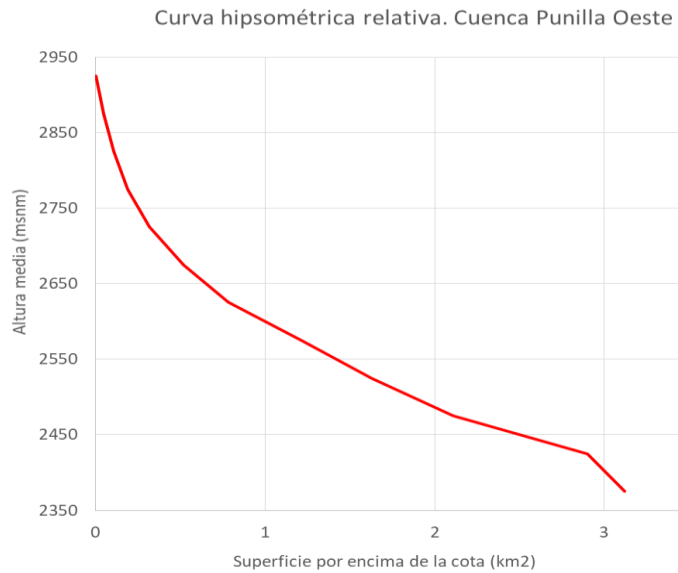
Dña. Silvia



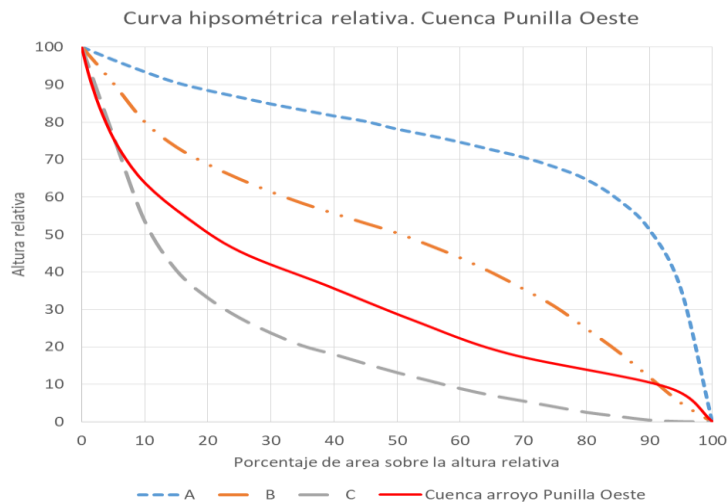


que a ambos márgenes del cauce, en su parte media, está proyectada Punilla Oeste. Además de ello, sobre su cauce existe una toma de agua que dota a la urbanización actual.

**Figura 152. Curva hipsométrica. Cuenca Punilla Oeste.**

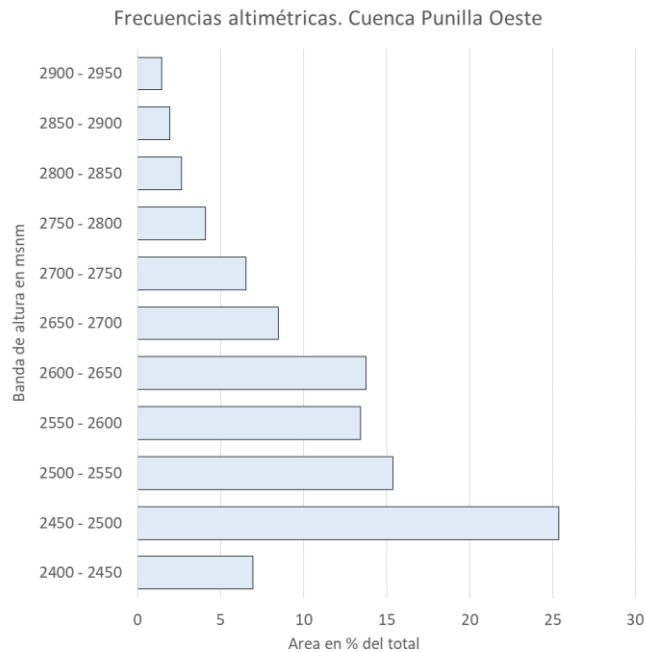


**Figura 153. Curva hipsométrica relativa. Cuenca Punilla Oeste.**



Dña. Silvia...

**Figura 154. Frecuencias altimétricas. Cuenca Punilla Oeste.**



**Tabla 46. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.**

Parametro	Valor
Area de la cuenca km2	3,12
Altitud Media (msnm)	2582
Indice de Compacidad	2,00
Alejamiento Medio	1,60
Factor de forma de Horton	0,20
Relacion Hipsometrica	0,53
Pendiente media cauce (%)	6,87

*Cuenca del Punilla Medio y Aportes al Punilla*

Estas subcuencas completan la cuenca del Punilla. No presentan cauces bien definidos, su descarga al arroyo es más bien difusa o a través de diversos cauces superficiales y sub-superficiales menores. Los mismos atraviesan el camino hacia el sitio del potencial emplazamiento de Punilla Central. Es importante continuar con los estudios hidrológicos de cuenca y de mecánica de suelos en detalle en esta zona a la hora de proyectar y ejecutar los caminos que la atraviesen.



*Cuenca Arroyo Los Baños*

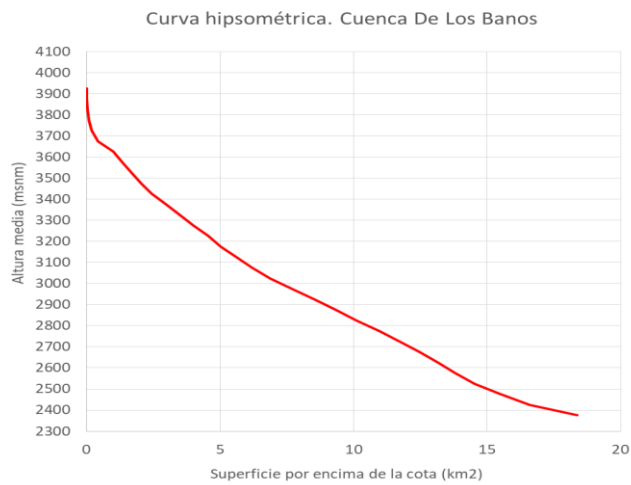
**Figura 155. Cuenca Arroyo Los Baños sobre imagen satelital.**



Fuente: elaboración propia.

Presenta una superficie total de 18,4 km<sup>2</sup> y una altitud media de 2950 msnm. Está ubicada en el sector sur oeste de la cuenca del Rio Valenzuela. Vuelca sus aguas a unos 1000 metros antes de que el Rio Valenzuela abandone su dirección sur para continuar con una dirección oeste. Sobre esta cuenca están ubicadas las termas del Azufre.

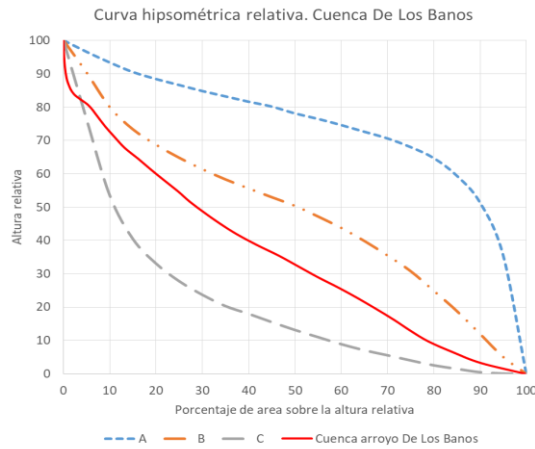
**Figura 156. Curva hipsométrica. Cuenca de Los Baños.**



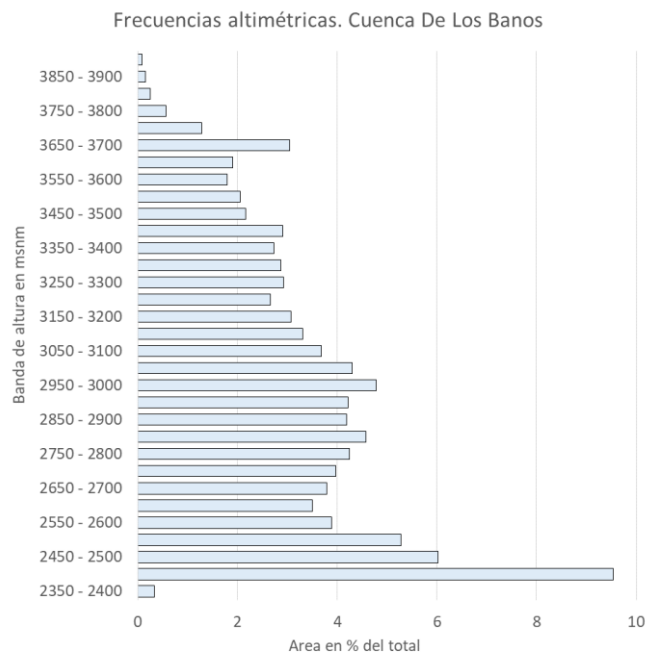
Dña. Silvia



**Figura 157. Curva hipsométrica relativa. Cuenca de Los Baños.**



**Figura 158. Frecuencias altimétricas. Cuenca de Los Baños.**



*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C.*





**Tabla 47. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.**

Parametro	Valor
Area de la cuenca km2	18,43
Altitud Media (msnm)	2947
Indice de Compacidad	1,81
Alejamiento Medio	1,62
Factor de forma de Horton	0,28
Relacion Hipsometrica	0,84
Pendiente media cauce (%)	16,58

*Cuenca Arroyo del Fierro*

**Figura 159. Cuenca Arroyo del Fierro sobre imagen satelital.**



Fuente: elaboración propia.

Si bien, existen una serie de cauces menores que vuelcan sus aguas al Rio Valenzuela luego de la descarga del arroyo del Fierro, este es el último cauce de relativa importancia que vuelca sus aguas al Rio Valenzuela, a unos 6,5 km antes de la confluencia con el Tordillo. Presenta una dirección predominantemente norte y luego noreste. Limita al sur con la cuenca del Arroyo El Montañés, cauce tributario del Rio Grande, al este presenta un frente cordillerano menor, de unos 3 km. Al este y oeste en flanqueado por cuencas tributarias del Rio Valenzuela.

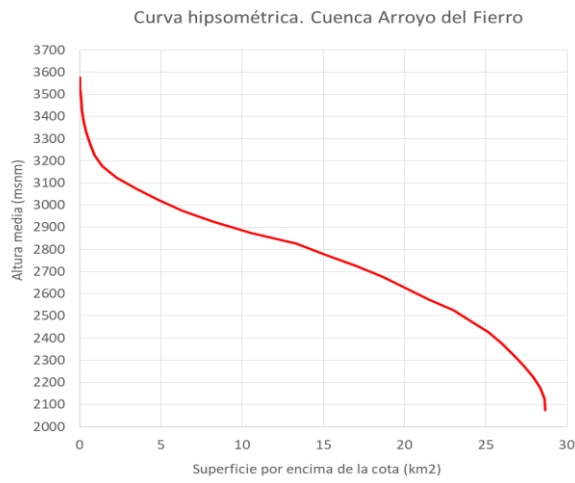
*DNyA. Cuyo*



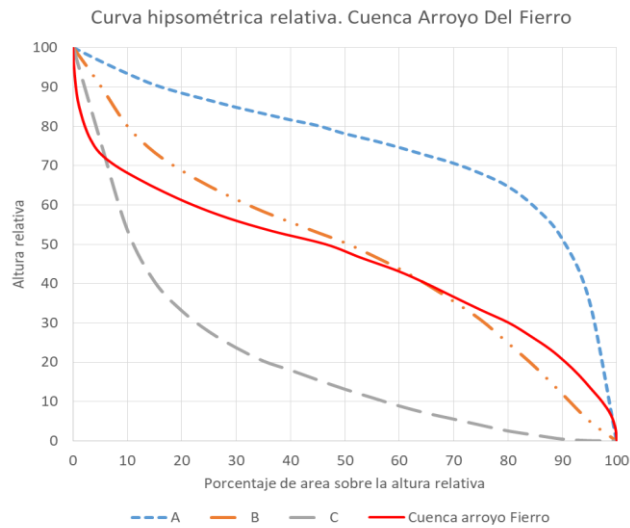
Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario.  
Mendoza, Argentina. M 55021MA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo

**Figura 160. Curva hipsométrica. Cuenca Arroyo del Fierro.**

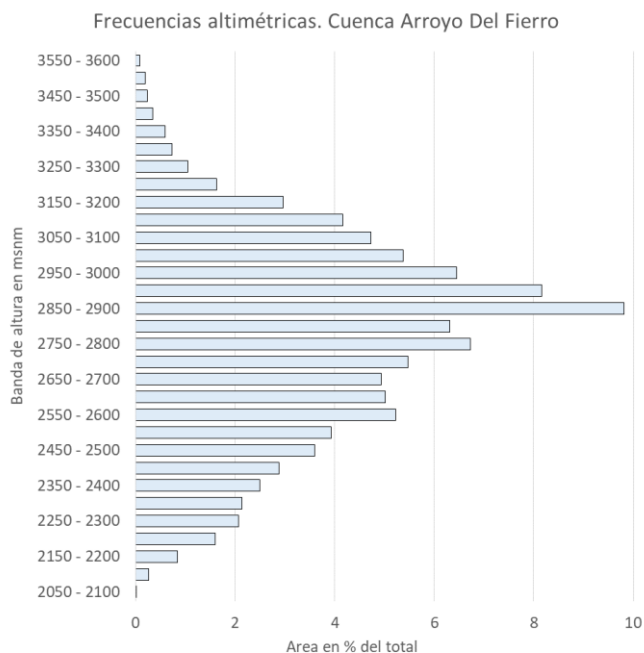


**Figura 161. Curva hipsométrica relativa. Cuenca Arroyo del Fierro.**



Dña. Silvia

**Figura 162. Frecuencias altimétricas. Cuenca Arroyo del Fierro.**



**Tabla 48. Parámetros morfológicos característicos de la cuenca.**

Parametro	Valor
Area de la cuenca km <sup>2</sup>	28,69
Altitud Media (msnm)	2791
Indice de Compacidad	1,64
Alejamiento Medio	1,44
Factor de forma de Horton	0,39
Relacion Hipsometrica	1,34
Pendiente media cauce (%)	6,49

### Consideraciones finales

La cuenca del Rio Valenzuela presenta una gran heterogeneidad y complejidad propia de una cuenca donde se producen las nacientes del rio grande. Particularmente presenta un dinamismo

*Dr. Valenzuela*



hídrico elevado, encontrándose en la zona gran cantidad de vertientes, humedales y manantiales, como también cursos de agua permanentes y no permanentes de distinta importancia. En las visitas a la zona se pudo observar que los procesos de fusión se presentan de distintas maneras en función de la ubicación de los valles y laderas. Hay zonas en las cuales la fusión se produce temprano en la primavera y otras donde la presencia de nieve se mantiene hasta principios del verano. Este flujo superficial producto de la fusión y fácilmente identificable, se suman aportes subsuperficiales que contribuyen a oferta de agua y también puede ser fuente de inestabilidad de taludes y de suelos en general.

Con respecto al comportamiento de las principales cuencas del Proyecto, analizado desde su potencial erosivo, se observa en general que las subcuencas de aporte se encuentran en equilibrio, como sistema natural. Las condiciones de equilibrio mencionadas, con la ejecución de obras del Proyecto pueden verse alteradas, como en el caso las nacientes del arroyo Punilla talud margen derecha, la serranía Punilla (conocida como yesera) que la margina está conformada por rocas evaporíticas con importantes manifestaciones de disolución. Tal situación puede ser un condicionante para el proyecto y que puede implicar el re-diseño de la infraestructura.

La información disponible sobre la dinámica hídrica de la zona se refiere a los cauces principales, motivo por el cual se debe implementar puntos de monitoreo para evaluar el comportamiento de componentes del sistema hídrico tales como: ríos, arroyos, manantiales, vegas, etc. El monitoreo brindara además información básica para el diseño ejecutivo de algunos componentes del proyecto por etapas de manera sustentable.

### Glaciología

#### Fundamentos

El último informe del Servicio Mundial de Monitoreo de Glaciares indica que las tasas actuales de adelgazamiento de los glaciares a nivel global no tienen precedentes en el último siglo y que se han duplicado desde la década de 1990 (WGMS 2017). Por ejemplo, en los Andes, entre 2000 y 2018 los grandes glaciares de la Patagonia han perdido un promedio de 70 cm de espesor de hielo por año, totalizando un adelgazamiento de casi 14 m (Dussailant *et al.* 2019).

El preocupante retroceso de los glaciares es impulsado en gran parte por el aumento de las temperaturas durante las últimas décadas (Marzeion *et al.* 2014). En los Andes Áridos y parte de los Andes del norte de la Patagonia el proceso de calentamiento global ha sido acompañado por una tendencia negativa de las precipitaciones, originando una sequía de una persistencia y extensión sin antecedentes en el registro histórico. La severidad del periodo seco que comenzó en esta porción de la cordillera en 2010 (y que persiste hasta la actualidad) es tan marcada que ha sido nombrado "Megasequía" (Garreaud *et al.* 2017, 2019, Rivera *et al.* 2017). Los estudios de proyecciones climáticas indican que estas condiciones se agudizarán en el futuro, contribuyendo a una progresiva aridificación de los Andes Centrales y de Patagonia Norte (CR2

*Dr. Carlos...*



2015). Los glaciares de los Andes Argentinos no son ajenos a estas tendencias climáticas, y es muy probable que continúen perdiendo hielo en décadas venideras. La pérdida de volumen de los glaciares reduce su capacidad de regular el régimen y la calidad de los ríos de montaña, haciendo más vulnerables a los ecosistemas y sociedades que dependen de ellos (Huss *et al.* 2017, Díaz *et al.* 2019).

El abordaje de los estudios se planteó a través de los Inventarios Nacional de Glaciares (ING), realizando estudios para conocer los cambios de los glaciares a lo largo de la cordillera, determinar qué tan intensa es la pérdida de hielo, identificar tendencias, y proveer información confiable para desarrollar escenarios futuros. También es fundamental complementar estos análisis con estudios detallados para cuantificar el volumen de hielo almacenado, la contribución de distintos tipos de glaciares a los caudales de los ríos, y la relación entre los glaciares y el clima en diferentes sitios de referencia. La necesidad de actualizar los datos de los glaciares y geoformas periglaciares que actúan como reservas hídricas existentes en el territorio nacional está establecida en la Ley de Glaciares (26639), y se encuentra justificada por el alarmante retroceso que muestra la gran mayoría de los glaciares durante las últimas décadas.

El principal objetivo del Inventario Nacional de Glaciares consiste en identificar, caracterizar y monitorear los glaciares y crioformas que actúan como reservas hídricas estratégicas en la República Argentina, estableciendo los factores ambientales que regulan su comportamiento, y determinando la significancia hidrológica de estos cuerpos de hielo a la escorrentía andina.

### *Definiciones y lineamientos operativos*

A nivel mundial, las definiciones de los cuerpos de hielo y los lineamientos generales para la realización de inventarios de glaciares se basan en estándares de organismos científicos de referencia como el WGMS y la IPA (UNESCO/IASH 1970, Harris *et al.* 1988, WGMS 2017). Estos estándares fueron la base del primer ING, tienen vigencia en la actualidad, y por lo tanto serán utilizados en el presente plan de actualización. Estas definiciones y lineamientos permiten además identificar cuerpos de hielo que cumplen con la condición de ser reservas estratégicas de agua en estado sólido, característica principal que debe tener toda unidad para ser incluida en el ING según el Artículo 3 de la Ley 26639.

Para la actualización del ING se propone agrupar a las reservas hídricas estratégicas en estado sólido en dos grandes grupos: glaciares (descubiertos y cubiertos) y glaciares de escombros. Estos grandes grupos contienen, tanto en volumen como en superficie cubierta, las mayores reservas hídricas en estado sólido de la cordillera. Además, debido a sus características físicas, pueden ser identificados y delimitados en forma precisa sobre la base de imágenes satelitales.

- Glaciar (descubierto y cubierto): cuerpo de hielo permanente generado sobre suelo a partir de la recristalización de la nieve y/o hielo debido a la compactación de su propio peso, sin o con cobertura detrítica significativa, que sea visible por períodos de al menos

*Dña. Silvia*





dos años, con evidencias de movimiento por gravedad (grietas, ojivas, morenas medias) o no y de un área mayor o igual que 0,01 km<sup>2</sup>. Dentro de esta definición de glaciar se propone incluir a los manchones o campos de nieve permanentes que, como no tienen evidencia de movimiento, en general no se consideran glaciares. Sin embargo, los manchones o campos de nieve permanentes son reservas significativas de agua en estado sólido.

- Glaciar de escombros: cuerpo de detrito congelado y hielo, con evidencias de movimiento por acción de la gravedad y deformación plástica del permafrost, cuyo origen está relacionado con los procesos criogénicos asociados con suelo permanentemente congelado y con hielo subterráneo o con el hielo proveniente de glaciares descubiertos y cubiertos, y de un área mayor o igual que 0,01 km<sup>2</sup>.

### *Umbral de perennidad y área mínima*

En la naturaleza no existe un límite taxativo entre las masas de hielo perennes y las estacionales por ello todos los inventarios de glaciares utilizan un umbral de perennidad para separar las reservas de agua en estado sólido que actúan a largo plazo, de aquellas que actúan a escala estacional. El umbral de perennidad de 2 años, utilizado en el primer inventario, es el indicado por GLIMS para el inventario y monitoreo de glaciares a través de imágenes satelitales (Paul *et al.* 2010) y para la definición de permafrost de la IPA (Harris *et al.* 1988). El umbral de área mínima puede considerarse como el límite inferior para mapear glaciares con cierta certeza (Paul *et al.* 2010). También, corresponde al menor tamaño que puede ser identificado con seguridad a partir de satélites de observación terrestre que operan a una resolución espacial media de 15 a 30 metros (por ejemplo: Terra ASTER, ALOS, SPOT-HRV, Landsat TM/ETM+/OLI). Es por ello que los Inventarios Nacionales de Glaciares, definen un umbral de 0,01 km<sup>2</sup> y dos años de permanencia para los elementos a ser incluidos en el mismo. Estos criterios permiten disminuir la incertidumbre en la definición cartográfica, hacen que los inventarios sean homogéneos y coherentes a lo largo del país, y permiten comparar los mapas de glaciares provenientes de cuencas, regiones y/o fechas diferentes.

### *Variaciones recientes de glaciares*

En algunas zonas de la cordillera se han realizado investigaciones detalladas sobre cambios en la extensión y posición del frente de los glaciares en las últimas décadas (Falaschi *et al.* 2014, Paul & Mölg 2014, Masiokas *et al.* 2015, 2016; Falaschi, Bolch, *et al.* 2016) y en algunos casos en los últimos siglos (Masiokas *et al.* 2009, Leclercq *et al.* 2012, Ruiz *et al.* 2012). También se han analizado cambios volumétricos en algunos sectores de la cordillera, donde en general se observa un claro adelgazamiento y pérdida de masa durante las últimas décadas (Willis *et al.* 2012, Falaschi, Bolch, *et al.* 2016, Ruiz *et al.* 2017, Falaschi *et al.* 2018).

*Dr. D. A. C. C. C.*



Muy recientemente, una evaluación exhaustiva de los cambios de espesor de los glaciares en los Andes durante el periodo 2000-2018 (Dussaillant *et al.* 2019) demostró que las tasas más negativas ( $-0.86 \pm 0.27$  metros de agua equivalente por año, en promedio) se encuentran en los Andes del sur de la Patagonia. Los glaciares del norte de la Patagonia y de Tierra del Fuego también mostraron tasas de adelgazamiento muy altas ( $-0.57 \pm 0.22$  y  $-0.48 \pm 0.27$  m agua eq. por año, respectivamente). En los Andes Centrales las tasas de adelgazamiento fueron ligeramente menores ( $-0.31 \pm 0.19$  m agua eq. por año), mientras que los Andes Desérticos mostraron en promedio cambios menos pronunciados ( $-0.12 \pm 0.17$  m agua eq. por año). Análisis adicionales de cambio de espesor para los periodos 2000-2009 y 2009-2018 demostraron que en las regiones del sur de la Patagonia y Tierra del Fuego los valores de adelgazamiento anual de los glaciares no difieren significativamente de un período a otro. Por el contrario, en el norte de la Patagonia y en los Andes Centrales y Desérticos las tasas de cambio de elevación fueron cercanas a cero o ligeramente positivas durante el primer subperíodo, pero negativas o muy negativas durante el segundo subperíodo. La tasa de cambio de espesor promedio, ponderada para estas tres regiones, disminuyó de  $0.04 \pm 0.18$  m agua eq. por año entre 2000 y 2009, a  $-0.63 \pm 0.18$  m agua eq. por año entre 2009 y 2018 (Dussaillant *et al.* 2019).

### Cambio climático y glaciares

Gracias a la disponibilidad de pronósticos climáticos a largo plazo basados en los diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero propuestos por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC 2014), se han realizado predicciones del volumen de los glaciares para el siglo XXI a nivel local, regional y global (Marzeion *et al.* 2012, Chaturvedi *et al.* 2014, Réveillet *et al.* 2015). En este sentido es importante destacar que la gran cantidad y enorme extensión que abarcan los glaciares de los Andes del Sur de Sudamérica constituyen una importante fuente potencial de aumento del nivel del mar (Marzeion *et al.* 2017).

Recientemente, Hock *et al.* (2019) realizaron la primera comparación de modelos numéricos glaciológicos que analizan el cambio de volumen futuro de glaciares según diferentes modelos climáticos y posibles escenarios climáticos. Según estos autores, dependiendo del escenario, es posible que entre un 30% (RCP 2.6) y un 60% (RCP 8.5) del volumen total de glaciares en los Andes del Sur (Argentina y Chile) desaparezca para fines de este siglo. En forma general, es esperable que aquellas regiones con pequeños glaciares sean las más afectadas. Sin embargo, debido a las diferencias en los tipos y tamaños de los glaciares, así como también de las condiciones climáticas a lo largo de los Andes, el impacto de los cambios futuros y sus consecuencias en la disponibilidad y calidad de agua, afectará de manera diferencial a lo largo de nuestro país.

El Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), creó el documento "Inventario Nacional de Glaciares y Ambiente Periglacial: Fundamentos y Cronograma de Ejecución" (IANIGLA, 2010), donde se desarrolla la estrategia para la realización

*DNyA. Cuyo*



del Inventario Nacional de Glaciares. La misma cuenta con tres niveles, de menor a mayor detalle de información. El objetivo del nivel 1 es el Inventario Nacional de Glaciares propiamente dicho, es decir la identificación y caracterización de todos los glaciares y crioformas del ambiente periglacial que actúan como reservas hídricas estratégicas en la República Argentina. El nivel 2 tiene como objetivo conocer la variación temporal de los glaciares y crioformas a lo largo del país. Mientras que el objetivo del nivel 3 es establecer los factores ambientales que regulan el comportamiento y determinar la significancia hidrológica de estos cuerpos de hielo a la escorrentía andina.

### Inventario Glaciar Cuenca del río Grande

En este Punto y como parte del INV, se describen los resultados del inventario de la cuenca del Río Grande, sectores norte y sur (subcuenca Río Grande según cronograma del inventario, IANIGLA 2010), perteneciente a la cuenca del Río Colorado. En el mismo se identifican, mapean y caracterizan todos los glaciares, manchones de nieve perennes actúan como reservas estratégicas de agua en estado sólido, atendiendo a las definiciones de la Ley 26.639, el documento "Inventario Nacional de Glaciares y Ambiente Periglacial.

### *Antecedentes*

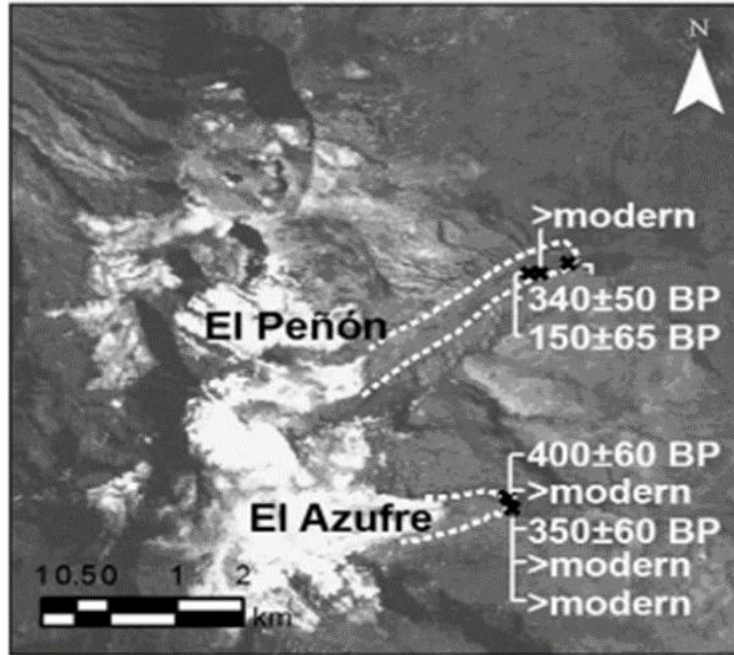
Los glaciares de la cuenca del río Grande han atraído la atención de diversos exploradores y científicos desde finales del siglo XIX (Burckhardt 1900; Gerth 1931). Estos autores realizaron los primeros estudios geológicos de la cordillera Argentina-Chilena en la zona de los ríos Grande y Diamante.

Para esta zona y en los valles cercanos de Las Choicas y Las Damas, fue determinado a partir de análisis geomorfológicos y dataciones de radiocarbono de muestras basales obtenidas de vegas adyacentes a morenas terminales y laterales (Espizua 2004; Espizua 2005; Espizua 2008; Espizua y Pitte 2009). En base a estos resultados interpretaron que el avance máximo de hielos, tuvo lugar entre los años 1550 y 1720, con un posterior avance en torno a 1830. Los resultados de las dataciones relativamente similares, el paisaje glacial presente y la proximidad a los glaciares existentes, permiten concluir que estos avances podrían corresponder a una reactivación glacial relativamente sincrónica durante la Era de Hielo en los valles de la cuenca del Río Grande.

*DNyA. Cuyo*

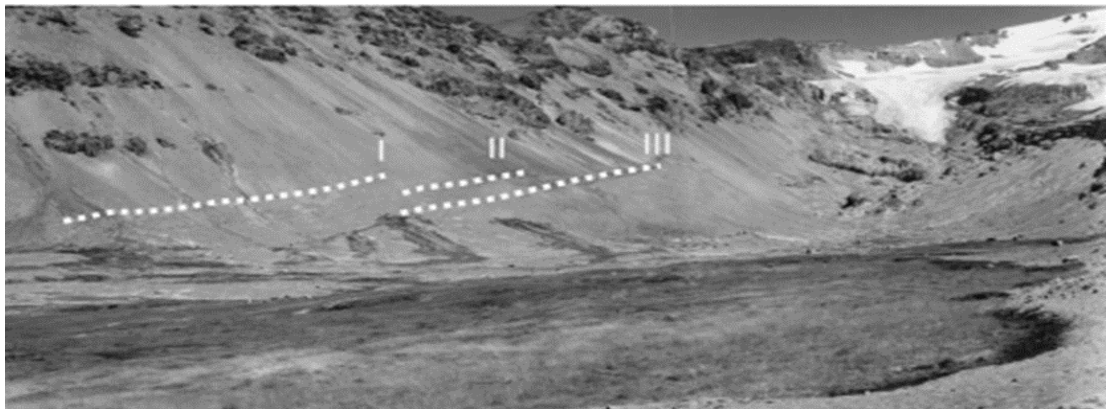


**Figura 163. Valles del Peñón y Azufre. Lugares de muestreo para dataciones radiocarbónicas.**



Fuente: Inventario Nacional de Glaciares. IANIGLA, 2018.

**Figura 164. Morenas en el Valle del Peñón.**



Fuente: Inventario Nacional de Glaciares. IANIGLA, 2018.

Trombotto *et al.* (2012, 2014) hacen notar que la actividad del complejo volcánico Peteroa tiene que haber afectado la posición de los frentes glaciarios, ya que hay, por ejemplo, registros muy

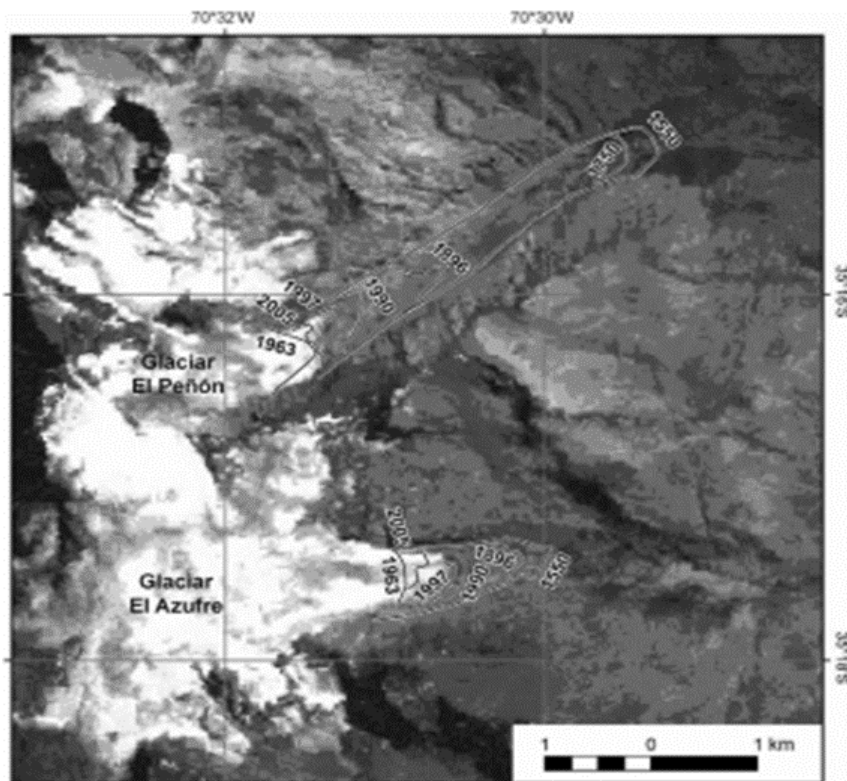
Dña. Silvia



claros de actividad volcánica de varios tipos como freatomagmática, o estromboliana para los siglos XVIII, XIX y XX. También existen referencias de actividad volcánica anterior o neoglacial (Tormey *et al.*, 1989, Naranjo *et al.*, 1999). En consecuencia, Trombotto *et al.* (2014) manifiestan en su trabajo que esta importante actividad volcánica, podría influir en la posición altitudinal y edades de los depósitos de till encontrados, además remarca que habría que tener en cuenta los efectos del alto grado geotérmico local.

Otro tipo de estudios glaciológicos realizados en esta cuenca, incluyen estudios de fluctuaciones de los últimos 100 años aproximadamente de los glaciares El Peñón, ubicado en el complejo C<sup>o</sup> del Planchón – Vn. Peteroa 4.113 msnm, y el glaciar El Azufre situado en otro valle ubicado inmediatamente al sur. Según Espizua y Maldonado (2007), si bien la tendencia general de estos glaciares fue de un fuerte retroceso durante el periodo comprendido entre 1894 y 2005, se observaron algunos años en los que los glaciares avanzaron o permanecieron estacionarios. En la figura adjunta se puede ver el cambio de superficie de los glaciares Peñón y Azufre entre el año 1897 y 2007.

**Figura 165. Fluctuaciones de área de los glaciares Peñón y Azufre.**



Fuente: Masiokas *et al.*, 2009.

Dña. Silvia



La actividad del volcán Peteroa impacta directamente sobre el ambiente glacial y periglacial existente en el complejo Co. del Planchón – Vn. Peteroa (Trombotto *et al.* 2014). El sistema glacial afectado comprende desde glaciares descubiertos y cubiertos por detrito, así como permafrost (permafrost *in situ* y permafrost reptante). La reciente actividad volcánica y el alto gradiente geotermal favorecen la pérdida de hielo en las proximidades de la cumbre del complejo volcánico.

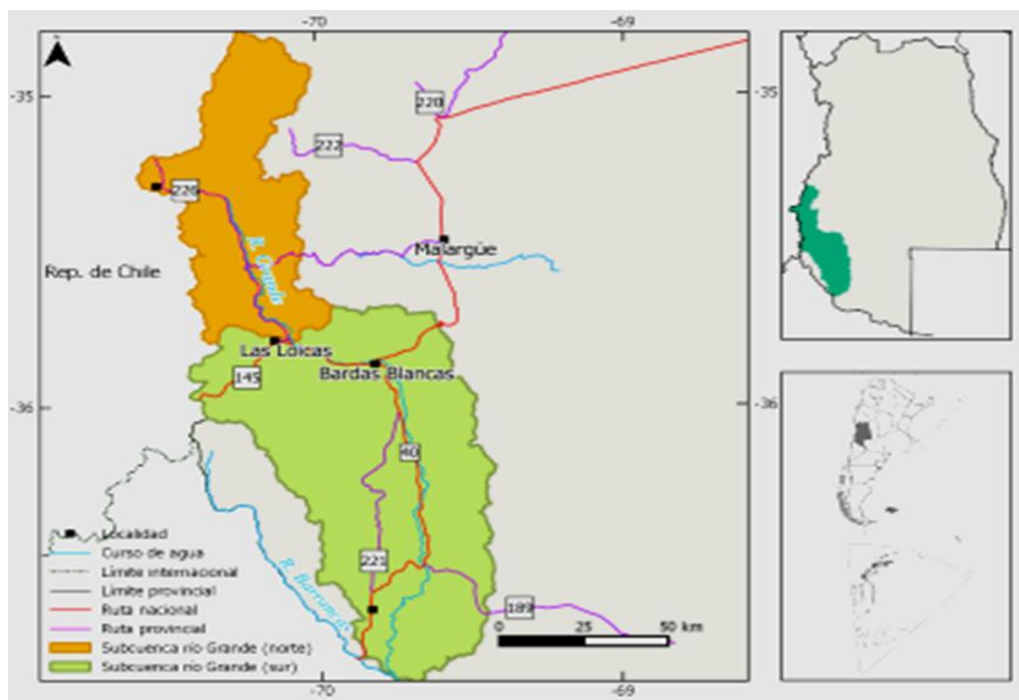
Entre el año 2004 y 2013 se llevó a cabo el inventario local de glaciares y un monitoreo del complejo volcánico Planchón-Peteroa-Azufre, desde el punto de vista térmico, con el cual se encontró una correlación de la actividad volcánica con el sismo del Maule del 27 de febrero de 2010 (Trombotto *et al.* 2012, 2014).

El presente informe corresponde al Inventario de Glaciares de la subcuenca del río Grande, perteneciente a la cuenca del río Colorado, A su vez se divide en dos sectores:

- a. Subcuenca río Grande norte (3.212 km<sup>2</sup>)
- b. Subcuenca río Grande sur (7.096 km<sup>2</sup>)

En la imagen adjunta se puede apreciar gráficamente la segmentación zonal.

**Figura 166. Cuenca del río Grande, con la división en subcuencas: Norte y Sur.**



Fuente: Inventario Nacional de Glaciares. IANIGLA, 2018.

Dña. Silvia

La subcuenca río Grande norte incluye ríos de gran envergadura, entre ellos el río Tordillo y el Valenzuela, a partir de su confluencia se origina el río Grande. El río Cobre es un afluente del río Tordillo y en sus nacientes se ubican numerosos glaciares descubiertos, que junto con los glaciares Peñón y Azufre, ubicados en las nacientes del Valenzuela, forman la zona de mayor englazamiento de toda la subcuenca del río Grande. A su vez, el sector sur de la subcuenca del río Grande, está formado por varios ríos de origen glaciar, son el río Poti Malal, Chico y Mutrenquel. Todos ellos contribuyen al río Grande.

El río Grande tiene alimentación prácticamente nival exclusivamente, mientras que el Barrancas es una cuenca de transición entre las hoyas nivales al norte y pluvio-nivales del sur.

### *Base de datos de las geoformas inventariadas*

Para focalizar la escala de trabajo, el análisis se centraliza en la Subcuenca del río Grande Norte. La base de datos del Inventario Nacional de Glaciares del río Grande incluye la identificación de cada uno de los glaciares, su clasificación morfológica, y parámetros de índole física tales como el área, altura máxima, media y mínima, orientación, pendiente y largo total.

Para clasificar los glaciares se usaron las normativas internacionales en uso (principalmente del WGMS y GLIMS) con algunas adaptaciones, debido a las particularidades de los cuerpos de hielo presentes mayormente en los Andes Centrales de Argentina. En esta región en particular, los glaciares de escombros representan un recurso hídrico de gran importancia, no obstante se han identificado este tipo de geoformas en las diferentes regiones de los Andes argentinos. Las clasificaciones internacionales fueron ampliadas para incorporar este tipo de glaciares y sus características.

La clasificación morfológica se basa en la forma y características propias de los cuerpos de hielo. Las formas primarias son:

0. Incierto
1. Sabana de hielo continental
2. Campo de hielo
3. Calota de hielo
4. De descarga
5. De valle
6. De montaña
7. Glaciarete y/o manchón de nieve permanente
8. Barrera de hielo
9. Glaciar de escombros
10. Corriente de hielo

*DNyA. Cuyo*



*Resultados del Inventario Glaciarío río Grande Norte*

Este sector de la subcuenca limita hacia el norte y el noreste con la cuenca del río Atuel, hacia el este con la cuenca de la laguna Llancalelo y al oeste con Chile. En esta subcuenca encontramos todos los tipos de geoformas a inventariar, habiendo presencia de glaciares de montaña confinados en las partes más altas de los valles, pero que durante la Pequeña Edad de Hielo fueron glaciares de valle más extensos (Espizua 2004; Espizua 2005). La Tabla a continuación resume la superficie inventariada en el sector de análisis.

**Tabla 49. Superficie total de glaciares inventariados en la subcuenca del río Grande Norte.**

Tipo de geoforma inventariada	Área (Km <sup>2</sup> )
Glaciar descubierto	28,4624
Manchones de nieve/glaciaretos	1,683
Glaciar cubierto	2,8986
Glaciar cubierto con glaciar de escombros	8,8183
Glaciar de escombros	17,4392
<b>Total</b>	<b>59,3015</b>

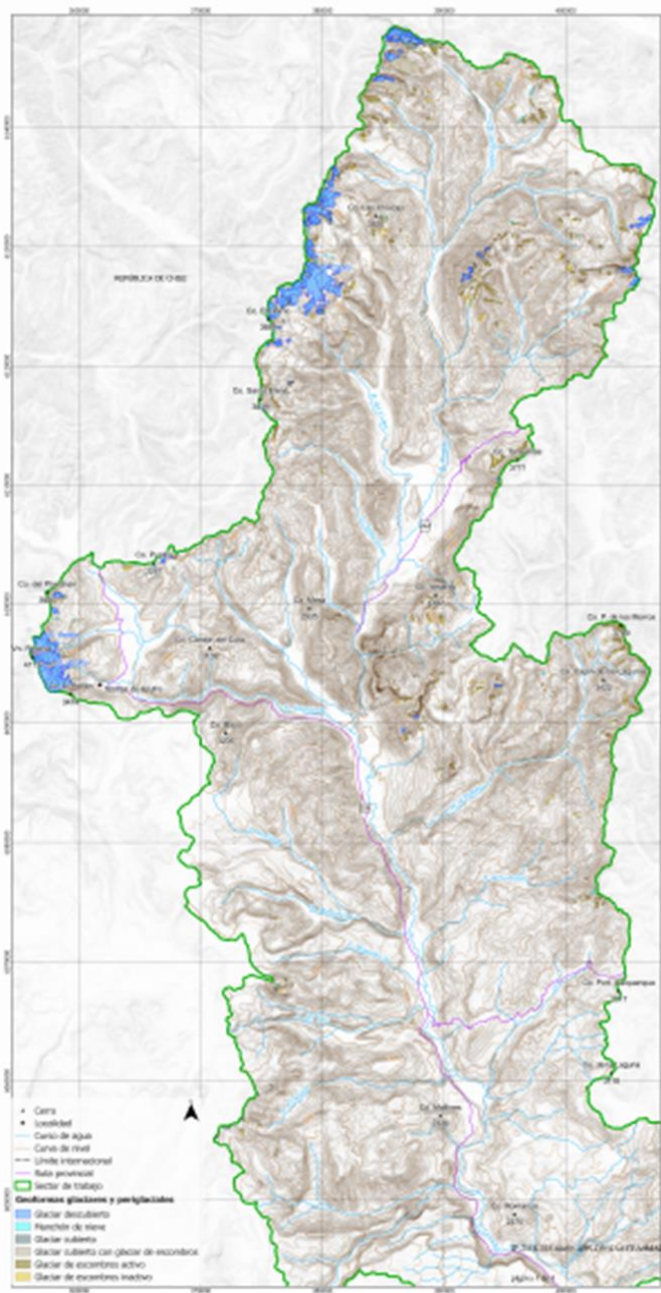
Fuente: Inventario Nacional de Glaciares. IANIGLA, 2018.

Se han inventariado un total de 416 glaciares. La superficie que ocupan es de 59,30 km<sup>2</sup>, lo cual representa un 2% de la subcuenca del río Grande Norte, complementado en forma gráfica con el mapa adjunto:

Dña. Silvia



**Figura 167. Mapa del río Grande Norte.**



Fuente: IGN, 2018.

Dña. Silvia



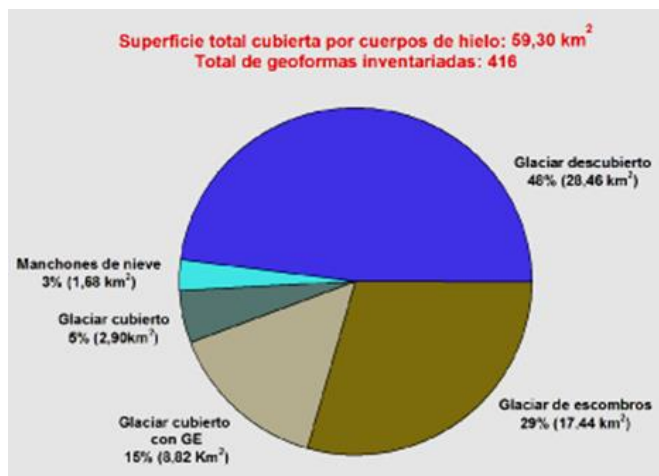
Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
 Mendoza, Argentina. M 5502/IMA.  
 +54 261 449 4087.  
 info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  

 funcuyo

La figura resume en forma gráfica la superficie total, distinguiendo por tipo: glaciares descubiertos y manchones de nieve corresponden al 51% de las geoformas inventariadas. El 49% restante corresponde a glaciares cubiertos y a glaciares de escombros, por lo que en este caso se puede observar que está repartido de forma equitativa la presencia de glaciares descubiertos con respecto a los cubiertos y glaciares de escombros.

**Figura 168. Distribución de los cuerpos de hielo inventariados.**



Fuente: Inventario Nacional de Glaciares. IANIGLA, 2018.

En la Figura se puede apreciar la distribución de la superficie de los glaciares inventariados con respecto a su orientación. La tendencia es que los glaciares se ubican hacia el sureste en su mayoría.

**Figura 169. Orientación de los cuerpos de hielo inventariados.**



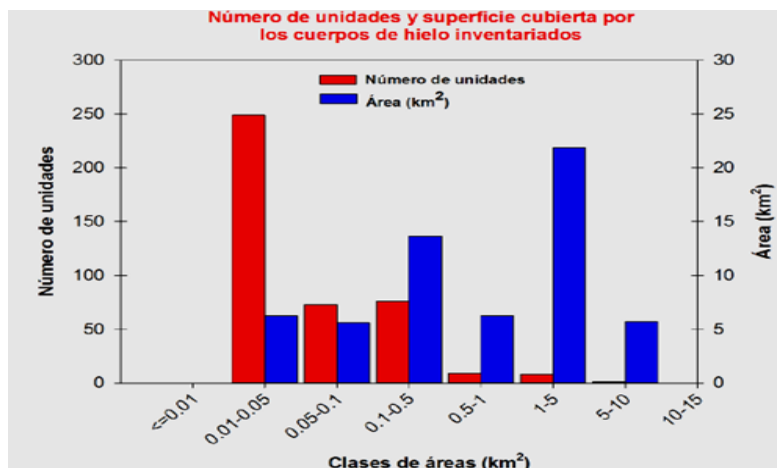
Fuente: Inventario Nacional de Glaciares. IANIGLA, 2018.

Dña. Silvia...



En relación al tamaño de los glaciares y a su abundancia se observa en la Figura adjunta, el predominio de glaciares de tamaño comprendido entre 0,01-0,05 km<sup>2</sup>, correspondería al 60% de los glaciares inventariados en este sector.

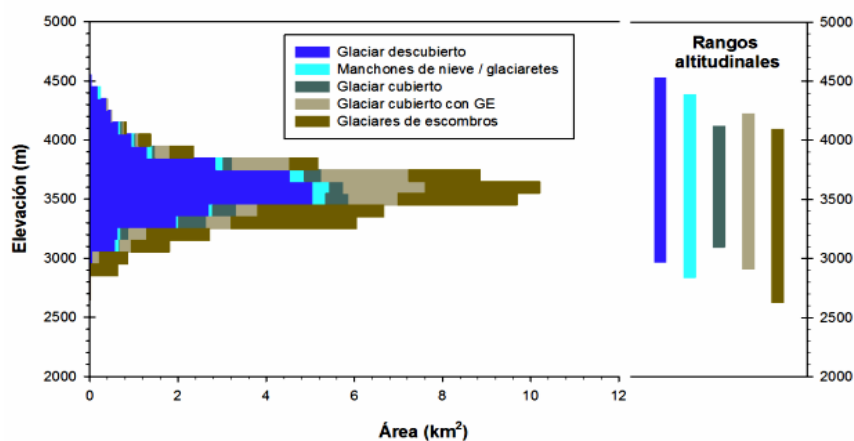
**Figura 170. Número de unidades y superficie cubierta por los cuerpos de hielo inventariados.**



Fuente: Inventario Nacional de Glaciares. IANIGLA, 2018.

La Figura adjunta representa la hipsometría de los glaciares inventariados en la subcuenca del río Grande Norte. Los cuerpos de hielo se distribuyen desde los 2.629 msnm hasta los 4.528 msnm. Mientras que la tabla a continuación resume los tipos de glaciares por altura.

**Figura 171. Hipsometría de los cuerpos de hielo, subcuenca del río Grande Norte.**



Fuente: Inventario Nacional de Glaciares. IANIGLA, 2018.

Dña. Silvia...  
 (Handwritten signature)

**Tabla 50. Alturas por tipos de glaciares en la subcuenca del río Grande Norte.**

Tipo de glaciar	Altura mínima observada (msnm)	Altura máxima observada (msnm)
Glaciar descubierto	2.966	4.528
Manchones de nieve/glaciaretas	2.839	4.387
Glaciar cubierto	3.097	4.119
Glaciar cubierto con glaciar de escombros	2.914	4.223
Glaciar de escombros	2.629	4.092

Fuente: Inventario Nacional de Glaciares. IANIGLA, 2018.

### **Hidrogeología**

La hidrogeología o hidrología subterránea es la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, así como su movimiento y características físico-químicas. El área a evaluar, se encuentra en el sector Suroeste de la Provincia de Mendoza y abarca una superficie aproximada a 375 km<sup>2</sup>, extendiéndose aproximadamente entre los paralelos de 34°30' y 36°15' Sur y los meridianos de 69° y 70°30' Oeste.

Este estudio tiene por objeto caracterizar las condiciones hidrogeológicas junto con aspectos hidrológicos y climatológicos que competen específicamente a la dinámica hídrica. Cabe destacar que la zona de estudio no cuenta con estudios locales de aguas subterráneas, por lo cual el análisis basa en bibliografía regional de base, complementados con relevamiento en terreno e integrando con observaciones de imágenes satelitales, mapas geológicos, topográficos, climatológicos y geomorfológicos. Integrando los datos anteriores, se realiza una estimación somera del comportamiento de aguas subterráneas, en la zona de estudio.

#### *Marco geológico y litología vinculada a la hidrogeología*

La zona de trabajo se encuentra en la Región morfoestructural denominada Cordillera Principal, que transita en la parte sur a la región denominada Cuenca Neuquina Surmendocina, flanqueada al oriente por la Depresión de Los Huarpes.

Dña. Silvia



La estratigrafía, está compuesta por unidades mayoritariamente del Mesozoico al Cenozoico, que afloran en la zona de estudio, descriptas en el Punto Geología Regional, en base a la Hoja Geológica de Malargüe del SEGEMAR.

La estructuración de la zona se caracteriza por su intenso plegamiento y sobrecorrimientos de rumbo submeridiano, lo que le ha valido ser denominada Faja Plegada y Corrida de Malargüe.

Está caracterizada, también, por la participación de bloques del Grupo Choiyoi, que interrumpen la continuidad de la deformación epidérmica (Kozlowski *et al.* 1993) identifican tres sectores que integran la faja a esta latitud:

Externo: al norte del río Salado el frente montañoso tiene una faja de imbricación externa representada por corrimientos emergentes en su borde oriental que afecta a depósitos mesozoicos y sinorogénicos terciarios previos de la cuenca de antepaís. Al sur del río Salado es interferida por las estructuras en las que participa el Grupo Choiyoi, las que controlaron la depositación del terciario pasando la cuenca de antepaís a formar cuencas intermontanas. El frente orogénico, pasa a ser no emergente asociado a una extensa zona triangular con el despegue pasivo en la Formación Huitrín.

Sector medio: más complejo que el anterior, tiene las características estructurales controladas por el nivel de afloramiento.

Sector interno: se halla fuertemente intruido y en gran parte cubierto por volcanitas que dificultan su estudio. El Grupo Choiyoi, tiene una activa participación en este sector, a pesar de no aflorar de manera extensa.

### Litología Hidrogeológica

Se realizó una división de acuíferos basadas de las características litológicas de la zona. Para ello se contó con el análisis de la cartografía geológica existente, imágenes satelitales y observaciones de campo. Se describen las unidades que por su naturaleza litológica pueden ser o no huésped de acuíferos de cierta importancia. Se parte de la cartografía desarrollada por el CRICYT en el año 1999.

#### *Basamento impermeable*

Se ha agrupado en esta unidad a las formaciones prejurásicas que por lo general presentan un elevado grado de compactación y diagénesis que las torna impermeable a la infiltración y circulación del agua aunque presentan alguna porosidad secundaria por efecto de fracturación y diaclasamiento. Las aguas que puedan contener por lo general son hipersalinas y los caudales que pueden brindar son ínfimos.

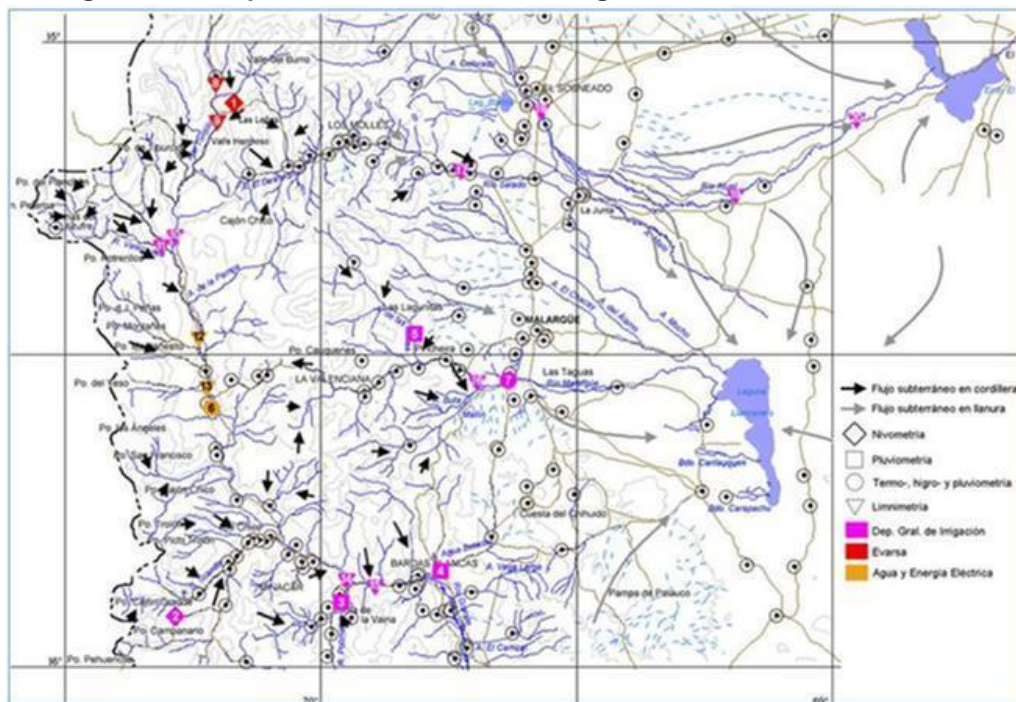
*Dr. J. C. C. C.*



Las formaciones que constituyen esta unidad, son las del Grupo Choiyoi, granitos y pórfidos del Chihuido; formaciones Diamante, Malargüe y Pircala-Coihueco.

En el siguiente esquema de movimiento del agua subterránea, se puede observar la dirección del movimiento del agua infiltrada. En la figura, se encuentran identificadas además de las estaciones de registro y mediciones pluviométricas y limnimétricas operadas por el DGI, los principales puestos rurales o unidades productivas domésticas, indicados con un círculo con un punto en su centro.

**Figura 172. Esquema del movimiento del agua subterránea en cordillera.**



Fuente: Sepúlveda, *et al.* 1999.

### Acuíferos

Se trata de rocas con porosidad secundaria constituyendo las siguientes entidades.

#### Rocas evaporíticas

Esta unidad se caracteriza por estar compuesta por potentes mantos de yeso y halita, rocas que no son permeables pero presentan un alto grado de solubilidad por lo que se forman conductos a través de canales subterráneos lo que las convierte en reservorios de cierta importancia.

DNI: 24.000.000

La gran incompetencia y plasticidad que presentan estas rocas a los esfuerzos compresivos, ha provocado acumulaciones un tanto informes que conforman por el efecto de la solubilidad citada importantes acuíferos como los observados en Valle Hermoso, donde han atraído el interés de los pobladores estacionales que se instalan en las inmediaciones de sus alumbramientos de agua.

Es en estas rocas donde por el mismo efecto de la solubilidad es posible observar el paisaje kárstico que se produce por el colapso del techo de las cámaras acuíferas cuando no pueden soportar la presión sobre ellas. Este fenómeno ha sido observado en las cabeceras del arroyo Villagra.

Las formaciones que por su litología componen esta unidad son Auquilco, Huitrin y Tábanos.

### Rocas carbonáticas

Esta unidad está integrada esencialmente por calizas, calcarenitas, calcilitas y otras rocas sedimentarias marinas por lo general formadas en plataforma carbonática.

La porosidad secundaria generalmente proviene de la fracturación y diaclasamiento por efectos de esfuerzos tectónicos, a lo que se debe agregar procesos de disolución que, como en la unidad anteriormente descrita, conforman cavernas y conductos subterráneos donde se suelen generar acuíferos de importancia.

Al igual que en la unidad anterior pueden por desplome del techo de las cavernas generar paisajes kársticos o de dolinas como el que se presenta en el Pozo de las Animas, donde la disolución de las calizas del Grupo Mendoza provocó el colapso del techo en dos lugares que generó sendos pozos que aparentemente tienden a unificarse (Abraham, 1983). Otro ejemplo de suma importancia de estas características en la comarca, es la Caverna de las Brujas, centro turístico de gran interés en la zona de estudio. Las formaciones que constituyen esta unidad son Puchenque, Calabozo, La Manga, Lotena y las del Grupo Mendoza.

### Rocas volcánicas

Constituida principalmente por volcanitas básicas a mesosilícicas. con porosidad secundaria producida fundamentalmente por el diaclasamiento por enfriamiento de las coladas basálticas y andesíticas a lo que en menor grado podemos sumar fracturamiento por dislocación durante los procesos tectónicos. El acuífero que forman estas rocas se desarrolla a favor del diaclasamiento, descargando principalmente por zonas de paleocauces del relieve previo a la deposición de las volcanitas. Las rocas que conforman esta unidad pertenecen a las formaciones Coyocho, Cerro Guanaquero, Loma Fiera, Campanario, Peteroa, Pincheira y a los grupos Molle, Tromen, Tilhue y Chapua.

### Rocas sedimentarias

Se incluyen aquí las unidades con porosidad primaria de mediana a alta permeabilidad y que son las que más importan hidrogeológicamente a los fines de este estudio.

*Dr. Carlos...*



Esta unidad está caracterizada por sedimentitas con buen grado de consolidación formadas en ambiente continental, generalmente de granulometría gruesa como areniscas, sabulitas y conglomerados con escasa cementación que ha permitido conservar un buen grado de permeabilidad, pese a que la roca presenta ya diagénesis y compactación. El almacenamiento y comportamiento de los acuíferos de esta unidad depende en su mayoría de la composición granulométrica de la roca huésped.

Las rocas que participan de esta unidad son por lo general precuaternarias, se trata de las formaciones Tordillo, Agua de la Piedra, río Diamante, Letelier, Los Mesones y La Invernada, estas dos últimas también conocidas como primero y segundo nivel de piedemonte.

### *Depósitos*

Se describen en este punto las geoformas que albergan a los acuíferos citados.

#### Depósitos pedemontanos de abanicos aluviales coalescentes

Es esta unidad una de las más importantes desde el punto de vista hidrogeológico por su gran capacidad de almacenamiento y por ser la fuente más usada por los pobladores asentados al este del frente cordillerano. La composición granulométrica de estos abanicos es muy variada ya que de ellos participan desde limos a grandes bloques pasando por todos los estadios intermedios sin un orden determinado. La estratificación es grosera presentando una imbricación de lentes de variada granulometría.

Respecto del origen de esta unidad, para algunos investigadores no solo participan de ella sedimentos de origen aluvial, sino también de origen glaciario. Así, sería reconocible en el área al este de El Sosneado, restos de un arco morénico. Se localizan al este del frente orogénico, donde los ríos cordilleranos irrumpen en la llanura cambiando el grado de la pendiente, por lo que pierden capacidad de arrastre y dejan buena parte del material que trasladaban, volviéndose sus cauces distributarios y llegando en algunos casos a desaparecer de la superficie, como suele ocurrir con el río Malargüe.

#### Depósitos de la llanura aluvial

Esta unidad engrana lateralmente con los depósitos de abanicos aluviales de los que son continuación. Se caracterizan por la granulometría más fina, como limos y arcillas, habiendo sido transportados por cursos de agua que perdieron la capacidad de transporte o por los que tienen sus nacientes en la parte distal de los abanicos aluviales.

Son fuertemente salinos, lo que es posible observar en las eflorescencias que se forman en los lugares donde puede formarse algún encharcamiento. Es probable que estas sales alimenten las madres de la salina de la laguna Llancanelo, nivel de base de la cuenca del río Malargüe y arroyos El Alamo, Chacay y Malo, probablemente por infiltración de parte de las aguas de los ríos Salado y Atuel. Los acuíferos de esta unidad son por lo general de aguas salobres a saladas

*Dr. Carlos...*



y probablemente se presenten semiconfinadas a juzgar por los manantiales cercanos a la laguna LLancanello.

### Depósitos glaciogénicos

Esta unidad hidrogeológica involucra a los sedimentos poco consolidados, carentes de selección, que por lo general están presentes en las altas cabeceras del sistema de drenaje de las cuencas hidrológicas de la zona. Suelen presentar acuíferos muy irregulares, como en las subcuencas del río Grande donde se han observado morenas subcrecientes que indican glaciares de mayores dimensiones en tiempos anteriores, como han sido observadas en el valle del río Valenzuela. Otros depósitos pueden observarse a lo largo de los valles, donde quedan remanentes de los arrastres glaciarios que no han sido sepultados por los depósitos aluviales, los que en la cartografía geológica han sido mapeados como morenas de las distintas glaciaciones cuaternarias (Volkheimer, 1978).

Dado lo heterogéneo de los sedimentos involucrados en la unidad, que no presentan una selección como los aluviales, su permeabilidad y transmisibilidad es muy variada, llegando en algunos casos a ser muy pobre.

### Depósitos aluviales encauzados y criogénicos en las altas cabeceras

Constituyen los acuíferos más importantes de los valles cordilleranos, presentando generalmente acuíferos muy controlados por las características topográficas y tectónicas, actúan mayormente como conductores de agua a cuencas vecinas. Engranán distalmente con los depósitos pedemontanos de abanicos aluviales y con los de la llanura aluvial.

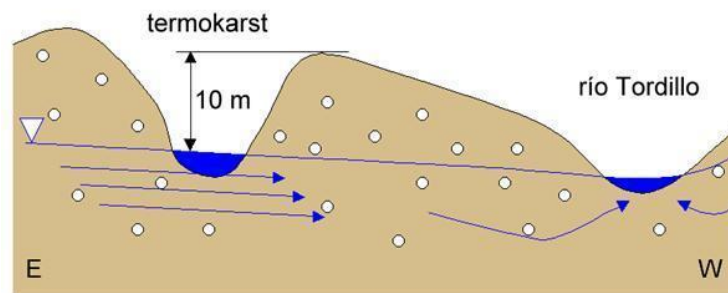
En las cabeceras están los depósitos criogénicos productos de la congeli-fracturación, que actúan como reguladores del agua de fusión ya que en ellos vuelve a congelarse, y además en épocas invernales pueden suministrar agua desde debajo del permafrost (Corte y Grosso, 1993, Corte, 1997). En estas zonas donde se produce el permafrost se ha observado en valle Hermoso la presencia de un interflow que alimenta la lagunita.

En estas acumulaciones detriticas se pueden observar depresiones generadas por la fusión de hielo, procesos periglaciares termokársticos que han sido detectados en la ladera oriental del valle. Esto permitió medir la profundidad freática en 10 m en ese punto que esta sobreelevado al nivel del río Tordillo.

Se muestra que el movimiento del agua subterránea en el lugar de observación se produce de Este a Oeste. Allí el acuífero es muy activo pese a que en el invierno del año 1998, las precipitaciones fueron particularmente escasas. Esto es un ejemplo de la gran importancia en la regulación hídrica que tienen los acuíferos en las áreas de *permafrost*, y confirman el principio establecido por error de pronostico que se produce cuando en los balances hídricos de una cuenca de estas características no se considera el rol que desempeña el *permafrost* (Corte, 1985).

Dña. Silvia

**Figura 173. Corte esquemático de la ladera oriental de Valle Hermoso, mirando al sur.**



Respecto de los acuíferos en depósitos aluviales de altas cuencas, suelen alcanzar gran extensión como en Valle Noble, al norte del cual se unen el río Valenzuela y el río Tordillo originando el río Grande; y probablemente exista un mecanismo de alimentación del río similar al caso anterior. Son prácticamente nulos los conocimientos de parámetros hidráulicos de estos acuíferos en la comarca estudiada. Se ha tomado conocimiento que de una perforación realizada en los sedimentos de la cuenca aluvial del río Salado se obtuvo un valor de permeabilidad de 0.001 y 0.00001 m/s. Estos valores son característicos de depósitos aluviales.

En la zona montañosa se generan acuíferos en los fondos y en las laderas de los valles, y el movimiento del agua subterránea depende en general de la topografía. Así, no sorprende que los acuíferos más extensos observados, como Valle Hermoso, Valle Noble y otros, desagüen en los cauces que normalmente circulan por la parte más baja de la cuenca. Este efecto se ha observado claramente en el Valle Hermoso, donde pese a un año de escasas precipitaciones nivales, los acuíferos que lateralmente acompañan el cauce ceden agua al mismo a través del subálveo.

#### Caracterización hidrogeológica y aspectos ambientales relevantes

Conocer el comportamiento de la temperatura de la zona es fundamental ya que se trata de uno de los parámetros más importantes para determinar el tipo de clima de un área dada. Así, para la alta cordillera que supera los 2600 ms.n.m. de altitud se ha determinado la existencia de permafrost y masas de hielo glacial y periglacial, que tienen una incidencia directa sobre la hidrología e hidrogeología (Cobos, 1981, Cobos y Bonisegna, 1983). Despejada con cierto grado de seguridad la incidencia de la evaporación en el sistema hidrológico-hidrogeológico, cabe plantearse la pregunta de cuál es el destino del 60 % aproximadamente de la masa de agua que se pierde entre los afloramientos. Para ello se deben considerar las características de los acuíferos que se generan en el abanico aluvial tanto proximal como distal.

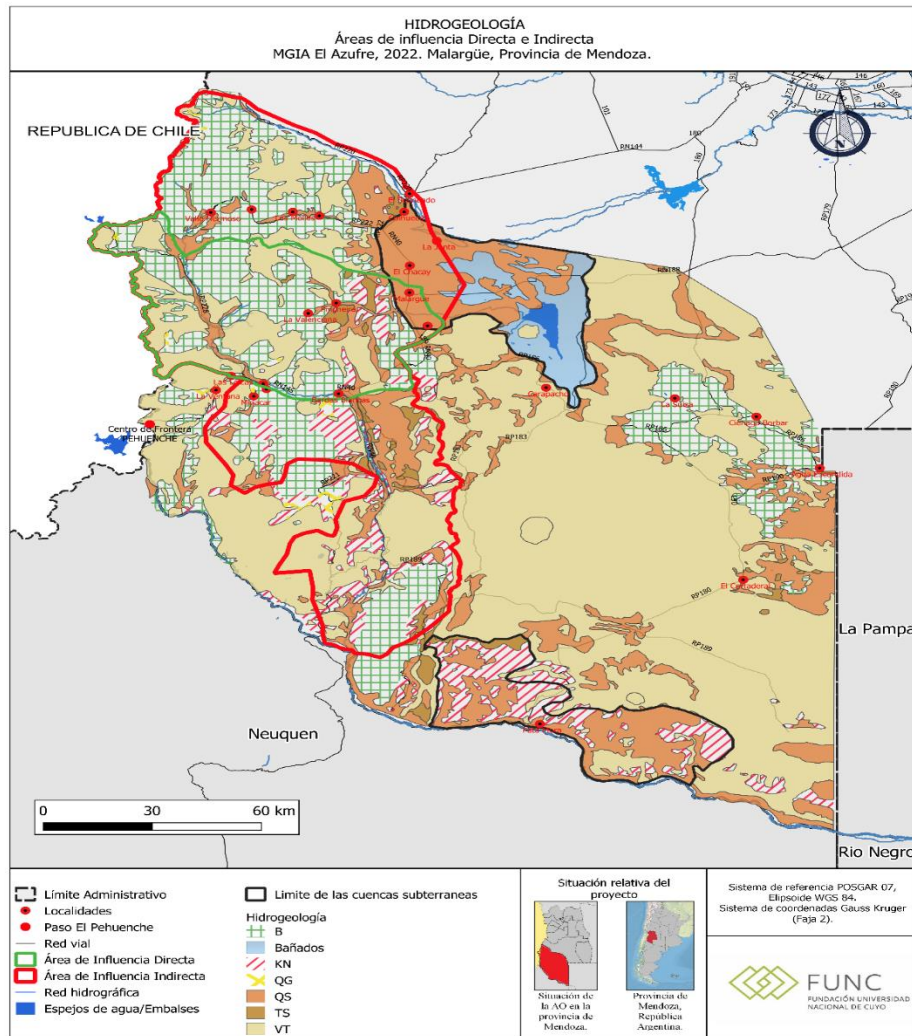
Las cuencas hidrológicas son por lo general de régimen nival. Solamente en años de poca precipitación nival se puede reconocer una gran influencia glacial-periglacial. La cantidad de agua que puede producir una cuenca, o potencial hídrico, en épocas sin nieve, no se puede

*Dr. Carlos...*



determinar por falta de datos sobre los acuíferos ubicados en la cordillera, que son muy extensos y en años de escasa nieve producen el principal aporte a los cauces. Se complementa la descripción anterior, con las unidades hidrogeológicas identificadas en un trabajo de Torres y Zambrano (2000). El mapa de cuencas de agua subterránea presenta la distribución de las diferentes unidades estratigráficas aflorantes, agrupadas según sus rasgos hidrogeológicos en el Área de Influencia Indirecta (AI) y Directa (AD).

**Figura 174. Áreas de influencia directa e indirecta.**



Fuente: Elaboración propia.

*Manuscrito*



### Principales unidades hidrogeológicas.

Se ha realizado también una estimación del volumen del recurso hídrico almacenado en el subsuelo, así como de las reservas económicamente explotables.

La superficie de la provincia de Mendoza es de 150.830 km<sup>2</sup>, ocupando la parte de llanuras donde se desarrollan los grandes reservorios de agua subterránea 74.380 km<sup>2</sup>, vale decir casi el 50 % de su superficie. El resto de la superficie corresponde principalmente a zonas de cordilleras y en menor medida a tierras malas, salinas y bañados.

El clima es árido, las precipitaciones son principalmente estivales y varían desde 100 mm/año en el norte de la provincia hasta 600 mm/año en la zona de cordillera. La evapotranspiración es elevada por lo que se requiere del auxilio de la irrigación para el desarrollo de las áreas cultivadas de los oasis norte, centro, sur y sur-oeste.

La base geológica utilizada para la realización del mapa geológico de la provincia a escala 1:500.000 publicado por la Secretaría de Minería de la Nación.

A continuación, se hará una reseña de las unidades hidrogeológicas aflorantes en la AII y AID y se describirán las principales características de las cuencas de agua subterránea y de las regiones hidrogeológicas existentes en la provincia.

#### Unidades hidrogeológicas

Unidad B. Basamento resistivo. Está formado por rocas compactas y, por ende, con resistividades elevadas en los sondeos geoelectricos. Este basamento resistivo está integrado por rocas metamórficas, intrusivas, volcánicas, piroclásticas y sedimentarias de variadas edades más antiguas que el Oligoceno o Mioceno, salvo muy locales excepciones.

Las rocas sedimentarias, así como muchas piroclásticas que se incluyen en el basamento han sido compactadas o cementadas, de manera que han perdido total o casi totalmente la porosidad primaria de los intervalos originariamente permeables.

Esta unidad, por lo tanto, es no acuífera, salvo en las zonas donde sus rocas están fisuradas o, en el caso de calizas, en aquellos lugares donde se han formado espacios porales por disolución. Generalmente estos espacios con permeabilidad secundaria se extienden pocos metros bajo la superficie; en ellos puede acumularse agua, casi siempre mineralizada, en pequeñas cantidades. Se forman así acuíferos pobres que tienen limitadas aplicaciones.

Sin embargo, en vulcanitas permotriásicas del sur de la provincia se ha acumulado agua en cantidades y con calidades suficientemente buenas como para aprovecharse en puestos y pequeñas explotaciones agrícolas o ganaderas. Pero estas acumulaciones ocurren en pocas localidades aisladas, que no invalidan el carácter no acuífero del basamento resistivo.

*Dr. Carlos...*





**Unidad VT.** La integran basaltos y andesitas terciarias y cuaternarias, con algunas intercalaciones piroclásticas y sedimentarias, que ocupan grandes extensiones en el sureste del territorio provincial.

El comportamiento de esta unidad con respecto al agua subterránea es muy variable. Esto se debe a que, si bien las rocas que la constituyen suelen ser compactas, frecuentemente están fisuradas y pueden tener espacios porales vesiculares que aumentan su porosidad y permeabilidad, sobre todo si estas oquedades están comunicadas por fisuras. Además, las intercalaciones piroclásticas y sedimentarias que no han sido cementadas pueden conservar porosidad intergranular eficaz.

De acuerdo con lo expresado, la unidad VT, si bien generalmente es resistiva, puede localmente presentar marcadas variaciones en este parámetro geofísico.

Por las características nombradas, el comportamiento hidrogeológico de esta unidad es muy irregular: desde no acuífero hasta contener agua de variado grado de mineralización y en cantidades que puede permitir, cuando son de buena calidad, su explotación local.

Además, en las zonas donde las fisuras lleguen a la base de esta unidad, si por debajo de los mantos volcánicos existen rocas sedimentarias permeables, estas rocas pueden ser un importante factor de recarga de los acuíferos contenidos en estas sedimentitas.

**Unidad KN.** Sedimentitas neocretácicas del Grupo Neuquén. Comprende rocas sedimentarias clásticas de variada granometría y permeabilidad aflorantes en el sur y este de la provincia. Contiene areniscas permeables mantiformes y filiformes portadoras de agua generalmente poco mineralizada: en la provincia del Neuquén estos terrenos contienen importantes acuíferos en explotación.

Estas areniscas alternan con limolitas, lutitas y arcillitas impermeables, de modo que, en el subsuelo, presentan condiciones de confinamiento o semiconfinamiento. En la cuenca de agua subterránea del río Colorado, el Grupo Neuquén probablemente constituye la unidad acuífera más importante.

**Unidad TS.** Sedimentitas miocenas y pliocenas. Afloran en varias provincias geológicas del territorio mendocino: Cordillera Frontal y Principal, Precordillera, Bloque de San Rafael, Cerrillada Pedemontana y cuenca Neuquina. También existen asomos de estas sedimentitas en la zona cubierta por rocas volcánicas (Unidad VT) generalmente subyaciendo a estas últimas.

La unidad TS consiste principalmente en areniscas y limoarcillitas con variado contenido de material piroclástico. Se trata de una sucesión granocreciente, que en las zonas cordilleranas, precordillerana, así como en el Bloque de San Rafael y Cerrillada Pedemontana presenta intercalaciones conglomerádicas hacia su techo. La edad de estos depósitos es terciaria superior: miocena o, en parte, pliocena. En el sur de la provincia algunos depósitos terciarios más antiguos pueden presentar características hidrogeológicas y geoelectricas similares.

*Dr. J. C. C. C.*



En general estos terrenos tienen baja permeabilidad, salvo en algunas intercalaciones arenosas que, en el subsuelo, contienen agua mineralizada. Por lo tanto, la unidad TS se caracteriza por sus resistividades bajas: constituye así la base conductiva de los sedimentos pliocenos o cuaternarios portadores de capas permeables acuíferas.

En la llanura oriental, en cambio, la parte superior de esta unidad, que se encuentra en el subsuelo, está constituida predominantemente por areniscas con acuíferos explotables.

Estos depósitos terciarios, en su parte superior, también contienen capas conglomerádicas que afloran, como se dijo anteriormente, en las zonas pedemontanas. Cuando está en el subsuelo, como ocurre en la subcuenca de Carrizal-Tunuyán, esta sección conglomerádica (Formación Mogotes) es acuífera en aquellas zonas donde la cementación y el material detrítico intersticial no han destruido la porosidad eficaz de estos terrenos.

**Unidad QS.** Sedimentos cuaternarios portadores de acuíferos. Comprende capas filiformes o mantiformes, a veces amalgamadas, de gravas, gravillas y arenas permeables o muy permeables, con intercalaciones limoarcillosas. Localmente, tiene material piroclástico en variada proporción. Estos sedimentos se han acumulado en zonas pedemontanas (predominio de gravas), llanuras aluviales (predominio de arenas y gravillas), cubiertas medanosas (arenas y limos loésicos) o canales fluviales (gravas y arenas limpias).

La unidad QS contiene la gran mayoría de los acuíferos explotables de los valles intermontanos y de la llanura oriental. En las zonas pedemontanas proximales y medias, así como en los abanicos aluviales, los acuíferos son libres. En cambio, en las zonas distales y llanura oriental en general los acuíferos son confinados o semiconfinados.

Únicamente cuando estos sedimentos se encuentran en posición topográfica elevada no son acuíferos, pero, debido a su elevada permeabilidad, en estos casos sirven de vías de conducción de agua.

**Unidad QG.** Sedimentos cuaternarios glaciales. Constituyen acumulaciones aisladas en la alta cordillera. Su granulometría, así como su porosidad y permeabilidad son muy variadas y de irregular distribución.

No son acuíferos por estar a grandes altitudes, pero conducen el agua originada por derretimiento de los glaciares y de los campos de nieve.

### Cuencas de agua subterránea

En la provincia de Mendoza el agua subterránea utilizable se encuentra casi totalmente en depósitos cuaternarios de los valles intermontanos y de la llanura oriental.

En el primer caso se forman cuencas de agua subterránea delimitadas en la mayor parte de su perímetro por afloramientos de terrenos del basamento resistivo y, donde este no asoma, por altos estructurales del basamento aflorantes, generalmente ubicados a poca profundidad. En el

*Dr. J. C. C. C.*



caso de la llanura oriental, las características hidrogeológicas se asemejan a las de las grandes llanuras. Es así que en esta extensa zona varían las características sedimentológicas de los acuíferos y éstos se recargan por ríos que drenan diferentes áreas, cada una con distinta constitución geológica. Por ende, las características químicas del agua varían dentro de la gran llanura.

Es así que la llanura oriental mendocina se puede subdividir en sectores diferenciables por sus condiciones hidrogeológicas. Se suele denominar a las mismas provincias hidrogeológicas, o regiones hidrogeológicas. Los límites entre estas regiones generalmente no están definidos, salvo en los casos que haya altos estructurales donde la base conductiva o el basamento resistivo estén a poca profundidad en el subsuelo. Donde tales elevaciones faltan, el pasaje de una región hidrogeológica a otra suele ser transicional.

A continuación, se describen las principales características de las cuencas de agua subterránea y regiones hidrogeológicas del Sur de Mendoza.

### *Cuenca de Malargüe*

Comprende los valles medios de los ríos Atuel, Salado y Malargüe, y la zona que rodea a la laguna Llanquanelo. Su extensión puede estimarse en unos 6.500 o 7.000 km<sup>2</sup>. Es una zona de afloramientos discontinuos de terrenos de la base conductiva y de rocas volcánicas. Al este, está limitada por el bloque de San Rafael; al oeste, por la Cordillera Principal y al sur y sureste por las rocas basálticas y andesíticas que ocupan gran parte de las zonas sur y sureste de la provincia.

La práctica totalidad de los acuíferos en esta cuenca se encuentran en los depósitos cuaternarios que la rellenan: gravas, gravillas, arenas, con intercalaciones limoarcillosas. Los sedimentos de texturas más gruesas se han acumulado en bajadas pedemontanas, incluyendo el importante abanico aluvial de los ríos Atuel y Salado, al pie oriental de la Cordillera Principal y que ocupa una extensión de 350 km<sup>2</sup>. Los restantes depósitos son de origen fluvial o de barreales, y de la laguna Llanquanelo. Estos sedimentos finos, en parte salinos, se concentran en la parte este y sureste de la cuenca donde forman una faja orientada de norte a sur, con anchos entre 5 y 25 km a lo largo de unos 70 km. Estos limos, donde contienen material salino, pueden mineralizar al agua contenida en intervalos permeables intercalados o en contacto con ellos.

Las reservas de agua subterránea en esta cuenca, se estiman en 70.000 hm<sup>3</sup> y las económicamente explotables en unos 2.100 hm<sup>3</sup>, teniendo en cuenta que en gran parte de la cuenca existen condiciones de confinamiento y semiconfinamiento.

### *Cuenca del río Colorado*

A diferencia de las anteriores, los principales acuíferos de esta cuenca se encuentran en intervalos arenosos permeables del Grupo Neuquén, de edad cretácica superior (Unidad KN) que aflora a ambos márgenes del río Colorado. Únicamente en el subálveo de este río se

*Dr. Carlos...*



encuentran depósitos cuaternarios acuíferos. Los restantes sedimentos de esta edad se encuentran en posición topográfica elevada.

La extensión mínima de la porción mendocina de esta cuenca puede estimarse en 1.750 km<sup>2</sup>. Pero, al norte y al este, donde los estratos del Grupo Neuquén están cubiertos por los basaltos de la parte suroriental de la provincia, su límite no está definido; si bien se conoce aproximadamente la zona de acuíferos en el subsuelo, se desconocen los límites del área donde contienen acuíferos. Por lo tanto, la extensión indicada más arriba es un valor mínimo.

La existencia de acuíferos explotables en el Grupo Neuquén dentro de la provincia de este nombre se conoce desde mucho tiempo atrás (Sosis, 1978) mientras que los existentes en la parte mendocina se han descubierto por perforaciones exploratorias de hidrocarburos.

La recarga de estos acuíferos proviene, muy probablemente, del río Colorado, por infiltración a través de los depósitos permeables de su subálveo. Además, es de esperar que un significativo volumen del agua que contienen provenga por infiltración a través de fisuras y otras oquedades de las rocas basálticas cenozoicas que cubren a dichos depósitos cretácicos en las partes norte y este de la cuenca.

Se puede efectuar una estimación mínima del volumen de agua almacenado en las capas permeables del Grupo Neuquén. Para ello se tomará un espesor mínimo de depósitos acuíferos, 100 metros; por perforaciones exploratorias de hidrocarburos se sabe que el espesor del Grupo Neuquén en este sector de la cuenca es mucho mayor, pero se desconoce el de los intervalos acuíferos. Es poco probable que el espesor de éstos sea menor que el aquí estimado.

Por tratarse de acuíferos en su mayor parte confinados, el coeficiente de almacenamiento puede variar entre 0,001 y 0,01, siendo poco probable que alcance valores mayores que el último y menores que el primero.

Sobre esta base, se tendría un volumen de 1750 hm<sup>3</sup> almacenado en la cuenca, de los cuales entre un 5 y un 10% constituirían las reservas económicamente explotables.

### *Región de los ríos Diamante y Atuel*

Se extiende al sur del río Diamante hasta aproximadamente los 35° 20' de latitud. Hacia el este continúa en la provincia de San Luis y su límite con la llanura sur de esta provincia parece ser transicional. Al oeste el borde de cuenca es el Bloque de San Rafael. Esta región hidrogeológica ocupa unos 13.500 km<sup>2</sup> en el territorio provincial.

Los depósitos cuaternarios que cubren esta porción de la llanura oriental son, principalmente, arenas, limos y arcillas, con diferentes cantidades de material de origen piroclástico. Depósitos de gravas y gravillas se restringen a una angosta zona del pie de monte del Bloque de San Rafael, si bien aquí también predominan las texturas arenosas. Las áreas cubiertas por arenas eólicas son más extensas que en la región situada al norte del río Diamante.

*D. N. J. C. C. C.*



En el subsuelo se han diferenciado, en la zona noroccidental, dos horizontes acuíferos denominados superior, con espesores entre 30 y casi 100 metros. Por debajo se encuentra el acuífero principal, con espesores de 140 metros, si bien localmente puede tener valores mayores (Pazos y otros, 1993). Hacia el sur y el este aumenta la proporción de intercalaciones limoarcillosas y se pasa de acuífero libre a acuíferos confinados o semiconfinados. Al mismo tiempo empeora la calidad de agua, hasta que, por su elevada mineralización, las aguas llegan a ser inaptas. Las reservas de agua subterránea se estiman en 135.000 hm<sup>3</sup>, de los que 4.050 hm<sup>3</sup> constituyen las reservas económicamente explotables.

### *Región sur*

Ubicada al sur de Mendoza pasa transicionalmente a la llanura sur de esta provincia y continúa en la provincia de La Pampa, donde existen afloramientos discontinuos del basamento resistivo que sirven de borde de cuenca, mientras que al oeste, esta región hidrogeológica llega hasta donde comienzan las acumulaciones de rocas volcánicas del sur de la provincia. La porción de esta llanura en territorio mendocino abarca unos 9.000 km<sup>2</sup>.

En el sector oeste, predominan depósitos de gravas, gravillas y arenas, provenientes del Bloque de San Rafael y de las zonas cubiertas por rocas volcánicas. Por esta razón, estos sedimentos contienen generalmente abundante material piroclástico. En parte han sido re-depositados por acción de ríos efímeros.

Al este de la faja con depósitos pedemontanos se encuentra la llanura aluvial distal del río Atuel. Este río, al sur de la latitud 35° 30', pasa a ser temporario. Sus depósitos cubren una zona de unos 25 km de ancho y consisten en arenas finas limosas y limos en parte salinos. Al este de la llanura aluvial predominan las arenas eólicas, que localmente forman campos de dunas. En general estas arenas son medianas y finas. En la zona pedemontana, si bien no hay ríos permanentes, el agua precipitada en la parte sur del Bloque de San Rafael y en la zona cubierta por rocas volcánicas se infiltra rápidamente debido a la buena permeabilidad de los depósitos cuaternarios.

La mineralización aumenta de oeste a este y en pozos cercanos a la llanura aluvial del río Atuel hay aguas de mala calidad. Al este la calidad empeora aún más y el agua subterránea existente en general es inapta para consumo humano y usos ganaderos o agrícolas.

Por lo que antecede, las reservas de agua deben ser pobres y difíciles de estimar con la información disponible. Si se estima que, en la zona pedemontana existen 200 km<sup>2</sup> con agua apta, un espesor del Cuaternario saturado de 25 metros y un acuífero libre (esto es de esperar, dada la alta permeabilidad de los sedimentos) y un coeficiente de almacenamiento de 0,1 (probablemente sea mayor por las texturas arenosas y gravillosas predominantes en estos depósitos) la reserva de agua subterránea sería de 500 hm<sup>3</sup> de los que podría explotarse un 10%.

*Dr. Carlos...*





En la siguiente Tabla, se detalla el volumen hídrico de las reservas totales y factibles de explotación de las cuencas del Sur de Mendoza consideradas:

**Tabla 51. Estimación de las reservas explotables.**

Cuenca	Extensión Km <sup>2</sup>	Espesor Saturado (m)	Coeficiente Almacenamiento	Reservas (Hm <sup>3</sup> )	
				Totales	Económicamente explotables
Malargüe	7000	100	0,10	70000	2100
Río Colorado	1750	100	0,01	1750	18
Diamante Atuel	13500	100	0,10	135000	4050
Región Sur	9000	25	0,10	500	50

### Conclusiones Hidrogeología

Sobre la base del conocimiento geológico general se realizó un bosquejo hidrogeológico diferenciando entre formaciones permeables o impermeables. Los criterios utilizados para distinguir entre una formación más permeable o menos permeable son el origen del sedimento (marino o terrestre), la edad de la formación, y el tipo de sedimentación que determina la composición granulométrica. Sin embargo, cabe para esta diferenciación una investigación detallada para determinar la permeabilidad de cada secuencia en cada formación. Además, se distinguió las rocas volcánicas por su gran tendencia a producir fracturas por enfriamiento lo que permite una buena permeabilidad secundaria. También las rocas carbonáticas y las formaciones evaporíticas han sido separadas por la característica de generar huecos que les permiten adquirir permeabilidad secundaria.

Las cuencas hidrogeológicas son por lo general de régimen nival. Solamente en años de poca precipitación nival se puede reconocer una gran influencia glacial-periglacial. La cantidad de agua que puede producir una cuenca, o potencial hídrico, en épocas sin nieve, no se puede determinar por falta de datos sobre los acuíferos ubicados en la cordillera, que son muy extensos y en años de escasa nieve producen el principal aporte a los cauces.

### Calidad del agua

La calidad y cantidad de agua disponible para un proyecto, es casi siempre un factor determinante a la hora de toma de decisiones de planificación y gestión hídrica integral. El proyecto que se evalúa actualmente se encuentra muy influenciado por este recurso, ya que se encuentra emplazado en las cercanías de un humedal natural. Si bien, la cantidad de agua no parece, a priori, un problema, es muy importante evaluar la calidad para consumo y el impacto que puede generar el vuelco de agua residual a los pequeños ecosistemas que conforman el

Dña. Silvia



humedal. Como línea de base de las condiciones actuales, se tomaron 13 muestras de agua en las zonas de influencia directa del proyecto, a las cuales se les realizaron determinaciones de alta complejidad que se presentan en el anexo de calidad de agua. Además, se tomaron muestras representativas para estudios limnológicos de campo que buscan dejar expresados sus resultados en la línea de base cero del proyecto. Es importante en el estudio de este recurso, que se busque atender las diferentes demandas del proyecto sin dejar de lado el estudio, la concientización y el trabajo continuo para evitar que el impacto en el ecosistema sea siempre el menor posible.

La calidad del agua puede verse afectada por un gran número de causas naturales y exógenas al lugar en estudio. Al momento del muestreo se pudo ver cómo en diferentes horarios, los caudales de los afluentes del río Valenzuela crecen y decrecen con gran facilidad y en gran cantidad variando las propiedades químicas del agua. Por otro lado, se pudo constatar la pérdida de calidad de agua debido a la defecación de animales de pastoreo en los lechos de los ríos. Estas variaciones en la calidad por factores propios y externos deben evaluarse, cuantificarse y mitigarse en caso de ser posible. Cuando los factores externos que degradan la calidad natural del agua son ajenos al ciclo hidrológico el resultado se denomina contaminación. La prevención, control y resolución de los problemas derivados de la contaminación de las aguas debería constituir uno de los objetivos principales que debe plantearse la gestión del recurso hídrico.

Como punto de partida, y a modo de guía para entender la calidad de agua promedio de la zona, se presentan resultados de laboratorio de dos muestras tomadas en puntos distantes del emplazamiento actual de los complejos habitacionales. Una muestra aguas arriba del complejo, sobre el río Punilla y otra muestra aguas abajo del complejo sobre el mismo río.

*DNyA. Cuyano*



**Tabla 52. Muestra Aguas arriba del complejo actual (zona del Punilla Central) Fecha del análisis 3/12/2020.**

Análisis Físicoquímicos	Método	Unidad	Resultado	CAA	EPAS
Color	Escala Pt-Co	Pt-Co	< 2	< 2	15UCV
Olor	Sensorial	-	No Ofen.	No Ofen.	No Ofen.
Turbiedad	UTN	NTU	3,62	3	2
Sabor	Sensorial	-	No Ofen.	No Ofen.	No Ofen.
Conductividad	Conductimetría	µS/cm	600	*	2500
Detergentes	Observación	-	ND	*	ND
Dureza Total (CO <sub>3</sub> Ca)	Complexometría	mg/l	304	400	500
pH	Potenciometría	-	7,92	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
Sólidos Disueltos Totales	APHA-AWWA-WPC		300	1500	*
Amonio (NH <sub>4</sub> )	Espectrofotometría	mg/l	< 0,01	0,2	0,2
Calcio (Ca <sup>+2</sup> )	Complexometría	mg/l	75,20	*	*
Magnesio (Mg <sup>+2</sup> )	Complexometría	mg/l	28,19	*	*
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	Mohr	mg/l	3,44	350	400
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Colorimetría	mg/l	< 10	45	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Colorimetría	mg/l	< 0,05	0,1	3
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	Espectrofotometría	mg/l	218,35	400	400

**Referencias** ND/(-)= NO DETECTADO A= AUSENCIA P/(+)= PRESENCIA DNPC: DEMASIADO NUMEROSO PARA CONTAR  
\* = solo para potabilidad en reservorios de agua domiciliaria. \* = Análisis no solicitado por norma.

**Interpretación**

Según los análisis realizados, la muestra es considerada **APTA PARA CONSUMO**, agua físico-químicamente POTABLE, según el art. 982 del Código Alimentario Argentino.

Análisis Microbiológicos	Método	Unidad	Resultado	CAA
Rec. bacterias aerobias mesófilas	ICMSF-M1	ufc/ml	33	500'
Recuento de coliformes totales	NMP ICMSF-M3	colitot/100ml	< 3	3
Recuento de coliformes fecales	NMP ICMSF-M2	colifec/100ml	< 3	*
Inv. de <i>Escherichia coli</i>	ICMSF	ufc/100ml	ND	ND
Inv. de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Fil. membrana	ufc/100ml	ND	ND
Análisis Físicoquímicos	Método	Unidad	Resultado	CAA
Cloro libre residual	Colorimétrico	ppm	< 0,05	0,2

**Referencias** ND/(-)= NO DETECTADO A= AUSENCIA P/(+)= PRESENCIA DNPC: DEMASIADO NUMEROSO PARA CONTAR  
\* = solo para potabilidad en reservorios de agua domiciliaria. \* = Análisis no solicitado por norma.

**Interpretación**

De los datos obtenidos se considera a la muestra **APTA PARA CONSUMO**, de acuerdo a lo establecido en el Art. 982 del Código Alimentario Argentino.

Dña. Silvia



**Tabla 53. Muestra Aguas abajo del complejo actual. Fecha del análisis 3/12/2020.**

Análisis Físicoquímicos	Método	Unidad	Resultado	CAA	EPAS
Color	Escala Pt-Co	Pt-Co	< 2	< 2	15UCV
Olor	Sensorial	-	No Ofen.	No Ofen.	No Ofen.
Turbiedad	UTN	NTU	1,05	3	2
Sabor	Sensorial	-	No Ofen.	No Ofen.	No Ofen.
Conductividad	Conductimetría	µS/cm	308	*	2500
Detergentes	Observación	-	ND	*	ND
Dureza Total (CO <sub>3</sub> Ca)	Complexometría	mg/l	148	400	500
pH	Potenciometría	-	7,75	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
Sólidos Disueltos Totales	APHA-AWWA-WPC		154	1500	*
Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Espectrofotometría	mg/l	< 0,01	0,2	0,2
Calcio (Ca <sup>2+</sup> )	Complexometría	mg/l	51,20	*	*
Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	Complexometría	mg/l	4,86	*	*
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	Mohr	mg/l	3,44	350	400
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Colorimetría	mg/l	< 10	45	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Colorimetría	mg/l	< 0,05	0,1	3
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	Espectrofotometría	mg/l	51,75	400	400

**Referencias** ND/(-)= NO DETECTADO A= AUSENCIA P/(+)= PRESENCIA DNPC: DEMASIADO NUMEROSO PARA CONTAR  
\* = solo para potabilidad en reservorios de agua domiciliaria. \* = Análisis no solicitado por norma.

#### Interpretación

Según los análisis realizados, la muestra es considerada **APTA PARA CONSUMO**, agua físico-químicamente POTABLE, según el art. 982 del Código Alimentario Argentino.

Análisis Microbiológicos	Método	Unidad	Resultado	CAA
Rec. bacterias aerobias mesófilas	ICMSF-M1	ufc/ml	27	500'
Recuento de coliformes totales	NMP ICMSF-M3	colito/100ml	< 3	3
Recuento de coliformes fecales	NMP ICMSF-M2	colifec/100ml	< 3	*
Inv. de <i>Escherichia coli</i>	ICMSF	ufc/100ml	ND	ND
Inv. de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Fil. membrana	ufc/100ml	ND	ND
Análisis Físicoquímicos	Método	Unidad	Resultado	CAA
Cloro libre residual	Colorimétrico	ppm	< 0,05	0,2

**Referencias** ND/(-)= NO DETECTADO A= AUSENCIA P/(+)= PRESENCIA DNPC: DEMASIADO NUMEROSO PARA CONTAR  
\* = solo para potabilidad en reservorios de agua domiciliaria. \* = Análisis no solicitado por norma.

#### Interpretación

De los datos obtenidos se considera a la muestra **APTA PARA CONSUMO**, de acuerdo a lo establecido en el Art. 982 del Código Alimentario Argentino.

Dña. Silvia



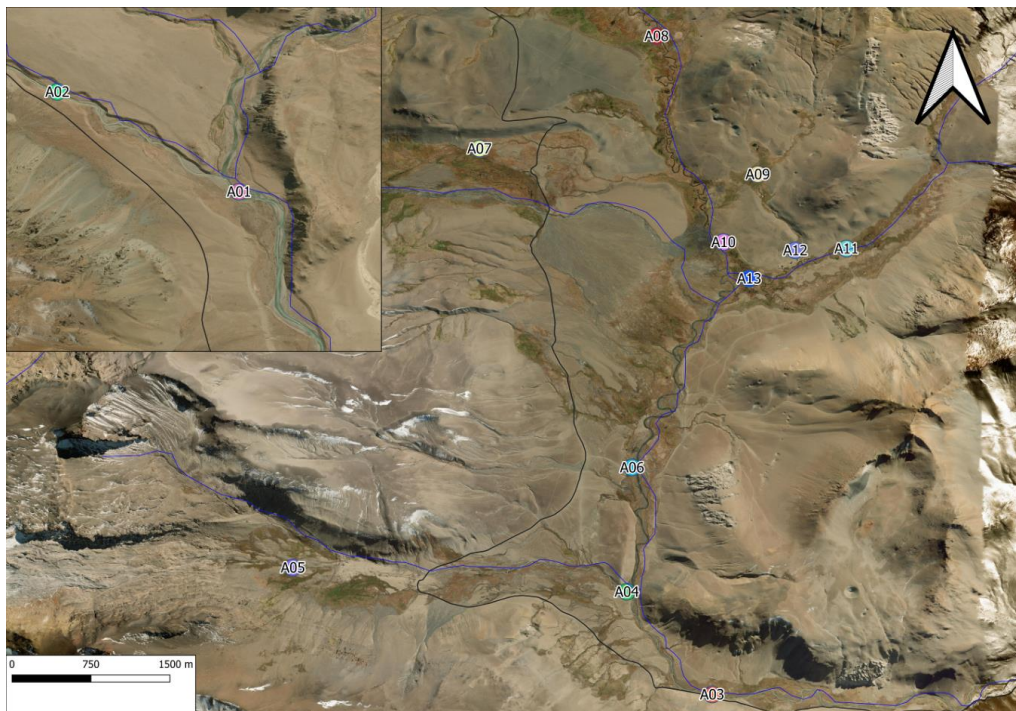


Como conclusiones de ambas muestras, se encuentran aptas para consumo humano, aún sin el agregado de biocidas para la eliminación de microorganismos. Aunque estos análisis presentan resultados parciales nos indican que la calidad de agua promedio es buena para un posible tratamiento de potabilización.

#### Sitios de muestreo

Para realizar la caracterización del agua de la zona y poder dejar un registro como línea de base cero, se tomaron 13 muestras en lugares estratégicos que dejan puntualizados algunos resultados que deberían completarse con muestreos de seguimiento periódicos. De esta manera se podría obtener una mejor información y resultados promedios que no estén influenciados por un valor extremo. Los sitios de muestreo propuestos han sido los cauces principales que confluyen en el río Valenzuela, el río Valenzuela en las cercanías a la desembocadura al río Grande y el río Grande luego de la confluencia con el río Tordillo. Se muestran a continuación en una imagen satelital los puntos y se presentan en formato de tabla con la geo referenciación correspondiente a cada punto. Además, se deja constancia de los parámetros evaluados in situ para contraste contra los resultados de laboratorio. Tanto conductividad como pH fueron evaluados en la campaña de muestreo en cada punto.

**Figura 175. Sitios de muestreo.**



*Handwritten signature: D. N. A. C. S. (likely D. N. A. C. S. or similar)*



**Tabla 54. Resultado de mediciones *in situ*.**

Nombre	X	Y	Fecha	Hora	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	pH
A01	-70,2936167	-35,3338447	21-nov	10:30	760	7,66
A02	-70,3093149	-35,3251164	21-nov	10:00	320	7,87
A03	-70,4831191	-35,3064404	19-nov	18:00	310	7,2
A04	-70,4920362	-35,2955933	19-nov	17:15	140	6,7
A05	-70,5268983	-35,2930331	19-nov	12:15	160	6,5
A06	-70,4914836	-35,2824575	19-nov	11:30	640	7,08
A07	-70,5034908	-35,2546547	19-nov	10:30	810	7,72
A08	-70,517002	-35,2163066	19-nov	13:30	560	7,75
A09	-70,4783536	-35,2514789	19-nov	15:00	240	7,53
A10	-70,4819289	-35,2586413	20-nov	12:00	350	7,2
A11	-70,4690868	-35,2593253	20-nov	10:15	500	7,02
A12	-70,474433	-35,2595122	20-nov	11:30	520	7,12
A13	-70,4792407	-35,2624984	20-nov	13:00	480	7,5

Como se puede observar en los resultados obtenidos, todas las corrientes presentan valores compatibles con agua de deshielo. Debe destacarse que algunos puntos fueron evaluados en distintos horarios y la dispersión del valor es grande, llegando a duplicarse en el caso de la conductividad para una misma muestra, pero en distintos horarios. Esto se corresponde con el aumento o la disminución del caudal que lleva el río en las distintas horas del día.

A cada muestra extraída y presentada en la tabla anterior, A1-A13 se le realizaron los siguientes parámetros para dejar registro como línea de base:

Dña. Silvia



**Tabla 55. Parámetros medidos.**

Ítem	Determinación/Servicio	Método
1	Cadmio(Cd)acreditado	SW846EPA7000B-Rev2-2007
2	Zinc(Zn)acreditado	SW846EPA7000B-Rev2-2007
3	Litio(Li)	SW846EPA7000B-Rev2-2007
4	Plomo(Pb)acreditado	SW846EPA7000B-Rev2-2007
5	Sodio(Na)	SW846EPA7000B-Rev2-2007
6	Arsénico(As)acreditado	SW846EPA7062-Rev0-Ed1994
7	Fluoruros	EPA300.1-Rev.1.0-Ed1997
8	BTEXacreditado	EPA5021A-2014/EPA8260D-2017
9	MTBE	EPA8260D-2017
10	HCTotalesGRO-DRO	EPA8015D-2007
11	VOC's	EPA8015D-2007
12	TPH(EPA418.1)	EPA418.1
13	pH	SM4500-H+-B
14	ConductividadElectrica	SM2510B
15	Olor	SM2150B
16	Colorverdadero	SM2120B
17	Turbiedad	SM2130B
18	DurezaTotal	SM2340C
19	Alcalinidad	SM2320B
20	SólidosdisueltosTotales	SM2540C
21	DBO	SM5210B
22	DQO	SM5220D
23	Cloruro	SM4500Cl-B
24	Calcio	SM3500Ca-D
25	Magnesio	SM3500Mg-E
26	Sulfatos	SM4500SO4-C
27	Sulfuros	SM4500S--F
28	Nitratos	SM4500NO3-E
29	Nitrógenoamoniacal	SM4500-NH3-C
30	Fosfatos	SM4500P-D
31	Carbonatos	SM2320B
32	Bicarbonatos	SM2320B
33	NitrógenoTotal	-
34	OxígenoDisuelto	IRAM1601:2011
35	PotabilidadsegúnC.A.A. (BacteriasAerobiasMesófilastotales, Coliformes totales, Escherichia coli yPseudomonasaeruginosa)	SM17-9221ABC

Dña. Silvia



Los resultados, análisis y conclusiones, serán presentados en Tomo 2 C. Resultados de Monitoreos.

#### Periodicidad de muestreo

Con respecto a la periodicidad de los muestreos y los puntos a evaluar se presentan tres escenarios bien marcados: por un lado, las muestras de seguimiento ambiental que contrasten contra los puntos presentados en el apartado anterior A1 – A13. Es importante destacar en este punto que la periodicidad de las muestras difícilmente pueda ser mayor a una vez por año debido a la falta de acceso a los puntos de muestreo por limitaciones climáticas. Como segundo punto, se deberían tomar muestras periódicas de los humedales que se encuentran en la parte baja de los lechos de infiltración propuestos para la disposición del efluente tratado en el proyecto. En caso de ser reubicados los sitios de disposición final, el lugar de muestreo debe ser próximo a cauces, ríos o espejos de agua que se encuentren aguas abajo de los mismos. El espíritu de esta toma muestra es la detección de contaminantes que hayan sido emanados de las plantas de tratamiento de efluentes para realizar tareas de reparación, remediación o mitigación de daños. Estos puntos son de vital importancia porque en caso de presentarse una contaminación manifiesta por el mal funcionamiento de la/las plantas de efluentes servirían de alarma temprana para tomar acciones correctivas. Desafortunadamente, una vez más, la complicación del acceso a los puntos es muy compleja en la mayor parte del año, pero sobre todo en invierno cuando el complejo presentaría la mayor demanda. Por la complejidad de los humedales en cuanto a variación en calidad de agua entre espejos de agua próximos, es complejo en esta parte del estudio establecer una línea de base cero para poder identificar posibles contaminaciones futuras. Se deberán trazar indicadores precisos en conjunto con el ente regulador y controlador de la actividad antes de comenzar la operación regular de las plantas de tratamiento. Como guía se dejan valores tomados en la campaña de muestreo e informe limnológico de las zonas aledañas a los sitios de disposición final de efluentes propuestos.

El tercer punto a evaluar en cuanto a la periodicidad de muestreo, es el seguimiento de las plantas de tratamiento de efluentes. En este caso es muy importante que el muestreo y control de parámetros sea continuo. Para esto, el proyecto plantea tener personal calificado en las instalaciones las 24 hs, un laboratorio de seguimiento in situ y un sistema de capacitación permanente. Además, sería bueno evaluar la posibilidad de un sistema de control remoto que tome datos y los envíe mediante sistema web a los responsables generales del proyecto y a los entes de control intervinientes de manera on line, aplicando multas a los operadores de la planta y hasta suspensiones de contratos.

Por último, deben completarse estos muestreos de caracterización y seguimiento con toma de muestras mensuales de agua potable en los distintos lugares del/los complejos habitacionales. Es importante realizar estas tomas de muestras con el mayor cuidado, intentando en todo momento, respetar las recomendaciones de los estándares de calidad en la recogida de las

*Dr. J. C. C. C.*



muestras para que las mismas sean representativas. Como puntos recomendados siempre debe tomarse muestras en los puntos más distantes del sistema, es decir, en la planta de tratamiento y potabilización y en algún grifo en la parte más alejada del complejo. De esta manera se puede determinar: el estado de funcionamiento de la planta o el sistema potabilizador y su estabilidad hasta el punto de uso más alejado.

Determinaciones hidroquímicas (antecedentes)

Como parte del estudio de caracterización de agua que se ha realizado con el muestreo mayor en los cauces de los ríos y toma de muestras para caracterización limnológica, se presentan en este apartado, algunos antecedentes que complementan el estudio de la cuenca del río Valenzuela. Datos obtenidos y filtrados del Proyecto de Aprovechamiento Integral del Río Grande. Estudio de Base Cero, año 1999, Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas Mendoza CRICYT-Me.

**Tabla 56. Sitio de muestreo.**

Nº	Nombre de la fuente	Punto de muestreo	Latitud S	Longitud W
11	Río Valenzuela	La Estrechura	35°19.7'	70°18.2'

Fuente: CRICYT-Me, 1999.

*Parámetros químicos y fisicoquímicos evaluados*

Las determinaciones analíticas de las muestras obtenidas por el CRA fueron efectuadas en el laboratorio químico de Sede San Juan del INA, según el siguiente detalle: conductividad eléctrica específica, pH, sólidos disueltos, alcalinidad total, dureza total, dureza no carbonatada, iones principales (calcio, magnesio, sodio, potasio, carbonato, bicarbonato, sulfato y cloruro), nitrato, sílice, hierro total, manganeso total, flúor, boro, arsénico, cobre, vanadio, cadmio, cinc, cromo, níquel, aluminio, estroncio, litio, fosfato total y plomo

*Empleo de gráficos y diagramas hidroquímicos*

Los valores de reacción de los iones principales y sus concentraciones relativas también fueron utilizados en procedimientos gráficos de interpretación hidroquímica.

Estos procedimientos se aplicaron en función de las necesidades interpretativas para lo que se construyeron gráficos de barras con concentraciones relativas medias, diagrama múltiple trilineal de Piper y diagrama de Wilcox de clasificación de agua para riego por peligrosidad sódica y

Dña. Silvia



salina y correlaciones lineal y potencial entre caudal, residuo seco y residuo seco, conductividad eléctrica específica.

### Gráficos de barras

Los gráficos de barras se utilizaron para mostrar la composición química relativa media y permiten ver gráficamente no sólo los iones principales preponderantes en los puntos de muestreo que se posee información química, sino también verificar la proporción equivalente de cationes y aniones.

### Diagramas de Piper

La metodología gráfica ideada por Piper consiste en un procedimiento para el tratamiento de los datos químicos que está basado en un diagrama múltiple trilineal que combina dos campos triangulares con uno romboidal. Cada campo triangular sirve para representar en un solo punto el porcentaje de los valores de reacción de los tres grupos catiónicos principales (calcio, magnesio, sodio + potasio) y aniónicos principales (carbonato + bicarbonato, cloruro y sulfato). El campo romboidal muestra el carácter químico total de un agua en un tercer punto que resulta de la proyección de los puntos representativos de los iones respectivos.

La ubicación relativa de los puntos en el diagrama permite definir la tipología química de las aguas representadas. En el caso de una serie de análisis de una muestra se obtiene una dispersión de puntos que permiten estudiar las variaciones hidroquímicas vinculadas con factores espaciales o temporales. En asociación con la representación de otras fuentes a veces pueden conocerse la influencia de los procesos de mezcla en las modificaciones hidroquímicas, en algunos casos y otros procesos químicos y físicoquímicos.

### Diagramas de Wilcox

Este diagrama se utiliza para la clasificación de la calidad del agua para uso agrícola según su peligrosidad salina y sódica.

La peligrosidad salina se expresa en términos de Conductividad Eléctrica Específica a 25°C en un rango de 100 a 5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en forma logarítmica en el eje de las X. Dicha peligrosidad se divide en baja, media, alta y muy alta.

En la ordenada se representa la peligrosidad sódica definida en términos de relación de absorción de sodio (RAS) que se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{RAS} = [\text{Na}^+] \left( \frac{[\text{Ca}^{++}] + [\text{Mg}^{++}]}{2} \right)^{-1/2}$$

El rango de variación del RAS abarca desde 0 a 32 y comprende también cuatro clases de peligrosidad sódica con la misma denominación que la peligrosidad salina.

### *Correlaciones caudal - salinidad*

Para los cursos superficiales de régimen permanente se sabe que existe una asociación entre el caudal y la salinidad del agua, por lo que teniendo una serie de pares de datos de caudal y

Dña. Silvia



salinidad es posible expresar en forma estadística dicha asociación, determinando una ecuación que conecte ambas variables.

Al dibujar en un sistema de coordenadas ortogonales los puntos representativos del conjunto de pares de datos caudal y salinidad de cada punto de muestreo, se obtuvo un diagrama de correlación negativa inversa.

Utilizando un modelo de regresión lineal se definió la línea que mejor aproxima o ajusta los puntos, que en nuestro caso es una línea de regresión potencial. Esta puede servir para efectuar estimaciones de una variable dependiente (salinidad) a partir de una variable independiente (caudal instantáneo). De esta manera a partir de la ecuación de correlación obtenida en este estudio se pueden estimar las salinidades del agua en cada caso y a través de monitoreos futuros obtener mayor información hidroquímica que permitirá lograr un mejor ajuste.

### *Río Valenzuela en la estación de aforo Valle Noble*

El CRA obtuvo muestras de agua en dos oportunidades entre febrero y marzo de 1999 en la estación de aforo de Valle Noble de AyEE ubicada antes de la unión con el río Grande.

Los análisis seleccionados de la recopilación de AyEE - EVARSA suman 42 y figuran en la planilla 12a. Los dos análisis de muestreo del CRA en las planillas 12b y 12c.

La tipología química predominante es sulfatada cálcica y se presenta en el 69% de los casos mientras que en el 31% restante es cálcica sulfatada.

La información hidroquímica disponible solo abarca el 11.23% del campo muestral histórico ya que el máximo registro de caudal correspondiente al muestreo de AyEE - EVARSA es de 23,2 m<sup>3</sup>/s mientras que el valor del caudal medio máximo histórico, según el Anuario de AyEE para el período 1977/94 es de 174 m<sup>3</sup>/s.

La curva de regresión potencial para los pares de valores caudal Q<sub>12</sub> residuo seco R<sub>12</sub> está representada por la ecuación

$$R_{12} = 971.18 Q_{12}^{-0.4939}$$

cuyo coeficiente de determinación  $r^2 = 0.8309$ .

La correlación lineal entre residuo seco R<sub>12</sub> y conductividad eléctrica C<sub>12</sub> con un coeficiente de determinación  $r^2 = 0.6193$ , está representada por la ecuación siguiente.

$$C_{12} = 1.9545 R_{12} - 162.37$$

en el rango de aplicación entre 200 y 520 mg/l de residuo seco.

Para los valores medios, la caracterización hidroquímica es sulfatada cálcica (gráfico de barras12) con un 31,9% de sulfato y 28,54% de calcio respecto al total de meq/l.

*DNyA. Cuyano*



**Tabla 57. Río Valenzuela en Valle Noble. Composición química y fisicoquímica según AyEE-EVARSA.**

N°	Fecha de muestreo	QI m³/s	CEE µS/cm	pH	SDT mg/l	CO <sub>3</sub> Ca	RS mg/l						
								Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>
1	28/04/83	9.94	335	7.1	s/d		330	51	7	30	123	71	36
2	05/05/83	5.93	405	7.2	s/d		400	63	19	22	110	114	61
3	12/05/83	5.11	450	7.2	s/d		441	71	20	26	110	152	55
4	19/05/83	4.27	450	7.2	s/d		450	71	22	22	110	162	49
5	15/01/87	23.16	289	7.4	150		210	44	10	13	82	91	10
6	22/01/87	21.00	345	7.6	180		260	58	10	13	85	125	9
7	28/01/87	20.06	333	7.5	170		240	54	10	13	81	115	10
8	26/02/87	10.70	411	7.8	190		290	59	9	26	90	140	13
9	12/03/87	11.38	428	8.1	180		290	56	12	22	73	144	20
10	02/04/87	7.23	590	8.1	270		340	71	13	23	79	173	22
11	08/04/87	6.06	605	8.1	260		380	78	13	28	82	202	22
12	23/04/87	6.03	658	8.1	280		380	75	14	29	94	192	19
13	19/02/88	11.35	410	7.5	160		250	45	11	16	48	140	10
14	26/02/88	10.98	499	7.9	200		300	60	11	19	73	156	13
15	13/03/88	9.75	488	7.9	190		390	56	12	19	72	148	13
16	17/03/88	9.31	563	7.9	220		330	60	13	26	68	177	15
17	29/03/88	9.68	633	7.9	250		390	67	18	30	75	214	17
18	07/04/88	8.51	608	7.9	240		390	66	18	30	73	216	16
19	21/04/88	5.94	717	7.8	270		450	73	23	33	78	250	18
20	28/04/88	5.78	820	7.8	290		520	81	23	48	85	278	34
21	12/05/88	4.96	899	7.9	280		440	68	24	33	85	240	22

Dña. Silvia



**MANIFESTACIÓN GENERAL DE IMPACTO AMBIENTAL**  
Centro Turístico Sustentable de Alta Montaña El Azufre  
Malargüe, Mendoza, República Argentina

22	21/05/88	4.72	839	7.8	280	450	69	23	36	85	246	22
23	26/05/88	5.00	810	7.9	260	440	63	24	36	73	247	21
24	09/06/88	3.93	949	7.9	290	450	70	24	33	87	237	23
25	24/06/88	4.85	943	7.9	300	460	73	24	36	98	241	22
26	14/07/88	5.27	917	7.9	270	440	63	25	38	91	230	23
27	22/07/88	4.27	970	7.9	290	460	70	25	40	105	238	24
28	06/10/88	6.28	482	7.5	270	410	72	18	38	121	192	26
29	21/10/88	7.92	355	7.8	200	325	57	16	30	98	147	21
30	26/10/88	7.14	397	7.6	220	360	64	15	30	98	168	21
31	04/11/88	14.20	513	7.8	s/d	218	38	12	12	61	96	12
32	10/11/88	16.26	246	7.8	s/d	205	41	10	13	72	95.4	11
33	29/11/88	17.89	242	7.8	s/d	213	45	9	11	65	103	10
34	22/11/88	13.02	283	7.8	s/d	250	52	12	11	84	117	10
35	05/01/89	15.85	280	7.9	130	262	36	10	16	43	105	12
36	12/01/89	9.13	390	8.2	190	370	56	10	22	82	135	16
37	20/01/89	8.32	399	7.9	210	390	56	12	22	67	163	17
38	16/02/89	8.33	375	7.8	180	265	50	16	7	61	140	15
39	13/04/89	4.50	542	8.0	260	422	72	31	11	95	229	20
40	24/11/89	16.49	279	s/d	s/d	235	49	10	13	73	100	23
41	27/12/89	13.59	301	s/d	s/d	250	52	8	15	61	125	14
42	24/01/90	8.84	366	s/d	s/d	304	61	8	22	82	146	17

*Dr. J. C. C. C.*

REPÚBLICA ARGENTINA



Sistema de gestión de calidad certificado  
según norma IRAM-ISO: 9001:2015

Edificio Rectorado FUNC 1º piso, Centro Universitario,  
Mendoza, Argentina. M 55021MA.  
+54 261 449 4087.  
info-func@uncu.edu.ar

www.func.uncu.edu.ar  
funcuyo

**Tabla 58. Río Valenzuela en Valle Noble. Composición química y fisicoquímica según CRA.**

N°	FM 1999	QI m <sup>3</sup> /s	CEE μS/cm	pH	SDT mg/l	AT mg/l	DT mg/l CaCO <sub>3</sub>	DNC mg/l CaCO <sub>3</sub>	Iones principales en mg/l									
									Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>
1	13/2	6.54	493	7,3	323	45	204	159	58.0	14.0	17.0	2.6	0.0	54.0	179.0	11.0	3.1	10.0
2	26/2	5.06	490	7.7	323	48	205	157	58.0	15.0	17.0	2.6	0.0	59.0	178.0	12.0	4.9	7.0

**Referencias**

NO: número de orden, FM: fecha de muestreo, QI: caudal instantáneo en estación de EVARSA.

CEE: conductividad eléctrica efectiva, SDT: sólidos disueltos totales, AT: alcalinidad total, DT: dureza total, DNC: dureza no carbonática.

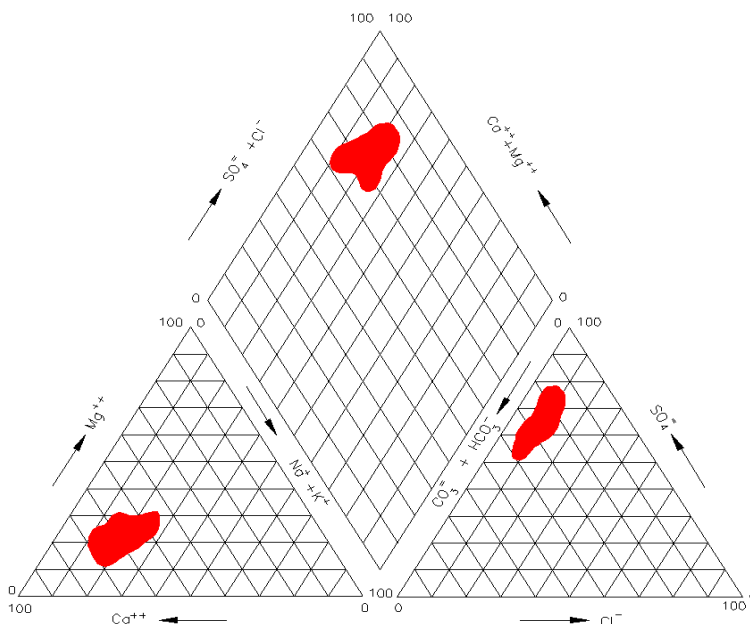
**Tabla 59. Río Valenzuela en Valle Noble. Composición química en elementos de menor concentración en muestras de la tabla anterior, en mg/l.**

N°	Fe <sup>(1)</sup>	Mn <sup>(2)</sup>	F <sup>-</sup>	B	As	Cu <sup>++</sup>	V	Cd <sup>++</sup>	Zn <sup>++</sup>	Cr <sup>6+</sup>	Ni <sup>++</sup>	Al <sup>3+</sup>	Sr <sup>++</sup>	Li <sup>+</sup>	P <sup>(3)</sup>	Pb
1			0.3	0.12				0.00	0.00	0.00	0.00					
2			0.2	0.08				0.00	0.00	0.00	< 0.20					

**Referencias**

(1): expresado como Fe total, (2): expresado como Mn total, (3): expresado como P total en PO<sub>4</sub><sup>=</sup>

**Figura 176. Diagrama de Piper 12. Río Valenzuela en Valle Noble. 42 análisis aportados por EVARSA de AyEE, período 1983-1990.**

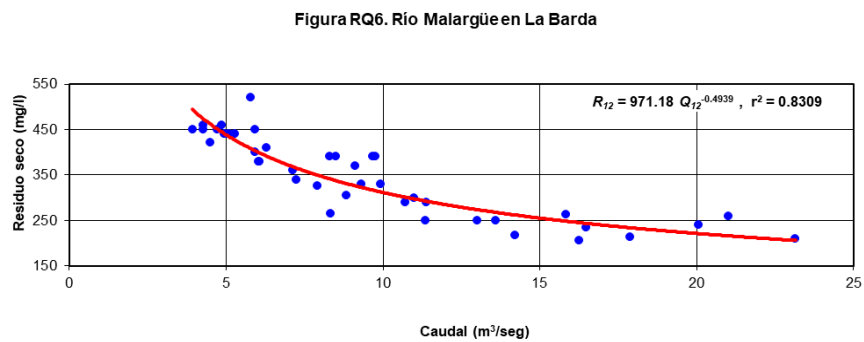
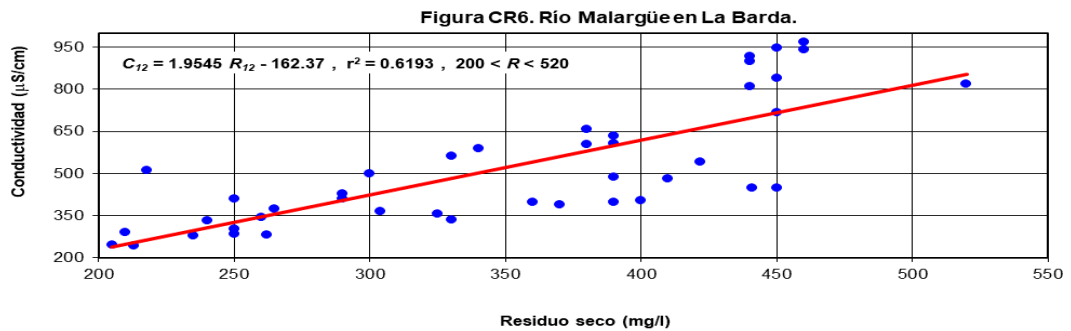


Dña. Silvia...



**Tabla 60. Río Valenzuela en Valle Noble.**

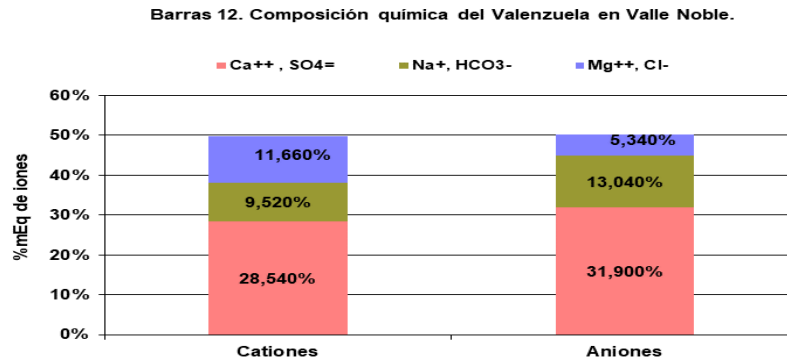
Parámetros	Unidades	Mínimo	Máximo	Promedio
QI	m³/s	3.93	23.16	9.59
CEE	µS/cm	242	970	519.38
pH	[pH]	7.1	8.2	7.77
SDT	mg/l CO <sub>3</sub> Ca	130	300	230
RS	mg/l	205	520	348.81
Ca <sup>++</sup>	mg/l	36	81	60.38
Mg <sup>++</sup>	mg/l	7	31	15.57
Na <sup>+</sup>	mg/l	7	48	21.12
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	43	123	82.81
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	71	278	166.68
Cl <sup>-</sup>	mg/l	9	61	20.67



Dña. Silvia



**Figura 177. Composición química del Valenzuela en Valle Noble.**



#### Peligrosidad salina

**Baja (C1):** Puede usarse para riego de la mayor parte de los cultivos, en casi cualquier tipo de suelo con muy poca posibilidad de que se desarrolle salinidad. Se necesita algún lavado, pero este se logra en condiciones normales de riego, excepto en suelos de muy baja permeabilidad.

**Media (C2):** Puede usarse siempre y cuando haya un moderado lavado de suelos. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales.

**Alta (C3):** No puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aún con drenaje adecuado se pueden necesitar prácticas especiales de control de la salinidad, debiendo por lo tanto, seleccionar únicamente aquellas especies vegetales muy tolerantes a las sales.

**Muy Alta (C4):** No es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede utilizarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser permeables, el drenaje adecuado, debiendo agregar un exceso de agua para lograr un buen lavado. En este caso se deben seleccionar cultivos altamente tolerantes a las sales.

#### Peligrosidad sódica

**Baja (S1):** Puede usarse para riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio en el suelo. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

**Media (S2):** En suelos de textura fina el sodio representa un peligro considerable, más aún si dichos suelos poseen una alta capacidad de intercambio de cationes, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, a menos que el suelo contenga yeso. Estas aguas solo pueden usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.

**Alta (S3):** Puede producir niveles tóxicos de sodio en la mayoría de los suelos, por lo que estos requerirán prácticas especiales de manejo, buen drenaje, fácil lavado y adición de materia

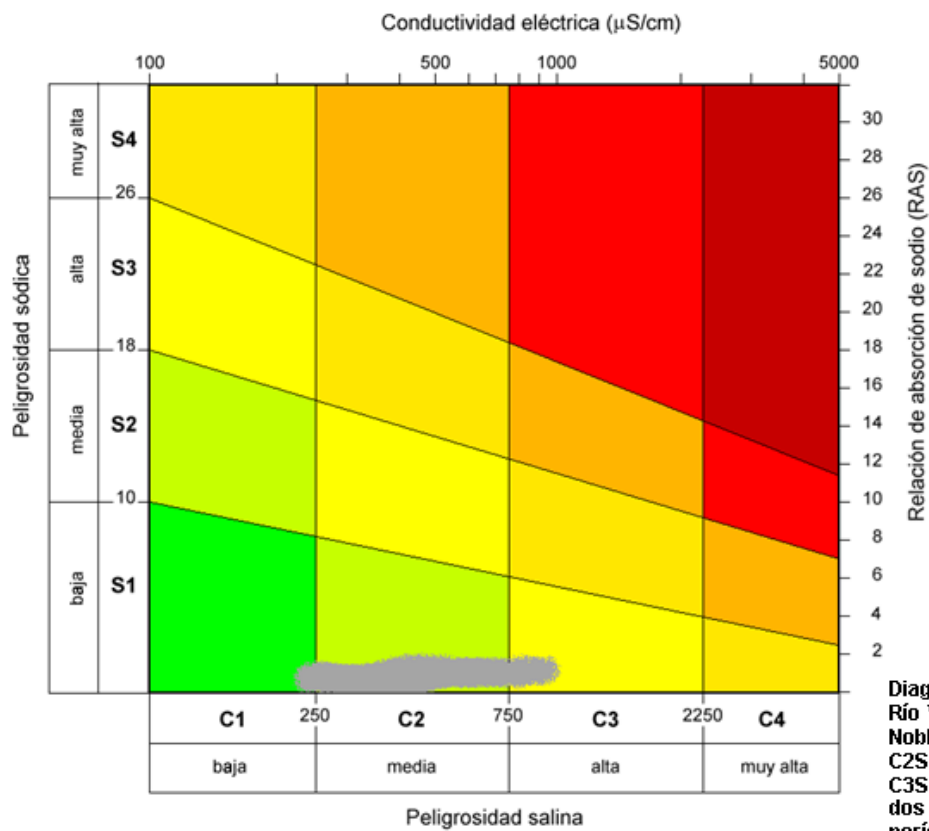
Dña. Silvia



orgánica. Los suelos ricos en yeso pueden no desarrollar niveles perjudiciales de sodio cuando se riega con este tipo de aguas. Puede requerirse el uso de mejoradores químicos para sustituir el sodio intercambiable, sin embargo, tales mejoradores no serán económicos si se unen con aguas de muy alta alcalinidad.

**Muy Alta (S4):** Es inadecuada para riego, excepto cuando su salinidad es baja o media y cuando la disolución del calcio del suelo o la aplicación de yeso u otros mejoradores no hace antieconómico el empleo de esta clase de aguas.

**Figura 178. Diagrama de Wilcox.**



**Diagrama de Wilcox 12.**  
Río Valenzuela en Valle Noble. Predomina clase C2S1 y eventuales C1S1 y C3S1. 42 análisis aportados por EVARSA de AyEE, período 1983-1990.

*Man. Cuyano*



**Tabla 61. Comparación de los valores químicos y fisicoquímicos con los normalizados para consumo humano, según análisis realizados por CRA.**

Parámetro	CEE □ S/c m	pH	Sol.Dis.t ot. mg/l	Alcal. tot.	Dur. tot.	Dur.no carb	Iones principales en mg/l								
				mg/l CaCO <sub>3</sub>			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Cl <sup>-</sup>	
<b>Valor admisible (EPAS)</b>	2500	8.5			500					200				400	400
<b>Fuente de obtención</b>	Valores registrados (los marcados en rojo exceden los límites admisibles)														
1	Río Atuel en El Sosneado	1600	8.30	787	83	540	425	216	24	78	4.1	0.0	159	480	140
2	Río Atuel en La Angostura	1931	8.30	839	80	800	379	190	18	155	5.0	0.0	159	462	216
3	Río Salado antes de Los Molles	1050	8.30	754	100	517	443	198	12	30	1.4	0.0	122	431	37
4	Vte. term. Los Molles en nacientes	7210 0	7.70	50800	200	3950	3750	1020	339	1800 0	100. 0	0.0	243	3170	28000
5	Río Salado en Cañada Ancha	4129	8.30	2450	115	670	528	228	38	695	6.6	0.0	183	619	1057
6	Río Malargüe en La Barda	1070	8.70	727	100	529	445	196	26	67	2.2	4.3	128	446	48
7	Arroyo El Álamo en Pto. El Álamo	875	8.40	521	127	311	195	106	18	56	2.5	1.3	154	178	102
8	Arroyo Chacay en compart	604	8.50	401	110	282	172	98	13	24	4.0	2.1	134	188	17
9	Río Cobre en Valle Hermoso	1430	8.10	871	50	386	336	135	12	138	2.0	0.0	61	340	208
10	Río Tordillo en Valle Hermoso	453	8.00	306	34	191	157	71	3	24	0.9	0.0	42	171	12
11	Río Grande en La Estrechura	1320	7.80	760	46	325	279	112	12	128	2.7	0.0	57	266	204
12	Río Valenzuela en Valle Noble	970	8.2	323	48	300	159	81	31	48	2.6	0.0	59	278	61
13	Río Grande antes de río Chico	1230	8.20	773	84	341	283	122	16	138	4.7	0.0	102	265	195
14	Río Chico en Las Loicas	1300	8.40	706	65	157	102	54	14	200	4.3	0.4	79	117	313
15	Río Poti Malal en Gendarmería	2160	8.70	1210	94	380	283	186	13	310	3.3	2.6	171	336	537
16	Río Grande en La Gotera	1498	8.3	773	64	330	254	116	14	148	3.0	0.0	134	278	213
17	Laguna Llanquanelo en Co. Trapal	5440 0	7.90	41200	155	7400	7310	1380 0	997	1200 0	430. 0	0.0	189	7540	18800
18	Vte. Carapacho en nacientes	1900	8.80	1120	93	492	410	150	29	200	12.0	6.8	100	307	376
19	Vte. Carilauquen en nacientes	924	8.20	689	124	492	368	183	12	28	2.8	0.0	152	373	12
20	Vte. Los Menucos en nacientes	876	8.30	628	111	447	336	170	13	28	2.5	0.0	135	339	14
21	Arroyo Los Pescadores en puente	2110	8.30	1580	127	874	747	318	19	140	2.8	0.0	155	905	93

D.N.Y. C. Cuyano

**MANIFESTACIÓN GENERAL DE IMPACTO AMBIENTAL**  
Centro Turístico Sustentable de Alta Montaña El Azufre  
Malargüe, Mendoza, República Argentina

Fuente de obtención		Valores registrados (los marcados en rojo exceden los límites admisibles)																	
1	Río Atuel en El Sosneado	9.5	1.80	0.05	0.4	0.35	5.8	0.00	< 0.02	< 0.10	0.00	0.00	< 0.10	0.00	< 1.00	2.20	0.05	< 0.05	0.00
2	Río Atuel en La Angostura	8.8		0.21	0.3	0.27	8.0	0.00	0.03	< 0.10	0.00	0.00	0.00	0.00					
3	Río Salado antes de Los Molles	9.2	0.20	0.00	0.3	0.19	6.2	0.00	0.00	< 0.10	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	2.90	0.03	< 0.05	0.00
4	Vte. term. Los Molles en nacientes	27.0	0.50	0.34	1.9	5.30	8.9	0.00	0.07	< 0.10									
5	Río Salado en Cañada Ancha	7.2	< 0.20	< 0.05	0.4	0.46	5.3	0.00	0.02	< 0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	1.20	4.60	0.10	< 0.05	0.02
6	Río Malargüe en La Barda	10.0	< 0.40	< 0.05	0.5	0.20	8.0	0.01	0.02	< 0.10	0.00	< 0.02	0.00	0.00	0.00	1.60	< 0.04	< 0.05	0.04
7	Arroyo El Álamo en Pto. El Álamo	14.0	0.30	0.00	0.5	0.22	4.0	0.01	0.00	< 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	< 1.00	2.20	0.04	< 0.05	0.01
8	Arroyo Chacay en compart	12.0	0.40	< 0.05	0.3	0.21	5.3	0.00	0.00	< 0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	< 0.04		< 0.05
9	Río Cobre en Valle Hermoso	2.3			0.2	0.20	4.0												
10	Río Tordillo en Valle Hermoso	6.7		0.1		0.12	4.4				0.00	< 0.02	0.00	0.00					
11	Río Grande en La Estrechura	3.9			0.1	0.40	4.0				0.02			0.30					
12	Río Valenzuela en Valle Noble	10.0			0.3	0.12	4.9				0.00								
13	Río Grande antes de río Chico	8.8	0.40	< 0.05	0.2	0.25				< 0.10									
14	Río Chico en Las Loicas	13.0	0.30	0.05	0.2	0.28	7.1			< 0.10	0.00								
15	Río Poti Malal en Gendarmería	12.0	0.60		0.3	0.32	3.5			< 0.10	0.00	0.04			0.00	1.80	< 0.04		< 0.05
16	Río Grande en La Gotera	8.9	0.60	< 0.05	0.2	0.25	6.2	0.00	0.2	< 0.10	0.00	0.05	0.00	0.00	< 1.00	1.60	0.04	< 0.05	0.01

D.N.Y. C. C. C. C. C.

**MANIFESTACIÓN GENERAL DE IMPACTO AMBIENTAL**  
Centro Turístico Sustentable de Alta Montaña El Azufre  
Malargüe, Mendoza, República Argentina

17	Laguna Llacanelo en Co. Trapal	14.0	0.80	0.12	3.8	8.50	6.6	0.00	0.07	< 0.10	0.24	0.04	1.00	0.60	0.00	39.0 0	0.97	< 0.05	0.04
18	Vte. Carapacho en nacientes	16.0	0.00	0.00	0.6	0.22	6.6	0.00	0.00	< 0.10	0.00	0.00	0.00	0.00					0.00
19	Vte. Carilauquen en nacientes	13.0	0.00	0.00	0.3	0.15	5.3	0.02	0.00	< 0.10	0.00	0.00	0.00	0.00					0.00
20	Vte. Los Menucos en nacientes	13.0	< 0.20	0.00	0.3	0.12	5.3	0.00	0.00	< 0.10	0.00	0.00	0.00	0.00					0.01
21	Arroyo Los Pescadores en puente	11.0			0.8	0.49	4.0								0.00	6.40	< 0.04	0.13	

Dña. Eugenia B.



**MANIFESTACIÓN GENERAL DE IMPACTO AMBIENTAL**  
Centro Turístico Sustentable de Alta Montaña El Azufre  
Malargüe, Mendoza, República Argentina

Parámetro		CEE S/cm		RAS		Clasificación según peligrosidad salina y sódica	
		mínimo	máximo	mínimo	máximo	predominante	eventual
<b>Extremos y rangos</b>							
<b>Fuente de obtención</b>		Valores registrados. Los marcados en rojo alcanzan el grado 3, o peligrosidad alta, y los amarillos migran eventualmente a peligrosidad media. Los verdes se mantienen en peligrosidad media.					
1	Río Atuel en El Sosneado	537	1600	0.6	2.2	C2S1 – C3S1	
2	Río Atuel en La Angostura	777	1931	1.2	4.5	C3S1	
3	Río Salado antes de Los Molles	826	1050	0.5	1.1	C3S1	
4	Vte. term. Los Molles en nacientes	72100	72100	176.5	176.5	inútil	
5	Río Salado en Cañada Ancha	913	4129	5.1	18.8	C3S2 – C4S3	C3S1 - C3S3
6	Río Malargüe en La Barda	371	1070	0.2	2.1	C2S1 – C3S1	
7	Arroyo El Álamo en Pto. El Álamo	754	875	1.6	2.1	C3S1	
8	Arroyo Chacay en compartó	531	602	0.6	0.9	C2S1	
9	Río Cobre en Valle Hermoso	908	1430	2.8	4.3	C3S1	
10	Río Tordillo en Valle Hermoso	431	453	0.7	1.2	C2S1	
11	Río Grande en La Estrechura	747	1876	3.3	6.4	C3S1	C2S2
12	Río Valenzuela en Valle Noble	242	970	0.3	1.7	C2S1	C1S1 - C3S1
13	Río Grande antes de río Chico	939	123	3.4	4.8	C3S1	
14	Río Chico en Las Loicas	1130	1300	8.8	10.9	C3S2	
15	Río Poti Malal en Gendarmería	335	2160	1.8	10.6	C2S1 – C3S1	
16	Río Grande en La Gotera	421	1498	2.3	5.4	C2S1 – C3S1	
17	Laguna Llanquanelo en Co. Trapal	37300	54400	62.5	86.1	inútil	
18	Vte. Carapacho en nacientes	1440	1900	4.9	5.9	C3S1	
19	Vte. Carilauquen en nacientes	881	924	0.544	0.9	C3S1	
20	Vte. Los Menucos en nacientes	873	876	0.4	0.9	C3S1	
21	Arroyo Los Pescadores en puente	2110	2110	2.9	2.9	C3S1	

Dña. C. C. C.

Conclusiones preliminares

*Examen bacteriológico*

Los valores establecidos por el Código Alimentario Argentino son:

Bacterias coliformes (NMP/ 100ml, a 37 °C - 48 horas - Caldo Mc Conkey o Lauril Sulfato): igual o menor de 3.

*Escherichia coli*: ausencia en 100 ml.

*Pseudomonas aeruginosa*: ausencia en 100 ml.

En la evaluación de la potabilidad del agua ubicada en reservorios de almacenamiento domiciliario deberá incluirse entre los parámetros microbiológicos a controlar el recuento de bacterias mesófitas en agar (APC - 24 horas a 37 °C). Cuando el recuento supere las 500 UFC/ml y se cumplan el resto de los parámetros indicados, solo se deberá exigir la higienización del reservorio y un nuevo recuento.

Las recomendaciones microbiológicas del CAA no son lo suficientemente estrictas o en todo caso se encuentran desactualizadas. Por ejemplo, la Res. N° 35/1996 del Ente Provincial de Agua y Saneamiento de la Provincia de Mendoza exige los siguientes valores.

**Tabla 62. Recomendaciones microbiológicas del CAA.**

	Parámetro	Unidades	Límite máximo	Observaciones
*72	Bacterias aeróbicas	Nº UFC por ml	100	24 h/37°C
73	Coliformes totales	NMP por 100 ml (tubos múltiples)	<2	
		Nº por 100 ml (membrana filtrante)	0	
74	<i>E. Coli</i> o coliformes termotolerantes (2)	NMP por 100 ml (tubos múltiples)	<2	
		Nº por 100 ml (membrana filtrante)	0	
*75	<i>Pseudomonas aeruginosas</i>	Nº por 100 ml	Ausencia	
*76	Fitoplancton y zooplancton	Nº por 10 litros	Ausencia	
*77	<i>Giardia lamblia</i>	Nª por 500 a 1000 litros	Ausencia	

No obstante, estas especificaciones aún adolecen de la falta de exigencia para el grupo de bacterias Gram positivas agrupadas como Enterococos que son de singular importancia cuando la fuente de provisión de agua potable es de origen rural y con probable impacto de heces animales. Varias especies del grupo son patógenas y de mayor resistencia a la desinfección con cloro que el indicador clásico *Escherichia coli* de contaminación fecal. Otro parámetro a tener en cuenta en las aguas de origen rural son las contaminaciones con parásitos o sus huevos.

Algunos de los agentes patógenos cuya transmisión por agua de consumo contaminada es conocida producen enfermedades graves y que, en ocasiones, pueden ser mortales. Algunas de estas enfermedades son la fiebre tifoidea, el cólera, la hepatitis infecciosa (causada por el

D.N.A. Cuyo

virus de la hepatitis A (VHA) y las enfermedades causadas por *Shigella spp* por *Escherichia coli* O157.

Otras enfermedades conllevan típicamente desenlaces menos graves, como la diarrea de resolución espontánea (por ejemplo, los norovirus y *Cryptosporidium*). Norovirus (o virus tipo Norwalk) es un género de virus ARN y responsable del 50% de los brotes de gastroenteritis por intoxicación alimentaria en EE.UU. Norovirus puede afectar a personas de cualquier edad, se transmite por consumo de alimentos contaminados, aguas contaminadas o simple contacto entre personas. A continuación, se presentan algunas de los agentes patógenos que más se transmiten por sistemas de agua para su conocimiento.

**Tabla 63. Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los sistemas de abastecimiento de agua.**

Agente patógeno	Importancia para la salud	Persistencia en los sistemas de abastecimiento de agua	Resistencia al cloro	Infectividad relativa	Fuente animal importante
<b>Bacterias</b>					
<i>Burkholderia pseudomallei</i>	baja	Puede proliferar	baja	baja	no
<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i>	alta	moderada	baja	moderada	sí
<i>Escherichiacoli</i> patógena <sup>d</sup>	alta	moderada	baja	baja	sí
<i>E. coli</i> enterohemorrágica	alta	moderada	baja	alta	sí
<i>Legionella</i> spp.	alta	prolífica	baja	moderada	no
Micobacterias no tuberculosas	baja	prolífica	alta	baja	no
<i>Pseudomonasaeruginosae</i>	moderada	Puede proliferar	moderada	baja	no
<i>Salmonellatyphi</i>	alta	moderada	baja	baja	no
Otras salmonelas	alta	Puede proliferar	baja	baja	sí
<i>Shigella</i> spp.	alta	corta	baja	moderada	no
<i>Vibriocholerae</i>	alta	corta	baja	baja	no
<i>Yersiniaenterocolítica</i>	alta	corta	baja	baja	sí
<b>Virus</b>					
Adenovirus	alta	larga	moderada	alta	no
Enterovirus	alta	larga	moderada	alta	no
Virus de la hepatitis A	alta	larga	moderada	alta	no
Virus de la hepatitis E	alta	larga	moderada	alta	potencialmente
Norovirus y sapovirus	alta	larga	moderada	alta	potencialmente
Rotavirus	alta	larga	moderada	alta	no
<b>Protozoos</b>	alta	larga	alta	alta	no

Dña. Elvira

<i>Acanthamoeba spp.</i>					
<i>Cryptosporidium parvum</i>	alta	larga	alta	alta	no
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	alta	larga	alta	alta	sí
<i>Entamoeba histolytica</i>	alta	moderada	alta	alta	no
<i>Giardia intestinalis</i>	alta	moderada	alta	alta	no
<i>Naegleria fowleri</i>	alta	Puede proliferar	alta	alta	sí
<i>Toxoplasma gondii</i>	alta	larga	alta	alta	no
<b>Helmintos</b>					
<i>Dracunculus medinensis</i>	alta	moderada	moderada	alta	No
<i>Schistosoma spp.</i>	alta	corta	moderada	alta	sí

Los análisis preliminares de las muestras realizadas en el entorno del emplazamiento muestran una calidad de agua aceptable para el consumo humano, aún sin el agregado de cloro o algún tipo de biocida para su desinfección. Deben complementarse estos estudios con determinaciones de mayor complejidad y realizar un seguimiento con una periodicidad no mayor a 30 días en los puntos de consumo interno del/los alojamientos.

Evaluación de factibilidad de la capacidad de provisión de agua destinada a uso humano.

Como punto de partida para la evaluación de disponibilidad de agua para el proyecto, se puede tomar el dato presentado por el cliente sobre el consumo de agua por persona que llegaría a los 230 l/día. Esta estimación está justificada con el hecho de la recuperación de parte del agua usada y su reúso en las instalaciones. Esta proyección arroja un total, con el emprendimiento en máxima capacidad, de 805 m<sup>3</sup>/día. Este valor es muy inferior a los presentados en los datos históricos de caudal en los apartados anteriores. Se puede concluir que la cantidad de agua no es una limitante para este proyecto.

Con respecto a lo expuesto en los apartados anteriores sobre los riesgos microbiológicos de tomar aguas superficiales con posible contaminación de heces de animales, se puede ver claramente, que el proyecto ha contemplado una desinfección una vez pasado el desarenador principal.

### *Sistema de abastecimiento actual*

El sistema de abastecimiento actual se encuentra construido según las indicaciones generales que se encuentran en el documento "El Azufre Agua Potable V04". Los desagües de los tanques y el sistema de circulación continua con descarga funcionan correctamente y no dejan que el circuito de agua se congele. La toma de agua y el desarenado se encuentran bien posicionados sobre el margen del río. La calidad de agua del río es buena según los análisis realizados y permitiría la potabilización de una manera sencilla. El sistema de potabilización propuesto tiene una dosificadora de cloro que no está funcionando actualmente. Es importante dosificar algún tipo de biocida con acción residual para evitar el consumo de agua contaminada microbiológicamente. Como complemento de este punto, sería bueno evaluar tecnologías de desinfección como ozono para evitar la posible formación de compuestos orgánicos clorados que se puedan crear en el agua de consumo o que puedan ser liberados a los cuerpos receptores. Estos compuestos tienen gran variedad estructural y las propiedades físicas divergentes conducen a una amplia gama de aplicaciones. Muchos derivados clorados son controvertidos debido a los efectos de estos compuestos en el medio ambiente y la salud humana y animal,

Dña. C. C. C.



siendo en general dañinos para los seres vivos, pudiendo llegar a ser cancerígenos.<sup>1</sup> Sería de gran importancia para el proyecto evaluar sistemas de tratamiento de desinfección por sistemas de U.V. en los puntos de uso o dosificadores de ozono en el agua.

El poder desinfectante del ozono es unas 3.000 veces superior y más rápido. El tratamiento de agua potable con ozono presenta, por tanto, una serie de ventajas respecto al tratamiento con cloro y más, teniendo en cuenta la matriz del agua que se estaría tratando en este proyecto.

Debido al fuerte poder oxidante, la calidad de la desinfección con ozono es muy superior a la que se consigue con un tratamiento con cloro. De esta forma, se consiguen eliminar virus, bacterias y microorganismos en general cloro-resistentes presentados anteriormente. Gracias también, a este elevado potencial de oxidación se consigue precipitar metales pesados que pueden encontrarse en disolución y eliminar compuestos orgánicos. Otra de las importantes ventajas del uso del ozono frente al cloro es la rapidez con la que actúa lo cual permite realizar tratamientos muy efectivos en pocos segundos o minutos achicando el tamaño de las plantas de tratamiento y por consiguiente el impacto generado al construirlas. Por otro lado, es importante al momento de hacer la evaluación, que el cloro debe ser transportado en camiones hasta el emplazamiento con el riesgo de vuelco en el camino, el consumo de combustible y las horas de transporte frente a un producto que se produce *in situ*. Además, los sistemas generadores de ozono se presentan con formato de equipos compactos, altamente automatizados y no requieren de operarios calificados para el proceso de depuración. Se suma otra ventaja competitiva al no requerir de operarios que manipulen productos químicos que suman un riesgo para el operario por quemaduras en piel y ojos. La principal desventaja de este tipo de plantas es el consumo de energía y la imposibilidad de reparación de un equipo al momento de tener un desperfecto técnico severo. En cuanto al consumo de energía, es importante evaluar este punto y cuantificar el impacto de la producción de energía para su funcionamiento. En cuanto a reparaciones de campo, lo importante es desarrollar sistemas modulares de respaldo para evitar contingencias.

Por tanto, se puede decir que es de suma importancia, incorporar al análisis de los procesos de desinfección tecnologías que no dependan de transporte logístico complejo y personal calificado para su funcionamiento, a fin de hacer óptimo el rendimiento del proceso.

#### *Sistema de abastecimiento futuro*

Los puntos de captación, la tipología de obras y el proyecto ejecutivo de las obras deberán estar aprobadas por el DGI y el EPAS

Las obras de distribución de agua hacia las urbanizaciones y dentro de ellas (cañerías de distribución y tanques de acopio) deberán proyectarse con el criterio de que cumpliendo su finalidad impacten de la menor manera al ambiente (durante la construcción: desmonte, excavaciones, cruce de cauces y humedales, etc.)

Los volúmenes de consumo de agua se proyectan considerando un uso racional (230 litros habitante/día), minimizando el consumo de agua y planteando la reutilización de las aguas grises dentro de las viviendas. Se proyectan aislaciones para evitar congelamientos y por lo tanto roturas de cañerías con las consiguientes pérdidas de agua.

Se plantea también la regulación de los productos que puedan afectar el tratamiento de los efluentes (aceites, detergentes, jabones, productos de higiene, etc.).



### Evaluación técnica de la metodología de tratamiento de las aguas servidas

Para la evaluación del/los sistemas de tratamiento de efluentes podemos dividir el análisis en dos partes. Por un lado, las plantas de tratamiento actuales y por otro, las plantas de tratamiento que se plantean a futuro.

#### *Tratamiento de agua cloacal actual en infraestructura piloto existente*

Como parte del relevamiento de campo se tomaron muestras de las plantas de tratamiento de efluentes existentes. Además, se validaron los datos constructivos de los módulos existentes con los propuestos. El sistema de tratamiento de agua actual se encuentra construido de acuerdo a las especificaciones aportadas en el documento "El Azufre PTE Memoria Descriptiva V03" aunque en el momento de la visita no tenía las plantas de la balsa de fitorremediación propuesto como tercer paso. En el documento se hace referencia al bio tratamiento como un paso de maduración de los efluentes para lograr ciertos criterios de calidad para vuelco. Podría mejorar el rendimiento de la planta de tratamiento con la incorporación de biomasa pero no al punto de tratar adecuadamente el agua residual.

El sistema de tratamiento actual requiere ajustes y monitoreos periódicos. Algunos puntos que pueden ser determinantes para el buen funcionamiento de la planta son:

- Bajas temperaturas inhiben el crecimiento y el metabolismo de los microorganismos (sistemas con control de temperatura)
- Los consumos presentan picos de demanda que las plantas de tratamiento deberían poder absorber en temporada
- Las soluciones adoptadas no deben ubicarse cercanas a las márgenes de los humedales
- Se debe contar con sistemas robustos de control y detección temprana del mal funcionamiento de estos sistemas.
- Se necesita un laboratorio básico de seguimiento in situ
- Es importante contar con personal capacitado en el manejo de plantas de tratamiento, ya que, la correcta operación de las mismas es la clave del buen funcionamiento.

#### *Tratamiento de agua cloacal a futuro*

La planta presentada en el proyecto de tratamiento de agua cuenta con muchas ventajas respecto del sistema piloto actual implementado. Por un lado, hace foco en la división de "tipos de aguas" y su tratamiento discriminado. El tipo de tecnología elegida es apta para el tratamiento, aunque en plantas similares puede fallar por malos manejos operativos. Los sistemas de lodos activados con sedimentadores y tratamiento terciario son muy robustos y capaces de absorber cambios en el régimen con facilidad. No obstante, si la planta presenta una mala operación y un mal mantenimiento no funcionarán. Es importante remarcar que la mala operación de este tipo de tecnología conlleva al no tratamiento del efluente y la contaminación.

Algunos aspectos a tener en cuenta para el correcto funcionamiento de este tipo de instalaciones:

*Dr. N. A. C. C. C.*



- Ruido: los soplantes de aire generan ruido en las instalaciones. Es importante evaluar soluciones para este fenómeno mediante cabinas de insonorización ya que estará emplazado en un entorno natural libre de ruido.
- Personal de planta capacitado: el manejo y operación de la planta son el corazón del buen o mal desempeño de este tipo de instalaciones. Es muy importante contar con personal capacitado para el manejo y corrección de parámetros en tiempos cortos para evitar salidas de funcionamiento.
- Capacitación del personal en tratamiento de agua con carga parasitaria
- Los lechos de infiltración propuestos en los ACRES permitirían usar el agua tratada como aporte de los humedales actuales. No obstante, presentan el inconveniente de la imposibilidad de control por parte del Departamento General de Irrigación, ya que el efluente infiltrado no es factible de estudiarse una vez dispuesto.
- Debe diseñarse un sistema de control permanente en tiempo real que deje constancia del funcionamiento pasado cercano y lejano del sistema.
- Debe diseñarse un sistema de monitoreo y alertas tempranas para los off sets de la planta de tratamiento
- Debe haber un plan de contingencia y mitigación de daños acorde al tamaño de los posibles daños y afectaciones que puedan producirse.
- Análisis tipo HAZOP con riesgos operativos son de vital importancia para la evaluación de riesgos y daños a la instalación y el medio ambiente
- Es importante desarrollar una metodología de implantación de los equipos en terreno que impacte de manera mínima al ambiente pero permita tener capacidad de tratamiento suficiente en todas las etapas del proyecto.

#### Sitios de disposición final de efluentes tratados

El proyecto presenta una disposición de tres sectores con densidad de estructuras y personas. Estas tres áreas: Punilla Central, Punilla Oeste y Peteroa tienen en su proyecto original un ACRE donde se implantarían forestales de hoja perenne y arbustivas menores.

Esta disposición final de los efluentes tratados, se plantea como una “alternativa básica” para la disposición final de los mismos en campo. Esta “alternativa básica” busca dar cumplimiento a la normativa vigente, disponiendo los efluentes tratados en lechos de ACRES. El funcionamiento de esta alternativa es cuestionable debido a la respuesta que puede tener la vegetación de la zona, por lo tanto, no funcionaría realmente como ACRE. Se han visto en campo las dificultades que se presentan a la hora de hacer crecer árboles en un entorno poco propicio. Esta alternativa, es cuestionable también, desde el punto de vista de la generación de una demanda hídrica en la zona alta de la cuenca que hoy no existe y con el único objetivo de disponer de los efluentes tratados.

Se presentó ante el DGI una “propuesta alternativa”, que busca, en el marco de las soluciones basadas en la naturaleza, generar áreas donde se infiltren los efluentes tratados en el suelo. Esta propuesta sería más viable de implementar y no se genera una demanda de agua nueva en la cuenca ya que los efluentes tratados vuelven al sistema hídrico de la cuenca recargando los humedales. Respecto de las superficies afectadas para disposición final de efluentes

*Dr. N. A. C. C. C.*

tratados, debe destacarse que la propuesta de infiltración reduce en gran medida el área necesaria para la disposición, se estiman valores de 3 a 5% del área necesaria (esta determinación se puede inferir tomando en consideración los ensayos de permeabilidad que se efectuaron "in situ"). Como contra partida se deberá plantear un sistema de monitoreo asociado a esta alternativa sobre todo en las cercanías de los espejos de agua cercanos. Esta alternativa ya cuenta con el aval de la DGI aunque se debe continuar con su estudio.

Trazadores limnológicos de calidad de agua y sostenimiento en el tiempo de los sistemas

Las superficies planteadas según la distribución de personal es la siguiente:

- Punilla Central: área de infiltración = 16.71 ha
- Punilla Oeste: área de infiltración = 3.07 ha
- Peteroa: área de infiltración = 2.88 ha

Las personas afectadas a cada uno de estos sitios son en promedio:

- Punilla Central: 2000 personas en el pico de consumo
- Punilla Oeste: 1000 personas en el pico de consumo
- Peteroa: 500 personas en el pico de consumo

Los coeficientes de infiltración medidos en campo de cada uno de estos sectores son:

- Punilla Central: 11.42 cm/h. Tipo de suelo: mezcla de arenas limpias y gravas. Drenaje bueno
- Punilla Oeste: 37.46 cm/h. Tipo de suelo: gravas limpias. Drenaje muy bueno
- Peteroa: 22.14 cm/h. Tipo de suelo: gravas limpias. Drenaje muy bueno

Superficie necesaria para infiltración por sector:

- Punilla Central: área de infiltración requerida = 0.5 ha
- Punilla Oeste: área de infiltración requerida = 0.1 ha
- Peteroa: área de infiltración requerida = 0.1 ha

Plantas de tratamiento de efluentes; de las 3 plantas proyectadas, la que se plantea como más conflictiva es la superficie proyectada en Punilla Central, ya que corresponde a la bajada de un talud rocoso, con poco espesor de sedimentos, bajo índice de permeabilidad y a muy poca distancia de humedal y arroyo Punilla. Se recomienda relocalizar esta instalación aguas arriba de Punilla Central. La disposición de los efluentes tratados deberá ubicarse aguas abajo de cualquier captación de agua.

Conclusiones preliminares efluentes y recomendaciones

La cantidad y calidad de agua de los ríos que circundan al proyecto en todos sus emplazamientos, se presenta en gran cantidad para el suministro del proyecto y de muy buena calidad para la potabilización y su consumo. No obstante, deben atenderse problemas de calidad

microbiológicos que derivan de la proliferación de microorganismos propios de este tipo de sistemas biológicos y los introducidos por las heces de los animales que pastan en la zona. La frecuencia de los muestreos no debería exceder los 30 días entre tomas y siempre muestrear la planta de potabilización y algún punto alejado de la misma para asegurar la asepsia en todo el sistema. A priori, las calidades de agua de las muestras analizadas en el laboratorio arrojan resultados que dan cuenta de su buena calidad.

Los sitios de muestreo de agua han sido elegidos como los más representativos para dejar constancia de la calidad de este recurso. De allí se desprende una línea de base cero con los resultados obtenidos y adjuntados en el anexo. No obstante, es muy importante seguir con los muestreos representativos y tratar de hacer una base de datos completa con estudios complementarios y mayor número de datos para eliminar valores anómalos. Al tratarse de un área poco evaluada, resulta difícil el contraste de los resultados obtenidos en esta primera instancia contra algún patrón, se recomienda realizar un plan mayor de muestreo secuencial y recopilación de datos trabajando en conjunto con los entes provinciales de investigación y control a fin de nutrir una base de datos que sirva como trazador de la calidad y la cantidad de agua en los cauces.

La periodicidad de los muestreos de agua en los cursos mayores y los humedales cercanos a los lechos de infiltración debería realizarse al menos una vez al año. Mientras que los muestreos de seguimiento de la/las plantas de tratamiento de efluentes debería ser online en tiempo real para evitar erogación de agua fuera de parámetros de vuelco por tiempos largos. Puede decirse que la salida de la planta de efluentes es la última barrera de control cierta antes de su disposición final que no contempla la posibilidad de medición una vez infiltrada.

La caracterización hidroquímica del río Valenzuela, en los trabajos históricos del cauce y en base a la concentración relativa de los iones principales, es para valores medios: sulfatada cálcica. Los valores medios de salinidad expresada en mg/l de residuo seco se encuentran en torno a 349 para el río Valenzuela en Valle Noble. Datos consistentes con los obtenidos en la campaña de muestreo realizada.

La disponibilidad de agua para el proyecto se presenta de manera consistente en el tiempo debido a la pequeña cantidad que representa el consumo del proyecto frente a los caudales históricos del río. Los valores de caudales en la parte alta de la cuenca y afluente del Valenzuela no se encuentran disponibles y sería de suma importancia establecer aforadores en el proyecto para alimentar las bases de datos existentes.

El tratamiento de agua en la planta potabilizadora debe ser evaluado e incluir tecnologías que eviten el transporte de químicos por vías terrestres. La generación de ozono con equipos compactos que realicen el tratamiento de desinfección como en las plantas de envasado de agua en bidones parece una buena idea, aunque hay que evaluar el consumo energético de este tipo de tecnología.

El proyecto de la planta de tratamiento de efluentes resulta acorde a las necesidades del emplazamiento. La tecnología seleccionada es consistente con el tratamiento buscado, aunque es de mayor importancia darle prioridad a la operación de la planta para su buen desempeño en el tiempo. Por el grado de complejidad del tratamiento, la peligrosidad que representa el mal funcionamiento de la/las plantas y el impacto que pueden generar, es importante crear metodologías de control continuas e indicadores tempranos para el control de la contaminación.

*DNyA. Cuyo*



Los planes de contingencia deben ser acordes a la peligrosidad de los riesgos ambientales operativos.

Los lechos de infiltración propuestos deben ser profundamente analizados con equipos técnicos idóneos ya que presenta dos ventajas en cuanto al aprovechamiento del agua primero no genera un uso extraordinario en los ACRES artificiales para su disposición y segundo el área intervenida para generar los peines de infiltración puede llegar a ser de un 5 a un 10% del área necesaria para el ACRE (según los datos de infiltración recopilados en la campaña de noviembre). Por otro lado, al infiltrar el efluente tratado es imposible cuantificar y dimensionar el daño que se produce si la PTE funciona de manera incorrecta e infiltra agua fuera de especificación.

Los datos presentados como coeficientes de infiltración en el terreno deben ser validados con ensayos seriados y repetitivos de campo antes de tomar decisiones y dimensionar los lechos de infiltración. El dato provisto en este estudio es puntual y no debe generalizarse.

## Limnología

### Fundamentación

El tema Calidad de agua desarrollado en la MGIA, plantea la necesidad de contar con parámetros microbiológicos, como complemento del recurso agua, especialmente en las inmediaciones de los sitios con muestras de agua para análisis físico-químicos. Se predefinieron "*in situ*" las áreas para realizar el monitoreo limnológico, ajustado a las características visuales de algunos cuerpos de agua y poder contar, además, con información base de los sitios con posible impacto por las plantas de disposición final de aguas tratadas.

Se destaca que no hay antecedentes de estudios limnológicos en estos ecosistemas, el cual se caracteriza por su heterogeneidad ambiental representado por humedales como arroyos, manantiales y vegas o bofedales.

### Introducción

Desde las partes altas y acumulación nívea se genera recarga a ríos, arroyos, vegas o bofedales y manantiales. Los cuerpos de agua son área de recepción o descarga de aguas subterráneas/subsuperficiales. En los bofedales la descarga se da como evapotranspiración, donde, las plantas absorben agua y la transpiran a través de sus estomas. Los manantiales descargan agua subterránea como flujo de agua superficial.

- A escala regional se deben considerar los siguientes factores: heterogeneidad ambiental, porcentaje de influencia glaciar, altitud, densidad de heces de ganado, densidad de humedales (frecuencia de pozas, ríos y pantanos).
- A escala local, es posible considerar las características intrínsecas de cada poza como las condiciones de heterogeneidad ambiental local, variables físico-químicas, morfométricas, cambios en la composición y estructura de las comunidades acuáticas (bacterias, metafiton, microcrustáceos, macroinvertebrados, macrófitas y peces) de una unidad de muestreo a otra a lo largo de un gradiente espacial, temporal o ambiental (Gonzales et al, 2014).

*Dr. N. A. C. C. C.*



Es importante describir otros posibles factores alineados que pueden influir en las comunidades biológicas de estos humedales, por ejemplo: concentración de nutrientes y oxígeno, estado trófico, la presencia de predadores (peces y anfibios), la cobertura general de masas de algas, la conectividad entre pozas, estacionalidad. Relacionado a esto último la descarga hidráulica es un factor importante, en la química del agua y en las métricas estructurales de las comunidades. En épocas de estiaje se ven reducidas, aunque por el aumento de temperatura favorece la productividad primaria. Mientras que en temporadas de estabilidad ambiental (luego del deshielo) es cuando los ensambles muestran mayor diversidad.

Las adaptaciones desarrolladas por las comunidades acuáticas bajo condiciones extremas, sometidas a fuertes oscilaciones periódicas y cambios impredecibles en las condiciones ambientales de macro y microescala tanto en el presente como en eras pasadas, les han permitido diversificarse con la aparición de numerosos endemismos, y especies únicas, que podrían tener ventajas ante los ajustes derivados del cambio climático (Salusso, 2018).

En el marco de los estudios base para la Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto El Azufre, este informe, es representativo de un momento de la temporada de primavera 2022, con conclusiones preliminares acerca de los hallazgos principales en materia de ecológica acuática (comunidades algales, zooplancton y macroinvertebrados como bioindicadores) y parámetros físicoquímicos medidos *in situ*, en los sitios de monitoreo establecidos para el área de influencia de efluentes domésticos de locaciones actuales y futuras.

Aclaración: Cuando se dispongan los resultados analíticos de laboratorio, se efectuarán las correlaciones entre variables ambientales y parámetros estructurales de las comunidades acuáticas

### Objetivos

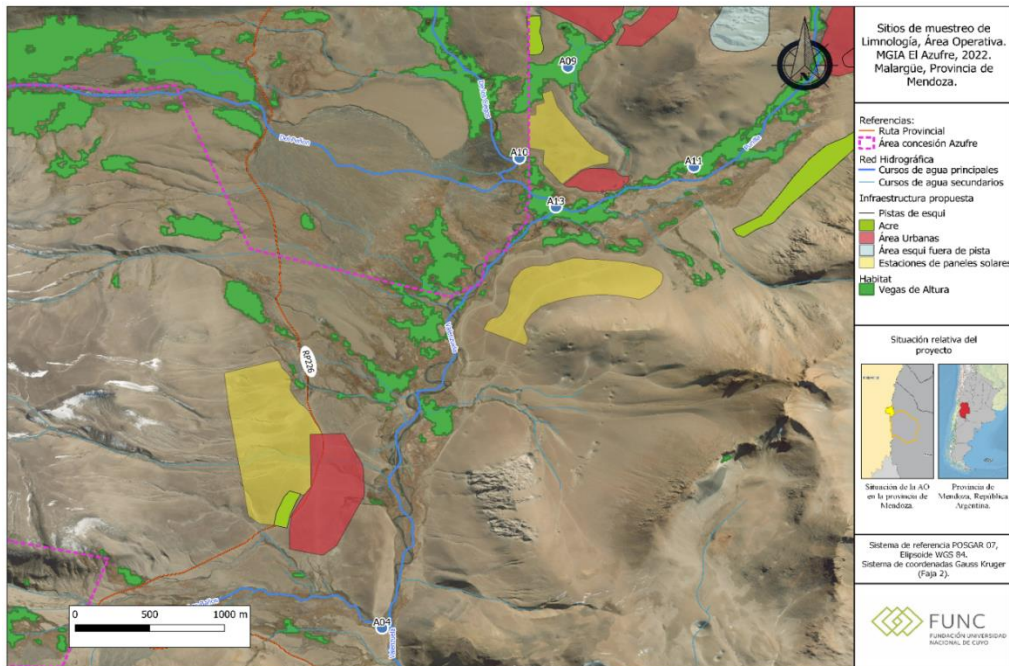
- Caracterizar los ambientes acuáticos según parámetros físico-químicos.
- Analizar cuali y cuantitativamente las comunidades acuáticas de algas y zoobentos.
- Identificar bioindicadores de calidad de agua.
- Identificar especies de interés de conservación.

### Sitios de monitoreo

Se adoptó la nomenclatura de campo referida para las muestras de agua destinadas a los análisis hidroquímicos de laboratorio. Se establecieron 5 sitios de monitoreo 3 sobre los ambientes de la subcuenca del arroyo Punilla; 1 sobre el Arroyo De los Ciegos y 1 sitio sobre el Arroyo De los Baños.

*Dr. M. A. C. C. C.*

**Figura 179. Sitios de muestreo Limnología.**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 64. Nomenclaturas de campo y georreferenciación de los sitios de monitoreo limnológicos. Noviembre 2022.**

	<b>Nomenclatura de campo</b>	<b>Latitud S</b>	<b>Long Oeste</b>
Arroyo Punilla	A11 (aguas Arriba)	35°15'33.40"	70°28'8.40"
Punilla Oeste	A09	35°15'20.50"	70°28'26.60"
Arroyo Punilla	A13 (aguas Abajo)	35°15'45.20"	70°28'36.40"
Arroyo El Ciego	A10	35°15'30.40"	70°28'57.70"
Arroyo De los Baños	A04	35°17'38.40"	70°29'38.20"

**Metodología de campo y gabinete**

Al tratarse de ambientes con heterogeneidad ambiental, en todos los sitios se tomaron submuestras, las cuales fueron integradas. Por ejemplo, para las evaluaciones de los grupos biológicos las mismas fueron tomadas en el centro y el borde de las pozas del ambiente de bofedales y en los arroyos.

D.N.A. Cuyano



*Mediciones de parámetros físico químicos in situ*

La medición de temperatura del agua, pH, Conductividad eléctrica y Oxígeno Disuelto se realizó con sonda multiparamétrica AQUACOMBO (pH-DO-Cond-Salinity-temperature meter) HM3070.

La turbidez fue medida mediante turbidímetro Milwaukee Mi 415. Range 0.00 to 50.00 FNU. 50 to 1000 FBU. La temperatura atmosférica con termómetro portátil de mercurio, el cual es ubicado a la sombra.

**Figura 180. Mediciones de parámetros físico-químicos in situ.**



*Fitobentos*

Para el análisis de la comunidad fitobentónica, se colectaron muestras del sustrato natural sumergido, atendiendo la variedad del mismo (Bloque, Guijón, Grava, Grano fino, vegetación sumergida) en tres puntos de cada sitio de monitoreo.

En el caso de suelo arenoso o arcilloso se utilizó tubo de acrílico de 3,5 cm de diámetro, extrayéndose los primeros 5 a 10 mm de la capa superficial de los sedimentos, la cual es la fotosintéticamente activa.

En los sitios con presencia de macrófitos y/o algas filamentosas se colectó superficie conocida.

En el sustrato pedregoso – rocoso se realizó el raspado con cuchillo de plástico de una superficie definida. Los resultados de abundancia se presentan en cél/cm<sup>2</sup> (Gómez *et al*, 2009).

La identificación taxonómica de las algas se realizó a nivel genérico y/o específico, mediante bibliografía específica por grupos: Diatomeas (Patrick and Reimer, 1966; 1975; Germain, 1981; Hartley, 1996), Cianobacterias (Geitler, 1967; Komárek and Anagnostidis, 2005) Clorófitas y otras (Bourrelly; 1968, 1970, 1972), entre otros.

*DNyA. Cuyano*



**Figura 181. Muestreo de Fitobentos.**



### *Zooplancton*

Las muestras de zooplancton fueron extraídas mediante el filtrado a través de una red de 45  $\mu\text{m}$  de abertura de malla. El volumen de agua filtrado fue variable según sedimento en suspensión, entre 27 en Punilla arriba (A11) y 90 lts de agua en los restantes. Las mismas se conservaron con formol al 4 %.

Los recuentos se realizaron con cámara de Sedgewick-Rafter de 1 ml de capacidad en microscopio binocular, (APHA, 1995). Los resultados se presentan en número de individuos por litro (ind/L).

La identificación taxonómica de los organismos se realizó a nivel genérico y/o específico, mediante bibliografía determinada por grupos: Rotíferos (Ruttner Kolisko, 1974), Copépodos (Bayly, 1992; Dussart, 1979, Reid, 1985), entre otros.

**Figura 182. Muestreo de Zooplancton.**



*DNyA. Cuyano*

### Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados fueron colectados según el método multihábitat (Hering *et al.*, 2004; Barbour *et al.*, 2006) que consistió en la toma de muestras, con una red marco tipo D-frame 250  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro, en todos los microhábitats presentes en tramo de muestreo. Cada réplica tomada con este tipo de muestreador constó de tres movimientos de 0,5 metros. Las muestras se almacenaron en recipientes plásticos (500  $\text{cm}^3$ ), previamente rotulados y se fijaron *in situ* con alcohol al 70%. Teniendo en cuenta el ancho de abertura de la red D-frame (30 cm) y la distancia recorrida dentro del agua por cada réplica (1,5 metros), las densidades de invertebrados se expresaron como  $\text{ind.m}^{-2}$

En laboratorio se realizó la separación de los organismos de los sedimentos y materia orgánica mediante el lavado de las muestras en una serie de tamices de 2000  $\mu\text{m}$ , 1000  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$  y 250  $\mu\text{m}$  (Rodríguez Capitulo *et al.*, 2009). Los organismos se conservaron en frascos, rotulados por sitio y preservados en alcohol al 70%.

La identificación de los macroinvertebrados se efectuó bajo estereomicroscopio y microscopio óptico utilizando claves regionales (Rodríguez Capítulo, 1992; Lopretto & Tell, 1995; Fernández & Domínguez, 2001; Domínguez & Fernández, 2009).

**Figura 183. Muestreo de Macroinvertebrados.**



Análisis ecológicos y estadísticos

Con los resultados obtenidos se elaboraron las matrices correspondientes.

La descripción, análisis y evaluación de los datos obtenidos se realizó mediante la aplicación de métodos estadísticos.

Con el objetivo de determinar propiedades estructurales de las comunidades, se calcularon los índices de diversidad específica de Shannon - Wiener ( $H'$ ) y de Dominancia de Simpson ( $\lambda$ ), (Brower and Zar 1977), programa Infostat.

- **Índice de Shannon - Wiener**

$$H' = -\sum p_i \cdot \ln p_i$$

donde:  $p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ .

D.N.A. Cuyo



- **Índice de Simpson**

$$\lambda = \frac{\sum ni(ni-1)}{N(N-1)}$$

donde = abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Para la determinación de diversidad entre hábitats se aplicó el índice de disimilitud de Bray-Curtis, que evalúa la diferencia en composición taxonómica y densidades, espacial o temporal entre sitios de muestreo o para un mismo sitio. Es apropiado porque ignora las especies ausentes en las muestras que se comparan. Se presenta un análisis de *cluster* en dendrogramas, de acuerdo al método del enlace completo, que determina la proximidad entre dos grupos con una "distancia" según sus semejanzas.

*Clasificación según requerimientos ambientales de especies de diatomeas*

Para el análisis de los requerimientos ambientales de las especies de diatomeas presentes en el área de estudio, se consultó bibliografía existente como ID-TAXA, Identification Guide and Ecological Resource for Diatoms of the United States Descy y Coste (1990), Patrick and Reimer 1975, Lowe, 1974, Segura García et al, 2011, Germain (1981), entre otros.

*Análisis ecológico de las comunidades de macroinvertebrados*

Los grupos funcionales tróficos permiten predecir las relaciones biológicas que se desarrollan en la dinámica trófica de un ecosistema acuático y a partir de ellas, inferir el grado de integridad biológica del mismo. Para ello se determinó la abundancia relativa (%) de los grupos funcionales en cada uno de los sitios, agrupados en raspadores, colectores recolectores, colectores filtradores, fragmentadores y predadores (Merritt & Cummins 1996).

Caracterización sitios de monitoreo

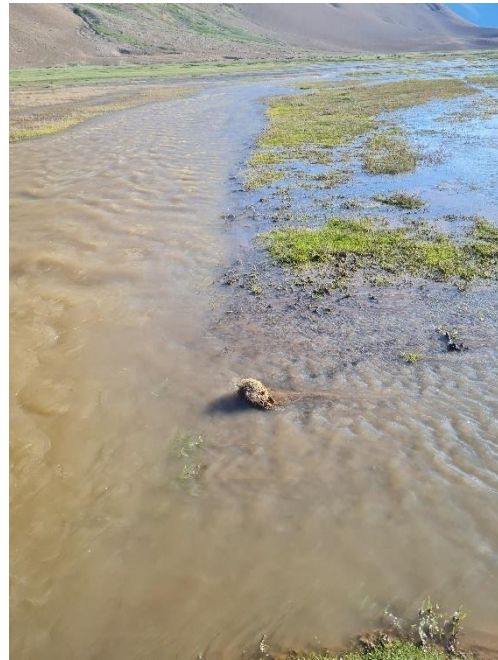
*Subcuenca Arroyo Punilla*

El **sitio A11** (aguas arriba de planta actual de tratamiento de residuos cloacales) se caracteriza por presentar diversidad de hábitats con vegetación hidromórfica, representados por vegas (aguas cristalinas) y sistema lótico representado por el arroyo Punilla (con aguas turbias) aportando caudal al hábitat de vegas. La cobertura húmeda presentó amplia anchura en el momento de monitoreo (19:05 h) y carga ganadera. También se observó fecas de ganado sumergidos sin degradación aparente (Figura Sitio de Muestreo A11).

*DNyA. Cuyo*



**Figura 184. Sitio de Muestreo A11, aguas arriba.**



El sitio **A09** (Punilla Oeste) se caracteriza por presentar multihábitats, que en el momento de monitoreo (18:10 h) en un sector registró escorrentía (con aguas cristalinas) y algunos parches con bofedales. Alguno de estos con superficie de aspecto espumoso y película grisácea de aspecto “aceitoso” en el pelo de agua (Figura Sitio de Muestreo A09).

En este sitio se observó alta cobertura de vegetación hidromórfica y de macrófitas como *Myriophyllum quitense* y *Caltha sagittata*.

D.N.A. Cuyo



**Figura 185. Sitio de Muestreo A09, Punilla Oeste.**



El **sitio A13** sobre el arroyo Punilla aguas abajo de la planta de tratamiento actual, en el momento de monitoreo se observó la derivación de caudal desde cauce principal, hacia áreas aledañas determinando amplia superficie húmeda y diversidad de hábitats (desde alta a moderada velocidad de corriente), con presencia de vegetación hidromórfica y sin carga ganadera (Figura Sitio de Muestreo A13).

**Figura 186. Sitio de Muestreo A13, Arroyo Punilla aguas abajo.**



*DNA. Cuyano*

*Arroyo De los Ciegos*

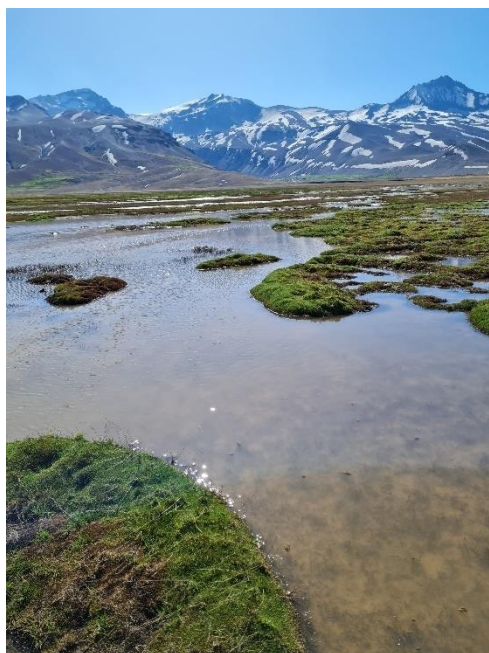
Cabe aclarar que para el presente informe técnico se denominará como “arroyo De los Ciegos” al humedal que se detalla a continuación.

Este sitio (A10) se caracteriza por representar un ambiente de vegas con pozones de coloración rojiza y aguas circundantes provenientes desde el arroyo.

En el momento de monitoreo (17:25 h) se observó el continuo aporte de agua desde el arroyo al área de muestreo (sin superar el nivel de pozones) lo que podría deberse al deshielo permanente por las elevadas temperaturas. (Figura Sitio de Muestreo Arroyo De los Ciegos).

Se observó fecas de ganado sumergidos sin degradación aparente.

**Figura 187. Sitio de Muestreo A10, Arroyo De los Ciegos.**



*DNA. Cuyano*



*Arroyo De los Baños*

Este sitio (A04) en el momento de muestreo (9:00 h) se presentó con aguas transparentes, sustrato pedregoso. Zona riparia con vegetación terrestre y en algunos sectores remoción de suelo por pisoteo del ganado vacuno presente en el lugar (Figura Sitio de Muestreo A04. Arroyo De los Baños).

**Figura 188. Sitio de Muestreo A04, Arroyo De los Baños.**

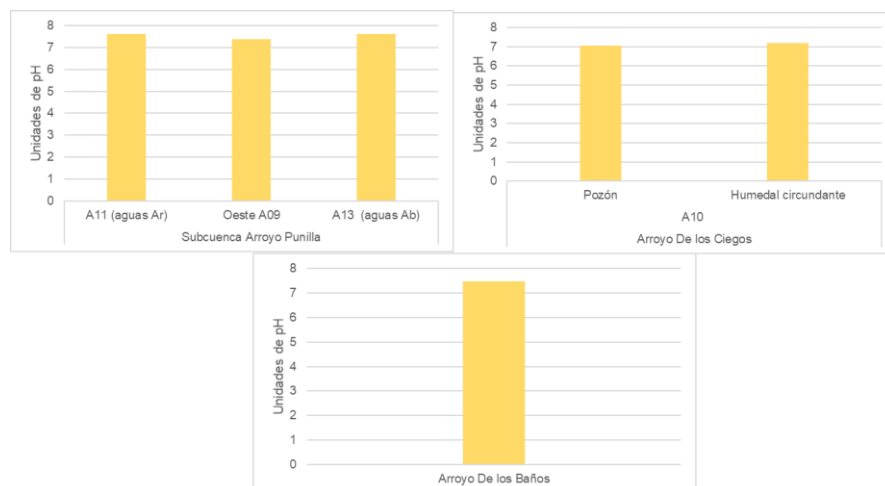


Resultados

*Parámetros físico químicos in situ*

Las aguas de los sitios de la subcuenca del arroyo Punilla, presentaron valores de pH circumneutro a levemente alcalino, al igual que el arroyo De los Baños (entre 7.37 y 7.6). Mientras que en el arroyo De los Ciegos registraron valor ligeramente neutro (7.1 en promedio).

**Figura 189. Valores de pH medidos *in situ* en los sitios de monitoreo.**



D.N.A. Cuyo

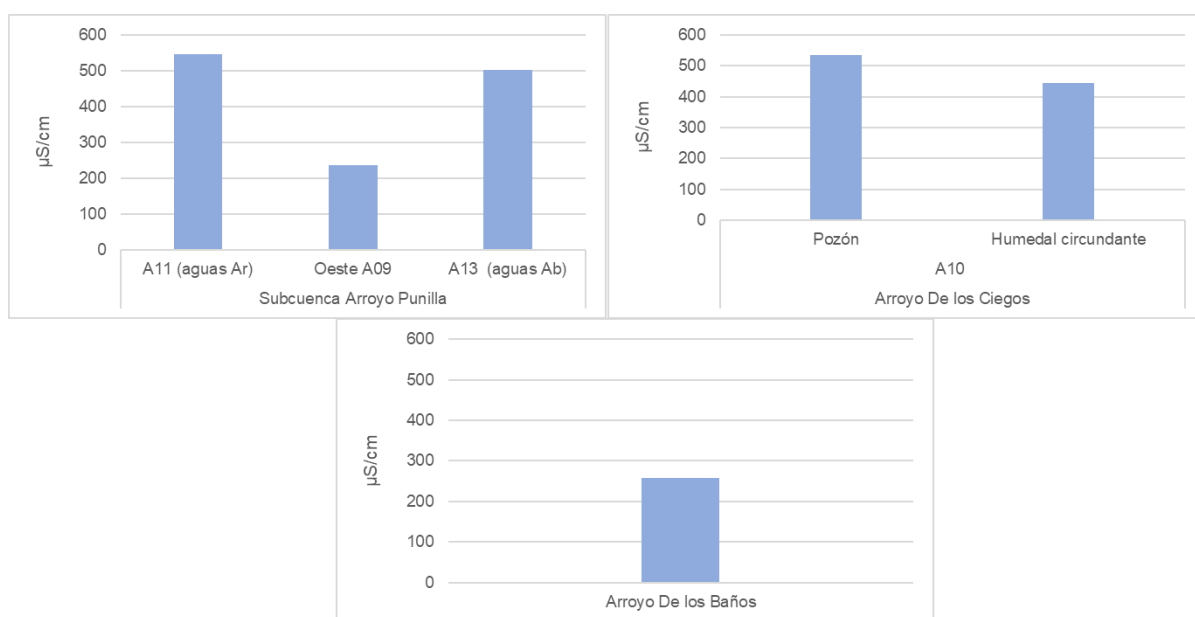


En cuanto a la concentración de electrolitos en la subcuenca del arroyo Punilla, los sitios sobre el arroyo registraron valores de conductividad eléctrica de 546 y 501  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en los sitios de aguas arriba y abajo respectivamente. Mientras que su tributario (A09, Punilla oeste) este valor fue menor, con 236  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

En el ambiente del arroyo De los Ciegos, la mayor conductividad se presentó en el pozón de la vega con 515  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , descendiendo a 445  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el humedal circundante.

En el arroyo Los Baños la concentración de electrolitos para el momento de monitoreo fue de 257  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

**Figura 190. Valores de conductividad eléctrica medidas in situ en los sitios de monitoreo.**



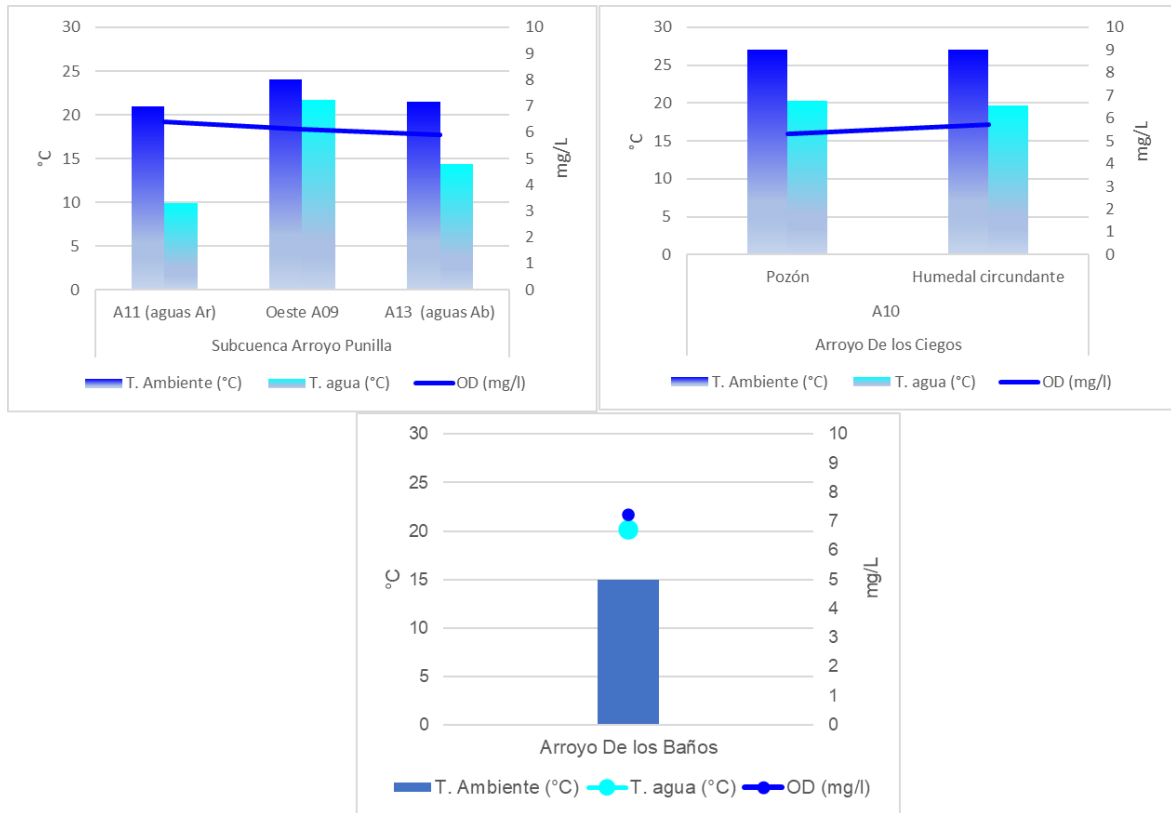
Las temperaturas del agua y del aire se presentan en la Figura que sigue.

Se advierte que presentar temperaturas en este tipo de estudio posee limitado valor ecológico y se hace sólo como referencia ya que su medición no es sistemática refiriendo a un momento, y cambia según la hora del día, deshielo, heliofanía, nubosidad y viento.

Aunque puede observarse que relacionando la concentración de oxígeno disuelto responde a la temperatura ambiental. Con mayor valor a temperaturas más bajas, como fue el caso del arroyo de Los Baños con 80% de saturación de oxígeno. En los restantes el oxígeno disuelto fue menor con saturación de oxígeno promedio del 62%.

D.N.A. Cuyo

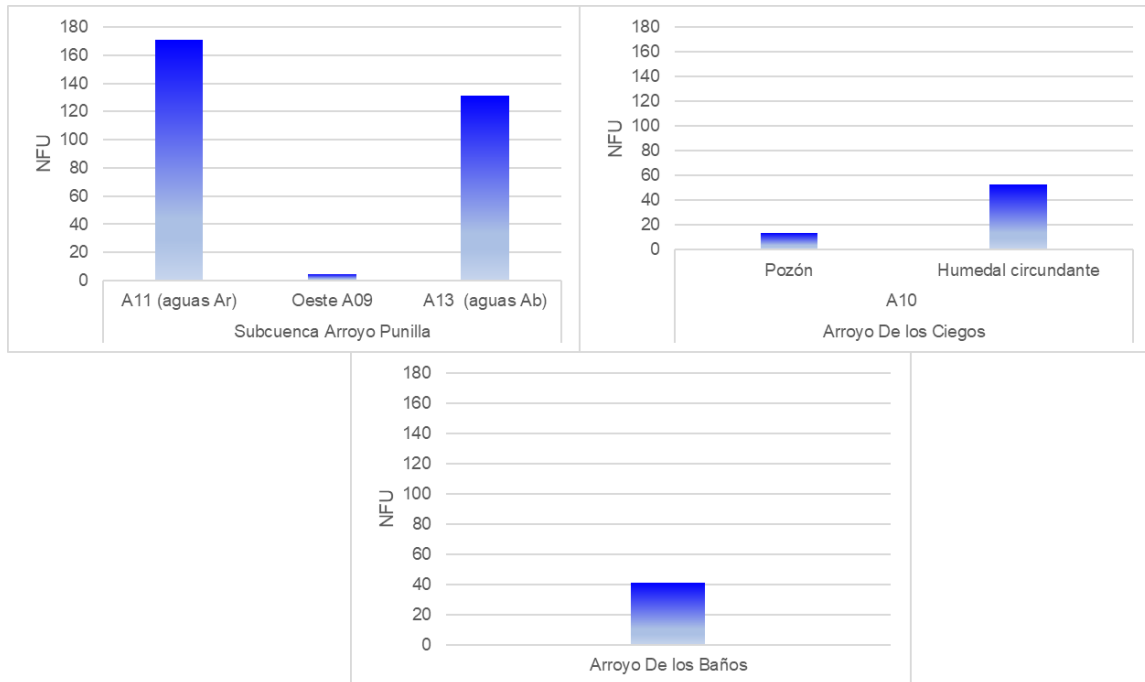
**Figura 191. Valores de temperaturas (ambiental y agua) y oxígeno disuelto medidos in situ en los sitios de monitoreo.**



La mayor turbidez se registró en los sitios sobre el arroyo Punilla, con el mayor valor en el sitio de aguas arriba (A11) con 171 NFU, descendiendo a 131 NFU hacia aguas abajo (A13). Mientras que, en Punilla Oeste, el agua presentó turbidez de 4.34 NFU, lo que se manifiesta en sus aguas cristalinas. En el ambiente del arroyo De los Ciegos el pozón presentó 13.69 NFU y en el humedal circundante 53 NFU. Y en el arroyo de Los Baños la turbidez fue de 41 NFU.

*Handwritten signature*

**Figura 192. Valores de turbidez medidos *in situ* en los sitios de monitoreo.**



## Comunidades acuáticas

### Algas

En el área de estudio se identificaron 56 especies de algas: 36 diatomeas, 8 clorofíceas, 9 cianofíceas, 2 euglenofíceas y 1 xantofíceas.

De estas especies solo 9 se encontraron en común 2 sitios; 3 y 4 especies en común en 2 sitios. Las restantes fueron exclusivas de un sitio en particular. En A11 se registraron 3 especies exclusivas; en Punilla Oeste 9; aguas debajo de Punilla (A13) 15; en arroyo De los Ciegos 14 y en arroyo De los Baños 2. La alta riqueza de especies de diatomeas puede deberse a su gran capacidad adaptativa y tolerancia a diferentes tipos de hábitat y condiciones tróficas. La menor riqueza de especies de las Cianobacterias y Clorofíceas tendría relación con las bajas temperaturas de la zona que hacen lenta la descomposición de la materia orgánica de los bofedales y en consecuencia las concentraciones de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo serían bajas (Liduvina et al, 2017). Las diatomeas, los organismos autótrofos más abundantes en ecosistemas acuáticos, como así también en los ambientes cordilleranos, no registraron la mayor frecuencia teniendo en cuenta todos los ambientes analizados. Sólo predominaron en A11 (aguas arriba de la planta de tratamiento) con un 91%; seguido por Punilla Oeste con 67% y aguas abajo de la planta de tratamiento (A13) con 52%. Las algas verdes predominaron en el arroyo De los Baños con el 73%.

En los hábitats analizados sobre el arroyo De los Ciegos (pozón y aguas circundantes) las cianofíceas registraron el 87%. Asimismo, este ambiente fue el único en donde se detectó la

presencia de todos los grupos algales reconocidos en el área: diatomeas (7%), euglenofíceas, xantofíceas y clorofíceas (cada una en un 2%).

Entre las algas verdes azuladas (cianofíceas) se registraron en alta densidad especies que se caracterizan por ser filamentosas y contener células especializadas en captar el nitrógeno atmosférico en medio anaerobio (Figura). Las restantes son bioindicadoras de ecosistemas en estado de mesotrófico a eutróficos (moderada a alta carga de nutrientes) (Pinilla, 2000). Las euglenofíceas se encuentra normalmente en cuerpos de agua ricos en materia orgánica.

**Figura 193. Especie filamentosa de cianofíceas presente en charcas del área arroyo De los Ciegos. *Nostoc* sp.**



Fuente: LM Stock Images CO51/137).

Entre las diatomeas presentes en este ambiente, la de mayor abundancia absoluta fue *Nitzschia palea*. Esta especie es dulceacuícola. Neutrófila (pH neutro), polisapróbica (contenido alto en materia orgánica), hipereutrófila (alto contenido de nutrientes) y subaérea (tolerante a períodos de sequía).

En el sitio A11 (aguas arriba del arroyo Punilla) las diatomeas *Eunotia minor* y *Fragilaria capucina* registraron la mayor abundancia. Estas especies habitan en ambientes de agua dulce, cosmopolitas, bentónicas, y propias de ambientes de aguas neutras a alcalinas, excepto *Eunotia minor* que se adapta a ambientes ácidos.

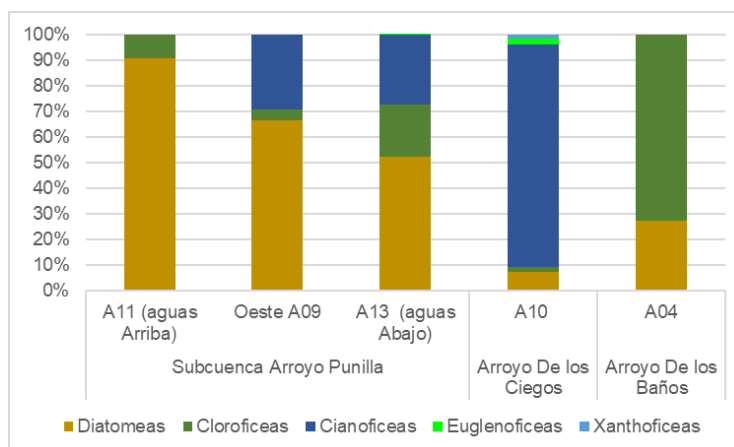
En el arroyo Punilla Oeste (A09), la mayor densidad estuvo dada por la diatomea *Gomphonema parvulum*. La presencia de este taxón indica mínima a moderada polución en el sitio (Tylor *et al.*, 2005).

Aguas abajo del arroyo Punilla (A13) además de *Fragilaria capucina*, *Diatoma tenuis* fue abundante. Esta especie es acuática estricta, prefiere aguas alcalinas y es tolerante a moderada carga orgánica y nutrientes.

En el arroyo De los Baños la alta densidad estuvo dada por las algas verdes *Microspora quadrata* y *Ulothrix tenerrima*. La primera es un taxón con capacidad de bioacumulación de metales como hierro y plomo, por lo que es sugerida para remoción de esos elementos tóxicos (Das and Ramanujam, 2011).

D.N.A. Cuyo

**Figura 194. Frecuencia de grupos algales en cada uno de los sitios de monitoreo.**



**Tabla 65. Abundancia absoluta de las especies algales identificadas en cada sitio de monitoreo.**

	Subcuenca Arroyo Punilla			Arroyo De los Ciegos	Arroyo De los Baños
	A11 (aguas Arriba)	Oeste A09	A13 (aguas Abajo)	A10	A04
<b>Cloroficeas</b>					
<i>Closterium herembergii</i>		1			
<i>Hormidium crenalum</i>			142		
<i>Hormidium flaccidum</i>	80	9			
<i>Microspora</i> sp.			39		
<i>Microspora amoena</i>			21		
<i>Microspora quadrata</i>					10
<i>Spirogyra mirabilis</i>	24				
<i>Ulothrix tenerrina</i>				32	27
<b>Cianoficeas</b>					
<i>Anabaena</i> sp.				92	
<i>Komvophorum</i> sp.				156	
<i>Leptolyngbya</i> sp.		67			
<i>Lyngbya limnetica</i>				53	
<i>Nostoc</i> sp.				900	
<i>Oscillatoria limnetica</i>			87,5		
<i>Oscillatoria princeps</i>			184		
<i>Oscillatoria</i> sp.				164	
<i>Phormidium</i> sp.				67	
<b>Euglenoficeas</b>					
<i>Phacus</i> sp.			1	1	
<i>Trachelomonas</i>				39	
<b>Xanthoficeas</b>					
<i>Tribonema</i> sp.				25	

D.N.A. Cuyano

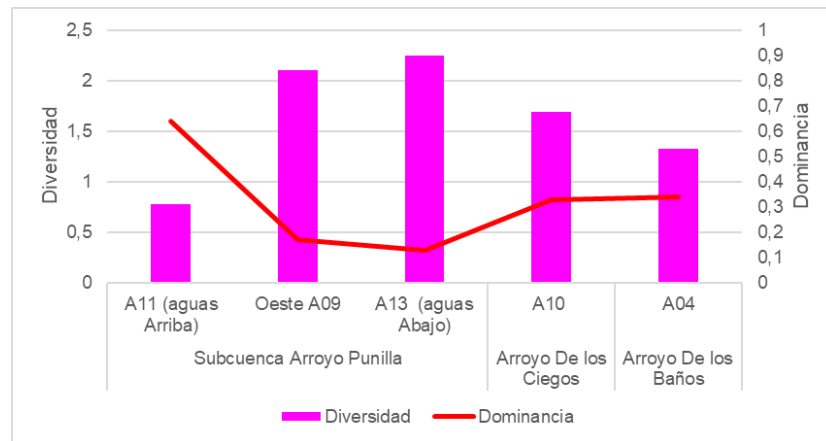


	Subcuenca Arroyo Punilla			Arroyo De los Ciegos	Arroyo De los Baños
	A11 (aguas Arriba)	Oeste A09	A13 (aguas Abajo)	A10	A04
<b>Diatomeas</b>					
<i>Achnanthydium minutissimum</i>		13	2		
<i>Adlafia</i> sp.	6		5		8
<i>Caloneis</i> sp.	1				
<i>Cocconeis placentula</i>			2		
<i>Cymbella cystula</i>	3	2			
<i>Cymbella helvetica</i>			1		
<i>Cymbella minuta</i>			3		
<i>Diatoma anceps</i>		2			
<i>Diatoma tenuis</i>			86		
<i>Diatoma vulgare</i>			149		
<i>Encyonopsis</i> sp.			1		
<i>Eunotia minor</i>	110	5			
<i>Fragilaria capuccina</i>	877		196		
<i>Gomphonema acuminatum</i>		1			
<i>Gomphoneis olivaceum</i>		18	10		
<i>Gomphonema parvulum</i>		59			
<i>Hannaea arcus</i>				1	
<i>Melosira varians</i>			2		
<i>Navicula cincta</i>		4			
<i>Navicula cryptocephala</i>		1			
<i>Navicula gregaria</i>				11	
<i>Neidium affine</i>			3		
<i>Nitzschia dubia</i>				5	
<i>Nitzschia linearis</i>			5		3
<i>Nitzschia palea</i>	2	17	5	81	
<i>Nitzschia sigma</i>				3	
<i>Pinnularia</i> sp.				8	
<i>Planothidium lanceolatum</i>	1	7	1		
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i>				9	
<i>Rhopalodia gibba</i>	1				
<i>Rhopalodia musculus</i>					1
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>			5		
<i>Stauroneis spicula</i>		1			
<i>Surirella minuta</i>			17		
<i>Synedra acus</i>		19			
<i>Ulnaria ulna</i>	4	4	31		2

En cuanto a la riqueza de especies, en el sitio A13 (aguas abajo del arroyo Punilla y de la planta de tratamiento actual) se contabilizó el mayor valor con 24 taxa, seguido por Punilla Oeste (17) y 11 en el sitio de aguas arriba (A11). En el ambiente del arroyo De los Ciegos se identificó un

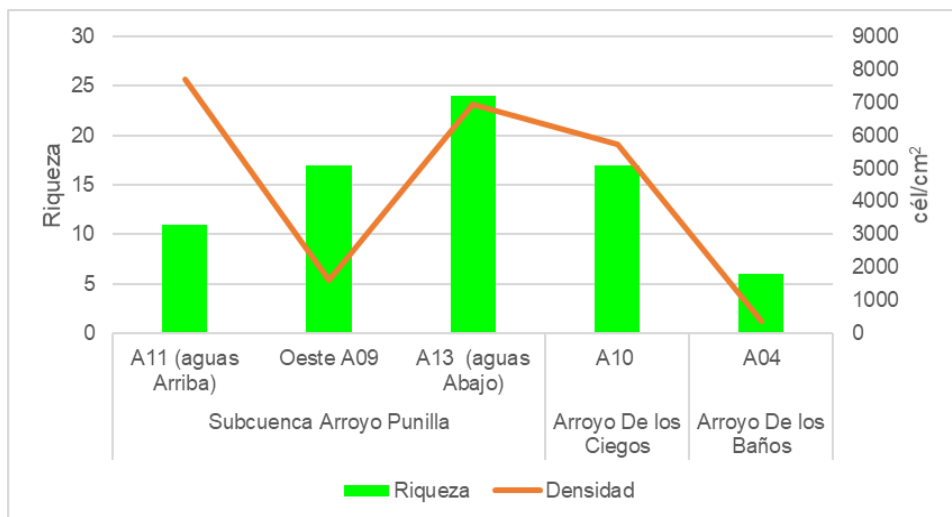
total de 17 especies. Mientras que en el arroyo De los Baños se presentó la comunidad con el menor valor (6). En este sitio también la densidad fue la más baja, con 354 cél/cm<sup>2</sup> seguido por Punilla Oeste con 1597 cél/cm<sup>2</sup>. La mayor densidad de algas se registró aguas arriba del arroyo Punilla, con 7701 cél/cm<sup>2</sup>, descendiendo a 6934 en A13 (aguas abajo) y en arroyo De los Ciegos con 5719 cél/cm<sup>2</sup>.

**Figura 195. Riqueza y densidad de algas bentónicas para cada uno de los sitios analizados.**



Estas métricas estructurales, se reflejan en los valores de diversidad del índice de Shannon – Weaner, el cual determina las comunidades más diversas alas del arroyo Punilla aguas abajo (A13) con  $H' = 2.25$  nats, 2.1 nats en Punilla Oeste y 1.69 nats en el humedal del arroyo De los Ciegos. En arroyo De los Baños esta métrica fue de  $H' = 1.32$  nats. Siendo el sitio de aguas arriba sobre el arroyo Punilla (A11) presentó el menor valor con  $H' = 0.78$  nats con dominancia de especies ( $\lambda > 0.5$ ) (Figura), debido a la alta densidad de las diatomeas *Eunotia minor* y *Fragilaria capucina*.

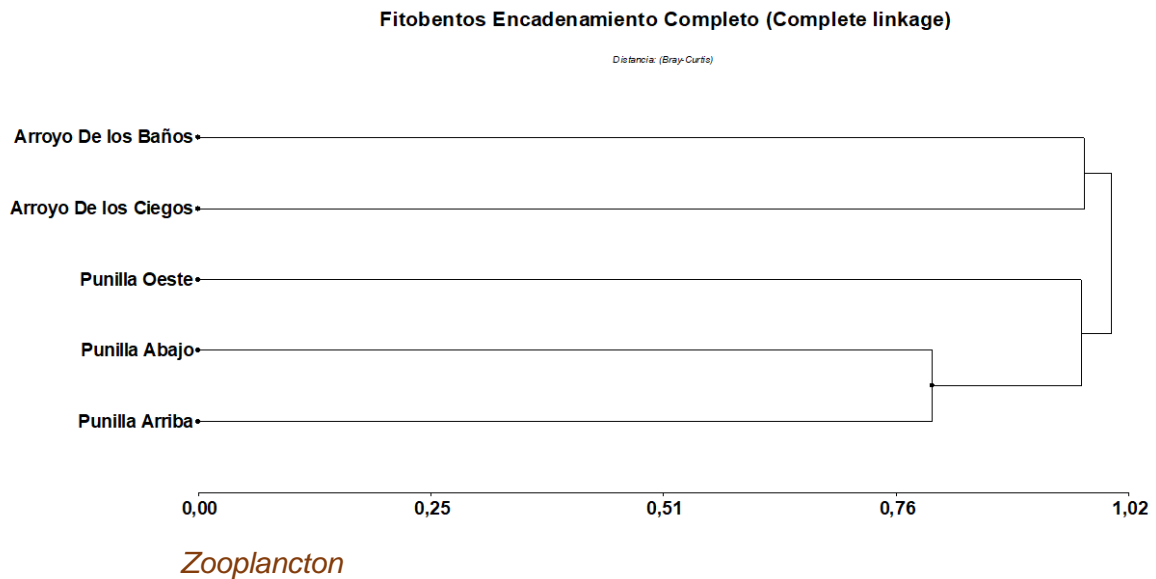
**Figura 196. Diversidad y dominancia de las comunidades algales para cada uno de los sitios analizados.**



D.N.A. Cuyano

El análisis de la diversidad beta, a partir del índice de Bray -Curtis y representado en un dendrograma, agrupó a los sitios, de acuerdo con la similitud de las comunidades algales en dos grupos: uno conformado por los sitios de la subcuenca del arroyo Punilla, aunque el correspondiente a Punilla Oeste muestra disimilitud con respecto a los sitios sobre el arroyo. Y un segundo grupo, conformado por las comunidades de los arroyos De los Ciegos y De los Baños.

**Figura 197. Dendrograma de similitud entre los sitios analizados, según las abundancias de especies de las comunidades algales.**



Del análisis de las muestras de zooplancton, sólo se detectó presencia de organismos en A13 (aguas abajo arroyo Punilla), Punilla Oeste y en el humedal del arroyo De los Ciegos.

La mayor frecuencia estuvo dada por rotíferos (70% en el humedal del arroyo De los Ciegos) y 50% aguas abajo del arroyo Punilla (A13). El 50% restante representado por una especie de tecameba; la cual también se encontró en el arroyo De los Ciegos en un 10%. En este sitio se identificó un gusano nemátodo (20%) siendo la única especie detectada en Punilla Oeste (100%).

Las especies identificadas en realidad no son de hábito planctónico. Las mismas habitan entre la vegetación sumergida y/o sedimentos. Por efecto de la corriente son desprendidos desde los sustratos, por lo que son hallados en deriva.

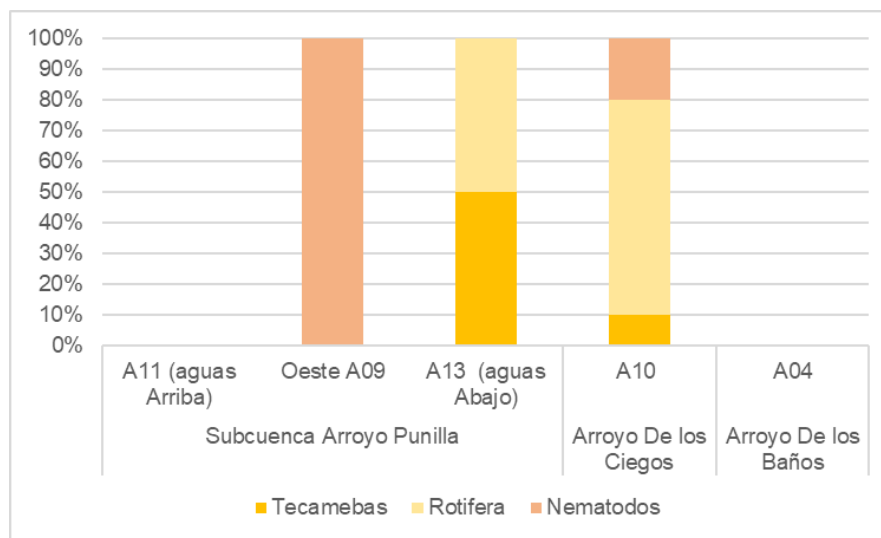
A su vez, estas especies son comunes para ambientes de cordillera del Centro Oeste de Argentina.

D.N.A. Cuyo

**Tabla 66. Abundancias absolutas de zoopláncteres en los sitios analizados.**

	Subcuenca Arroyo Punilla			Arroyo De los Ciegos	Arroyo De los Baños
	A11 (aguas Arriba)	Oeste A09	A13 (aguas Abajo)	A10	A04
<b>Tecamebas</b>					
<i>Arcella discoides</i>			2	1	
<b>Rotifera</b>					
Adineta sp.				6	
Asplanchna			1		
Bdelloideo				1	
Notholca sp.			1		
<b>Nematodos</b>					
sp.1		2		2	

**Figura 198. Frecuencia de grupos de zoopláncteres presentes en los sitios de monitoreo.**



Tanto la riqueza de especies como las densidades fueron bajas. Con los valores más altos en el arroyo De los Ciegos con 4 taxa y 7 ind/L. En A13 (Punilla abajo) la riqueza fue de 3, con 2 ind/L y en Punilla Oeste una especie con 1 ind/L.

D.N.A. Cuyo

### *Macroinvertebrados*

En las muestras analizadas en los sitios del área de estudio, se identificaron un total de 11 taxones, entre los cuales se destacaron los insectos con 3 dípteros y 2 efemerópteros.

Los taxones encontrados son típicos de ambientes acuáticos de altura, algunos de aguas corrientes y otros característicos de vegas y humedales. La heterogeneidad de estos ambientes y su variabilidad de caudal, debida al deshielo, les dan forma a los ensambles de macroinvertebrados acuáticos.

Entre las especies registradas se destacó el anfípodo del género *Hyaella*, presente en los cinco sitios muestreados, pero muy abundante en A11 y A09 en la subcuenca del arroyo Punilla. Estos crustáceos presentan una destacada plasticidad ecológica, que les permite colonizar diversos ambientes con variables condiciones y recursos.

Otros grupos destacados fueron los efemerópteros, los plecópteros y tricópteros, tres órdenes de insectos indicadores de buena calidad ecológica del agua. Ephemeroptera estuvo representado por dos especies *Massartellopsis irrazavali* y *Andesiops torrens*, ambas presentes en ambientes lóticos con sustrato rocoso y abundantes en A09 y A10, en el arroyo de los Ciegos. Plecoptera, aunque fueron poco abundantes, y sólo se registraron en A09 (Punilla Oeste) y A04, en el arroyo de los Baños, sobresalen por ser un grupo de organismos también indicadores de buena calidad ecológica del agua. Se registró una especie de la familia Gripopterygidae, *Claudioperla tigrina*). En tanto Trichoptera, también estuvo presente con una sola especie del género *Verger* de la familia Limnephilidae. Esta familia se destaca por la construcción de sus capullos larvales, cónicos y con granos de arena y pequeñas piedras.

Los coleópteros estuvieron representados por otra especie típica de los arroyos altoandinos, *Austrelmis* sp., de la familia Elmidae. En la subcuenca del arroyo Punilla, en A09, fueron abundantes con casi el 20 %, pero también estuvieron presentes en A11 (aguas arriba arroyo Punilla) y en arroyo De los Baños (A04).

Entre los dípteros registrados, se encontraron tres especies de la familia Chironomidae, *Cricotopus* sp., *Limaya longitarsis* y *Podonomus* sp. y abundantes con 38 % en el sitio A04.

Finalmente, los hemípteros y los odonatos se registraron únicamente en el sitio A13 (aguas debajo de la planta de tratamiento actual), en un ambiente con características lénticas. De los primeros *Trichocorixa mendozana*, de la familia Corixidae fue muy abundante con 56 %, en cambios entre los odonatos sólo se encontró un organismo *Rhionaeschna* sp.

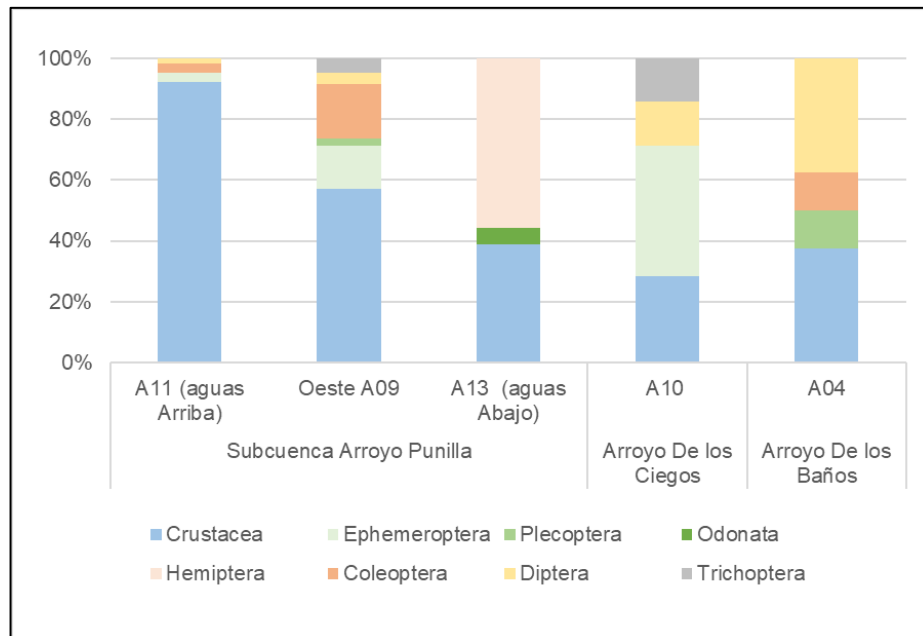
*Dña. Eliana*



**Tabla 67. Abundancias absolutas de macroinvertebrados identificados en las muestras del área de estudio.**

		Subcuenca Arroyo Punilla			Arroyo De los Ciegos	Arroyo De los Baños
		A11 (aguas Arriba)	Oeste A09	A13 (aguas Abajo)	A10	A04
<b>CRUSTACEA</b>						
Hyalellidae	<i>Hyalella</i> sp.	58	48	7	2	3
<b>EPHEMEROPTERA</b>						
Baetidae	<i>Massartellopsis irrazavali</i>	2	1		2	
Baetidae	<i>Andesiops torrens</i>		11		1	
<b>PLECOPTERA</b>						
Gripopterygidae	<i>Claudiperla tigrina</i>		2			1
<b>ODONATA</b>						
Aeshnidae	<i>Rhionaeschna</i> sp.			1		
<b>HEMIPTERA</b>						
Corixidae	<i>Trichocorixa mendozana</i>			10		
<b>COLEOPTERA</b>						
Elmidae	<i>Autrelmis</i> sp.	2	15			1
<b>DIPTERA</b>						
Chironomidae	<i>Cricotopus</i> sp.	1				
	<i>Limaya longitarsis</i>			1		2
	<i>Podonomus</i> sp.			2	1	1
<b>TRICHOPTERA</b>						
Limnephilidae	<i>Verger</i> sp.		4		1	

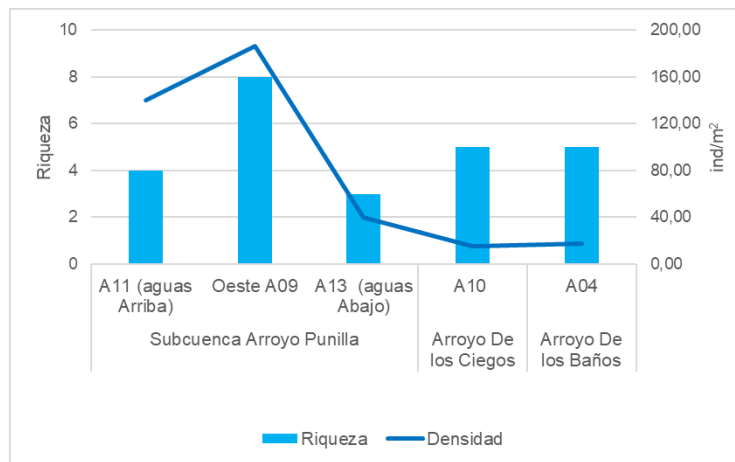
**Figura 199. Frecuencia de grupos de macroinvertebrados en los sitios analizados.**



D.N.A. Cuyano  

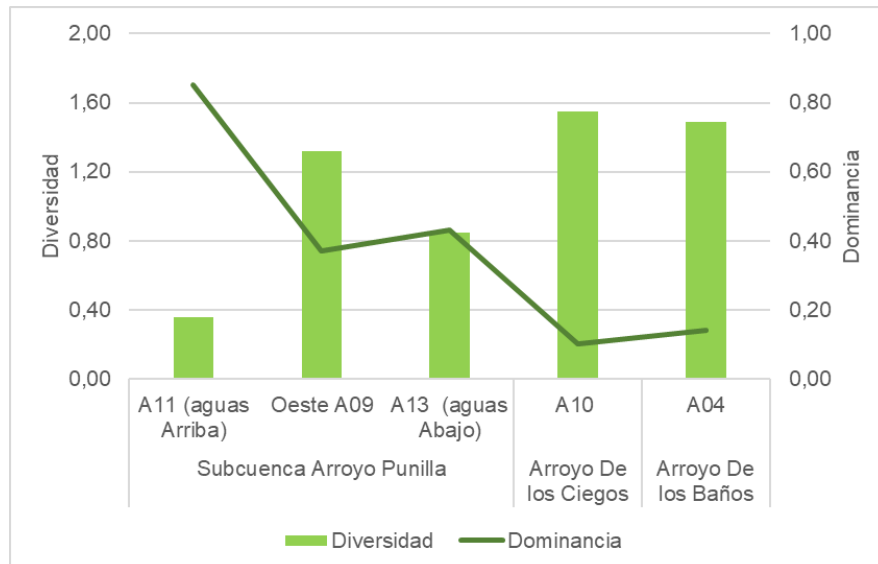

La riqueza de macroinvertebrados estuvo entre 4 y 8 taxones, con el valor mínimo en A11 (aguas arriba arroyo Punilla) y máximo en A09 (Punilla Oeste), sitios de la subcuenca del arroyo Punilla. La densidad de macroinvertebrados presentó sus valores más bajos en A10 (humedal De Los Ciegos) y A04 (arroyo De los Baños) con 15,56 y 17,78 ind/m<sup>2</sup> respectivamente, y más alto en Punilla Oeste (A09) con 187 ind/m<sup>2</sup>.

**Figura 200. Riqueza y densidad de macroinvertebrados en los sitios analizados. Primavera 2022.**



La diversidad más alta, según el índice de Shannon – Weaner ( $H' > 1$  nats), se registró en A10 y A04 con valores cercanos a 1,5 nats. En cambio, en concordancia con la baja diversidad, A11 presentó un alto valor de dominancia ( $> 0,85$ ) debido a una mayor abundancia de *Hyalella*. El resto de los sitios presentó una distribución equitativa de las abundancias por especies.

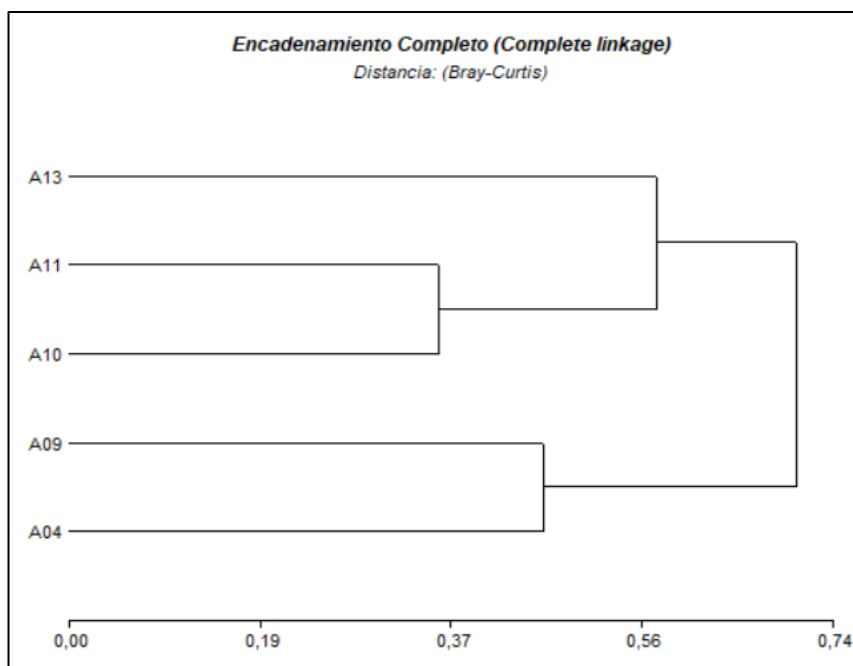
**Figura 201. Diversidad y dominancia de macroinvertebrados en los sitios analizados.**



D.N.A. Cuyano

El análisis de la diversidad beta, a partir del índice de Bray-Curtis y representado en un dendrograma, agrupó a los sitios, de acuerdo con su similitud faunística en tres grupos. Un grupo formado por los sitios Punilla Oeste (A09) y arroyo De los Baños (A04), otro por los sitios A10 (humedal De los Ciegos) y A11 (aguas arriba arroyo Punilla) y más disímil el sitio de aguas abajo del arroyo Punilla (A13), cuya composición faunística se asemejó a un ambiente léntico.

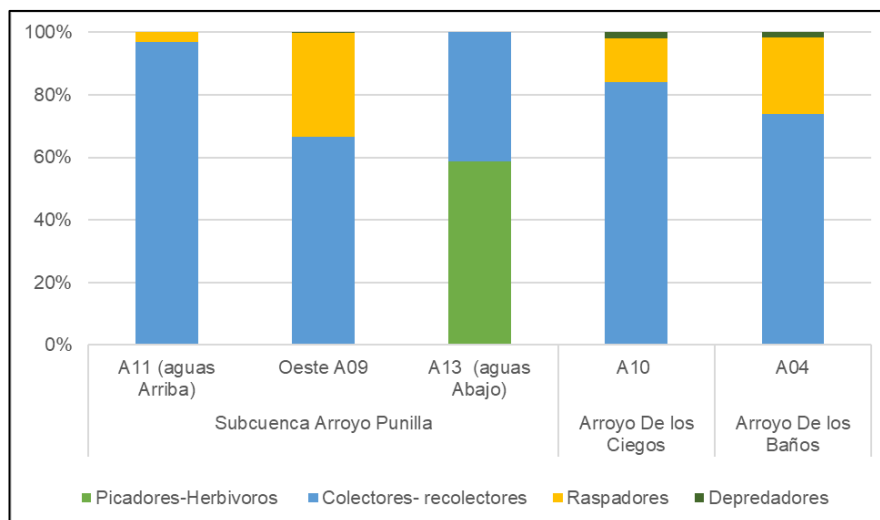
**Figura 202. Dendrograma de similitud entre los sitios analizados, según las abundancias de macroinvertebrados.**



En análisis de grupos funcionales tróficos indicó una prevalencia de colectores-recolectores, que se alimentan de materia orgánica particulada fina (MOPF), donde el anfípodo *Hyalella* fue la especie más abundante y característica de todos los sitios (Figura). En tanto los raspadores, que se alimentan de fitobentos, fueron abundantes en A09, A10 y A04, donde se destacaron *Austrelmis* sp. y *Andesiops torrens*, aunque con valores no superiores a al 30 %. Los picadores-herbívoros, dada la presencia del corixido *Trichocorixa mendozana*.

D.N.A. Cuyo

**Figura 203. Grupos funcionales tróficos de macroinvertebrados en los sitios analizados.**



**Figura 204. Algunos taxones de los ensambles de macroinvertebrados.**



*Hyalellasp*



*Claudioperla tigrina*



*Verger sp*

### Conclusiones Preliminares

En el marco de los estudios base para la Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto centro de esquí El Azufre, en este informe, representativo de un momento de la temporada de primavera 2022, se concluye preliminarmente acerca de los hallazgos principales en materia de ecológica acuática (comunidades algales, zooplancton y macroinvertebrados como bioindicadores) y fisicoquímica, en los sitios de monitoreo establecidos para el área de influencia de efluentes domésticos de locaciones actuales y futuras.

Una conclusión cuali y cuantitativa más detallada, se podría llevar a cabo con la disponibilidad de los resultados de los análisis hidroquímicos medidos en laboratorio, los cuales hasta el momento se encuentran en proceso.

Dra. C. C. C.

Se destaca que no hay antecedentes de estudios limnológicos en este ecosistema, el cual se caracteriza por presentar un humedal con diversidad hábitats como arroyos, manantiales, vegas o bofedales. Con vegetación hidromórfica y macrófitos sumergidos como en Punilla Oeste (*Myriophyllum quitense* y *Caltha sagittata*).

Algunos bofedales presentaron en el pelo de agua, aspecto espumoso y película grisácea de aspecto “aceitoso” (lo que puede deberse al estado de degradación de materia orgánica, actividad microbiana y concentración de nutrientes), fondo de coloración rojiza debido a la precipitación de minerales. (Argumentos a confirmar con resultados hidroquímicos de laboratorio). Como así también carga ganadera vacuna la cual impacta tanto por pisoteo y fecas. Estas últimas a veces sumergidas con escaso grado de degradación.

Se destaca que en los momentos de monitoreo en horario vespertino se observó la derivación de caudal desde cauces principal, hacia áreas aledañas aumentando las superficies húmedas y diversidad de hábitats (con alta a moderada velocidad de corriente) lo que podría deberse al deshielo permanente por el aumento de temperatura atmosférica.

### *Parámetros físico químicos in situ*

Las aguas de los sitios de la subcuenca del arroyo Punilla, presentaron valores de pH circumneutral a levemente alcalino, al igual que el arroyo De los Baños. Mientras que en el arroyo De los Ciegos registraron valor ligeramente neutro

En cuanto a la concentración de electrolitos en la subcuenca del arroyo Punilla, los sitios sobre el arroyo registraron valores de conductividad eléctrica de 546 y 501  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en los sitios de aguas arriba y abajo respectivamente. Mientras que su tributario (A09, Punilla oeste) este valor fue menor, con 236  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

En el ambiente del arroyo De los Ciegos, la mayor conductividad se presentó en el pozón de la vega con 515  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , descendiendo a 445  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el humedal circundante.

En el arroyo Los Baños la concentración de electrolitos para el momento de monitoreo fue de 257  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Se advierte que presentar temperaturas en este tipo de estudio posee limitado valor ecológico y se hace sólo como referencia ya que su medición no fue sistemática refiriendo a un momento, variando según la hora del día, deshielo, heliofanía, nubosidad y viento. Aunque pudo observarse que la concentración de oxígeno disuelto responde a la temperatura ambiental, con mayor valor a temperaturas más bajas, como fue el caso del arroyo De los Baños. En los restantes el oxígeno disuelto fue menor con saturación de oxígeno promedio del 62%. La mayor turbidez se registró en los sitios sobre el arroyo Punilla, Mientras que, en Punilla Oeste, el agua presentó valor bajo con aguas cristalinas, como así también en los pozones del humedal del arroyo De los Ciegos. Aumentando la turbidez en el humedal circundante. En el arroyo de Los Baños la turbidez fue moderada.

### *Comunidades Acuáticas*

En este análisis reducido, teniendo en cuenta la extensión del área, no se identificaron especies de interés de conservación. Pero si, algunas especies de diatomeas no identificadas en otras

D.N.A. Cuyo





cuencas de la Provincia de Mendoza. Teniendo en cuenta los 5 ambientes relevados, se identificaron 56 especies de algas bentónicas. Con pocas especies en común entre sitios y alta exclusividad de especies para cada ambiente. La mayor diversidad se detectó en el sitio de aguas debajo de la planta de tratamiento actual sobre el arroyo Punilla. Y la menor en el arroyo De los Ciegos.

Entre los grupos algales, el mayor número de especies de diatomeas puede deberse a su gran capacidad adaptativa y tolerancia a diferentes tipos de hábitat y condiciones tróficas. Menor riqueza de especies de Cianobacterias y Cloroficeas tendría relación con las bajas temperaturas de la zona que hacen lenta la descomposición de la materia orgánica de los bofedales y en consecuencia las concentraciones de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo serían bajas. Aunque esto debería corroborarse con los resultados hidroquímicos.

La frecuencia de grupos por ambiente analizado también fue variable. En los hábitats analizados sobre el arroyo De los Ciegos (pozón y aguas circundantes) las cianoficeas (con taxones adaptados a la fijación de nitrógeno en ambientes anaeróbicos) presentaron alta frecuencia, acompañadas de diatomeas, euglenoficeas (comunes en ambientes ricos en materia orgánica), xantofíceas y cloroficeas.

En general las diatomeas identificadas en mayor densidad por sitio, son dulceacuícolas propiamente dichas, habitan en aguas con pH neutro a alcalino, y toleran de moderada a alta carga de materia orgánica y nutrientes. Por lo que estarían indicando estado de moderada a alta degradación de materia orgánica, estado trófico moderado o avanzado, y moderada polución.

Podría estimarse que estas características podrían deberse a causas naturales por tratarse de ambientes acuáticos de elevada productividad primaria y reciclado de nutrientes (aunque esto último no se puede afirmar por el momento). Por otro lado, la carga ganadera tendría una influencia importante por su impacto no sólo por pisoteo, sino también por el efecto de las heces. Estas en el momento de muestreo fueron observadas sin aparente degradación.

Se destaca una especie de alga verde filamentosa presente en el arroyo De los Baños, por tener la capacidad de bioacumulación de metales como hierro y plomo.

En cuanto al zooplancton, sólo se detectó presencia de organismos (en baja densidad) en A13 (aguas abajo arroyo Punilla), Punilla Oeste y en el humedal del arroyo De los Ciegos, con mayor frecuencia de rotíferos, seguidos por tecamebas y nemátodos. Estas especies son comunes para ambientes de cordillera del Centro Oeste de Argentina y habitan entre la vegetación sumergida y/o sedimentos (Peralta y Claps, 2002).

La fauna de macro-invertebrados de los ambientes muestreados está representada por especies típicas de ambientes acuáticos de altura en la cordillera de los Andes (Scheibler *et al.* 2014). La heterogeneidad de los cuerpos de agua y sus variaciones de caudal debidas a los deshielos, se reflejó en la composición de los ensambles, algunos más relacionadas a ambientes lóticos como arroyo Punilla aguas arriba (A11), Punilla Oeste (A09), humedal del arroyo De los Ciegos (A10) y arroyo De los Baños (A4) y otros sectores más lentificados, como el sitio aguas abajo del arroyo Punilla (A13) y pozones de vegas. Los grupos funcionales tróficos, también muestran estas condiciones inestables hidrológicas, debido a la dominancia de los colectores recolectores.

*Dr. Néstor C. C. C. C.*

## E. Paisaje

### Introducción

El abordaje del análisis y la valoración del Paisaje tienen por objeto comprender los distintos factores que lo conforman y su interrelación en las áreas que están involucradas para un proyecto. Además, sirve para orientar y definir aspectos relacionados a la definición de criterios al momento de concretar las acciones planificadas.

El territorio analizado con la implantación del proyecto, implica el desarrollo de un destino turístico de una escala trascendente. Como está expuesto en el apartado Descripción del Proyecto en el Tomo 1 de esta MGIA, comprende un área de intervención directa permanente de un 3% aproximado del total de las aproximadamente 12.000 ha destinadas al mismo, y contempla el desarrollo de 4 áreas urbanas, la construcción de unos 75.000 metros cuadrados cubiertos y la ejecución de los servicios de infraestructura necesarios para su funcionamiento.

El estudio del paisaje tiene raíces en estudios relacionados a la geografía y la ecología desde el siglo XIX, y ha ido evolucionando a partir del avance de distintas disciplinas. No faltan tampoco, autores que han contribuido a enriquecer la concepción y entendimiento del paisaje incidiendo en otras dimensiones, como la unión entre ecología y cultura, afirmando que «el paisaje es identificado como síntesis de los elementos ecológicos y culturales que lo constituyen» (López Barajas y Cervantes Borja, 2002: 44), o remarcando su orientación evolutiva y su consideración como producto resultante de procesos y factores de distinta naturaleza y procedencia, como señala Ribas Vilás al decir que «el paisaje ha presentado, durante el largo periodo de desarrollo de la Tierra, distintas formas y relaciones. En un principio el paisaje estaba constituido solamente por los elementos físicos o abióticos. La aparición de vida sobre la Tierra aportó nuevos elementos al paisaje, pasando éste a ser físico y biótico. Con el hombre, el paisaje se convirtió gradualmente en un sistema físico biótico - antrópico» (Ribas Vilas, 1992: 135).

Como resultado de este apartado, se espera una descripción de los elementos que componen el paisaje de la zona de proyecto, y de las relaciones existentes entre dichos elementos, que sirvan para establecer los criterios para proceder a la identificación de los impactos que genera y establecer así las medidas de gestión y control necesarias, como así también establecer en un futuro los planes de desarrollo y ordenamiento territorial correspondientes.

### Marco Teórico

Para el abordaje de este análisis se exponen una serie de definiciones de conceptos sobre paisaje, que no necesariamente coinciden o son homólogas, sino que difieren en algunos contenidos o matices. A continuación, se exponen algunas de ellas:

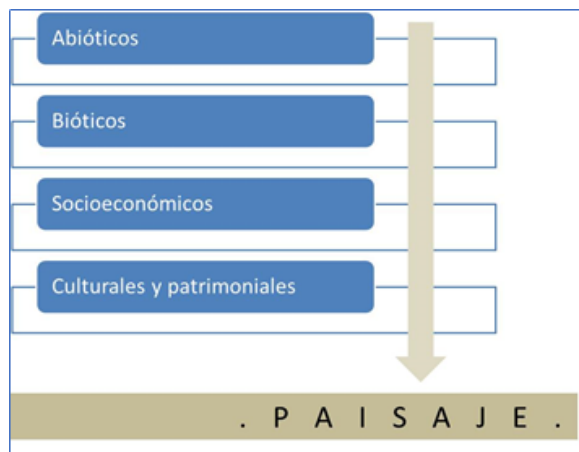
- La definición de paisaje que el Convenio Europeo del Paisaje (CEP) hace en su artículo 1º apartado «a» es la siguiente: «por paisaje se entenderá cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos».
- También se expone el término de paisaje, como: “aquel sistema natural o artificial (paisaje rural, urbano) que se caracteriza por poseer una determinada combinación de factores de relieve, biológicos, antrópicos relacionados tanto en su origen como en su

funcionamiento, dentro de una superficie dada. Puede ser determinado en función de los diversos inventarios que lo caracterizan, según el criterio con que se lo estudie. Así con un simple análisis topográfico por su inventario de relieves, geomorfológico de geoformas, ecológico de ecosistemas, fitogeográfico de formaciones o de asociaciones vegetales” Roig (1989).

Para este trabajo se adoptan las siguientes definiciones:

- “El paisaje es la percepción de un ambiente en un tiempo determinado, donde se expresa la interacción de factores naturales y antrópicos (o culturales), y que permite su caracterización y ponderación a través de los elementos que lo componen.”
- “Las unidades de paisaje son sectores que poseen elementos distintivos que definen una identidad propia.”
- Se esquematizan los principales componentes del paisaje, destacándose los aspectos abióticos, bióticos, socioeconómicos, culturales y patrimoniales que se encuentran interrelacionados entre sí y con el medio.

**Figura 205. Componentes del Paisaje.**



Fuente: Elaboración propia

- Para la realización de este análisis y evaluación, se considera el paisaje como un recurso, que se puede analizar y evaluar cualitativa y cuantitativamente, obteniendo una valoración del mismo que permita tenerla en cuenta a la hora de planificar y gestionar. Esto se realiza mediante un método mixto en el que se tienen en cuenta tanto los componentes de paisaje como los aspectos que permiten analizarlo y valorarlo.

### Metodología

Para la elaboración de este estudio se han llevado adelante las siguientes acciones:

- Se realizaron una serie de reuniones con los profesionales que conforman el equipo de trabajo para este estudio y con los profesionales responsables de la empresa proponente.

*DNyA. Cuyo*

- Se recibieron una serie de documentos con información escrita y gráfica del proyecto propuesto.
- Se realizó una recopilación de antecedentes de otros proyectos similares, información de otros estudios realizados, imágenes, fotografías y mapas, que fueron analizados para organizarlos de acuerdo a las necesidades del trabajo.
- Se realizaron relevamientos en dos visitas a la zona de proyecto con otros profesionales que conforman el equipo de trabajo y personal de la empresa proponente, para conocer el área, relevar y completar la información necesaria. Las visitas se realizaron del 17 al 19 de septiembre de 2022 (fines de invierno) y del 18 al 21 de noviembre de 2022 (primavera). El trabajo en el campo ha consistido principalmente en reconocer la zona de proyecto con y sin nieve, localizar en el área los componentes naturales y los elementos de proyecto, comprobar ciertos aspectos físicos y ambientales, y hacer un relevamiento de fotografías y videos para analizar luego en gabinete. En el relevamiento fotográfico se tomaron las coordenadas con GPS en cada sitio, para poder obtener la posición geográfica en terreno y luego poder cargarlo en un SIG.
- Se analizó la información relevada para realizar la descripción enunciada y el informe respectivo que contendrá una descripción escrita y láminas con cuadros, fotografías, mapas e imágenes. Se llevó a cabo una caracterización del paisaje por áreas involucradas en el proyecto y sectores, y un análisis de sectores y unidades de paisaje del Área Operativa. A partir del análisis realizado, se establecieron conclusiones que permitan determinar las acciones necesarias para una adecuada gestión del proyecto y del territorio.

A continuación se hace una descripción de la metodología que nos permitirá hacer una caracterización de las áreas involucradas y evaluar en detalle el Valor Paisajístico de los sectores que estén más afectados por el proyecto. A partir de un primer análisis de la información relevada, donde se destaca la potencialidad del área en relación al componente Paisaje, se continuó con el relevamiento e identificación de los sectores principales del Área de Influencia Directa (AID) del proyecto, con el objeto de reconocer los factores claves de cada uno de ellos que permitan definir las unidades de paisaje más significativas y representativas. Para el desarrollo del presente informe se tuvieron en cuenta diversos trabajos y métodos relacionados a la evaluación del paisaje, adoptando para la valoración de las unidades seleccionadas, la metodología propuesta por Zambrano (2002) que propone elaborar un modelo visual que refleja todas las cualidades paisajísticas visuales de un territorio. Esta metodología determina que el Valor Paisajístico está desagregado en los valores que determinan la Unidad Visual, la Organización Visual, la Calidad Visual, y la Calidad Escénica.

La forma de evaluación de cada unidad será según análisis cualitativo con la siguiente clasificación y puntuación; Alta (3), Media (2) y Baja (1), de acuerdo a cada rango de valoración de la unidad como se muestra a continuación:

#### Unidad Visual del Paisaje (UVP)

La Unidad visual se evalúa teniendo en cuenta que elementos intervienen en el paisaje. Los rangos de valoración para la Unidad visual se muestran en la Tabla siguiente. La ponderación para cada factor corresponde a un 33,3%.



**Tabla 68. Rangos de valoración para la Unidad visual.**

UNIDAD VISUAL	ALTO	valor	MEDIO	valor	BAJO	valor
Abiótico	Predominio de elementos físicos, influyentes en la calidad y composición de una escena agradable a observar	3	Elementos que dan cierta calidad a la composición o escena, pero que por su atractivo tienen un valor medio	2	Elementos poco notorios, o que no están presentes en la escena y que disminuyen la calidad de la composición, paisajes poco atractivos.	1
Biótico	Predominio de elementos bióticos e influyentes en la composición de una escena agradable a observar	3	Elementos que dan cierta calidad a la escena, pero que por su atractivo tienen un valor medio	2	Elementos poco notorios, o ausentes en el paisaje y que disminuyen la calidad de la composición, paisajes poco atractivos	1
Antrópico	Predominio de elementos antrópicos influyentes en la calidad de una escena agradable a observar	3	Elementos que proporcionan cierta calidad a la escena	2	Elementos que disminuyen la calidad del paisaje haciéndolos poco atractivos	1

Fuente: Zambrano *et al.*, 2002.

### Organización Visual del Paisaje (OVP)

La organización visual se relaciona con la integridad e interrelación que presentan los elementos que forman el paisaje dentro del territorio. Los rangos de valoración de la Organización visual del paisaje se clasifican según la Tabla siguiente. La ponderación para cada factor corresponde a un 33,3%.

**Tabla 69. Rangos de valoración de la organización visual.**

ORGANIZACIÓN VISUAL	ALTO	valor	MEDIO	valor	BAJO	valor
Contraste Visual	Un contraste alto entre cada uno de los elementos integrantes del paisaje	3	Contraste medio entre cada uno de los elementos	2	Bajo contraste entre cada uno de los elementos integrantes de la unidad visual	1
Dominancia Visual	Dominio total de la apreciación del paisaje	3	Dominio parcial de los elementos	2	Presencia de un elemento de forma negativa dentro de la unidad visual	1
Importancia Relativa de las Características Visuales	Igual presencia entre el contraste y la dominancia de cada una de las características visuales	3	Una interrelación entre contraste y dominancia de carácter medio	2	Carácter y dominancia de carácter bajo	1

Fuente: Zambrano *et al.*, 2002.

### Calidad Visual del Paisaje (CVP)

La Calidad visual es el conjunto de características del territorio que inciden en la capacidad de respuesta de éste al cambio en sus propiedades paisajísticas. Los rangos de valoración de la Calidad visual del paisaje se clasifican según la Tabla siguiente. La ponderación para cada factor corresponde a un 20%.



**Tabla 70. Rangos de valoración de la calidad visual.**

CALIDAD VISUAL	ALTO	valor	MEDIO	valor	BAJO	valor
Diversidad	Gran variedad de elementos biofísicos, características visuales	3	Diversidad media de vegetación, presencia de actuaciones humanas	2	Escasa diversidad, paisajes monótonos	1
Naturalidad	Mantiene íntegramente las características naturales	3	Poca intervención humana en la naturaleza	2	Naturaleza altamente modificada	1
Singularidad	Presencia de elementos únicos o poco corrientes con alto grado de atracción. Gran potencial visual por su escasez o valoración histórica.	3	Escaso grado de atracción visual, no existe un realce histórico	2	La presencia de elementos pasa desapercibidos. Son comunes en la región.	1
Complejidad Topográfica	Presencia de un relieve montañoso notorio	3	Formas montañosas interesantes pero de poco dominio	2	Colinas suaves y ondulaciones en el terreno poco notorias	1
Actuaciones Humanas	Actuaciones humanas que estéticamente no agreden el entorno	3	Actuaciones armoniosas sin calidad estética	2	Modificaciones intensas que reducen la calidad estética	1

Fuente: Zambrano *et al.*, 2002.

### Calidad Escénica del Paisaje (CEP)

Se entiende como Calidad escénica a una unidad visual cuyo carácter paisajístico muestra un alto grado de variedad, armonía y contraste entre sus elementos visuales. Los rangos de valoración de la Calidad escénica del paisaje se clasifican según la siguiente. La ponderación para cada factor corresponde a un 20%.

Dña. Eliana



**Tabla 71. Rangos de valoración de la calidad escénica.**

CALIDAD ESCÉNICA	ALTA	valor	MEDIA	valor	BAJA	valor
Topografía	Relieve con pendiente mayor a 60%, o de gran variedad superficial, o muy erosionado, o con presencia de rasgos singulares y dominantes.	3	Pendientes entre 30%-60%. Formas erosivas interesantes y variadas. Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales.	2	Pendientes entre 0 y 30%, colinas suaves, fondos de valles planos, pocos o ningún detalle singular. Sin rasgos dominantes.	1
Vegetación	Grandes masas boscosas, gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesante.	3	Cubierta vegetal casi continua. Poca variedad en la distribución de la vegetación. Diversidad de especies media.	2	Poca o ninguna variedad o contraste en distribución de la vegetación.	1
Formas de agua, ríos o lagos	Factor dominante en el paisaje, apariencia limpia y clara, aguas blancas o grandes láminas de agua en reposo.	3	Agua en movimiento o en reposo, pero no dominante en el paisaje, con características bastante comunes en su recorrido y caudal.	2	Torrentes, esteros y arroyos intermitentes en las diferentes estaciones del año, con poca variación en su caudal. Pueden pasar en forma inapreciable o estar ausente.	1
Color	Combinaciones de color intensas y variadas, o contrastes agradables entre suelo, vegetación, cerros y agua.	3	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes del suelo, vegetación, cerros y agua, pero no actúa como elemento dominante.	2	Muy poca variación de color o contraste. Colores apagados.	1
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región.	3	Característico aunque similar a otros en la región.	2	Bastante común en la región.	1

Fuente: Zambrano *et al.*, 2002.

Finalmente, el Valor Paisajístico del Territorio estará dado por el siguiente modelo:

Donde;

UVP = Unidad Visual del Paisaje.

OVP = Organización Visual del Paisaje.

CVP = Calidad Visual del Paisaje.

CEP = Calidad Escénica del Paisaje.

La ponderación para cada factor corresponde a un 25%, lo que asigna un peso equitativo para cada parámetro. Los rangos de valor tendrán una puntuación entre 1 y 3 clasificándose como muestra en la Tabla siguiente.

Dña. Elvira

**Tabla 72. Valor Paisajístico del Territorio.**

Indice	Descripción	Rango
1	Zona con calidad paisajística Baja	1 – 1,4
2	Zona con calidad paisajística Media Baja	1,5 – 1,7
3	Zona con calidad paisajística Media	1,8 – 2,2
4	Zona con calidad paisajística Media Alta	2,3 – 2,5
5	Zona con calidad paisajística Alta	2,6 – 3,0

Fuente: Zambrano *et al.*, 2002, modificado por el autor.

La gran unidad de trabajo, alrededor de la cual gira todo el análisis efectuado es la región, entendiéndose por tal un área de suficiente extensión, constituida por paisajes propios de ella, relacionados tanto en su origen como funcionamiento (Abraham, 1989). En este caso la región considerada corresponde al sur provincial de Mendoza y al Área Operativa que posee una fracción de territorio con sus propias condiciones intrínsecas.

A nivel técnico se procedió a sistematizar la información a través de planillas de campo, incluyendo factores, variables y a la caracterización de procesos relevantes que posibilitan describir el medio físico como soporte y de valoración del paisaje. Mediante estas planillas de campo se realizaron fichas que permiten caracterizar los sectores que conforman el AID, y que sintetizan los componentes biofísicos y usos del suelo para cada uno de los sectores identificados. Estas fichas contienen información relevante acerca de los componentes biofísicos y procesos predominantes encontrados en cada uno de los sitios de estudio. Con el objeto de relevar y validar esta información, se efectuaron verificaciones interdisciplinarias en el terreno. Cada una de las fichas cuenta con determinados campos de información vinculados a su localización, aspectos físicos, elementos del relieve, geoformas, exposición y fisonomía de vegetación. Todos estos aspectos permiten valorizar los sectores de la cuenca y la dinámica del paisaje del Valle, Barda, Laderas y Fondo de Cauces, como así también los procesos formadores y relevantes que permiten visualizar su modelado.

Este proceso de análisis, identificación y valoración, permite contar con información sistematizada de base para proponer un plan de gestión que posibilite efectuar monitoreos y las respectivas medidas de mitigación durante las distintas etapas del proyecto. Como este trabajo ha sido realizado en los meses de septiembre y noviembre, resultaría conveniente su monitoreo y evaluación durante el resto del año, para apreciar su comportamiento en las distintas estaciones.

El análisis realizado permitirá determinar el carácter e identidad del territorio, como resultado de las interrelaciones de factores naturales y de la acción del ser humano sobre la naturaleza y sobre el patrimonio heredado, para poder establecer finalmente iniciativas y criterios para la conservación, la gestión y el ordenamiento del Paisaje.

En el Anexo de Tomo 2 A, se acompañan mapas y fotografías que permiten una descripción de cada uno de los sectores, acompañado de datos que destacan puntos característicos de cada uno de ellos. De estos mismos puntos han sido tomadas las unidades de paisaje para realizar posteriormente una valoración. Estos sectores fueron determinados a partir de enclaves significativos derivados del análisis realizado en la zona.

Dña. C. C. C.



Asimismo, la siguiente tabla se sintetiza los criterios generales que permiten, luego de una valoración del paisaje, evaluar los impactos:

**Tabla 73. Síntesis de los criterios generales para evaluar impactos.**

**Guía básica para clasificar impactos según intensidad/accesibilidad visual en el Paisaje**

Calidad/Fragilidad	Intensidad/Visibilidad		
	1	2	3
5	Moderado	Crítico	Crítico
4	Moderado	Severo	Crítico
3	Compatible	Moderado	Crítico
2	Compatible	Moderado	Moderado
1	Compatible	Compatible	Compatible

Como este análisis es parte de un estudio mayor, donde en otras secciones de esta MGIA se realiza una descripción exhaustiva de los factores que componen y definen el paisaje, sólo se mencionarán los elementos principales que se destacan de cada uno, que permitirán definir las sus características.

### *Caracterización del Paisaje por Áreas y Sectores del AID*

El proyecto del Centro Turístico Sustentable de Alta Montaña El Azufre se encuentra ubicado en el Departamento de Malargüe, Provincia de Mendoza.

Dentro del AID, en la zona más cercana al proyecto a partir de la intersección de la Ruta Nacional N°40 y la Ruta Nacional N°145, se destacan como núcleos poblacionales las localidades de Bardas Blancas y Las Loicas. En el resto del área, la población está disgregada en puestos donde se realizan principalmente actividades ganaderas, en forma permanente o en verano. Al llegar a Las Loicas por la Ruta Nacional N°145, inicia hacia el Norte la Ruta Provincial N°226 que llega hasta el Paso Planchón – Vergara que conecta con Chile.

Las cuencas hidrográficas principales, asociadas a las rutas y los caminos existentes, funcionan como corredores que permiten ir transitando entre los principales sectores que forman el AID. Los caminos (o rutas), además de cumplir con su objeto principal que es el de satisfacer la necesidad de movilidad y transporte, son elementos realizados por el ser humano que constituyen también el medio que permite a los individuos tomar contacto con el paisaje. Asimismo, los ríos y sus cauces aparecen como elementos naturales que recorren el área. Y en ambos casos se constituyen como corredores de paisaje que van articulando los distintos sectores que componen el lugar y tienen un carácter relevante de acuerdo a su ubicación y materialidad. A ellos se suman los caminos ganaderos por donde los arrieros conducen el ganado entre los sitios de invernada y veranada.

Dña. Elvira



**Figura 206. Ruta Provincial N°226 y cauce del Río Grande.**



En la configuración del paisaje en el AID es primordial, además de su geomorfología, su relación con el agua, que no sólo es parte en los procesos como un elemento trascendente, sino también en la configuración visual, e interviene con su presencia en la composición espacial y visual de los sectores donde forma parte. Por esta razón es que se contempla la configuración de las cuencas hidrográficas en la determinación de los sectores de análisis y se ha realiza una valoración de los atributos que aportan las cuencas del Río Grande y del Río Valenzuela.

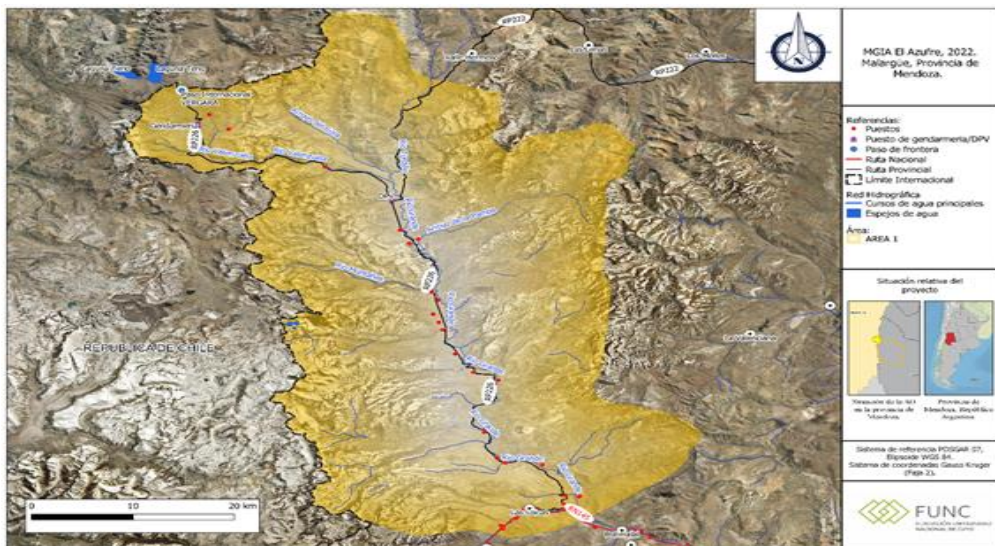
En el AID, tanto la Ruta Nacional N°145 como la Ruta Provincial N°226, tienen su traza ubicada cerca de la interfase entre el fondo de valle de los ríos y las laderas de las montañas y por esta razón aparecen como asociadas en la configuración espacial.

Los sectores que se destacan en esta Área son los siguientes:

- Sector Bardas Blancas - Las Loicas, entre ambas localidades.
- Sector Río Grande, desde Las Loicas hasta Valle Noble.
- Sector Río Valenzuela, desde Valle Noble hasta el Paso Planchón - Vergara.

En el siguiente Mapa están representados sobre una imagen satelital la red vial, la red hidrográfica, las localidades, los puestos ganaderos, y también los sectores diferenciados para el análisis del paisaje y los puntos de relevamiento.

**Figura 207. Elementos para el análisis del paisaje en la zona de proyecto.**



*DNA. Cuyano*



El Paisaje del Área de Influencia Directa (AID) es un paisaje propio de montaña, ubicado en su mayor parte dentro del bloque de la Cordillera Principal, con particularidades geodinámicas representativas de su ubicación, donde confluyen diversos procesos naturales y antrópicos que le confieren su identidad, como puede verse en las imágenes siguientes.

**Figura 208. Vista general de un área donde se observa la Ruta Provincial N°226, diversas formaciones de la Cordillera de Los Andes y el cauce del Río Grande.**



**Figura 209. Vista de la Ruta Provincial N°226, donde se observa a la izquierda uno de los puestos ganaderos.**



Esas características geodinámicas se sintetizan en:

- Los factores específicos de su situación geoclimática.
- La situación geográfica, definido principalmente por el relieve de montaña, que forma parte de la Cordillera de Los Andes, y el Río Grande, el Río Valenzuela, y los afluentes que forman parte de sus cuencas, y su biodiversidad.
- Los usos del suelo, actuales e históricos, en los que se integran espacios naturales poco modificados por la mano del ser humano, conectados por la Ruta Provincial N°226, encontrando un pequeño núcleo urbano en la localidad de Las Loicas (a la que se accede por la Ruta Nacional N°145), algunos puestos ganaderos permanentes y otros de veranada en pequeños enclaves, una base de la Dirección Provincial de Vialidad y una sede de frontera de Gendarmería Nacional.

El paisaje de montaña está definido esencialmente por su origen geológico de carácter morfoestructural. Además, los distintos gradientes de altitud sobre el nivel del mar, el clima, sus procesos geomorfológicos, los pisos de vegetación, cuerpos de hielo o nieve, los cambios en el medio natural y la organización socioeconómica generan una identidad particular y exclusiva. Asimismo, la singularidad está determinada por las pendientes y su orientación, la relación entre cauces de ríos, fondos de valles, laderas y borde superior de las formaciones.

*DNyA. Cuyano*

A medida que va aumentando la altura sobre el nivel del mar, recorriendo la Ruta Provincial N°226 hacia el norte y luego hacia el noroeste, se van definiendo diversos aspectos biofísicos, que determinan su organización espacial y los posibles usos.

Los procesos geomorfológicos predominantes en el AID son: procesos hídricos, procesos eólicos, procesos mixtos, movimientos, materiales depositados y procesos antropogénicos. Todos estos procesos desprenden una serie de indicadores que caracterizan las transformaciones principales y sirven como referentes del análisis del territorio. Estos procesos que encontramos en todos los sectores en estudio, proporcionan una gran diversidad y riqueza paisajística.

**Figura 210. Diversidad de geoformas y vega.**



Existe la presencia de cuatro pisos de vegetación en el AID de acuerdo a Roig, 1982:

- Piso glacial (encima de 3700 msnm): sin vegetación.
- Piso nival (3000-3700msnm): vegetación pulvinada (en forma de almohadas)
- Piso de las veranadas, (1500-3000 msnm).
- Piso de las invernadas, ya sobre el piedemonte cordillerano.

A estos pisos de vegetación mencionados, se le agrega una vegetación riparia, que se desarrolla en las terrazas fluviales de los ríos con agua permanente, en este caso, sobre los márgenes de los ríos Valenzuela y Grande. También se encuentran las representativas vegas con mayor densidad de vegetación, relacionadas a vertientes o arroyos, un sistema más complejo de vegas de mayor tamaño en el valle que acompaña al Río Valenzuela en el tramo que va desde la confluencia del Arroyo de los Baños hasta sus nacientes.

El Departamento de Malargüe es de gran interés arqueológico debido a que la movilidad prehistórica debió ser muy importante, confluyendo características culturales andinas de uno y otro lado de la cordillera. La principal actividad productiva de la población en la zona es la ganadería extensiva de trashumancia, que ha posibilitado el aprovechamiento primario de los pisos altitudinales de vegetación desde los matorrales de fondo de valles, hasta las vegas y pastizales de altura. Estos asentamientos, denominados puestos ganaderos, son característicos de la zona y se ubican en sectores estratégicos por la presencia de vertientes o arroyos, mallines, terrazas y laderas de menor pendiente. Éstos se han transformado a lo largo del tiempo en referencia trascendente y cardinal tanto desde el punto de vista socioeconómico, como también cultural, patrimonial y paisajístico. Esta actividad le aporta identidad al área y al Departamento.

*DNyA. Cuyo*

**Figura 211. Puesto ganadero.**



### **Caracterización por Sectores y Unidades de Paisaje del AO**

Ya dentro del Área Operativa, continuando por la Ruta Provincial N°226 hacia el oeste, luego de la base operativa de la Dirección Provincial de Vialidad en el paraje Valle Noble, se destacan principalmente dos secciones con características particulares.

**Figura 212. Inicio del Área de proyecto.**



Se procedió al análisis de cada una con el objeto de determinar puntos destacados que permitieran analizar distintos sectores y establecer las unidades de paisaje.

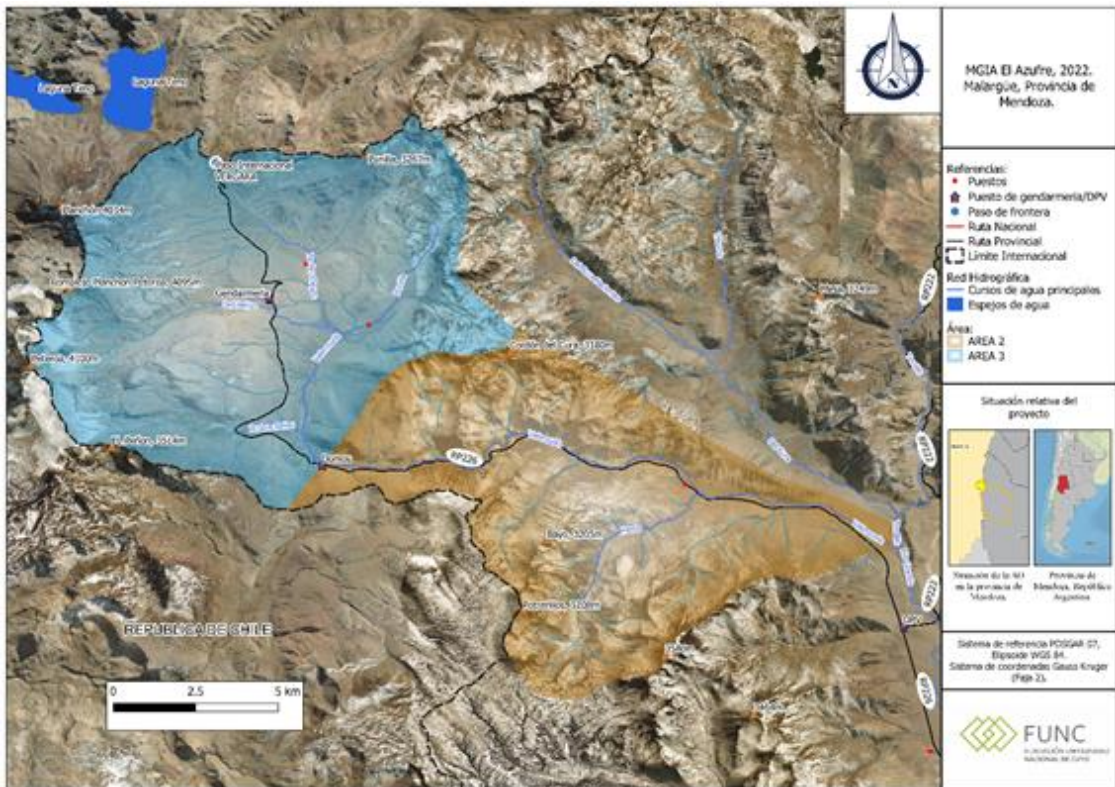
Las secciones dentro de Sector Río Valenzuela, desde la confluencia del Río Valenzuela con el Río Tordillo, hasta el Paso Planchón – Vergara, son:

- Sección 1: Desde la confluencia del Río Valenzuela con el Río Tordillo hasta la confluencia del Arroyo de Los Baños con el Río Valenzuela, el sector donde se ubican los domos de El Azufre.
- Sección 2: Desde la confluencia del Arroyo de Los Baños con el Río Valenzuela hasta el Paso Planchón – Vergara.

*DNyA. Cuyano*



**Figura 213. Sectores y Unidades de Paisaje del AO.**



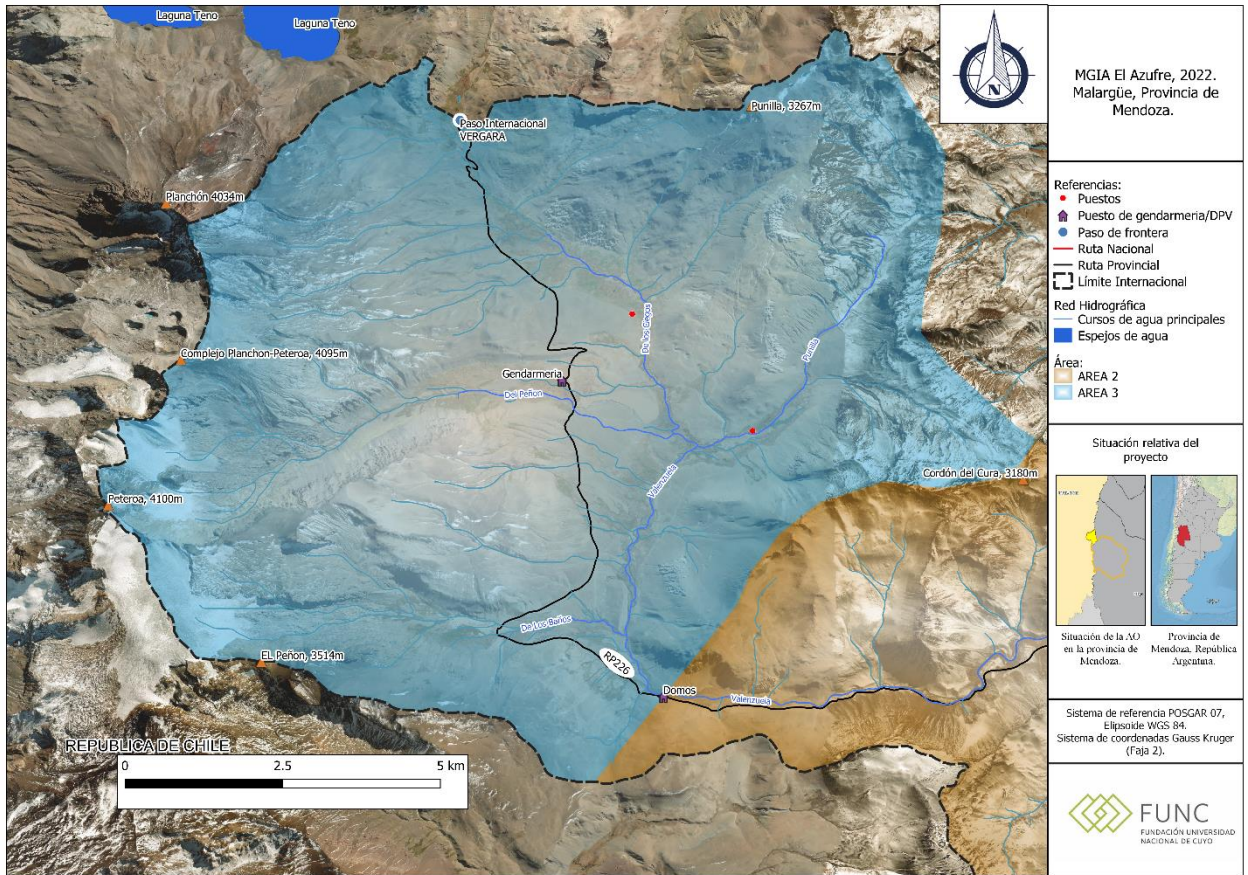
A partir del análisis de los datos fisiográficos, de vegetación, socioeconómicos y culturales, y del reconocimiento del lugar, se establecieron las siguientes zonas para el análisis del paisaje:

- Zona de los domos.
- Zona de las termas.
- Zona Peteroa.
- Zona Central.
- Zona Punilla Central.
- Zona Punilla Oeste.
- Zona Gendarmería.

*Handwritten signature: D.N.A. Cuyano*



**Figura 214. Zonas para el análisis del paisaje.**



Fuente: Elaboración propia.

El análisis y descripción de estas zonas está desarrollado en el Anexo Tomo 2 A.

**Conclusiones**

Desde el punto de vista del Paisaje sobresale la trascendencia del Área, tanto por su riqueza como por su diversidad en los diversos aspectos considerados. Además, es apreciable la naturalidad del mismo, que por las características de su estructura es dinámica.

El paisaje es valorado como un elemento fundamental para el desarrollo del Centro Turístico Sustentable de Alta Montaña El Azufre, como así también en la conciencia social, en los planes de desarrollo del turismo y en los planes estratégicos del Departamento de Malargüe. La gran variedad de paisajes analizada en el AID, configura una parte significativa de un enorme potencial, y las obras que se realicen serán un factor condicionante en ese sentido.

El desarrollo del proyecto definitivo y sus acciones pueden convertirse en un factor de desarrollo del área y debe aprovecharse para la puesta en valor de sus recursos, entre los cuales se

*Handwritten signature: D. N. A. C. C. C.*





encuentra el paisaje. Es preciso que la definición de los proyectos ejecutivos contemple estos aspectos enunciados para que esto se concrete, y para que los proyectos a ejecutarse sean diseñados con entendimiento y respeto por el carácter del territorio, su biodiversidad, sus tradiciones y sus paisajes, con la evaluación necesaria que determine su contribución positiva, mediante un control adecuado y realizando las medidas correctivas necesarias. Asimismo, es necesario tomar conciencia de esto y contemplar todas las normativas y las medidas necesarias para que el funcionamiento de todo el proyecto permita preservarlo.

Como dice Enrique Serrano Cañadas<sup>7</sup>, 2012: “La montaña, por las características inherentes a su medio natural, su dinamismo e inestabilidad, se caracteriza por la rapidez e intensidad de sus cambios. Está, pues, en un estado de transición permanente, ambiental, demográfica, socioeconómica, y su estudio no se agota en el conocimiento del pasado ni en la articulación paisajística del presente, sino en la combinación entre cambios. Entre lo inestable e interrelacionado a partir de cambios sectoriales naturales y sociales, y lo estable y perdurable en el presente y para las generaciones futuras.”

Las actividades emanadas del proyecto inciden en gran medida sobre el paisaje, y desde esa perspectiva podría considerarse que el impacto que provocará será significativo en general. Es fundamental que las acciones del proyecto y su funcionamiento contemplen una adecuada relación con el mismo, considerando su valoración y sus características, sobre todo en los sectores de mayor valor y de mayor fragilidad.

Si bien la superficie directamente utilizada para la infraestructura a desarrollar en el Área de Proyecto y en el AO comprende valores de ocupación de suelo relativamente bajos, la extensión y el desarrollo de infraestructura y actividades en el terreno implica una incidencia importante del proyecto en el territorio. El análisis y la evaluación de esa incidencia se ve obstaculizada con un nivel de detalle bajo por la falta de definiciones del Master Plan, y por lo tanto deberán ser evaluadas y monitoreadas en la medida que se desarrolle el proyecto ejecutivo, se ejecuten las obras y comience a funcionar el Centro Turístico en mayor escala. Por esta razón, es importante el control del cumplimiento del PVCA.

Algunas de las acciones tienen efecto en la fase de construcción, y temporalmente podrían considerarse de una incidencia puntual, pero sus efectos pueden perdurar debido a las características del terreno.

Para la evaluar y gestionar la Incidencia en el paisaje durante la etapa de funcionamiento, es necesario contemplar las siguientes premisas:

- Relación de obras y actividades de mayor impacto y de menor impacto, con las zonas de mayor valor paisajístico y mayor fragilidad.
- Gestión e impacto de las actividades con nieve (en invierno).
- Gestión e impacto de las actividades sin nieve (en verano).
- Sensibilización de los “usuarios del paisaje”: uso adecuado y controlado, previendo la capacidad de carga del ecosistema en las distintas épocas del año.

<sup>7</sup> Licenciado y doctor en Geografía por la Universidad Autónoma de Madrid.

Según indican Luis Castelli y Valeria Spallasso (2007) en el libro Planificación y Conservación del Paisaje:

“La sensibilidad de un paisaje se refleja en su aptitud para adaptarse al cambio que produce un desarrollo en particular o que generan los cambios en el uso de la tierra, sin que el carácter sufra un efecto adverso. La sensibilidad suele verse afectada por el valor del paisaje en cuestión, la extensión de los usos de la tierra, la apertura de la cuenca visual y otros factores que determinan la visibilidad del desarrollo propuesto, afectando al paisaje circundante. No se trata de un aspecto absoluto, sino que depende del paisaje existente y del tipo de desarrollo que se esté considerando; de allí que este concepto no forme parte de la línea de base del paisaje, aunque sea considerado durante la valoración de los efectos.”


*Dña. Valeria Spallasso*



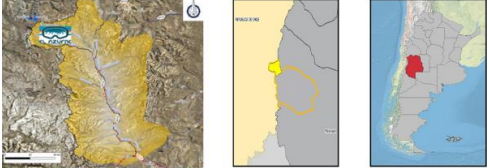
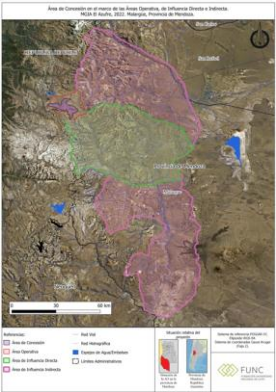
**ANEXOS TOMO 2.A.**

Nombre del Anexo	Nombre del archivo	Imagen de referencia
Fotos Medio Físico	FOTOS MEDIO FÍSICO.pdf	<p style="text-align: center;"><b>ANEXO FOTOS</b></p> <p style="text-align: center;"><b>MEDIO FÍSICO</b></p>
Informe Instalación Estación Nivelógica	Informe Instalación Estación Nivelógica.pdf	 <p style="text-align: center;"><b>RED HIDROLÓGICA NACIONAL</b> <b>PERÍODO 2018-2023</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Estaciones Nivelométricas</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Marzo / 2021</b></p>

D.N.A. Cuyano

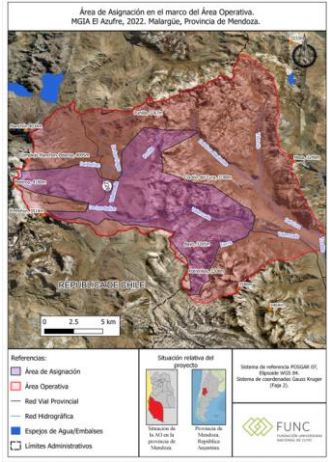
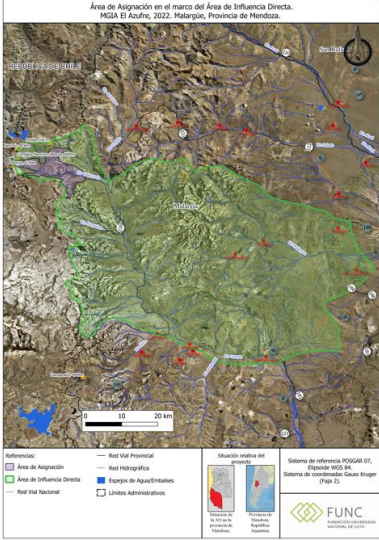
<p>Informe instalación Estación Meteorológica</p>	<p>Informe instalación estación meteorológica El Azufre.pdf</p>	<p align="center">INFORME INSTALACIÓN ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA EL AZUFRE SKI RESORT</p> 
<p>Sustentabilidad y RSE</p>	<p>Sustentabilidad y RSE.pdf</p>	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL EL AZUFRE</p> <p align="center">CAPÍTULO ASPECTOS DE SUSTENTABILIDAD Y RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIA</p>
<p>Informe Paisaje</p>	<p>Informe Paisaje.pdf</p>	<p>PAISAJE</p> <p>Contenido</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Introducción ..... 2</li> <li>Marco Teórico ..... 2</li> <li>Metodología ..... 3</li> <li>Caracterización del Paisaje por Áreas y Sectores del AID ..... 9</li> <li>Caracterización por Sectores y Unidades de Paisaje del AO ..... 13</li> <li>Conclusiones Generales y Particulares..... 15</li> </ul>

Dña. Eliana S.

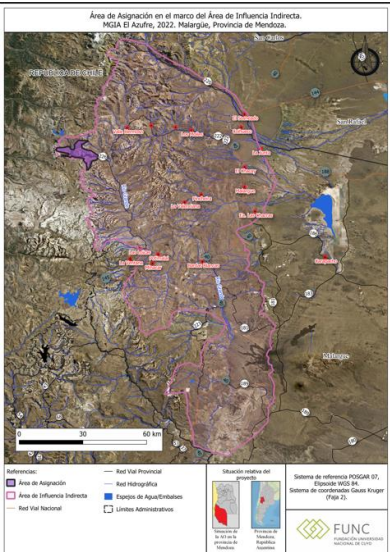
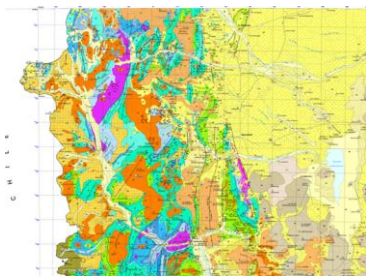
<p>Anexo Informe Paisaje</p>	<p>Anexo Paisaje.pdf</p>	<p style="text-align: center;">Anexo Paisaje</p> <p style="text-align: center;"><b>Proyecto Centro Turístico Sustentable de Alta Montaña El Azufre</b></p>  <p style="text-align: center;">Ubicación del proyecto.</p>
<p>Figura 1. Delimitación geográfica del proyecto. Escalas regional y local</p>	<p>MGIA_AREAS_A3</p>	

Dña. Eliana S.



<p>Figura 2. Área Operativa</p>	<p>MGIA_AO_A4</p>	
<p>Figura 3. Área de Influencia Directa</p>	<p>MGIA_AID_A3</p>	

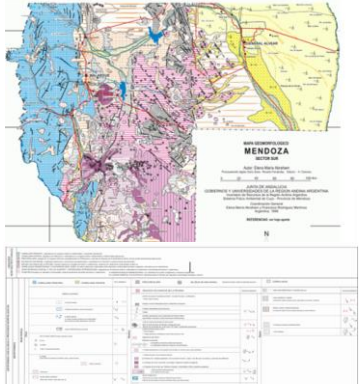
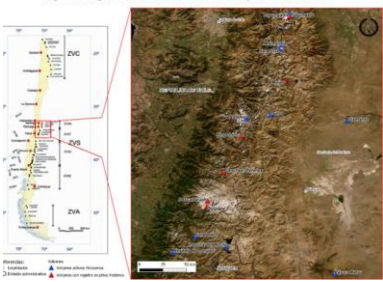
Dña. Eliana S.

<p>Figura 4. Área de Influencia Indirecta</p>	<p>MGIA_AII_A3</p>	
<p>Figura 5. Hoja geológica Malargüe-3569 III. SEGEMAR</p>	<p>mgeo35693</p>	

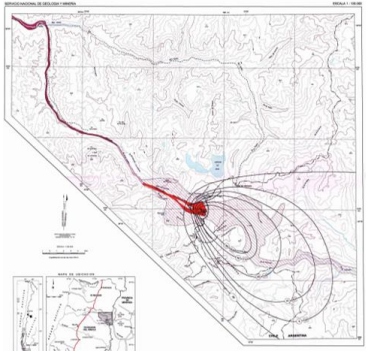
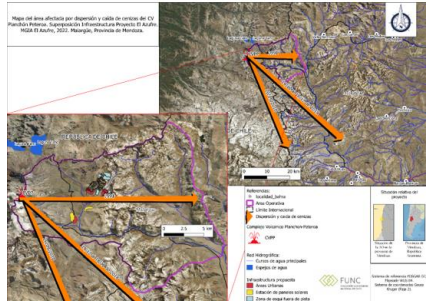
Dña. Eliana S.

<p>Figura 6. Secuencia estratigráfica Hoja Geológica Malargüe-3569 III. SEGEMAR</p>	<p>cl35693</p>	
<p>Figura 14. Mapa geológico Área Operativa</p>	<p>Geol_CVPP_page-0001</p>	

*DNA. Cuyano*

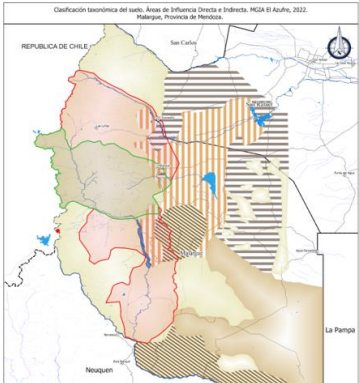
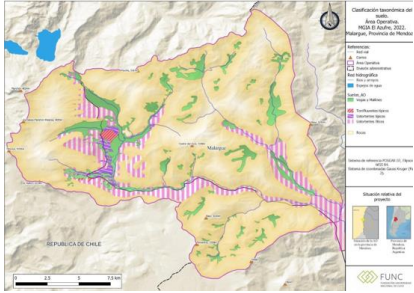
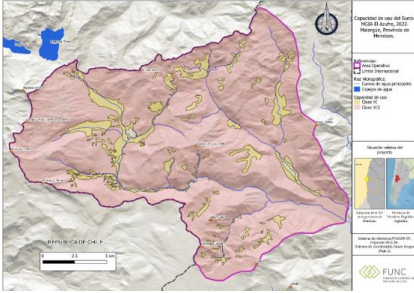
<p>Figura 16. Unidades Geomórficas presentes en el AID.</p>	<p>Geomorfologia_Sur_Mza</p> <p>Ref_Geomorfo</p>	
<p>Figura 49. Segmentación de la Zona Volcánica Sur y ubicación del CVPP</p>	<p>MGIA_VOLCANES_REGISTRO_A3</p>	

Dña. Eliana S.

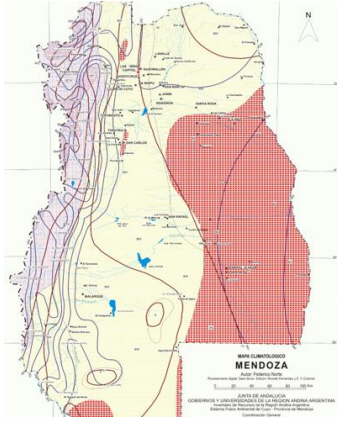

<p>Figura 56. Mapa de peligros volcánicos del Planchón-Peteroa</p>	<p>Boletin_52_Texto_Mapa_Peligros</p>	
<p>Figura 57. Mapa del área afectada por dispersión y caída de cenizas del CV Planchón-Peteroa. Superposición Infraestructura Proyecto El Azufre</p>	<p>Figura 57_MGIA_DISPERSION_CENIZA</p>	

Dña. Eliana S.

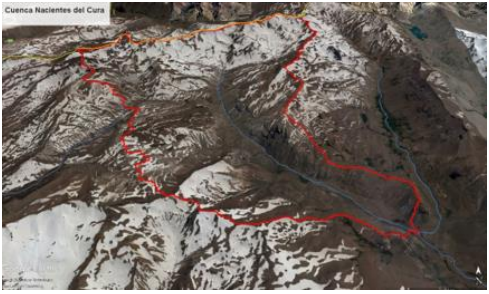




<p>Figura 58. Clasificación taxonómica del suelo. Áreas de Influencia Directa e Indirecta</p>	<p>MGIA_TAXONOMIA SUELOS_A3</p>	
<p>Figura 59. Clasificación taxonómica del suelo. Área Operativa</p>	<p>MGIA_TAXONOMIA SUELOS AO_A3</p>	
<p>Figura 62. Capacidad de uso del suelo dentro del AO</p>	<p>MGIA_CAPACIDAD_USO_SUELO_A3</p>	

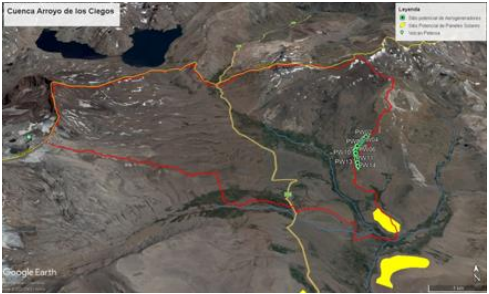


Dña. Eliana S.

<p>Figura 95. Mapa climático de la Provincia de Mendoza</p>	<p>Mapa climático de la Provincia de Mendoza</p>	
<p>Figura 118. Cuenca Arroyo del Cura sobre imagen satelital</p>	<p>Cuenca_arroyo_del_Cura</p>	

Dña. Eliana S.

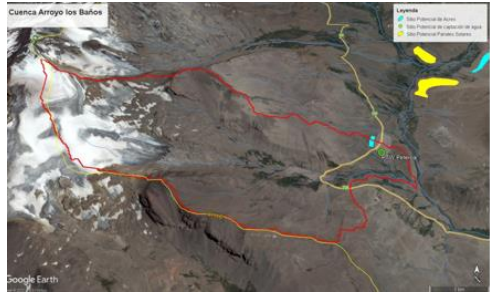

<p>Figura 122. Nacientes Arroyo del Cura sobre imagen satelital</p>	<p>Nacientes_del_Cura</p>	
<p>Figura 126. Cuenca Arroyo Tiburcio sobre imagen satelital</p>	<p>Arroyo_Tiburcio</p>	
<p>Figura 130. Cuenca río Valenzuela sobre imagen satelital</p>	<p>Cuenca_río_Valenzuela</p>	

Dña. Eliana S.

<p>Figura134. Cuenca Arroyo Los Ciegos sobre imagen satelital</p>	<p>Cuenca_arroyo_de_Los_Ciegos</p>	
<p>Figura 138. Cuenca Arroyo El Peñón sobre imagen satelital</p>	<p>Arroyo_Del Peñon</p>	
<p>Figura 142. Cuenca Arroyo Punilla sobre imagen satelital</p>	<p>Cuenca_arroyo_Punilla</p>	

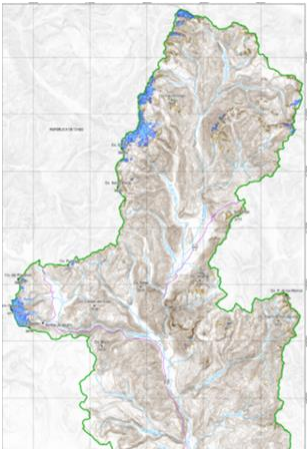
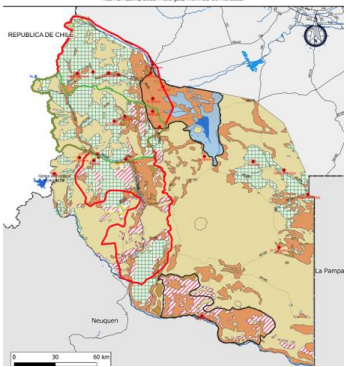
Dña. Eliana S.



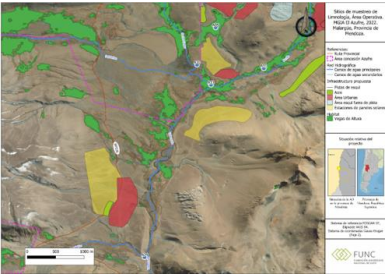
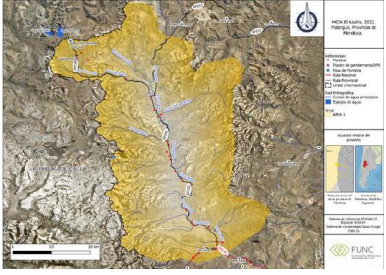
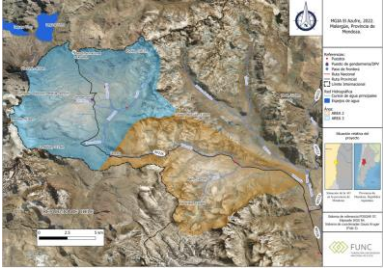
<p>Figura 155. Cuenca Arroyo Los Baños sobre imagen satelital</p>	<p>Cuenca_arroyo_Los_Baños</p>	
<p>Figura 159. Cuenca Arroyo del Fierro sobre imagen satelital</p>	<p>Cuenca_arroyo_Fierro</p>	

D.N.A. Cuyano

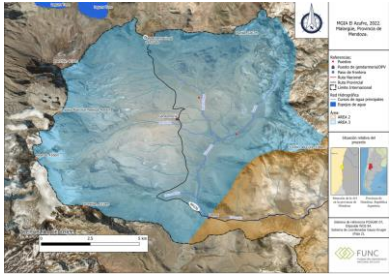


<p>Figura 167. Mapa del río Grande Norte</p>	<p>Mapa_final_grande_norte_A PN_30-04-2018</p>	
<p>Figura 174. Áreas de influencia directa e indirecta</p>	<p>MGIA_HIDROGEOLOGIA_A 3</p>	

Dña. Eliana S.

<p>Figura 179. Sitios de muestreo Limnología</p>	<p>MGIA_LIMNOLOGIA_A3</p>	
<p>Figura 207. Elementos para el análisis del paisaje en la zona de proyecto</p>	<p>MGIA_PAISAJE_MAPA1_A3</p>	
<p>Figura 213. Sectores y Unidades de Paisaje del AO.</p>	<p>MGIA_PAISAJE_MAPA2_A3</p>	

Dña. Eliana S.

<p>Figura 214. Zonas para el análisis del paisaje</p>	<p>MGIA_PAISAJE_MAPA3_A3</p>	
---	------------------------------	---

Dña. Eliana S.



FUNC

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO