SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL MORRO
PROYECTO EL MORRO
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

SECCIÓN 5.0 – LÍNEA BASE AMBIENTAL
(Ref. No. SA202-00005/6-68)

Preparado para:

Sociedad Contractual Minera El Morro
Av. Andrés Bello 2777, Piso 8
Las Condes, Santiago, Chile

Knight Piésold S.A.

Av. Vitacura 4380, Piso 17
Vitacura, Santiago, Chile
Teléfono:(56-2) 594 6400
Fax: (56-2) 594 6447
E-mail: santiago@knightpiesold.com

Knight Piésold
CONSULTING

SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL MORRO
PROYECTO EL MORRO
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

SECCIÓN 5.0 – LÍNEA BASE AMBIENTAL
(Ref. No. SA202-00005/6-68)

CONTENIDO

SECCIÓN 5.0 – LÍNEA BASE AMBIENTAL 1
5.1 INTRODUCCIÓN 1
5.2 ÁREA DE ESTUDIO Y ÁREA DE INFLUENCIA 3
5.2.1 Áreas de Estudio 3
5.2.2 Área de Influencia 4
5.3 CLIMA Y METEOROLOGÍA 5
5.3.1 Clima 5
5.4 GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y RIESGOS NATURALES 26
5.4.1 Geología 26
5.4.1.1 Área Totoral 26
5.4.1.2 Área Quebrada Algarrobal 29
5.4.1.3 Área Mina – Planta 31
5.4.2 Geomorfología 32
5.4.2.1 Área Totoral 33
5.4.2.2 Área Quebrada Algarrobal 35
5.4.2.3 Área Mina – Planta 35
5.4.3 Riesgos Naturales 37
5.4.3.1 Área Totoral 37
5.4.3.2 Área Quebrada Algarrobal 38
5.4.3.3 Área Mina – Planta 39
5.4.3.4 Sismología 39
5.5 SUELOS 44
5.5.1 Área Totoral 44
5.5.1.1 Sector Costero 44
5.5.1.2 Sector entre Caleta Totoral Bajo y el Poblado de Totoral 45
5.5.1.3 Sector Quebrada Algarrobal – Posada Algarrobal – Quebrada Totoral aguas arriba del poblado Totoral 47
5.5.2 Área Quebrada Algarrobal 48
5.5.2.1 Sector Posada Algarrobal – Hacienda Jarillas 48

5.5.2.2 Sector Hacienda Jarillas – El Pingo – Quebrada Caballo Muerto 50
5.5.3 Área Mina – Planta 51
5.5.3.1 Suelos de Vegas en Moderado Estado de Conservación 51
5.5.3.2 Suelos Formados sobre Depósitos Coluviales 52
5.5.3.3 Suelos del Sector El Morro 52
5.5.4 Análisis Químico de los Suelos del Área de Estudio 53
5.5.4.1 Área Totoral 53
5.5.4.2 Área Quebrada Algarrobal 53
5.5.4.3 Área Mina – Planta 54
5.5.5 Contenido de Metales en el Suelo 54
5.5.6 Valor de los Suelos 56
5.6 RECURSOS HÍDRICOS 58
5.6.1 Caracterización del Área de Estudio 59
5.6.1.1 Aguas Superficiales 59
5.6.1.2 Aguas Subterráneas 62
5.6.2 Aguas Superficiales 62
5.6.2.1 Cuenca del Río Huasco 62
5.6.2.2 Área Mina-Planta 66
5.6.2.3 Cuenca de Quebrada Algarrobal 73
5.6.3 Calidad de Aguas Superficiales 76
5.6.3.1 Cuenca del Río Huasco / Quebrada Seca 79
5.6.3.2 Cuenca Quebrada Algarrobal / Totoral 80
5.6.3.3 Conclusiones 82
5.6.4 Aguas Subterráneas 85
5.6.4.1 Quebrada Larga 86
5.6.4.2 Quebrada Algarrobal 99
5.6.4.3 Quebrada Totoral 109
5.6.5 Calidad de Aguas Subterráneas 111
5.6.5.1 Quebrada Larga 113
5.6.5.2 Quebrada Algarrobal 115
5.6.5.3 Conclusiones 118
5.6.6 Usos del Agua 120
5.7 MEDIO MARINO 123
5.7.1 Descripción del Medio Físico 123
5.7.1.1 Corrientes Eulerianas 124
5.7.1.2 Corrientes Lagrangeanas 124
5.7.1.3 Dispersión con Trazadores Químicos 125
5.7.1.4 Vientos Costeros 128

5.7.1.5 Mareas y Olas 129
5.7.1.6 Estructura de la Columna de Agua 132
5.7.2 Calidad del Agua y Sedimentos Marinos 134
5.7.2.1 Calidad del Agua 135
5.7.2.2 Calidad de Sedimentos 135
5.7.3 Ecología Comunidades Bentónicas 137
5.7.3.1 Macrofauna Intermareal 138
5.7.3.2 Macrofauna Submareal 138
5.7.3.3 Epibiota Intermareal de Fondos Rocosos 139
5.8 RUIDO Y VIBRACIONES 141
5.8.1 Ruido 143
5.8.1.1 Campaña enero 2006 144
5.8.1.2 Campaña julio 2006 146
5.8.1.3 Comparación Campañas enero y julio 2006 147
5.8.2 Vibraciones 150
5.9 CALIDAD DEL AIRE 151
5.9.1 Material Particulado Respirable, MP10 154
5.9.2 Polvo Sedimentable, MPS 157
5.9.3 Anhídrido Sulfuroso, SO_2 161
5.9.4 Óxidos de Nitrógeno, NO_2/NOx 162
5.9.5 Conclusión General 163
5.10 FLORA Y VEGETACIÓN 164
5.10.1 Antecedentes de la Flora y Vegetación Regional 166
5.10.2 Flora 167
5.10.2.1 Área Totoral 167
5.10.2.2 Área Quebrada Algarrobal 168
5.10.2.3 Área Mina – Planta 171
5.10.3 Vegetación 172
5.10.3.1 Área Totoral 172
5.10.3.2 Área Quebrada Algarrobal 173
5.10.3.3 Área Mina – Planta 173
5.10.4 Estacionalidad de la Flora y la Vegetación 174
5.10.5 Vegas 174
5.10.5.1 Identificación de Vegas 175
5.10.5.2 Uso de las Vegas 177
5.10.5.3 Estado Actual 177
5.10.5.4 Fauna Asociada a las Vegas 178
5.11 FAUNA TERRESTRE 180

5.11.1 Antecedentes de Fauna Terrestre Regional 181
5.11.2 Área Totoral 181
5.11.2.1 Campaña Invierno 2006 183
5.11.2.2 Campaña Verano 2006 184
5.11.2.3 Campaña diciembre 2007 184
5.11.2.4 Análisis Estacionalidad 185
5.11.3 Área Quebrada Algarrobal 186
5.11.3.1 Campaña Verano 2006 187
5.11.3.2 Campaña Invierno 2006 187
5.11.3.3 Campaña Extensión Tendido Eléctrico 188
5.11.3.4 Campaña diciembre 2007 189
5.11.3.5 Análisis Estacionalidad 190
5.11.4 Área Mina – Planta 190
5.11.4.1 Campaña Verano 2006 191
5.11.4.2 Campaña Invierno 2006 191
5.11.4.3 Análisis Estacionalidad 192
5.12 FAUNA ÍCTICA Y LIMNOLOGÍA 193
5.12.1 Área Totoral 194
5.12.2 Área Quebrada Algarrobal 200
5.12.3 Área Mina – Planta 208
5.13 MEDIO HUMANO 216
5.13.1 Dimensiones del Medio Humano: Niveles Regional y Comunal 218
5.13.1.1 Dimensión Geográfica 218
5.13.1.2 Dimensión Demográfica 221
5.13.1.3 Dimensión Sociocultural 225
5.13.1.4 Dimensión Socioeconómica 229
5.13.1.5 Dimensión del Bienestar Social 236
5.13.2 Dimensiones del Medio Humano: Nivel Local 244
5.13.2.1 Dimensión Geográfica 244
5.13.2.2 Dimensión Demográfica y Educacional 247
5.13.2.3 Dimensión Sociocultural 249
5.13.2.4 Dimensión Socioeconómica 252
5.13.2.5 Dimensión de Bienestar Social Básico 255
5.14 MEDIO CONSTRUIDO 259
5.14.1 Infraestructura Regional, Comunal y Local 259
5.14.1.1 Recursos en Salud 259
5.14.1.2 Establecimientos Educacionales 261
5.14.1.3 Infraestructura y Servicios Sanitarios 263

5.14.1.4 Recolección y Disposición de Residuos Sólidos 270
5.14.2 Suministro Eléctrico 271
5.14.3 Equipamiento de Seguridad y Emergencias 274
5.14.3.1 Carabineros de Chile 274
5.14.3.2 Bomberos 274
5.14.4 Infraestructura y Servicios de Transporte Terrestre 274
5.14.4.1 Infraestructura Vial 274
5.14.5 Servicios de Transporte 282
5.14.5.1 Transporte Terrestre 282
5.14.5.2 Infraestructura y Servicios de Transporte Aéreo 283
5.14.5.3 Ferrocarril 284
5.14.5.4 Puertos 284
5.14.6 Medios de Comunicación 286
5.14.6.1 Medios escritos 286
5.14.7 Actividad Económica e Infraestructura 286
5.14.8 Zonificación del Territorio 288
5.15 USOS DEL MEDIO 289
5.15.1 Uso del Suelo 289
5.15.2 Áreas Silvestres Protegidas 289
5.15.3 Santuarios de la Naturaleza 289
5.15.4 Sitios para Conservar la Biodiversidad 289
5.15.5 Áreas de Protección Litoral 290
5.15.5.1 Sitios Priorizados CONAF 291
5.16 PATRIMONIO CULTURAL 292
5.16.1 Área Totoral 294
5.16.2 Área Quebrada Algarrobal 297
5.16.3 Área Mina – Planta 305
5.17 PAISAJE 308
5.17.1 Área Totoral 310
5.17.2 Área Quebrada Algarrobal 317
5.17.3 Área Mina - Planta 320

TABLAS

Tabla 5.1 Resumen de Aforos de Aguas Superficiales Red KP (Años 2006-2008)
Tabla 5.2 Resumen de Aforos – Red SCM El Morro
Tabla 5.3 Listado de Parámetros a Monitorear
Tabla 5.4 Listado de canales Sectores de El Tránsito, Conay, Valeriano y Laguna Grande

Tabla 5.5a Calidad del Agua de mar en el Área de Estudio. Invierno 2006
Tabla 5.5b Calidad del Agua de mar en el Área de Estudio. Verano 2007
Tabla 5.6 Caracterización Química Sedimentos Submareales. Campaña Invierno 2006
Tabla 5.7 Caracterización Granulométrica Sedimentos Submareales Campaña Invierno 2006
Tabla 5.8 Resultados MP10 Estación Totoral (Mes de septiembre 2006 y enero 2007)
Tabla 5.9 Resultados MP10 Estación Chanchoquín Chico (Periodo abril 2006 – junio 2008)
Tabla 5.10 Resultados MP10 Estación Posada Algarrobal (Periodo mayo 2006 – marzo 2007)
Tabla 5.11 Resultados MP10 Estación La Jarilla (Periodo mayo 2006 – abril 2007)
Tabla 5.12 Resultados MP10 Estación Junta Valeriano (Periodo junio 2006 – junio 2008)
Tabla 5.13 Resultados MP10 Estación El Morro (Periodo marzo 2006 – marzo 2007)
Tabla 5.14 Resumen Monitoreo MP10
Tabla 5.15a Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – marzo 2006
Tabla 5.15b Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – abril 2006
Tabla 5.15c Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – mayo 2006
Tabla 5.15d Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – junio 2006
Tabla 5.15e Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – julio 2006
Tabla 5.15f Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – agosto 2006
Tabla 5.15g Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – septiembre 2006
Tabla 5.15h Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – octubre 2006
Tabla 5.15i Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – noviembre 2006
Tabla 5.15j Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – diciembre 2006

Tabla 5.15k Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – enero 2007
Tabla 5.15l Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – febrero 2007
Tabla 5.15m Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – marzo 2007
Tabla 5.15n Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – abril 2007
Tabla 5.15o Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – mayo 2007
Tabla 5.15p Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – junio 2007
Tabla 5.15q Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – julio 2007
Tabla 5.15r Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – agosto 2007
Tabla 5.15s Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – septiembre 2007
Tabla 5.15t Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – octubre 2007
Tabla 5.15u Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – noviembre 2007
Tabla 5.15v Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – diciembre 2007
Tabla 5.15w Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – enero 2008
Tabla 5.15x Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – febrero 2008
Tabla 5.15y Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – marzo 2008
Tabla 5.15z Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – abril 2008
Tabla 5.15aa Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – mayo 2008
Tabla 5.15ab Tasa de Sedimentación y Análisis Químico del Material Particulado Sedimentable – junio 2008
Tabla 5.16 Flora Vascular – Área Totoral
Tabla 5.17 Flora Vascular – Área Quebrada Algarrobal

Tabla 5.18 Flora Vascular – Área Mina Planta
Tabla 5.19 Vegetación. Cartografía de Ocupación de Tierras – Área Totoral
Tabla 5.20 Vegetación. Cartografía de Ocupación de Tierras – Área Quebrada Algarrobal
Tabla 5.21 Vegetación. Cartografía de Ocupación de Tierras – Área Mina Planta
Tabla 5.22 Distribución de La Fauna en Diferentes Hábitat del Área de Totoral
Tabla 5.23 Vertebrados Actuales y Potenciales del Área de Influencia del Proyecto "El Morro", Sector Algarrobal-Totoral, III Región
Tabla 5.24 Abundancia de Micromamíferos en Tres Sectores a lo Largo del Trazado del Proyecto
Tabla 5.25 Abundancia de Micromamíferos en Tres Sectores a lo Largo del Trazado del Proyecto, diciembre 2006
Tabla 5.26 Fauna por Sector Prospectado – Quebrada Algarrobal y Mina Planta
Tabla 5.27 Fauna Estado de Conservación Tramos 1 al 5
Tabla 5.28 Captura de Micromamíferos en Trampas Sherman – julio 2006
Tabla 5.29 Frecuencia de Micromamíferos Tramo 5 – octubre 2006
Tabla 5.30 Características Físico Químicas del Agua Estaciones Muestreadas Primera Campaña
Tabla 5.31 Características Físico Químicas del Agua Estaciones Muestreadas Segunda Campaña
Tabla 5.32 Población de 5 Años y Más Por Niveles de Educación, Distrito, Localidad y Entidad Poblada
Tabla 5.33 Población de 15 Años y Más Ocupada, Según Rama de Actividad Económica
Tabla 5.34 Flujo Vehicular Por Tramos

FIGURAS

Figura 5.1 Representación de la Climatología del Área de Estudio
Figura 5.2 Estación Campamento El Morro, Presión Atmosférica Media Mensual Período 2003 – junio 2008
Figura 5.3 Variación Horaria Radiación Solar, Estaciones Campamento El Morro y Posada Algarroba Período abril 2006 – marzo 2007
Figura 5.4 Variación Radiación Solar Media Mensual, Estaciones Campamento El Morro y Posada Algarroba Período abril 2006 – marzo 2007
Figura 5.5 Campo Vectorial de Vientos en Sudamérica
Figura 5.6 Rosas de Viento Simple
Figura 5.7 Rosa de Vientos Compuesta Estación Campamento El Morro

Figura 5.8 Ciclo Diario de la Dirección del Viento Estación Costa Totoral septiembre 2006, enero – marzo 2007
Figura 5.9 Ciclo Diario de la Dirección del Viento Estación Posada Algarrobal abril 2006 – marzo 2007
Figura 5.10 Ciclo Diario de la Dirección del Viento Estación La Jarilla mayo 2006 – abril 2007
Figura 5.11 Ciclo Diario de la Dirección del Viento Estación Chanchoquín abril 2006 – junio 2008
Figura 5.12 Ciclo Diario de la Dirección del Viento Estación Junta de Valeriano abril 2006 – junio 2008
Figura 5.13 Ciclo Diario de la Dirección del Viento Estación Campamento El Morro abril 2006 – junio 2008
Figura 5.14a Variación Horaria Velocidad del Viento Estaciones Meteorológicas
Figura 5.14b Variación Horaria Velocidad del Viento Estaciones Meteorológicas abril 2006-septiembre 2008
Figura 5.15 Estimación, Evaporación Mensual, Período 2003 – 2005. Campamento El Morro
Figura 5.16 Precipitación Media Anual en Función de la Altura
Figura 5.17 Mapa de Isoyetas Regionales Precipitación Media Anual (mm)
Figura 5.18 Comportamiento del Caudal Durante el Año en Zona de Estudio
Figura 5.19 Comportamiento del Caudal Diario en Zona de Estudio
Figura 5.20 Variación Espacial de Precipitación en 24 horas
Figura 5.21a-1 Esquema de Variación Espacial de la C.E. (µS/cm) Cuenca del Río Huasco
Figura 5.21a-2 Variación Temporal de la C.E. (µS/cm) Cuenca del Río Huasco
Figura 5.21b-1 Esquema de Variación Espacial de la C.E. (µS/cm) Quebrada Algarrobal y Área Totoral
Figura 5.21b-2 Variación Temporal de la C.E. (µS/cm) Quebrada Algarrobal y Área Totoral
Figura 5.22a-1 Limnigramas Red de Monitoreo de Aguas Subterráneas – Quebrada Larga
Figura 5.22a-2 Limnigramas Puntos Red de Monitoreo con Monitoreo con Cota Superior a 4.000 m s.n.m.
Figura 5.22b-1 Sección Hidrogeológica 1 Quebrada Larga W
Figura 5.22b-2 Sección Hidrogeológica 2 Quebrada Larga E
Figura 5.22b-3 Sección Hidrogeológica 3 Depósito
Figura 5.22b-4 Sección Hidrogeológica 4 Rajo Mina
Figura 5.22b-5 Sección Hidrogeológica 5 Planta de Procesos
Figura 5.22b-6 Sección Hidrogeológica 6 Depósito

Figura 5.23a-1 Ubicación General Área de Estudio Pampa Algarrobal
Figura 5.23a-2 Red de Pozos de Exploración – JICA Pampa Algarrobal
Figura 5.23b-1 Perfiles Hidrogeológicos – JICA Pampa Algarrobal
Figura 5.23b-2 Perfil Hidrogeológico A-B Pampa Algarrobal
Figura 5.23b-3 Perfil Hidrogeológico C-D Pampa Algarrobal
Figura 5.23b-4 Perfil Hidrogeológico E-F Pampa Algarrobal
Figura 5.23b-5 Perfil Hidrogeológico G-H Pampa Algarrobal
Figura 5.23b-6 Perfil Hidrogeológico H-I Pampa Algarrobal
Figura 5.23c-1 Geometría Acuífera Pampa Algarrobal
Figura 5.23c-2 Curvas de Isopesor del Acuífero Pampa Algarrobal
Figura 5.23d Curvas Equipotenciales – JICA Pampa Algarrobal
Figura 5.24a-1 Variación Temporal de C.E. (µS/cm) Quebrada Larga
Figura 5.24a-2 Esquema de Variación Espacial de la C.E. (µS/cm) Quebrada Larga
Figura 5.24b-1 Variación Temporal de C.E. (µS/cm) Quebrada Algarrobal
Figura 5.24b-2 Esquema de Variación Espacial de la C.E. (µS/cm) Quebrada Algarrobal
Figura 5.25a Histogramas de Frecuencia de Dirección y Velocidad de la Corriente Totoral
Figura 5.25b Diagrama de Vector Progresivo de la Corriente Totoral
Figura 5.26 Trayectorias Derivadores Lagrangiana Bahía Norte. Invierno 2006
Figura 5.27 Trayectorias Derivadores Lagrangiana Bahía Sur. Invierno 2006
Figura 5.28 Trayectorias Derivadores Lagrangiana Bahía Norte. Verano 2007
Figura 5.29 Trayectorias Derivadores Lagrangiana Bahía Sur. Verano 2007
Figura 5.30 Histogramas de Frecuencia de Dirección y Velocidad del Viento Totoral
Figura 5.31 Ciclo Diario del Viento Dirección y Magnitud y Promedio Totoral
Figura 5.32 Perfiles de Temperatura
Figura 5.33 Perfiles de Salinidad
Figura 5.34 Perfiles de Oxigeno Disuelto
Figura 5.35 Análisis de Clasificación de Estaciones. Patrón Temporal de Variación de Microfauna Intermareal
Figura 5.36 Análisis de Clasificación de Estaciones. Patrón Temporal de Variación de Macrofauna Submareal
Figura 5.37 Análisis de Clasificación de Estaciones. Patrón Temporal de Variación de Epibiota Intermareal
Figura 5.38 Evaluación de los Niveles de Vibraciones Medidos, de acuerdo a la Norma ISO 2631-2
Figura 5.39 Registros de MP10 en Estación Campamento El Morro.
Figura 5.40 Variación Tasa de Sedimentación Cuenca del Río Huasco.

MAPAS

Mapa 5.1	Área de Influencia del Proyecto
Mapa 5.2	Puntos de Monitoreo
Mapa 5.3	Geología Área de Estudio
Mapa 5.4	Riesgos Naturales Área de Estudio
Mapa 5.5	Suelos Área de Estudio
Mapa 5.6	Red de Monitoreo de Recursos Hídricos
Mapa 5.7	Ubicación General Línea Base Medio Biótico
Mapa 5.8	Usos del Medio
Mapa 5.9	Ubicación General Restos de Patrimonio Cultural
Mapa 5.10	Línea Base Paisaje

PLANOS

Plano 5.1	Red de Estaciones Meteorológicas
Plano 5.2	Geología Área Mina-Planta
Plano 5.3	Geomorfología Área Mina – Planta
Plano 5.4	Riesgos Naturales Área Totoral
Plano 5.5	Riesgos Naturales Área Mina – Planta
Plano 5.6	Suelos Área Mina-Planta
Plano 5.7a	Estaciones de Aforo Área Mina-Planta
Plano 5.7b	Mapa de Isopiezas Quebrada Larga
Plano 5.7c	Hidrogeología Quebrada Larga
Plano 5.7d	Hidroquímica Quebrada Larga
Plano 5.8	Red de Monitoreo Medio Marino
Plano 5.9	Red de Monitoreo Ruido y Vibraciones
Plano 5.10	Red de Monitoreo Calidad del Aire
Plano 5.11	Línea Base Medio Biótico
Plano 5.12	Línea Base Medio Biótico
Plano 5.13	Línea Base Medio Biótico
Plano 5.14	Línea Base Medio Biótico
Plano 5.15	Línea Base Medio Biótico
Plano 5.16	Línea Base Medio Biótico
Plano 5.17	Línea Base Medio Biótico
Plano 5.18	Línea Base Medio Biótico
Plano 5.19	Línea Base Medio Biótico
Plano 5.20	Línea Base Medio Biótico
Plano 5.21	Línea Base Medio Biótico
Plano 5.22	Línea Base Medio Biótico

Plano 5.23 Red de Monitoreo Limnología
Plano 5.24 Distribución de Asentamientos Humanos
Plano 5.25 Sectores de Engorde
Plano 5.26 Ubicación de Sitios del Patrimonio Natural
Plano 5.27 Ubicación de Sitios del Patrimonio Natural
Plano 5.28 Ubicación de Sitios del Patrimonio Natural
Plano 5.29 Ubicación de Sitios del Patrimonio Natural
Plano 5.30 Ubicación de Sitios del Patrimonio Natural
Plano 5.31 Ubicación de Sitios del Patrimonio Natural
Plano 5.32 Ubicación de Sitios del Patrimonio Natural
Plano 5.33 Ubicación de Sitios del Patrimonio Natural
Plano 5.34 Ubicación de Sitios del Patrimonio Natural
Plano 5.35 Ubicación de Sitios del Patrimonio Natural
Plano 5.36 Ubicación de Sitios del Patrimonio Natural
Plano 5.37 Ubicación de Sitios del Patrimonio Natural

APÉNDICES

Apéndice 5A Línea Base Clima, Meteorología y Calidad del Aire
Apéndice 5B Línea Base Geología, Geomorfología y Riesgos
- 5B-1 Línea Base Geología, Geomorfología y Riesgos Naturales
- 5B-2 Estudio de Riesgo Sísmico. Proyecto El Morro

Apéndice 5C Línea Base de Suelos
Apéndice 5D Línea Base Recursos Hídricos
- 5D-1 Estudio Hidrológico Quebrada Larga
- 5D-2 Monitoreo de Aguas Superficiales para Línea Base, Informe de Crecidas.
- 5D-3 Estudio Hidrológico para Factibilidad Proyecto el Morro
- 5D-4 Estudio Hidrogeológico Quebrada Larga.
- 5D-5 Evaluación Hidrogeológica preliminar de los sectores de Algarrobal Bajo y Alto, DICTUC 2006.
- 5D-6 Línea Base Calidad de Aguas Superficiales.
- 5D-7 Línea Base Calidad de Aguas Subterráneas.

Apéndice 5E Línea Base Caracterización Medio Marino
Apéndice 5F Línea Base Ruido y Vibraciones
Apéndice 5G Línea Base Flora y Vegetación
Apéndice 5H Línea Base Fauna Terrestre
Apéndice 5I Línea Base Fauna Íctica y Limnología
Apéndice 5J Línea Base Medio Humano

Apéndice 5K Línea Base Caracterización Infraestructura Vial
Apéndice 5L Línea Base Arqueología y Patrimonio Cultural
Apéndice 5M Línea Base Paisaje

SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL MORRO
PROYECTO EL MORRO
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

SECCIÓN 5.0 – LÍNEA BASE AMBIENTAL

(Ref. No. SA202-00005/6-68)

5.1 INTRODUCCIÓN

En esta sección se presenta la Línea de Base Ambiental del área de influencia del Proyecto minero El Morro (en adelante el Proyecto), el cual se ubica en la comuna de Alto del Carmen, Provincia de Huasco, III Región de Atacama, aproximadamente a 140 km al oeste de la ciudad de Vallenar, por ruta.

La descripción de la Línea Base se ha realizado de acuerdo a los contenidos de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) definidos en la letra f) del artículo 12º del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

Los elementos del medio ambiente estudiados en el área de influencia del Proyecto son los siguientes:

- Clima y Meteorología,
- Geología, Geomorfología y Riesgos Naturales,
- Suelos (edafología),
- Recursos Hídricos,
- Medio Marino[1],
- Ruido y Vibraciones,
- Calidad del Aire,
- Flora y Vegetación Terrestre,
- Fauna Terrestre,
- Fauna Íctica y Limnología,
- Medio Humano,
- Medio Construido,
- Usos del Medio,

[1] Incluye oceanografía, sedimentos y microfauna marina.

- Patrimonio Cultural, y
- Paisaje.

Para realizar la caracterización actual de cada una de las componentes ambientales, se realizaron las siguientes actividades:

- Recopilación y análisis de información bibliográfica oficial disponible en centros de documentación pública y privada, organismos públicos e Internet.
- Estudios de terreno, para todos los componentes ambientales anteriormente identificados. Estos estudios se encuentran disponibles íntegramente en los Apéndices 5A a 5M.
- Monitoreo y análisis para diferentes variables en puntos de interés dentro del área de estudio definida para el Proyecto:
  - resultados de caudal
  - calidad de aguas continental (superficial y subterránea)
  - calidad de agua de mar
  - meteorología, calidad del aire
  - ruido y vibraciones
  - sedimentos marinos

En los estudios de terreno se contó con apoyo cartográfico, el que se utilizó posteriormente para representar la localización de los estudios realizados y las áreas de observación los puntos de monitoreo y los resultados de los estudios realizados en relación al emplazamiento del Proyecto. Con esta información se preparó la cartografía que acompaña la presente sección del EIA.

La sección de Línea Base presenta, en primer lugar, la definición del Área de Estudio y Área de Influencia del Proyecto. Luego se realiza la caracterización de los elementos o componentes ambientales señalados anteriormente y que se encuentran presentes en dichas áreas.

5.2 ÁREA DE ESTUDIO Y ÁREA DE INFLUENCIA

Para efectos de caracterizar el área de emplazamiento del Proyecto, se definió un **Área de Estudio**, que permitiera abarcar los sectores donde se emplazarían las obras o actividades de éste. El Área de estudio se definió en base al concepto de cuenca, mediante juicio de experto, considerando las obras y actividades del Proyecto.

El Área de Influencia (AI) se definió conforme a lo establecido en el literal f) del artículo 12 del Reglamento del SEIA. La misma corresponde a la porción del territorio que se verá afectada por la construcción, operación y/o cierre del Proyecto, ya sea directamente por el emplazamiento de las obras y el desarrollo de actividades, o indirectamente, es decir en un área fuera del ámbito de emplazamiento directo del Proyecto.

El Mapa 5.1 muestra el área de estudio que ha sido definida a los fines de desarrollar los estudios de las distintas componentes ambientales. Además, muestra el área de influencia definida en base a los resultados de la evaluación de impactos del Proyecto, según se detalla en la Sección 6.0 del presente EIA.

A continuación se describe el área de estudio y, seguidamente, el AI.

5.2.1 Áreas de Estudio

Para la definición de las áreas de estudio ha predominado el concepto de cuenca, en particular para los estudios del medio físico y biótico. Se han definido las siguientes cuencas hidrográficas y/o zonas geográficas para fines de la descripción de la línea base del EIA.

a) Sector Totoral

Este sector está inserto dentro de la cuenca hidrográfica de la quebrada Totoral y la quebrada Boquerón y, a diferencia de los sectores anteriormente definidos, está más acotado a estos cursos de agua que a la cuenca misma. El sector Totoral es de interés para los estudios del medio físico, en especial los recursos hídricos, y medio biótico. El Área de estudio del Proyecto en este sector queda comprendido, por una parte, por la zona geográfica que recorren las rutas 5 Norte y C-439, y por otra, por los sectores aledaños a los cauces de las quebradas Boquerón y Totoral, incluido el sector de la costero de caleta Totoral.

Esta área se denomina ***Área Quebrada Totoral***, y comprende el emplazamiento de la planta desalinizadora, la línea eléctrica de 220 kV y el trazado de la tubería de agua desalinizada, según lo descrito en la Sección 2.0 del presente EIA.

b) Subcuenca Quebrada Algarrobal

Esta cuenca hidrográfica es de interés para el estudio de los recursos hídricos, la meteorología y la calidad del aire asociados al Proyecto. El Área de estudio del Proyecto en esta cuenca queda comprendida entre el cruce de esta quebrada con la ruta 5 Norte y el sector definido por el portezuelo de Caballo Muerto.

Esta área se denomina ***Área Quebrada Algarrobal***, y comprende el emplazamiento del camino de acceso, líneas de transmisión eléctrica, concentraducto y tubería de agua desalinizada del Proyecto, según lo descrito en la Sección 2.0 del presente EIA.

c) Subcuenca del Río Tránsito

Esta cuenca hidrográfica es de interés para el estudio de los recursos hídricos, la meteorología y la calidad del aire asociados al Proyecto. El área de estudio del Proyecto en esta cuenca queda comprendida entre el poblado de Alto del Carmen y el sector cordillerano de quebrada Larga, siguiendo el curso de los afluentes del río Huasco: río Del Tránsito, río Conay, río Laguna Grande, río Cazadero y quebrada Larga.

Esta área se denomina ***Área Mina - Planta***, y comprende el emplazamiento de las obras mineras e instalaciones asociadas, según lo descrito en la Sección 2.0 del presente EIA.

d) Área Estudio Medio Humano

El área de estudio comprende las localidades y ciudades a lo largo del valle del río Huasco, la quebrada Totoral y las ciudades de Copiapó, Vallenar, Freirina y Huasco entre otras, así como las rutas de circulación del Proyecto en sus distintas etapas (construcción, operación y cierre).

5.2.2 Área de Influencia

El AI del Proyecto se ha definido en función del emplazamiento directo de las obras que lo componen, y la evaluación de impacto según lo señalado en la Sección 6.0 del presente EIA. En el Mapa 5.1 se presenta el AI del Proyecto considerando la sumatoria de los efectos del Proyecto en cada componente ambiental identificada.

5.3 CLIMA Y METEOROLOGÍA

Los objetivos de este estudio son los siguientes:

- Caracterizar la climatología regional y local, esta última asociada al área del Proyecto; y
- Describir y analizar la meteorología del AI del Proyecto, en función de las variables:
  - Temperatura ambiente.
  - Presión atmosférica.
  - Humedad relativa.
  - Radiación solar.
  - Velocidad, dirección, y desviación estándar de la dirección del viento.
  - Evaporación.
  - Precipitación (pluvial y nival).

La información y análisis de las precipitaciones (pluvial y nival) y la evaporación en el área de estudios se presenta detalladamente en la Sección 5.6 Recursos Hídricos. A continuación se presentan los resultados del estudio meteorológico:

5.3.1 Clima

La unidad geográfica en la cual se inserta el área del Proyecto, se caracteriza por ser la transición entre el clima desértico de las regiones I y II (de Tarapacá y Antofagasta respectivamente), con un aumento sostenido de las precipitaciones hacia el sur, que representa al denominado Norte Chico. Considerando la clasificación climática de Köppen, en la región se distinguen cuatro tipos de climas en función de la altitud, tal como se observa en la Figura 5.1:

- ***Desértico con Nublados Abundantes:*** Está presente en todo el sector costero de la región y penetra hasta las proximidades de Copiapó y Vallenar ya que el relieve no presenta barreras a la influencia marítima. Se caracteriza por presentar abundante y densa nubosidad que se manifiesta durante la noche y disipa durante la mañana, a veces acompañada de intensas nieblas y lloviznas. La influencia oceánica produce un régimen térmico moderado con poca amplitud térmica tanto diaria como anual. Las precipitaciones son mayormente de tipo frontal y aumentan de norte a sur, ocurriendo casi exclusivamente en invierno.

- ***Desértico Marginal:*** Se extiende desde el sur del valle de Copiapó hasta el límite meridional de la región y se caracteriza por presentar escasas precipitaciones anuales,

aumentando hacia el sur. La temperatura media anual es de 15°C. Las características principales de los valles del río Huasco, Del Tránsito y Conay están dados por un periodo libre de heladas de 11 meses (de agosto a junio). La temperatura mínima se produce en julio y alcanza los 5ºC, mientras que las temperaturas máximas se producen en verano y alcanzan los 28ºC. Se observa que en el área del Valle del Huasco el régimen pluviométrico obedece a precipitaciones invernales, con valores máximos en los meses de junio o julio y del orden de 30 mm. Se aprecia la fuerte estacionalidad que presenta la precipitación en la zona, concentrándose preferentemente en el período mayo-agosto, en los cuales ocurre más del 80% de la precipitación total anual.

- ***Desértico Frío de Montaña:*** Este tipo de clima se sitúa entre los 1.500 y los 4.000 m s.n.m., siendo el comportamiento de las temperaturas regulado por la altitud. Las temperaturas medias anuales están por debajo de los 12ºC, descendiendo a mayor altura. La principal característica de la zona es la gran sequedad atmosférica, las precipitaciones en forma de nieve y un marcado gradiente térmico entre las temperaturas diurnas y las nocturnas. Las precipitaciones son escasas, con un total anual que varía entre 50 y 150 mm aproximadamente, dependiendo de la altitud.

- ***Tundra de Alta Montaña:*** Se manifiesta siempre en ambientes de altitud que superan los 3.000 m s.n.m. y está asociado a bajas temperaturas durante todo el año, con variaciones en torno a los 0ºC y temperaturas menores a 10ºC durante el verano. Las precipitaciones se presentan en forma de nieve, inclusive aquellas que se producen en verano.

A continuación se presentan los climas que corresponden a las áreas de estudio definidas en la Sección 5.2.1.

- ***Área Quebrada Totoral***: Esta área se caracteriza por presentar el clima Desértico con Nublados Abundantes.

Cuadro 5.3-1
Registros Meteorológicos Estación Costa Totoral
Resumen Valores Medios Mensuales, septiembre 2006, enero – marzo 2007

Año	Variable	Unidad	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Periodo
2006	Velocidad del viento media horaria	m/s									4,5				4,5
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s									12,5				12,5
	Desviación estándar Dir. Viento	º									9,7				9,7
2007	Velocidad del viento media horaria	m/s	4,2	4,7	4,1										4,4
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s	12,2	11,6	13,7										12,5
	Desviación estándar Dir. Viento	º	10,5	8,4	9,9										9,6

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.3-2
Registros Meteorológicos Estación Posada Algarrobal
Resumen Valores Medios Mensuales, Período abril 2006 – marzo 2007

Año	Variable	Unidad	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Periodo
2006	Temperatura media	ºC				14,6	13,3	11,4	13,4	12,4	14,7	15,5	16,5	17,7	14,4
	Temperatura máxima	ºC				26,3	26,8	27,1	34,0	27,9	32,8	30,4	29,9	29,9	34,0
	Temperatura mínima	ºC				6,5	5,4	2,8	2,0	3,0	5,3	6,7	8,6	10,5	2,0
	Humedad relativa	%				69,9	73,6	70,6	65,1	65,3	63,0	66,2	64,0	64,9	67,0
	Presión atmosférica	milibares				960	960	961	961	960	961	960	960	960	960
	Radiación solar media horaria	W/m^2				201,0	153,0	142,3	158,4	181,1	229,2	258,3	307,9	311,9	251,9
	Precipitación pluvial	mm				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Velocidad del viento media horaria	m/s				2,1	2,0	2,0	2,4	2,3	2,6	2,8	3,2	3,2	2,5
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s				6,4	7,1	5,7	4,6	7,7	7,3	8,7	8,1	7,7	8,7
	Desviación estándar Dir. Viento	º				20,9	21,7	18,9	18,9	19,6	19,6	19,5	19,6	18,8	19,7
2007	Temperatura ambiente promedio	ºC	20,1	19,3	17,3										18,9
	Temperatura máxima	ºC	30,9	31,0	29,4										31,0
	Temperatura mínima	ºC	12,4	11,3	7,1										7,1
	Humedad relativa	%	61,0	62,9	64,7										62,9
	Presión atmosférica	milibares	959	960	959										959
	Radiación solar media horaria	W/m^2	327,2	291,6	259,4										292,7
	Precipitación pluvial	mm	0,0	0,0	0,0										0,0
	Velocidad del viento media horaria	m/s	3,2	2,9	2,8										3,0
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s	8,5	7,9	9,5										8,6
	Desviación estándar Dir. Viento	º	20,2	20,7	19,4										20,1

Nota: La Estación Posada Algarrobal cuenta con un pluviómetro, el cual no registró precipitaciones en el periodo de estudios.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.3-3
Registros Meteorológicos Estación La Jarilla
Resumen Valores Medios Mensuales, Período mayo 2006 – abril 2007

Año	Variable	Unidad	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Periodo
2006	Velocidad del viento media horaria	m/s					2,1	2,2	2,1	2,4	2,5	2,7	2,9	2,9	2,5
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s					5,5	6,7	6,2	7,3	6,4	9,0	7,7	7,1	7,0
	Desviación estándar Dir. Viento	º					20,7	17,9	20,5	20,2	18,6	19,6	17,1	17,3	19,0
	Precipitación pluvial	mm					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2007	Velocidad del viento media horaria	m/s	2,9	2,9	2,8	2,6									2,8
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s	7,7	6,9	9,0	6,6									8
	Desviación estándar Dir. Viento	º	17,6	17,5	17,4	18,2									18
	Precipitación pluvial	mm	0,0	0,0	0,0	0,0									0

Nota: La Estación La Jarilla cuenta con un pluviómetro, el cual no registró precipitaciones en el periodo de estudios.
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.3-4
Registros Meteorológicos Estación Chanchoquín
Resumen Valores Medios Mensuales, Período abril 2006 – junio 2008

Año	Variable	Unidad	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Periodo
2006	Velocidad del viento media horaria	m/s				3,6	3,2	3,2	3,4	3,5	3,8	4,4	5,0	5,1	3,9
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s				9,0	8,2	8,5	8,9	11,0	9,8	10,7	10,8	12,0	12,0
	Desviación estándar Dir. Viento	º				24,0	25,5	25,5	23,6	24,2	23,5	21,9	20,4	21,7	23,4
2007	Velocidad del viento	m/s	5,3	4,8	4,2	3,6	3,3	3,0	3,1	3,6	4,0	4,6	4,8	5,1	4,1
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s	11,5	11,0	10,3	9,3	10,9	7,6	7,2	9,9	10,9	11,7	11,5	11,9	10,3
	Desviación estándar Dir. Viento	º	19,4	21,2	24,1	24,8	27,1	26,8	25,3	24,2	23,2	22,0	21,0	19,0	23,2
2008	Velocidad del viento	m/s	5,2	4,7	4,2	3,9	3,3	4,0							4,2
	Velocidad del viento máxima	m/s	11,3	11,9	9,9	10,2	8,5	10,0							10,3
	Desviación estándar Dir. Viento	º	20,0	20,0	21,0	22,3	24,2	23,0							21,7

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.3-5
Registros Meterorológicos Estación Junta de Valeriano
Resumen Valores Medios Mensuales, Período abril 2006 – junio 2008

Año	Variable	Unidad	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Periodo
2006	Velocidad del viento media horaria	m/s				2,2	1,9	1,9	2,3	2,4	2,6	2,9	3,1	3,0	2,5
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s				7,0	6,0	7,0	6,7	6,9	7,6	7,8	8,6	7,6	8,6
	Desviación estándar Dir. Viento	º				39,3	41,5	40,9	41,6	38,6	35,9	33,3	32,8	32,2	37,4
2007	Velocidad del viento media horaria	m/s	3,1	2,9	2,8	2,4	2,3	1,9	2,0	2,5	2,6	2,8	3,0	3,1	2,6
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s	7,9	7,9	10,5	8,0	7,5	7,2	6,0	7,0	8,5	8,3	7,8	8,0	7,9
	Desviación estándar Dir. Viento	º	30,9	32,3	35,5	38,3	39,9	44,8	37,6	36,5	67,2	35,0	32,0	31,0	38,4
2008	Velocidad del viento media horaria	m/s	3,1	2,9	2,5	2,3	1,9	1,9							2,4
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s	8,0	7,4	7,0	7,5	5,4	6,1							6,9
	Desviación estándar Dir. Viento	º	30,0	33,0	34,0	39,3	42,3	41,3							36,6

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.3-6a
Registros Meteorológicos Estación Campamento El Morro
Resumen Valores Medios Mensuales, Período 2003

Año	Variable	Unidad	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Periodo
2003	Temperatura Media	ºC	7,5	6,9	6,3	3,2	1,3	1,4	-2,4	-0,7	0,7	4,3	5,8	5,8	3,3
	Temperatura Máxima	ºC	17,5	16,1	15,2	13,7	12,3	11,7	10,2	10,8	11,7	15,8	16,2	15	17,5
	Temperatura Mínima	ºC	-2,9	-2,9	-1,3	-8,2	-7,1	-7,4	-12,3	-13,1	-14,7	-4,7	-4,4	-4	-14,7
	Humedad Relativa promedio	%	20	33	26	19	32	19	28	20	19	18	21	22	23
	Velocidad del viento media horaria	m/s	4,1	4	3,9	5,2	6,7	5,9	6,2	5,5	5,8	4,8	5,3	4,7	5,2
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s	12,1	12,6	11,4	15,1	19	16,3	16,3	14,9	15,7	16,7	11,9	13,7	19
	Presión Atmosférica	milibares	640	639	639	638	637	638	635	637	637	638	638	638	638
	Radiación Solar Media Horaria	W/m^2	397,0	357,4	308,9	248,8	168,4	150,6	169,5	207,4	275,8	336,2	382,3	399,6	283,5

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.3-6b
Registros Meteorológicos Estación Campamento El Morro
Resumen Valores Medios Mensuales, Período 2004

Año	Variable	Unidad	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Periodo
2004	Temperatura Media	ºC	8	6,9	6,6	3	-0,7	-0,5	-2,5	-1,9	2,1	1,8	3,7	7,4	2,8
	Temperatura Máxima	ºC	16,2	16,5	16,7	15,2	11,1	12,2	9	15	13,5	12,7	13,5	15,4	16,7
	Temperatura Mínima	ºC	-1,6	-1,5	-4,7	-7,9	-13,4	-10,4	-14,5	-11,8	-6,6	-9,8	-3,4	-0,6	-14,5
	Humedad Relativa promedio	%	32	33	25	32	21	20	31	31	21	22	31	23	27
	Velocidad del viento media horaria (m/s)	m/s	3,6	4,1	4,5	6,1	6,2	5,2	6,7	8,1	6,6	7	5,8	4,1	5,7
	Velocidad del viento máxima horaria (m/s)	m/s	10,8	10,9	19,5	21,5	16,9	15,4	18,3	19,7	17,6	19,1	14,5	12,4	21,5
	Presión Atmosférica	milibares	639	639	638	638	636	637	635	635	637	636	637	639	637
	Radiación Solar Media Horaria	W/m^2	356,5	321,1	299,6	230,4	183,7	159,1	167,5	203,5	283,5	337,2	343,0	390,9	273,0

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.3-6c
Registros Meteorológicos Estación Campamento El Morro
Resumen Valores Medios Mensuales, Período 2005

Año	Variable	Unidad	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Periodo
2005	Temperatura Media	ºC	8,2	7,7	5,9	2,1	-1,5	-0,7	-2,7	-0,8	-2,8	0,5	4,4	7,6	2,3
	Temperatura Máxima	ºC	19,2	17	17,6	14	10,8	8,6	12,4	10,2	9,4	12,7	12,8	17,7	19,2
	Temperatura Mínima	ºC	-2,4	-0,1	-3,9	-5	-9,3	-8	-18,6	-15,3	-15,4	-8,8	-3,4	-2,4	-18,6
	Humedad Relativa promedio	%	38	27	34	30	33	33	23	30	34	20	20	22	29
	Velocidad del viento media horaria	m/s	4,2	3,8	5,2	6,3	6,9	5,7	6,1	6,4	8,1	7,6	4,5	4	5,7
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s	18,8	10,8	16,8	18,7	16	14,6	16,4	19,8	18,1	21,2	16,4	15,1	21,2
	Presión Atmosférica	milibares	639	639	639	637	635	637	635	636	633	635	637	638	637
	Radiación Solar Media Horaria	W/m^2	361,4	321,2	284,4	226,7	170,4	141,4	179,2	202,9	256,5	341,8	371,9	383,6	270,1

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.3-6d
Registros Meteorológicos Estación Campamento El Morro
Resumen Valores Medios Mensuales, Período 2006

Año	Variable	Unidad	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Periodo
2006	Temperatura Media	ºC	8,8	7,2	6,7	4,9	2,3	-0,2	0,5	-0,6	1,3	3,4	5,1	7,3	3,9
	Temperatura Máxima	ºC	18,1	17,4	16,4	18,2	12,5	10,4	15,2	9,8	12,8	14,5	14,7	17,8	18,2
	Temperatura Mínima	ºC	-1,2	-1,0	-0,8	-3,6	-5,0	-9,9	-12,3	-10,5	-9,8	-5,9	-6,4	-2,7	-12,3
	Humedad Relativa pomedio	%	38,7	38,5	23,2	S/I	27,2	22,8	23,0	22,5	21,1	20,4	19,1	20,2	25,2
	Velocidad del viento media horaria	m/s	3,2	3,6	4,0	4,2	4,7	5,8	6,9	7,2	5,8	6,5	5,8	5,0	5,2
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s	9,7	13,4	13,2	15,0	13,5	15,7	18,3	18,2	19,2	17,7	15,8	15,0	19,2
	Presión Atmosférica	milibares	638,7	638,7	639,0	638,0	638,0	637,0	636,6	635,4	636,8	637,2	637,1	638,7	637,6
	Radiación Solar Media Horaria	W/m^2	347,0	302,0	298,4	240,0	174,1	155,1	159,1	207,6	267,7	326,4	378,9	378,1	269,5

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.3-6e
Registros Meteorológicos Estación Campamento El Morro
Resumen Valores Medios Mensuales, Período 2007

Año	Variable	unidad	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Periodo
2007	Temperatura Media	ºC	7,5	6,4	6,1	3,5	-1,9	-3,6	-3,8	-5,0	-1,1	2,4	4,0	5,4	19,9
	Temperatura Máxima	ºC	17,3	19,4	18,2	14,4	8,8	11,8	9,8	5,6	3,8	14,0	15,3	15,4	12,8
	Temperatura Mínima	ºC	-1,2	-2,7	-2,4	-6,6	-12,0	-13,9	-14,4	-16,7	-5,7	-10,3	-8,7	-3,8	-8,2
	Humedad Relativa pomedio	%	31,8	27,1	28,2	25,5	36,6	37,5	27,5	23,6	21,6	21,0	19,0	24,0	26,9
	Velocidad del viento media horaria	m/s	5,1	5,1	6,0	6,6	8,2	7,5	5,0	7,0	7,4	6,4	5,3	5,1	6,2
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s	12,3	13,7	21,3	18,6	17,3	17,4	15,7	18,8	18,4	18,1	19,7	14,7	17,2
	Presión Atmosférica	milibares	638,2	638,4	637,8	638,0	634,7	634,4	635,1	633,0	635,3	636,0	636,0	636,0	636,1
	Radiación Solar Media Horaria	W/m^2	368,7	339,5	304,2	220,7	169,1	128,7	172,3	215,9	279,6	343,0	379,0	390,0	275,9
	Precipitación nival	cm				20,3	1.099,8	9,4	0,9	8,5	3,4	0,0	0,0	0,0	4,8

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.3-6f
Registros Meteorológicos Estación Campamento El Morro
Resumen Valores Medios Mensuales, Período 2008

Año	Variable	Unidad	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Periodo
2008	Temperatura Media	ºC	8,2	5,2	5,1	2,6	-0,3	2,6							3,9
	Temperatura Máxima	ºC	18,5	15,8	15,5	13,2	10,5	7,7							18,5
	Temperatura Mínima	ºC	-2,2	-3,8	-2,1	-9,6	-11,1	-1,7							-11,1
	Humedad Relativa promedio	%	40,0	36,0	34,0	25,8	21,5	28,5							31,0
	Velocidad del viento media horaria	m/s	4,1	4,7	4,6	5,1	5,5	5,5							4,9
	Velocidad del viento máxima horaria	m/s	12,9	16,2	14,9	17,0	15,0	15,0							17,0
	Presión Atmosférica	milibares	638,0	638,0	638,0	636,5	636,2	635,2							637,0
	Radiación Solar Media Horaria	W/m^2	370,0	286,0	249,0	206,9	160,8	140,4							235,5

Fuente: Elaboración propia.

a) Temperatura

En relación con los antecedentes bibliográficos de la estación meteorológica ubicada en el puerto de Huasco cercana al Área Quebrada Totoral indica que la temperatura media anual se ubica en torno a los 15ºC, con valores máximos que alcanzan los 26ºC y mínimos de 10ºC. Al igual que en la zona baja del Área Mina – Planta, las mínimas temperaturas se producen en junio, mientras que las máximas se presentan entre enero y marzo.

Una descripción de la meteorología del área de estudios en base a los antecedentes bibliográficos presentados en el Apéndice 1C, señalan que la temperatura ambiente esta caracterizada principalmente, en la zona baja del Área Mina – Planta, por un periodo libre de heladas de 11 meses (de agosto a junio). La temperatura mínima se produce en julio y alcanza los 5ºC, mientras que las temperaturas máximas se producen en verano y alcanzan los 28ºC. Esto se complementa con los registros del MOP y DGA (Balance Hídrico de Chile de MOP-DGA, 1987), el cual señala que para la ciudad de Vallenar y la localidad de Conay se presentan temperaturas medias anuales de 15,4ºC y 17,9ºC respectivamente. En ambos lugares las mínimas temperaturas se producen en julio, alcanzando los 10,5ºC y los 11ºC respectivamente, mientras que las máximas temperaturas se producen en enero, alcanzando los 19ºC y 22ºC respectivamente. Además, este informe señala que las isolineas de temperatura muestran que condiciones similares se presentan en el Área Quebrada Algarrobal.

El Cuadro 5.3-7, presenta un resumen de los valores de temperatura para la estación Algarrobal, periodo abril 2006 a marzo 2007 y la estación Campamento El Morro, periodo 2003 a junio 2008.

Cuadro 5.3-7
Registros de Temperatura en Periodo de Análisis

Variable	Posada Algarrobal	Campamento El Morro
Temperatura promedio (ºC)	15,5	3,0
Temperatura máxima (ºC)	29,7	14,0
Temperatura mínima (ºC)	6,8	-6,8

Fuente: Elaboración propia.
Nota: Posada Algarrobal, periodo abril 2006 – marzo 2007.
Campamento El Morro, periodo 2003 –junio 2008

Los registros de estación Posada Algarrobal exhiben una temperatura media de 15,5ºC, con extremas máximas y mínimas de 29,7 y 6,8°C. Estos registros son similares a las

mediciones basadas en el Balance Hídrico de Chile (MOP-DGA) para la ciudad de Vallenar y Conay.

Esta similitud de los registros responde a similares condiciones de altitud y características geográficas. Por otra parte, en comparación con los antecedentes para el área costera, se observa que las temperaturas son levemente superiores en la costa, mientras que la amplitud térmica es comparativamente mayor en Posada Algarrobal, debido al efecto atenuante del océano.

La temperatura media anual en la zona cordillerana del Área Mina - Planta para el periodo 2003 a junio 2008 es de 3ºC, con extremas máximas y mínimas de 14 y -6,8ºC respectivamente. Durante el año 2007 y verano del 2008 en la estación Campamento El Morro la media de temperatura se ubica en torno a los 2,4ºC, con extremas de 19,4 y -16,4 ºC, los cuales son levemente inferiores al periodo de años anteriores. A pesar de esto, los valores mencionados están dentro del rango del clima de la zona y se complementan con los registros de la estación Junta del Toro (Estudio Hidrológico de la Cuenca Alta del Valle del Río Huasco, DICTUC), ubicada a 3.700 m s.n.m y a aproximadamente 150 km al sur del Morro, la cual posee valores de temperaturas medias mensuales que oscilas entre -1,8ºC y 8,9ºC, valores muy similares a los de la estación Campamento El Morro. Es importante señalar que los antecedentes indican que entre los meses de junio y agosto 2006, mayo a septiembre 2007 y mayo 2008 la temperatura media mensual es inferior a los 0ºC en la estación Campamento El Morro.

b) Humedad Relativa

Para la estación Posada Algarrobal según los registros para el periodo abril 2006 - marzo 2007 la humedad relativa promedio es del orden del 66%, con valores prácticamente constantes durante todo el periodo, con tendencia a disminuir entre los meses de agosto a octubre. Los valores extremos se presentaron con 61% el mínimo y 94% el valor máximo. Estos valores están fuertemente influenciados por las masas de aire húmedo costero que ascienden por los valles transversales y afectan a Vallenar y la parte baja de la quebrada Algarrobal.

En general, el clima Desierto Frío de Montaña presenta en promedio valores bajos de humedad relativa. Los registros de la estación Campamento El Morro (periodo 2003- junio 2008), con un promedio anual de un 27,1% y valores mensuales que fluctúan entre un 19% y 40%, presentan estas características y son similares a los registros de la estación Junta del Toro, la cual presenta valores de humedad relativa que varían entre un 17% y un 33%.

c) Presión Atmosférica

La variación de la presión atmosférica está fuertemente ligada con la altitud. Así, la estación Posada Algarrobal presenta valores de 960 milibares. La estación Campamento El Morro presenta valores de 637 milibares. La diferencia de presión atmosférica que se observa entre las estaciones responde a la diferencia altitudinal a la que se encuentran ubicadas. Así, la menor presión se presenta en la estación Campamento El Morro (637 milibares) que se encuentra a una mayor cota (~ 4.000 m s.n.m.). La estación Posada Algarrobal, ubicada en la cota menor (~ 500 m s.n.m), presenta la mayor presión atmosférica (960 milibares).

La representación gráfica de las medias mensuales de presión atmosférica se presenta en la Figura 5.2. En esta figura, se resume la presión atmosférica local para la estación Campamento El Morro (periodo 2003-junio 2008)

d) Radiación Solar

La variación horaria para la radiación solar en las estaciones Posada Algarrobal y Campamento El Morro se presentan en la Figura 5.3 para el periodo abril 2006 a marzo 2007. En estas se observa que la radiación solar alcanza su máximo a las 14 horas para la estación Posada Algarrobal y estación Campamento El Morro, con valores de 834 W/m^2 y 866 W/m^2 respectivamente. En la Figura 5.4 se presenta la radiación media mensual para igual periodo (abril 2006 a marzo 2007). En estas se observa que la radiación alcanzó valores máximos de 378,9 W/m^2 en noviembre de 2006 y 327,2 W/m^2 en enero 2007 en las estaciones Campamento El Morro y Posada Algarrobal respectivamente.

Se observa para el periodo señalado el promedio de radiación solar media horaria para la estación Posada Algarrobal (235,1 W/m^2) se encuentra dentro de los rangos de radiación solar observables a esta altitud. Similar situación se observa para la estación Campamento El Morro, cuyo promedio de radiación media horaria es de 265,3 W/m^2 y sus máximos se encuentran entorno a los 1.000 W/m^2. Estos últimos valores son similares al rango de los cálculos de radiación teórica, que establecen para esta altura (3.860 m s.n.m.), un promedio acumulado diario de 6.400 W/m^2 y valores máximos de 1.200 W/m^2.

Con respecto a la variación de la radiación solar mensual, durante el periodo registrado, en ambas estaciones se observa que los mínimos ocurren durante mayo a junio y los máximos tienden a presentarse durante los meses de noviembre a febrero.

e) Régimen de Vientos

Patrón de Vientos en el Área de Estudios

Antes de entrar en el análisis de los resultados obtenidos, resulta interesante observar la circulación atmosférica dentro del área de estudios. La Figura 5.5 presenta el campo vectorial de vientos en superficie donde se aprecia la dirección e intensidad que toma el viento en la superficie terrestre. Al analizar esta figura se advierte que la circulación de vientos, en la latitud donde se ubica el Proyecto El Morro, es diferente a la circulación que se da en el norte Chile. En efecto, la zona del Proyecto, exhibe un marcado predominio de una componente norte en la dirección del viento prácticamente durante todas las horas del día, mientras que en la zona del extremo norte de nuestro país una componente sur incide en la direcciones del viento. Este fenómeno se genera debido a un centro de baja presión ubicado al noreste (NE) del área del Proyecto, el cual combinado con el anticiclón del pacífico (centro de alta presión) produce este singular patrón de vientos. Luego, es de esperar que el efecto de la circulación general de los vientos se vea reflejado en las estaciones meteorológicas ubicadas dentro del área de estudio.

Dirección del Viento

En la Figura 5.6 pueden apreciarse las rosas de viento simple para todas las estaciones meteorológicas en el periodo 2006-2008. En la Figura 5.7 pueden apreciarse las rosas de viento compuestas para la estación Campamento El Morro en el periodo 2003 a 2005. Las Figuras 5.8 a 5.13 presentan el ciclo diario de la dirección del viento para todas las estaciones.

A continuación se presenta la dirección del viento en las áreas de estudio.

Área Quebrada Totoral

En la estación Costa Totoral (Figura 5.8), la dirección predominante comprenden el S-SSW y SW, las cuales se presentaron entre las 12 y 24 hr aproximadamente, para los períodos registrados (septiembre 2006, enero –marzo 2007).

Área Quebrada Algarrobal

En la estación Posada Algarrobal (Figura 5.9), las direcciones predominantes durante el período abril 2006 – marzo 2007 presentó una marcada componente norte, situándose en el cuarto cuadrante de la rosa de vientos (NNW, NW y WNW) a medio día y tarde, y con una influencia de los frentes del pacífico, mientras que durante la noche y madrugada se situaron en el primer cuadrante (N, NNE y NE).

En la estación La Jarilla (Figura 5.10) según los registros mayo 2006 - abril 2007 en el período diurno, comprendido entre las 10 y 20 hrs, la dirección predominante fue WSW, mientras que durante el período 21-9 hrs del día siguiente existe un predominio de la dirección este (E).

En esta estación, las direcciones de los vientos están fuertemente marcadas por las condiciones topográficas, presentándose la circulación general de vientos en valles: Vientos provenientes del oeste (W), los que aparecen a media mañana y predominan durante el mediodía y horas de la tarde. Estos dejan paso en la noche a vientos provenientes del Este (E), los que predominan hasta horas de la mañana.

En conclusión, los vientos en la quebrada Algarrobal están dominados por la topografía, por lo que la circulación de vientos se da en la dirección del valle (W-E), sólo en la parte baja, donde la quebrada se ensancha de forma importante, se presenta el patrón de vientos de la región. Las partículas que se dispersen en la quebrada Algarrobal, se extenderán a lo largo de esta siguiendo el curso de la topografía. En la parte baja de esta quebrada, la distribución de partículas será más uniforme, ya que existen varias direcciones de vientos predominantes, aunque con cierta tendencia hacia el Sur del área.

Área Mina - Planta

Zona Baja del Área Mina - Planta

La estación Chanchoquín (Figura 5.11), en el periodo abril 2006 - junio 2008 presenta tres claras direcciones del viento. Durante el período diurno, la dirección predominante fue WSW, es decir, valle arriba. En cambio, durante el período nocturno, las direcciones predominantes fueron E y ENE (valle abajo).

En la estación Junta de Valeriano (Figura 5.12), en el periodo abril 2006- septiembre 2007, las direcciones predominantes fueron NNW y N en horario nocturno (23 a 7 hrs.), mientras que en horario diurno (11 a 21 hrs.) las direcciones predominantes fueron SW y SSW.

En conclusión, los vientos en la parte media del valle (Chanchoquín) están dominados por la topografía, por lo que la circulación de vientos se da en la dirección del valle (W-E). En la parte alta del valle (Junta de Valeriano) predominan los vientos del norte (N), presumiblemente debido a la dirección del valle (NNE – SW). Las partículas que se dispersen en la parte media del valle, se extenderán a lo largo de este afectando a la gran cantidad de localidades y cultivos que se desarrollan en él, mientras que en la parte alta es posible que estas se concentren en las laderas de los valles, dada la componente norte (N) predominante del viento.

Zona cordillerana del Área Mina - Planta

Para la estación Campamento El Morro del periodo 2003 – junio 2008, la rosa de vientos muestra que la dirección reinante presenta un régimen con bastante influencia local, con vientos provenientes principalmente del norte (N) y la cordillera (NNE). Los vientos provenientes del océano también están presentes, y provienen del WSW, aunque en una proporción menor.

A partir de las gráficas de ciclo diario de la dirección del viento, se observa que los vientos provenientes del NE, NNE y ENE se presentan durante las horas de la noche y madrugada. A primeras horas de la mañana cuando el sol comienza a salir cobra importancia la dirección norte (N), predominante en el área y la componente oeste de los vientos del pacífico (W, WSW), que se presentan débilmente durante las horas de la tarde. Entrada la noche, la componente este de los vientos nuevamente comienza a surgir cerrando el ciclo diario de la dirección del viento.

En conclusión, la dirección predominante es la (N), por lo que emisiones producidas en esta zona se dispersarán principalmente en esta dirección, descendiendo hacia el valle del río Cazadero.

Velocidad del Viento

El cuadro siguiente presenta un resumen de los valores de velocidad de viento para las estaciones de la red meteorológica en los periodos comprendidos entre abril 2006 – junio 2008[2] .

Cuadro 5.3-8
Registros de Velocidad del Viento en Periodo de Análisis

Variable	Área Quebrada Totoral	Área Quebrada Algarrobal		Área Mina - Planta		
	Costa Totoral[1]	Posada Algarrobal[2]	La Jarilla[3]	Chanchoquín[4]	Junta de Valeriano[5]	Campamento El Morro[6]
Velocidad del viento (m/s)	4,4	2,6	2,6	4,1	2,5	5,5
Velocidad del viento máxima horaria (m/s)	12,5	7,4	7,2	10,2	7,3	18,2

Fuente: Elaboración propia

[2] Con excepción de la estación Campamento El Morro, que abarca el periodo enero 2006– junio 2008 y la estación La Jarilla que abarca el periodo mayo 2006 – marzo 2007.

Nota: [1] Costa Totoral, periodo septiembre 2006 - marzo 2007
[2]Posada Algarrobal, periodo abril 2006 – marzo 2007
[3] La Jarilla, periodo mayo 2006-marzo 2007
[4]Chanchoquín, periodo abril 2006- junio 2008
[5]Junta de Valeriano, periodo abril 2006- junio 2008
6Campamento El Morro, periodo 2003 – junio 2008

En términos generales, las mayores velocidades se presentan durante las horas del día y entre las 14 y las 19 hrs, con valores que fluctúan en torno a los 8,0 m/s en Costa Totoral, 12 m/s en Campamento El Morro, 7,0 m/s (Chanchoquín) y 5 m/s (Posada Algarrobal, La Jarilla y Junta de Valeriano). Durante la noche y madrugada los vientos presentan una menor velocidad que en el día, con los más bajos valores alrededor de la 1:00 a.m.

Con respecto a la velocidad del viento máxima horaria, las mayores se presentan en la estación Campamento El Morro y las menores en la estación Junta de Valeriano.

Para la estación Campamento El Morro las velocidades del viento presentan un ciclo diario bien definido, tal como se ve en la Figura 5.14a y 5.14b. En dichas figuras se han graficado las velocidades medias horarias para los periodos de análisis de cada estación.

f) Evaporación

Con respecto a la evaporación en las áreas en estudio, los antecedentes indican que los valores de evaporación varían entre los 1.500 y 2.500 mm anuales, presentándose un gradiente en ascenso desde Totoral (1.500 mm), pasando por Vallenar (2.000 mm) hacia Conay (2.500 mm), para luego continuar con un gradiente de descenso a medida que aumenta la altura. Similar situación se presenta en la quebrada Algarrobal, desde su cruce con la ruta 5 Norte, hasta la localidad del Pingo[3].

Con respecto a los valores registrados para la estación Campamento El Morro durante el periodo 2003-2005, los datos medidos de evaporación presentan algunos valores inconsistentes (evaporación negativa) y no está considerando el efecto de sublimación sobre la bandeja congelada.

En este sentido, se decidió realizar una estimación del valor de la evaporación en base a métodos empíricos[4], los cuales utilizan como parámetros de entrada la temperatura, velocidad del viento, humedad relativa y radiación solar registrados en la estación Campamento El Morro. A esto se agregó un análisis de los valores observados en la

[3] Balance Hídrico de Chile, Ministerio de Obras Públicas (MOP) – Dirección General de Aguas (DGA), 1987.
[4] Métodos: Balance de Energía, Aerodinámico y Priestley – Taylor.

Estación Embalse La Laguna (3.140 m s.n.m.) ubicada en la Cuenca del río Elqui, IV Región de Coquimbo, y parte de los valores observados para el Campamento El Morro.

Las series generadas se muestran en la Figura 5.15, en ella se puede notar que la curva que mejor representa la evaporación del Campamento El Morro es la referida al Método Priestley – Taylor. Se puede observar que durante los meses de estiaje, la serie propuesta se acerca bastante a la observada en Embalse La Laguna, estación con características climáticas muy similares ya que se localiza a una cota similar (3.140 m s.n.m.) en una cuenca vecina inmediatamente al Sur (excepto en enero donde sobreestima un 30%). En invierno se comporta de forma similar, aunque sobreestimando a la serie observada

En el cuadro siguiente se presenta la serie promedio anual generada para la estación Campamento El Morro.

Cuadro 5.3-9
Serie Mensual de Evaporación Generada para Estación Campamento El Morro

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
Evaporación (mm de H_2O)	241	194	190	128	94	82	96	114	147	193	215	249	1.945

Fuente: Elaboración propia.

De la serie se puede apreciar que los mayores valores de evaporación se encuentran en el trimestre noviembre - enero (235 mm promedio trimestral) y los menores valores en el trimestre mayo - julio (91 mm promedio trimestral). La evaporación anual estimada es del orden de los 1.945 mm.

g) Precipitación

Como se mencionó al comienzo, la información y análisis de las precipitaciones (pluvial y nival) en el área de estudios se presenta detalladamente en la Sección 5.6 Recursos Hídricos. No obstante cabe mencionar que a comienzos a mediados de abril de 2007 comenzó a operar en la Estación El Morro equipo medidor de altura de nieve obteniendo como resultados los que se presentan en el Cuadro 5.3-6e.

5.4 GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y RIESGOS NATURALES

Objetivo:

El objetivo de esta sección es caracterizar la geomorfología y la geología del área donde se emplazarán las instalaciones del Proyecto El Morro, con el fin de identificar y evaluar el riesgo natural asociado a variables climáticas, sísmicas, topográficas, geomorfológicas y geológicas.

Resultados:

A continuación se presenta la caracterización geológica, geomorfológica y de riesgos naturales para el área de estudio.

5.4.1 Geología

A continuación se presenta la geología para el área de estudio. El Mapa 5.3 y el Plano 5.2 presentan la geología del área. El detalle del estudio se presenta en el Apéndice 5B-1.

5.4.1.1 Área Totoral

A continuación se describe la estratigrafía de la zona estudiada, ordenada desde las formaciones más antiguas a las más recientes.

i. Complejo Metamórfico de Chañaral (DCce)

El Complejo metamórfico en el área está constituido por metaareniscas, pizarras, filitas y subordinadamente, por mármoles y metabasitas dispuestos en una franja paralelos a la línea de costa. Está intruido por plutones triásico-jurásicos y cretácicos y parcialmente cubierto por depósitos cuaternarios no consolidados y por las Gravas de Totoral.

ii. Diorita Los Cachos (TrJdlc)

El Complejo Metamórfico de Chañaral en la franja costera esta intruido por un extenso cuerpo diorítico generando un débil halo de metamorfismo de contacto de aproximadamente 100 – 50 m de ancho.

Litológicamente consiste en dioritas cuarcíferas equigranulares, de grano fino a medio de edad Triásico Superior.

iii. Formación La Negra (Jln)

Es una secuencia volcánica y volcanoclástica expuesta en el sector litoral de la zona del Proyecto cuyos afloramientos expuestos constituyen un “roof pendant” (techo colgado), en la Diorita Cuarcífera Sierra Colorada (Kdc) y la Diorita Cuarcífera Sierra Chicharra.

La formación está compuesta por brechas andesíticas, tobas brechosas con clastos de andesita, y lavas andesíticas porfíricas, de color pardo verdosas.

Por su relación de intrusión con la Diorita Cuarcífera Sierra Colorada, se le asigna una edad jurásica superior.

iv. Formación Punta del Cobre (JKpc)

Secuencia principalmente volcánica, con intercalaciones de rocas sedimentarias marinas en los niveles superiores, en contacto intrusivo con la Diorita Cuarcífera Barros Luco (Kdbl). Se le asigna una edad tentativa Jurásico Superior – Cretácico Inferior.

Su litología consiste en lavas andesíticas a dacíticas, tobas y brechas tobáceas de color pardo a gris verdoso y a sedimentitas calcáreas con metamorfismo de contacto.

v. Diorita Cuarcífera Sierra Colorada (Kdc)

Es un extenso cuerpo intrusivo diorítico cuarcífero de color gris verdoso claro, elongado en dirección NE – SW que al oeste intruye al Complejo Metamórfico de Chañaral y al oriente está limitado (contacto tectónico) con la Tonalita Las Zorras (Ktlz). Al norte está cubierto por depósitos aluviales y eólicos cuaternarios. Se le asigna una edad cretácica inferior.

Corresponde en su mayor parte a dioritas cuarcíferas, de grano medio a grueso; localmente con variaciones granodioríticas y tonalíticas.

vi. Tonalita Las Zorras (Ktlz)

Cuerpo tonalítico, de color gris claro, expuesto como un núcleo de la Diorita Cuarcífera Sierra Colorada; tiene una orientación NE – SW. Está en contacto al noroeste y sur con la Diorita Cuarcífera Sierra Colorada y al este con la Diorita Cuarcífera Barros Luco. Se le asigna una edad cretácica inferior.

Consiste en tonalitas de grano medio a grueso, inequigranulares; variaciones composicionales incluyen granodioritas y dioritas cuarcíferas.

vii. Diorita Cuarcífera Barros Luco (Kdbl)

Dioritas cuarcíferas, monzodioritas y dioritas que intruyen a rocas sedimentarias y volcánicas de la Formación Punta del Cobre. Al oeste está limitada por falla con la Tonalita Las Zorras. Se le asigna una edad cretácica inferior.

Corresponde, en su mayor parte, a dioritas cuarcíferas y dioritas, inequigranulares, de grano medio a fino y colores gris claro a ocre. Variaciones composicionales incluyen granodioritas y tonalitas.

viii. Gravas de Totoral (Mgt)

Corresponden a depósitos de bloques, gravas, arenas y limos, pobremente consolidados presentes en la quebrada Totoral, y en sus afluentes más importantes, como también en las quebradas Tiburón y Leones. Se disponen sobre granitoides del Cretácico Inferior y subyacen, en discontinuidad erosiva, a la Formación Bahía Inglesa. Presentan actitud subhorizontal a ligeramente inclinada al noreste, y un espesor de 100 m en el área de la quebrada La Cachina. Se le asigna una edad del Mioceno inferior.

ix. Formación Bahía Inglesa (MPlbi)

Conglomerados, areniscas coquinoideas, conglomerados fosfáticos, limolitas y diatomitas, de origen marino. Aflora, de manera discontinua, en el área costera, entre Bahía Salado, por el norte, y quebrada Los Burros, por el sur. Se le asigna un rango de edad del Mioceno Medio – Plioceno Inferior.

Consiste en conglomerados de bloques grises; areniscas gruesas a finas, pardo amarillentas a verdosas; areniscas coquinoideas gruesas, amarillentas; coquinas lenticulares y niveles subordinados de diatomitas y fosforitas concrecionales.

El espesor de la formación es de 15 m en la quebrada Tiburón, 20 m en la quebrada Totoral y 3 m en la quebrada Agua de los Burros.

x. Estratos Agua Amarga (Plaa)

Son rocas sedimentarias de carácter marino-litoral, de color gris blanquecino, expuestas de manera aislada, en el sector costero, al sur de la quebrada Totoral, entre las cotas 170 a 250 m s.n.m. Cubren a granitoides cretácicos y están parcialmente cubiertos por los Estratos de Caldera. Se le asigna una edad del Plioceno.

En su lugar tipo, corresponden a una sucesión de 2 m de espesor, constituida por conglomerados gruesos, grises; areniscas de cemento calcáreo; areniscas rojizas y coquinas gruesas, en parte guijarrosas, estratificadas en bancos de 0,3-0,5 m de espesor.

xi. Estratos de Caldera (Qec)

Secuencia sedimentaría clástica, de carácter litoral a sublitoral, constituida por conglomerados, areniscas y coquinas, las que cubren, parcialmente a las terrazas de

abrasión (erosión) marina. Los Estratos de Caldera se distribuyen a lo largo del dominio costero, a cotas inferiores de 210 m hasta el nivel del mar actual, extendiéndose hasta 17 km al interior del borde litoral. Se le asigna una edad del Cuaternario.

Los Estratos de Caldera presentan actitud subhorizontal, con un espesor variable entre 0,5 a 4 m y en las terrazas de abrasión en las cuales se alojan, cada sucesión está constituida por un conglomerado basal y sobre este, areniscas y coquinas. Ambas litologías se superponen en forma vertical y engranan lateralmente entre sí.

xii. Depósitos Aluviales Indiferenciados (Qal)

Sedimentos no cohesivos a moderadamente consolidados del Cuaternario, constituidos por bloques, gravas, arenas y limos. Cubren los Estratos de Agua Amarga y los Estratos de Caldera, y se encuentran cubiertos o engranando con depósitos eólicos. Constituyen extensas llanuras aluviales y llanos intermontanos en cauces someros de cursos de agua de actividad esporádica; en el fondo de grandes quebradas y como abanicos aluviales en el borde costero.

xiii. Depósitos Eólicos (Qe)

Corresponden a arenas y areniscas bien seleccionadas, de grano fino a grueso, de amplia distribución en el sector costero.

5.4.1.2 Área Quebrada Algarrobal

Para efectos de la descripción geológica del Área Quebrada Algarrobal, se separó en tramos, desde el km 0, empalme con la ruta 5 Norte, hasta el km 121, sector del actual Campamento El Morro.

i. Desde el km 0 al km 15,2

Su cauce ha sido labrado en las Gravas de Atacama (Tega); el relleno del cauce está constituido por depósitos aluviales (Qal) formados por bolones, gravas, arenas y ripios, con mala o ninguna estratificación y selección pobre, que se ubican principalmente en el lecho de la quebrada Algarrobal y de las quebradas afluentes mayores.

Las Gravas de Atacama, por su parte, corresponden a un conjunto de sedimentos, poco a medianamente consolidados, de origen aluvial, que incluye a conglomerados de bolones, gravas, arenas y ripios, con intercalaciones limosas, acumuladas sobre las rocas preexistentes en la zona, cortados por la acción erosiva de las quebradas modernas. Esta unidad, al interior de la región, se dispone horizontalmente como una carpeta sellando las estructuras y unidades más antiguas.

ii. Desde el km 15,2 al km 21,5

Rocas sedimentarias – conglomerados, brechas, areniscas con intercalaciones calcáreas finas – y volcánicas generalmente andesíticas pertenecientes a la Formación Cerrillos (Ksc). Al Sur y Sur Este, el trazado se desplaza sobre las rocas del Grupo Chañarcillo (Kc); La Formación Cerrillos tendría una edad generalizada cretácica superior.

iii. Desde el km 21,5 al km 40

Rocas intrusivas; interrumpido por rocas volcano-sedimentarias y tobas riolíticas, lavas andesíticas y traquíticas pertenecientes a las Formaciones Llanta y Hornitos (Ks2c) del Cretácico Superior.

iv. Desde el km 40 al km 43,5

Rocas volcano-sedimentarias y lavas de la unidad cretácica superior Ks2c.

v. Desde el km 43,5 al km 54,5

Secuencia de lavas y brechas basálticas a dacíticas con intercalaciones piroclásticas del Cretácico Superior, Ks3i.

vi. Desde el km 54,5 hasta el km 66

Cuerpo plutónico, interrumpido en las proximidades del km 62,5 por rocas volcánicas pertenecientes a la unidad cretácica anteriormente descrita.

El intrusivo es del Terciario (Paleoceno – Eoceno) designado PEg en el Mapa Geológico de Chile, correspondiente a la Superunidad Cogotí (Tc).

vii. Desde el km 66 al km 71

Presencia de las rocas volcánicas y continentales del Cretácico Superior (Ks3i), intruidas por la Superunidad Cogotí. (PEg).

viii. Desde el km 71,0 al km 96,5

Rocas intrusivas de la Superunidad Cogotí (Tc), interrumpida en los kilómetros 76,5 y 87,5 por rocas jurásicas de la unidad Jilm, y en el km 95,0 por la secuencia volcano-sedimentaria cretácica Ks2c, ambas unidades intruidas por Tc.

ix. Desde el km 96,5 al km 121

Límite occidental del sitio del yacimiento, sobre rocas de la unidad Ks2c, con la interrupción, entre los kilómetros 116,0 y 118,5 del intrusivo PTrg, que correspondería a la Superunidad Ingaguas (PTrc) asignada al Pérmico – Triásico.

5.4.1.3 Área Mina – Planta

La descripción geológica del Área Mina- Planta se ha dividido en estratigrafía, rocas intrusivas y estructura. El Plano 5.2 presenta en mayor detalle la geología de esta área.

i. Estratigrafía

Las rocas estratificadas más antiguas del área del yacimiento son del Paleozoico Superior, y las más modernas, sin considerar los sedimentos cuaternarios no consolidados, pertenecen a la Formación Gravas de Atacama del Terciario Superior – Cuaternario Inferior.

En esta área predominan dos unidades litológicas: las Gravas de Atacama (Tega) y los depósitos coluviales indiferenciados (Qc), que corresponden a depósitos periglaciares. La Formación Pastos Blancos, PTrp está subordinada, en distribución superficial, a las dos primeras mencionadas que ocupan más de dos tercios de la superficie del área (Ver Plano 5.2).

La erosión glaciar que ha operado durante el Pleistoceno, ha permitido despejar y poner al descubierto las unidades geológicas más antiguas (Formación Pastos Blancos, rocas jurásicas e incluso, los intrusivos terciarios), cubiertas discordantemente por las Gravas de Atacama. En la actualidad, las formaciones pre-terciarias ocupan los bajos topográficos, es decir, laderas y fondos de valles, mientras las gravas se disponen sobre los interfluvios.

ii. Rocas Intrusivas

Las rocas intrusivas plutónicas se presentan en pequeños afloramientos dispersos en la parte central norte del mapa geológico; corresponden comúnmente a granitos, dioritas, pórfidos granodioríticos, dioríticos y tonalíticos, designados con el símbolo PEg. Son terciarios de edad Paleoceno – Eoceno y, probablemente, equivalentes a la Superunidad COGOTÍ (Tc).

Intrusivos más antiguos son granitos de grano grueso del Pérmico – Triásico designados como PTrg, probablemente, equivalentes a la Superunidad INGAGUAS (PTrc), la que incluiría la Unidad Chollay. Los mayores afloramientos de estas rocas se encuentran inmediatamente al oriente y al sur del río Cazadero, que constituye el límite occidental del sitio del yacimiento.

iii. Estructura

Las estructuras tectónicas reconocidas en el sitio son tanto de carácter regional como local. Desde el punto de vista regional, el accidente tectónico mas importante es la falla de La Plata, falla inversa que controla parte del curso del río Cazadero.

Desde una perspectiva local, se reconocieron cuatro sistemas principales de fallas: sistema NNW, sistema NE o cercano, sistema NS y cercano y sistema de orientación EW.

Es posible destacar, en el sector norte y centro occidental del sitio de la mina, una falla inversa, de dirección meridiana, de unos 3.250 m de corrida; otras fallas inversas menores, de algo más de dos kilómetros de longitud, se ubican al norte de la primera falla mencionada. Un segundo sistema de fallas, mayoritariamente normales, se ubica en la mitad norte y oriental del área del yacimiento, representado por la Falla El Morro, de 3,8 km de longitud.

Otra falla normal de larga corrida – algo más de cinco kilómetros – se dispone subparalelamente y a unos 2-3 km al sur oeste de la Falla El Morro, de orientación NNW.

5.4.2 Geomorfología

El Proyecto, está ubicado por latitud, clima y modelado en la región de los Valles Transversales, también llamada Norte Chico, cuyos límites son la Cuesta de Chacabuco, por el sur, y el río Copiapó, por el norte.

"El Norte Chico es una montaña pesada y compacta, cortada en macizos por profundos valles de dirección este – oeste. A esta nueva disposición del relieve se asocia la desaparición del volcanismo reciente y neógeno y la aparición de una banda de planicies litorales, estrechas y escalonadas, en el borde occidental, dominando desde varias centenas de metros al Océano Pacífico.

La humedad aumenta de norte a sur y desde el mar hacia el interior del país; ésta es aportada por la evaporación oceánica, pero, más aun, por las perturbaciones frontales del invierno y por gotas meridionales frías, muy debilitadas o en disolución. De este modo, el desierto marginal cede el lugar, progresivamente, a un clima semiárido, que es una manifestación degradada del ambiente mediterráneo que reina en Chile Central" (BORDE Y SANTANA, 1980).

A continuación se presenta la geomorfología local de las distintas áreas de estudio, ésta se ha dividido, en la medida que sea necesario, en: hidrografía y drenaje, relieve, y formas y depósitos periglaciares.

5.4.2.1 Área Totoral

i. Hidrografía y Drenaje

El curso de agua principal de esta Área es la quebrada Totoral, que desemboca en el Océano Pacifico en la Caleta Totoral Bajo. Esta quebrada se origina al oeste de la ruta 5 Norte, por la confluencia de una serie de quebradas entre las que destaca la quebrada Boquerón, que asciende desde el sureste.

El desarrollo longitudinal de la quebrada Totoral, que se extiende, aproximadamente, de este a oeste, es del orden de 37 km, presentando una pendiente promedio de 0,3º.

Los principales afluentes de la quebrada Totoral son(Ver Mapa 5.3) por el sur y de este a oeste: quebrada Boquerón; quebrada Remolinos; quebrada La Laguna; quebrada del Cañón; quebrada Los Loros; quebrada La Chilca; quebrada del Carrizo; quebrada de La Rinconada y quebrada de Las Zorras, esta última próxima al litoral. Las quebradas Los Loros y Remolinos tienen una longitud superior a 15 km. Las quebradas afluentes por el norte, y también de este a oeste, son: la quebrada del Central y sus afluentes quebrada de la Tierra y de los Rincones; quebrada de los Álamos; quebrada Ancha, La Varilla y La Cachina.

El conjunto formado por la quebrada Totoral y sus afluentes, constituye una red de drenaje de tipo dendrítico, exorreica y torrencial.

ii. Relieve

El área Totoral presenta distintas formaciones geomorfológicos a lo largo de su extensión, que abarca desde la franja litoral hasta el trazado de la ruta 5 Norte, cuya descripción se presenta a continuación en sentido W – E.

En primer lugar, la franja litoral podría asimilarse a la cordillera de la costa, deprimida y angosta, constituyendo y caracterizando, al mismo tiempo, a nivel local, una unidad geomorfológica distintiva, con plataformas de abrasión marina, separadas por escarpes abruptos girados hacia el oeste, tallados en terrenos cristalinos y metamórficos intensamente tectonizados. En la zona de estudio estas plataformas litorales penetran unos 11 km hacia el interior, siguiendo el valle de la quebrada Totoral. Estas terrazas se disponen en una sucesión de niveles con ligera inclinación al oeste, cada una de ellas

limitada por dos escarpes aproximadamente paralelos a la línea de costa actual, con alturas variables entre 2 – 10 m, originadas, como se dijo anteriormente, por abrasión marina.

Al llegar al poblado de Perales y la quebrada de los Álamos, se marca el fin de la franja litoral y del basamento intrusivo metamórfico, que se extiende hasta la línea de la costa. Así, de los 700 m de la Sierra del Carrizo, que domina el Océano Pacífico a unos 7 km de la línea de la costa, se desciende sucesivamente a 400 y 300 m s.n.m., para llegar a 250 m s.n.m. en Perales y a 200 m de altura en el lecho de la quebrada Totoral.

El sector del Área Totoral próximo al trazado de la ruta 5 Norte está situado en una planicie levemente inclinada de oriente a poniente, que se descuelga de los relieves precordilleranos situados al este de la ruta 5 Norte, dispuestos en serranías de dirección meridiana. Esta planicie o glacis[5] de acumulación, se extiende, con algunas interrupciones hasta Vallenar, lo cual permite asociarla, en cierto modo, a la Depresión Intermedia.

Las cotas del glacis varían desde 450 m, a unos dos kilómetros al noroeste del cruce del camino de acceso a Totoral con la ruta 5 Norte, a 200 m, aproximadamente, en el sector llamado Cerrito Blanco; esto es, un aumento de cota de 250 m en 33,5 km de extensión, lo que equivale a una pendiente descendente inferior a 1º.

iii. Formas y Depósitos Periglaciares

Dos son las formaciones y formas asociadas que son posibles de identificar en el tramo estudiado: depósitos detríticos de origen aluvial del sector oriental y, depósitos eólicos litorales y continentales.

Los primeros, consisten esencialmente en gravas y arenas, se despliegan, inicialmente, como depósitos coluviales de piedemonte de la precordillera y, luego, como un gran glacis de acumulación que constituye una suerte de depresión intermedia, tal como se señalara anteriormente. El glacis está surcado por cauces secos o meros talwegs, apenas esbozados, difícilmente discernibles en la superficie detrítica.

A ambos lados del camino que une el poblado de Totoral con la ruta 5 Norte, se puede observar una larga franja de acumulación de arena, orientada en dirección noroeste,

[5] Plano inclinado de débil pendiente labrado en rocas sedimentarias poco resistentes por erosión laminar. Un glacis de acumulación está compuesto por materiales no consolidados (de diferentes granulometrías) que cubren un pedimento (glacis de erosión). Los glacis de acumulación se explican por la existencia de un desequilibrio entre los caudales líquidos y la carga sólida de las aguas corrientes, cuyo exceso provoca la sedimentación.

actualmente activa, en la cual es sólo posible reconocer grandes montículos de arena, con un frente a barlovento claramente convexo, y algunos cordones paralelos.

Hacia el sur del camino y asociado a los relieves que se extienden en dirección noroeste, se identificaron un manto continuo de arenas fijas, es decir, no móviles, más antiguas y débilmente litificadas ("arenisca dunaria"), originadas por la meteorización de rocas de tipo granítico. En este manto de arena, representado en la cartografía geomorfológica adjunta, no se observan dunas.

5.4.2.2 Área Quebrada Algarrobal

La geomorfología del trazado corresponde a la de la hoya hidrográfica de la quebrada Algarrobal y, en tal sentido, dicho aspecto está necesariamente limitado a las características hidrográficas y de drenaje, como lo impone el carácter lineal del curso de agua.

El colector principal es la quebrada Algarrobal que nace a unos 2.565 m de altura, por la unión de las quebradas La Llareta y Caballo Muerto. Luego de un recorrido hacia el oeste de unos 72 km, aproximadamente, alcanza, en el cruce con la ruta 5 Norte, a una cota de 460 m s.n.m., lo cual corresponde a un gradiente hidráulico medio de 1,65º (0,03%).

Los principales afluentes de la quebrada Algarrobal son los siguientes: por el nororiente, la quebrada Las Cunas con su cortejo de afluentes tales como las quebradas Salitral, Verraco, Hornito, Pozo Seco, Las Máquinas y Vaca Seca. Por el sur y sur oriente, las quebradas El Molle, Agua Salada y Cortadera.

La red de drenaje que forma la quebrada Algarrobal con sus afluentes, presenta un aspecto arborescente que es típico de una red de tipo dendrítica. La quebrada Algarrobal posee un régimen estacional o temporal y sólo escurre con ocasión de lluvias importantes o deshielos de magnitud.

5.4.2.3 Área Mina – Planta

i. Hidrografía y Drenaje

La hidrografía de la cuenca en la cual se ubica el yacimiento, se organiza en relación con el río Cazadero, que fluye de norte a sur, y que constituye su límite occidental, tal como se expresara anteriormente; a él se unen, desde el interior de la cuenca, es decir, desde el oriente, una serie de quebradas que la drenan y que se disponen, generalmente, en dirección noreste – sur oeste, aproximadamente.

Las principales quebradas afluentes del río Cazadero, por el este, son las siguientes, citadas de norte a sur: la quebrada Piuquenes, la única cuyo curso tiene una clara orientación este – oeste; quebrada del Medio; quebrada Larga con su afluente la quebrada Campana y, por último, la quebrada del Burro. Por el oeste, son de norte a sur las siguientes: quebrada Piedra Parada, quebrada La Ortiga, quebrada El Espinal, quebrada El Huerto y quebrada Leon Muerto-Lagunillas.

El río Cazadero es afluente del río Laguna Grande que desciende desde el noreste, y en cuyo cauce se aloja la laguna homónima, probablemente de origen glacial.

La pendiente promedio del cauce del río Cazadero es del orden de 3,1º (0,5%), mientras que el de la quebrada Larga, su principal afluente, es de 3,8º (0,6%), en conformidad a la lógica hidráulica del escurrimiento encauzado. La red de drenaje de esta cuenca puede ser definida como paralela en razón a su geometría y porque el río Cazadero está controlado por la Falla La Plata.

El río Cazadero es un curso de agua intermitente en sus nacientes, hasta la confluencia con la quebrada Espinal. Hacia aguas abajo, los cursos de los ríos Cazadero y luego Laguna Grande, después de la confluencia con la quebrada de Cantaritos, son cursos de agua de régimen permanente; las quebradas afluentes del Río Cazadero poseen un régimen temporal o esporádico, a excepción de la quebrada Lagunillas que tiene un régimen permanente. Estos cursos son los que permite alimentar los humedales existentes en el sitio.

ii. Relieve

Esta área tiene, en planta, una forma aproximadamente triangular, siendo sus límites naturales: por el sur este, la línea divisoria de aguas del Cordón del Burro y el río Laguna Grande; por el nor-noreste el interfluvio quebrada Piuquenes / Río Manflas, y por el oeste, el río Cazadero. La divisoria de aguas situada al norte se dispone en dirección ESE con una interrupción en el Portezuelo Cantaritos (4.084 m), ubicado fuera del perímetro morfológico anteriormente definido. El Plano 5.3 presenta la geomorfología del área Mina – Planta.

Los puntos culminantes ubicados en los interfluvios que constituyen los límites del sitio son, en el Cordón del Burro y dispuestos de sur oeste a noreste, Cerro de Los Potrerillos (3.716 m); Cerro El Puesto (4.045 m); luego vienen dos puntos anónimos de 4.270 y 4.250 m, respectivamente. Se prosigue con 4.734 m, 4.274 m, rematando con 4.369 m s.n.m., cerca del Rincón de Los Cantaritos. Los puntos más bajos de esta cuenca se

ubican en el lecho de la quebrada Larga. Desde el oeste al este, es decir, desde la confluencia de la quebrada con el río Cazadero, las cotas son las siguientes: 3.400 m, 3.525 m, 3.650 m y 3.825 m.

La amplitud del relieve de la cuenca varía entre 315 m, para la parte topográficamente más deprimida – hacia el sector de la confluencia – y 624 m en la más alta. Esta amplitud puede considerarse como moderada a fuerte.

iii. Formas y Depósitos Periglaciares

El modelado del área del yacimiento constituye el ejemplo típico de un paisaje periglaciar de altura caracterizado por formas suaves y redondeadas como resultado de la acción de la gelifracción crioclastismo sobre una geomorfología glaciar heredada.

En el área del yacimiento no existen formas ni depósitos de evidente origen glaciar; más bien es el resultado de la erosión glaciar pero, posteriormente, su modelado fue modificado por los fenómenos periglaciares.

5.4.3 Riesgos Naturales

A continuación se presentan los riesgos naturales asociados a las áreas del Proyecto. El Mapa 5.4 indica la ubicación de éstos en el área de estudio. El Apéndice 5B-1 presenta en detalle estos riesgos.

5.4.3.1 Área Totoral

Los riesgos reconocidos en el Área de la quebrada Totoral se muestran el Mapa 5.4 y son:

- Caída de rocas: en la vertiente sur poniente de la quebrada Totoral, caída de rocas desde ladera rocosa muy fracturada, con bloques inestables, de importancia relativa débil y probabilidad de ocurrencia considerada como moderada. Riesgo potencial[6].

- Crecida aluvional y aluviones: cauce y lecho mayor de la quebrada Totoral y quebradas afluentes mayores de la quebrada Totoral, riesgos importantes y de moderada probabilidad de recurrencia o actualización. Riesgos declarados; el riesgo declarado de aluvión corresponde al último ocurrido en el año 1997 (Ver Plano 5.4).

[6] Es necesario distinguir entre riesgo declarado o actual y riesgo potencial: El riesgo declarado o actual, se refiere a un fenómeno o proceso (deslizamiento, erupción volcánica) que se ha producido en el pasado y que ha dejado evidencias geomorfológicas, sedimentológicas o de otra naturaleza que permiten identificarlo. Un riesgo potencial, se define por medio del análisis de factores desfavorables, tales como rocas intensamente fracturadas, pendientes muy fuertes para un material dado, etc, que pueden inducir el riesgo o actualizarlo.

Al riesgo de aluvión se le debe sumar la crecida aluvional de las quebradas afluentes mayores de la quebrada Totoral, cuyas aguas engrosaron el caudal de esta última, como aporte significativo a la actualización del riesgo en el aluvión del 97.

El riesgo de aluvión no es nuevo en el ámbito de la quebrada Totoral. BLANCO et al., (2003) señalan que, parte importante de los materiales detríticos que componen la Formación Gravas de Totoral, tuvo su origen en fenómenos de flujo de detritos en tiempos de la "paleo quebrada Totoral", probablemente en el Pleistoceno, bajo condiciones climáticas, evidentemente, más húmedas que las actuales.

El régimen hidrográfico de la quebrada Totoral es temporal a esporádico, propio de las regiones áridas y semiáridas, como la región del Proyecto. Los cauces son funcionales únicamente en años muy lluviosos – el 97 lo fue – y su caudal también es alimentado por las aguas aportadas por las quebradas afluentes, las que se han activado sincrónicamente.

El riesgo declarado de aluvión ha sido situado en el cauce y lecho mayor de la quebrada Totoral, con límites laterales imprecisos; en las quebradas afluentes, se ha indicado un riesgo declarado de crecida aluvional, que significa, tal como se expresara anteriormente, un gran aporte de líquido al sistema.

Ambos riesgos han sido definidos como riesgos declarados, importantes y de moderada probabilidad de recurrencia o actualización.

El aluvión de 1997 dejó aislado el poblado de Totoral y destruyó gran parte del camino que conduce a la Caleta Totoral Bajo. Su recurrencia o actualización provocará los mismos daños del pasado; la conducción proyectada sería afectada seriamente, en la medida que ocupe la misma trayectoria del fenómeno aluvional, así como también, cotas cercanas al lecho de la quebrada Totoral.

5.4.3.2 Área Quebrada Algarrobal

El principal riesgo está fuertemente ligado al escurrimiento encauzado – temporal – de la quebrada Algarrobal. De este modo se han identificado dos tipos de riesgos hídricos los que en la práctica son difíciles de discriminar. Se trata de una crecida en la parte alta y media de la hoya hidrográfica de la quebrada, que pasa progresivamente a una crecida de carácter aluvional, ambas definidas como riesgos declarados. Ambos riesgos son considerados en términos cualitativos, de importancia alta, y con una probabilidad de recurrencia de mediana a fuerte. Los riesgos son declarados, la última crecida se produjo entre el 10 y 13 de junio de 1997.

Otro riesgo de importancia media, está presente en los sectores de afloramientos de rocas intrusivas, coincidentes con estrangulamientos de la quebrada. Se presenta como riesgo declarado de caída de rocas. La probabilidad de recurrencia del riesgo ha sido considerada como mediana.

5.4.3.3 Área Mina – Planta

Los riesgos reconocidos son:

- Derrumbes de detritos: En general, el riesgo en esta área es potencial y de importancia regular, sin embargo, en la cota 4.280 m s.n.m., al costado del camino de acceso al sureste del futuro rajo (pit) de la mina se presenta un riesgo declarado de extensión reducida, suficiente para bloquear el camino. Su importancia relativa es débil y con una probabilidad de recurrencia fuerte.

- Avalanchas de nieve: Riesgo potencial, del que se puede destacar lo siguiente:
  - El mayor número de avalanchas se concentra en las laderas de quebrada del Medio y quebrada Larga.
  - Un segundo grupo de avalanchas se ubica en la parte alta de la quebrada Larga, en el área del futuro rajo de la mina.
  - Dependiendo del espesor del manto de nieve y dado el alto coeficiente de roce del terreno, podrían existir escasas probabilidades para que se generen avalanchas de magnitud. No se puede descartar la generación de avalanchas húmedas que arrastren grandes volúmenes de depósitos periglaciares con el consiguiente efecto destructor.

Estos riesgos naturales se muestran gráficamente en el Plano 5.4.

5.4.3.4 Sismología

Este estudio tuvo los siguientes objetivos:

- Descripción general de la sismicidad asociada al área del Proyecto El Morro;
- Efectos sísmicos esperables en dicha área.

Para esta caracterización se revisó el Estudio de Riesgo Sísmico Proyecto El Morro, elaborado por A. Karzulovic & Asoc. Ltda. para Hatch Ingenieros y Consultores Ltda. (junio, 2006)., el cual se presenta en el Apéndice 5B-2.

El norte de Chile entre las latitudes 18° S y los 31° S, ha sido reconocido por muchos autores como una zona de alto potencial sísmico. Históricamente en dicha zona han

ocurrido gran cantidad de eventos sísmicos, algunos de los cuales han generado tsunamis sobre la costa chilena. La actividad sísmica del país se asocia a la "Tectónica de Placas", específicamente por los desplazamientos de la Placa de Nazca, hacia el Este, y la Placa Continental, hacia el Oeste, a una velocidad relativa de acercamiento entre ambas placas de alrededor de 8 a 10 cm/año. La convergencia de ambas placas se produce en la denominada fosa oceánica, a una distancia de unos 80 a 200 km al oeste de la costa. Dicha convergencia se produce mediante la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Continental. La subducción se produce según un plano inclinado denominado zona de Benioff, de rumbo aproximadamente Norte-Sur que mantea hacia el Este con un ángulo de buzamiento de 10 a 30°. En dicho plano se localizan los focos de la mayor parte de los sismos que ocurren en Chile (sismos interplaca).

Conforme con esto, para evaluar el riesgo sísmico del sector que interesa se consideró un área sísmica de Latitud Sur: 25º30' a 31º30'y Longitud Oeste: 66º30' a 72º30'. Esta área sísmica asociada, en la cual se ubican las ciudades de Chañaral, Caldera, Copiapó, Huasco y Vallenar y numerosas faenas mineras, está situada sobre la zona de subducción-acresión de la placa de Nazca con la placa Continental (Lomnitz, 1971), y presenta bastante actividad sísmica.

La actividad sísmica registrada en forma instrumental data aproximadamente desde 1900, con información relativa a epicentros, profundidades focales y magnitud de los eventos sísmicos; sin embargo, recién a partir de 1963, con motivo del Año Geofísico Internacional, se empieza a tener una historia sísmica sistemáticamente registrada. En el Cuadro 5.4-1 se presenta un resumen de las características de los sismos más importantes ocurridos desde 1890 al 2005 en el área de sismicidad establecida para el Proyecto.

Cuadro 5.4-1
Terremotos Históricos que han Afectado la Zona de Sismicidad del Proyecto El Morro

Fecha	Latitud	Longitud	Profundidad Focal (km)	Magnitud Richter (MR)
4 de mayo 1923	-28,75	-71,75	60	7,00
11 de junio 1952	-31,50	-68,60	30	7,00
23 de febrero 1965	-25,67	-70,63	36	7,00
3 de agosto 1978	-26,51	-70,54	58	7,00
15 de mayo 1925	-26,00	-71,50	50	7,10
18 de abril 1939	-27,00	-70,50	100	7,40

Fecha	Latitud	Longitud	Profundidad Focal (km)	Magnitud Richter (MR)
15 de enero 1944	-31,50	-68,60	30	7,40
23 de noviembre 1977	-31,03	-67,77	13	7,40
4 de octubre 1983	-26,53	-70,56	14	7,40
27 de octubre 1894	-30,50	-68,40	30	7,50
20 de mayo 1918	-28,50	-71,50	80	7,50
2 de agosto 1946	-26,50	-70,50	50	7,50
15 de octubre 1997	-30,93	-71,22	58	7,60
28 de diciembre 1966	-25,51	-70,74	23	7,80
6 de abril 1943	-30,75	-72,00	55	8,20
11 de noviembre 1922	-28,50	-70,00	25	8,50

Fuente: Estudio de Riesgo Sísmico Proyecto El Morro, Anexo A "Datos de Sisimicidad Proyecto El Morro", A. Karzulovic & Asoc. Ltda. para Hatch Ingenieros y Consultores Ltda., junio 2006.

En la zona sísmica donde se desarrolla el Proyecto, la sismicidad está asociada fundamentalmente a la interacción entre placas mencionada precedentemente, la cual genera sismos de gran profundidad focal en la zona cordillerana, aunque en la zona costera ocurren a poca profundidad. En esta zona los hipocentros se van profundizando en dirección al este, pero no se puede decir que hay una relación entre la magnitud del sismo y la profundidad de su hipocentro. En planta no hay una distribución preferencial de magnitudes pero la sismicidad decrece hacia el Este, aunque los sismos de mayor magnitud ocurren preferentemente a lo largo de la línea costera de Chile.

En forma muy notoria, la principal fuente sísmica en la zona del interés de este estudio corresponde al mecanismo de subducción entre las placas de Nazca y Continental. Si bien existen sismos cordilleranos, éstos tienen un rol francamente secundario en la sismicidad de la zona sísmica asociada al sector del Proyecto.

En la práctica actual de la ingeniería sísmica se recomienda considerar tres niveles de riesgo sísmico, los que se presentan a continuación:

- ***Sismo de Operación***, correspondiente a un sismo de intensidad moderada pero con una probabilidad de ocurrencia relativamente alta durante la vida operacional de las obras del Proyecto, por lo que el diseño de ingeniería debe ser tal que ante la ocurrencia de este tipo de sismo la infraestructura solo sufra daños menores, que no afecten su capacidad operacional. Para este nivel de riesgo sísmico se propone un

sismo tal que produzca una aceleración máxima del terreno en el sitio que interesa cuya probabilidad de excedencia sea menor o igual al 5%, en un período de observación de 50 años.

- ***Sismo de Seguridad***, correspondiente a un sismo intenso pero con una probabilidad de ocurrencia relativamente baja durante la vida operacional de las obras del Proyecto, por lo que el diseño de ingeniería debe ser tal que ante la ocurrencia de este tipo de sismo la infraestructura sufra algún nivel de daños, que eventualmente afecte su capacidad operativa, pero no colapse. Para este nivel de riesgo sísmico se propone un sismo tal que produzca una aceleración máxima del terreno en el sitio que interesa cuya probabilidad de excedencia sea menor o igual al 5%, en un período de observación de 250 años.

- ***Terremoto Máximo Creíble***, correspondiente al sismo más intenso que creíblemente pueda afectar el sector que interesa, por lo que tiene una muy baja probabilidad de ocurrencia durante la vida operacional de las obras del Proyecto, por lo que el diseño de ingeniería debe ser tal que ante la ocurrencia de este tipo de sismo la infraestructura no colapse. Para este nivel de riesgo sísmico se propone un sismo tal que produzca una aceleración máxima del terreno en el sitio que interesa cuya probabilidad de excedencia sea menor o igual al 5%, en un período de observación de 1.000 años.

Conforme a lo expuesto anteriormente, pueden definirse los siguientes niveles de solicitación sísmica para el Proyecto (las aceleraciones máximas del terreno se refieren a la aceleración horizontal máxima en la superficie, y suponen que se trata de suelos duros o roca):

- ***SISMO DE OPERACIÓN:***
  - Periodo de observación, TO: 50 años.
  - Aceleración máxima del terreno, a max: 0,29g.
  - Probabilidad de excedencia: 5%.
  - Probablemente un sismo con epicentro en la costa, y una magnitud Richter en el rango de 6,0 a 6,5.

- ***SISMO DE SEGURIDAD:***
  - Periodo de observación, TO: 250 años.
  - Aceleración máxima del terreno, a max: 0,34g.

- Probabilidad de excedencia: 5%.
- Probablemente un sismo con epicentro en la costa, y una magnitud Richter en el rango de 6,5 a 7,0.

- ***TERREMOTO MÁXIMO CREÍBLE:*** - Periodo de observación, TO: 1.000 años.

- Aceleración máxima del terreno, a max: 0,38g.
- Probabilidad de excedencia: 5%.
- Probablemente un sismo con epicentro en la costa, y una magnitud Richter en el rango de 7,0 a 8,0.

5.5 SUELOS

Objetivo:

El objetivo de esta sección es caracterizar y clasificar los suelos del área en donde se emplazarán las instalaciones del Proyecto, desde un punto de vista físico, químico y geomorfológico, así como evaluar sus potenciales usos y su nivel de degradación.

Resultados:

A continuación se presenta la caracterización de suelos para el área del Proyecto. Una ilustración de los resultados se presenta en el Mapa 5.5. El Apéndice 5C presenta un estudio detallado para esta componente ambiental.

5.5.1 Área Totoral

El Área Totoral se ha subdivido en tres sectores de caracterización de suelos:

- Sector Costero,
- Sector entre Caleta Totoral Bajo y el Poblado de Totoral,
- Sector Quebrada Algarrobal – Posada Algarrobal – Quebrada Totoral aguas arriba del poblado Totoral.

Con respecto al valor del suelo de estos tres sectores, corresponden a zonas para el desarrollo de vida silvestre y vegetación nativa en el marco de la conservación de la biodiversidad, especialmente la asociada al fenómeno del Desierto Florido.

5.5.1.1 Sector Costero

Corresponden a suelos formados a partir de materiales graníticos, de topografía ondulada, pendientes complejas de 8 a 15%, presencia de afloramientos rocosos en un 10%, pedregosidad superficial y bloques. Estos suelos son muy delgados con rasgos de iluviación dada la presencia de acumulaciones subsuperficiales de carbonatos (horizontes Ck1 y Ck m^2). Se distribuyen en la zona costera limitando con playas y cerros de la Cordillera de La Costa.

Según la taxonomía del "United State Department of Agriculture" (USDA, 2006) el epipedón (horizonte superficial) se clasifica como Ocrico, debido al bajo contenido de materia orgánica, el escaso desarrollo de estructura y a un espesor demasiado delgado como para clasificarlo en otras categorías. A causa de la presencia de un horizonte cálcico se clasifican en el Orden Aridisols.

a) Uso del Suelo

Los suelos de esta unidad corresponden a zonas de tránsito, con presencia de numerosas huellas de uso vehicular y marginalmente a zonas de recolección de leña. La mayor parte de la unidad no presenta uso actual, salvo por la presencia de escasos asentamiento humanos. La Capacidad de Uso corresponde a VIII[7].

b) Riesgo de Erosión

La unidad está sometida a procesos de erosión eólica que se manifiesta por depositaciones de arenas en la superficie y por la presencia de pavimento del desierto. No se describieron rasgos de erosión hídrica.

5.5.1.2 Sector entre Caleta Totoral Bajo y el Poblado de Totoral

Las formaciones geomorfológicas determinan la existencia de tres macro unidades: suelos desarrollados en planos de depositación remanentes, suelos de quebradas y suelos de fondo de quebrada.

i. Suelos de Planos de Depositación Remanentes

Suelos desarrollados in situ a partir de la meteorización de materiales metamórficos, con procesos de adición por depositaciones eólicas y coluviales. Corresponden a suelos muy delgados, en planos inclinados con pendiente de 2 a 5% disectados por quebradas profundas. Son suelos de textura gruesa, bien drenados, con rasgos de erosión hídrica de tipo laminar, considerándose como suelos frágiles a causa de su profundidad.

Según la taxonomía del USDA (2006) el epipedón se clasifica como Ocrito. Debido a la ausencia de otros elementos de diagnóstico estos suelos se clasifican en el Orden Entisols.

a) Uso del Suelo

Debido a la escasa profundidad y fragilidad se clasifican en Capacidad de Uso VIII. Esta unidad no presenta uso actual, salvo para el desarrollo y conservación de vegetación nativa y vida silvestre.

[7] Según el Soil Survey Manual (NRCS, 1993), se establecen 8 capacidades de uso para los suelos: Clase I, II, III y IV son suelos aptos para cultivos. Mientras que Clase V, VI, VII y VIII son tierras de uso limitado, generalmente no aptas para cultivos. De los tipos de suelo encontrados en el área del Proyecto se puede decir que: Los suelos Clase VI corresponden a suelos inadecuados para los cultivos y su uso está limitado a pastos y forestales. Los suelos Clase VII son suelos con limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para los cultivos. Su uso fundamental es pastoreo y forestal. Los suelos Clase VIII corresponden a suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal. Su uso está limitado solamente para la vida silvestre, recreación o protección de hoyas hidrográficas.

b) Riesgo de Erosión

La unidad está sometida a procesos de erosión eólica que se manifiesta por la presencia de pavimento del desierto. Los rasgos de erosión hídrica corresponden al tipo laminar, con un grado de erosión ligera. Los suelos presentan una permeabilidad adecuada, sin embargo se pueden saturar rápidamente debido a la escasa profundidad, en consecuencia frente a un evento de precipitaciones intensas existe el riego de erosión hídrica.

ii. Suelos de Quebradas

Corresponden a suelos formados en las laderas de las quebradas que disectan el paisaje. Comúnmente, corresponden a depósitos coluviales de escaso desarrollo, de pendientes complejas por sobre el 30% de inclinación, texturas gruesas y perfiles delgados del tipo A-C o R. Se clasifican, a nivel de Orden, como Entisols, debido a su escaso desarrollo.

a) Uso del Suelo

Esta unidad no presenta uso actual, salvo para el desarrollo y conservación de vegetación nativa y vida silvestre. La Capacidad de Uso corresponde a VIII.

b) Riesgo de Erosión

La unidad está sometida a procesos de erosión hídrica, con un grado de erosión severa. Se presentan numerosos rasgos de erosión desde el tipo laminar a cárcavas correspondiendo en sectores de pendiente abrupta a suelos altamente inestables, sujetos a remociones en masa. Desde este punto de vista no se recomienda su intervención, ya que los procesos de erosión difícilmente pueden ser controlados.

iii. Suelos de Fondo de Quebrada

Corresponden a depósitos aluviales sin desarrollo, de relieve plano y microrelieve acentuado, con presencia de terrazas aluviales de poca extensión, erosionadas y disectadas por aluviones recientes. La granulometría corresponde a gravas, bolones y arenas con distinto grado de estratificación y ordenamiento. Se clasifican, a nivel de Orden, como Entisols, debido a su escaso desarrollo.

a) Uso del Suelo

Esta unidad no presenta uso actual, salvo para el desarrollo y conservación de vegetación nativa y vida silvestre. La Capacidad de Uso corresponde a VIII.

b) Riesgo de Erosión

La unidad está sometida a continuos procesos de modificación por acción hídrica. Corresponde a una zona en continuo riesgo de inundación, ocurrencia de aluviones o depositación de remociones en masa.

5.5.1.3 Sector Quebrada Algarrobal – Posada Algarrobal – Quebrada Totoral aguas arriba del poblado Totoral

Corresponden a suelos de nulo a escaso desarrollo, con predominancia de materiales gruesos a través de toda la sección de control. Se diferencia una secuencia de mayor desarrollo en la formación de los suelos de esta unidad hacia los sectores más cercanos a la costa. Los sectores orientales a la salida de las quebradas se encuentran asociados a eventuales vías de escurrimiento de agua, con presencia de gravas y pedregosidad superficial entre 15 y 30%.

El grado de estructura es incipiente en el epipedón, correspondiendo a suelos desarrollados in situ a partir de depósitos aluviales. La sección de control presenta alternancia de estratificaciones de arenas, arenas y gravas, donde, en algunos sectores es posible observar eventos de depositación sobre suelos de escaso desarrollo. Hacia el sector más bajo y cercano a la costa, se presenta una banda de acumulación de carbonato de calcio.

Según la taxonomía de USDA (2006), el horizonte superficial corresponde a un epipedón Ocrico. Los suelos con presencia de un horizonte cálcico (sector cercano a la costa) se clasifican como Aridisols, mientras que los suelos sin presencia de este horizonte se clasifican como Entisols.

a) Uso del Suelo

Los suelos de esta unidad corresponden, localmente, a zonas de recolección de leña, zonas de pastoreo caprino y zonas de cultivo en donde existen recursos hídricos. La mayor parte de la unidad no presenta uso actual. La Capacidad de Uso corresponde a VII.

b) Riesgo de Erosión

La unidad está sometida a procesos de erosión eólica e hídrica. La erosión eólica se manifiesta por depositaciones de arenas en la superficie y por la presencia de pavimento del desierto, como se describió anteriormente. La erosión hídrica, se manifiesta por los procesos de depositaciones aluviales, y en menor medida por la presencia de vías eventuales de escurrimiento.

5.5.2 Área Quebrada Algarrobal

Dentro de esta área se distinguen dos sectores para la descripción del suelo:

- Sector Posada Algarrobal – Hacienda Jarillas.
- Sector Hacienda Jarillas – El Pingo – Quebrada Caballo Muerto.

5.5.2.1 Sector Posada Algarrobal – Hacienda Jarillas

i. Suelos en laderas de cerros sector Posada Algarrobal – Merceditas

Son suelos de evolución incipiente en que pueden distinguirse tres tipos: coluvios y afloramientos rocosos sin desarrollo de suelos, suelos formados a partir de materiales granodioríticos en el sector de Merceditas y suelos formados sobre la Unidad geológica Gravas de Atacama.

ii. Coluvios y Afloramientos Rocosos

Unidades geomorfológicas en las cuales no se han desarrollado suelos. Corresponden a sectores de roca desnuda, elevada pedregosidad superficial, y elevada pendiente. Se considera el criterio de CIREN para otras regiones del país, que clasifica estas unidades como Miscelaneo Coluvial y Miscelaneo Terrenos Rocosos. Se clasifican en Capacidad de Uso VIII.

iii. Suelos en el Sector Merceditas

Suelos en lomajes de pendientes complejas mayores a 30%. Formados a partir de la meteorización de materiales granodioríticos, con pedregosidad superficial de hasta 30% y presencia de bloques y afloramientos rocosos. Suelos de texturas gruesas en superficie, con desarrollo de un horizonte Bw de texturas medias a finas.

Según la taxonomía del USDA (2006) el epipedón se clasifica como Ocrico, debido a un espesor demasiado delgado como para clasificarlo en otras categorías. El horizonte subsuperficial Bw se clasifica como un horizonte Cámbico (Bw) por sus características de textura, estructura y color. De esta forma, los suelos se clasifican en el Orden Aridisols.

a) Uso del Suelo

Los suelos de esta unidad corresponden, localmente, a zonas de recolección de leña y zona de pastoreo caprino. La mayor parte de la unidad no presenta uso actual. Se clasifican en Capacidad de Uso VII cuando la pendiente es menor a 30%, y en Capacidad de Uso VIII con pendientes mayores.

b) Riesgo de Erosión

La unidad está sometida a procesos de erosión hídrica del tipo laminar ligera a moderada. La capacidad de drenaje se considera como bien drenado, sin embargo la existencia de un horizonte subsuperficial de textura fina determina un impedimento al movimiento vertical del agua, de tal forma que precipitaciones intensas pueden saturar el perfil de suelo, superando la capacidad de drenaje y generándose un desplazamiento de masas por pérdida de estabilidad de los horizontes superficiales, derivando en zanjas y cárcavas. En estos suelos, la modificación de las características de los horizontes superficiales es un factor relevante en la desestabilización de la superficie.

iv. Suelos de Laderas en la Unidad Gravas de Atacama

Corresponden a suelos de laderas con 15 a 20% de pendiente. Los materiales de origen se encuentran meteorizados a tal punto que no se reconocen en el suelo. De profundidad en el rango Ligeramente Profundo, texturas gruesas en superficie a causa de la erosión eólica y finas en profundidad, con desarrollo de un horizonte Bw y presencia de carbonatos de calcio.

Según la taxonomía de USDA (2006) presentan un epipedón Ocrico, presentan un régimen de humedad arídico, de tal forma que se clasifican como Aridisols.

a) Uso del Suelo

Los suelos de esta unidad corresponden, localmente, a zonas de recolección de leña y zona de pastoreo caprino. La mayor parte de la unidad no presenta uso actual. Se considera su Capacidad de Uso en VII.

b) Riesgo de Erosión

La unidad está sometida a procesos de erosión eólica por depositaciones. Son suelos de permeabilidad moderada a causa de su textura arcillosa, de tal forma que lluvias intensas pueden causar eventual erosión por sobrepasar la velocidad de infiltración.

v. Suelos en el Sector Mercedita – Hacienda Jarillas

Los suelos en este sector están referidos únicamente a tipos misceláneos, ya sea Misceláneo Coluvial, Misceláneo Terrenos Rocosos, o bien Misceláneo Caja de Estero. Se clasifican en Capacidad de Uso VIII.

5.5.2.2 Sector Hacienda Jarillas – El Pingo – Quebrada Caballo Muerto

Estos sectores se han agrupado dadas las similitudes en las unidades de suelos descritas. Se distinguen Misceláneo Terrenos Rocosos, Misceláneo Coluvial, Misceláneos aluviales, suelos derivados de materiales granodioríticos, y suelos de vegas.

Las unidades Misceláneo Terrenos Rocosos, Misceláneo Coluvial, Misceláneos Aluviales, y suelos derivados de materiales granodioríticos se describen en sectores anteriormente presentados, por lo que sólo se hace referencia a suelos de vegas y a las particularidades de los suelos coluviales.

i. Suelos de Vegas

Son suelos desarrollados a partir de materiales orgánicos sobre depósitos aluviales, en que se superponen depósitos coluviales que forman abanicos en la zona de contacto lateral de los valles o quebradas. Son suelos sometidos a una intensa presión ganadera, lo que ha generado erosión por sobrepastoreo y procesos de degradación severos, llegando a desaparecer la cubierta vegetal en algunos sectores.

Para este sector, cuyas vegas se presentan degradadas, se presenta la siguiente descripción.

a) Uso del Suelo

Estos suelos de vegas presentan un uso pecuario, sometidos a sobrepastoreo, principalmente por ganado caprino y caballar, que determinan un decrecimiento de la superficie vegetal que les da origen. Algunos sectores son regados por agricultores de la zona, de tal forma que se logra mantener una cubierta vegetal extendida que de otra forma no podría existir. A causa de su grado de erosión, se clasifican en Capacidad de Uso VIII.

b) Riesgo de Erosión

El uso intensivo de estos suelos por actividades pecuarias ha dado como resultado una reducción de los contenidos de materiales orgánicos, un aumento de la salinidad, y el aumento del pH en el rango de ligeramente alcalino a alcalino. Además, se ha producido la disminución de su capacidad productiva. Otros factores que determinan riesgo de erosión corresponden a depósitos coluviales y aluviales que pueden ocupar estos suelos y sepultarlos, a causa de lluvias intensas eventuales.

ii. Suelos Formados sobre Depósitos Coluviales

Corresponden a suelos de escaso desarrollo formados sobre materiales coluviales, de texturas gruesas, estratificados, profundos, con pendientes mayores a 30%, elevada pedregosidad superficial, rasgos de erosión hídrica ligera a moderada, y en algunos

sectores erosión por transito de ganado. Se reconoce en estos suelos el modelo de paisaje denominado catena, en que existe una secuencia repetitiva de suelos que se produce desde la cima de la ladera hasta la parte baja, adyacente a los suelos de vegas. En la parte baja de la ladera, los depósitos son más profundos y en algunos sectores se observan depósitos aluviales enterrados, o bien horizontes orgánicos sepultados.

En estos suelos, el epipedón se clasifica como Ocrico, y el régimen de humedad se considera Arídico. Dada la ausencia de otros rasgos de diagnóstico, se clasifican en el Orden Entisols.

a) Uso del Suelo

Suelos sometidos a pastoreo extensivo, y actividades de recolección de leña. La mayor parte de la unidad no presenta uso actual. La Capacidad de Uso corresponde a VII con pendientes menores a 30% y VIII para pendientes mayores.

b) Riesgo de Erosión

Son suelos de permeabilidad adecuada, pero de baja estabilidad, la que se ve agravada por las elevadas pendientes. El riesgo de desplazamiento es permanente, mientras que el riesgo de erosión hídrica se manifiesta según la intensidad de la lluvia como laminar, surcos, zanjas o remosiones en masa.

5.5.3 Área Mina – Planta

Estas áreas se han agrupado dadas las similitudes en las unidades de suelos descritas. Se distinguen Misceláneo Terrenos Rocosos, Misceláneo Coluvial, Misceláneos aluviales, suelos derivados de materiales granodioríticos, y suelos de vegas. Una ilustración de los suelos del área se presenta en el Plano 5.6.

Los sectores identificados son los siguientes:

- Suelos de Vegas en Moderado Estado de Conservación.
- Suelos Formados Sobre Depósitos Coluviales.
- Suelos del Sector El Morro.

5.5.3.1 Suelos de Vegas en Moderado Estado de Conservación

Son suelos desarrollados a partir de materiales orgánicos sobre depósitos aluviales, en que se superponen depósitos coluviales que forman abanicos en la zona de contacto lateral de los valles o quebradas. Son suelos sometidos a una intensa presión ganadera, lo que ha generado erosión por sobrepastoreo y procesos de degradación severos, llegando a desaparecer la cubierta vegetal en algunos sectores.

Las vegas en moderado estado de conservación, presentan horizontes orgánicos hasta los 47 cm de profundidad, definiéndose según la taxonomía del USDA (2006) como horizontes fíbricos (Oi) dado que contienen más de ¾ de fibras vegetales y más de 20% de carbono orgánico. Presentan condiciones Ácuicas dada la presencia de condiciones reductoras. Según estas características se clasifican como Histosols, dado que los materiales orgánicos constituyen más de $^{2}/_{3}$ del espesor total del suelo.

a) Uso del Suelo

Estos suelos de vegas presentan un uso pecuario, sometidos a sobrepastoreo, principalmente por ganado caprino y caballar, que determinan un decrecimiento de la superficie vegetal que les da origen. Se clasifican en Capacidad de Uso VI.

b) Riesgo de Erosión

El uso intensivo de estos suelos por actividades pecuarias ha dado como resultado una reducción de los contenidos de materiales orgánicos, aumento de la salinidad, aumento del pH a rangos ligeramente alcalinos y alcalinos y disminución de su capacidad productiva. Otros factores que determinan riesgo de erosión corresponden a depósitos coluviales y aluviales que pueden ocupar estos suelos y sepultarlos, a causa de lluvias intensas eventuales.

5.5.3.2 Suelos Formados sobre Depósitos Coluviales

Corresponden a suelos de escaso desarrollo formados sobre materiales coluviales, de texturas gruesas, estratificados, profundos, con pendientes mayores a 30%, elevada pedregosidad superficial, rasgos de erosión hídrica ligera a moderada, y en algunos sectores erosión por transito de ganado. Los mismos ya han sido descritos en detalle en la Sección 5.5.2.2.

5.5.3.3 Suelos del Sector El Morro

Corresponde a suelos desarrollados a partir de depósitos coluviales, de textura superficial franco arcillosa a franco arcillo arenosa comúnmente, y escasamente franco arenosa, de profundidad variable, preferentemente en el rango ligeramente profundos (50 a 70 cm de profundidad), en pendientes complejas desde el rango 8 a 15% a más de 30%. Presentan elevada pedregosidad superficial, en sectores cubriendo el 100% de la superficie.

Los suelos del sector El Morro, son suelos minerales con bajos contenidos de materiales orgánicos, sometidos a un régimen de humedad Arídico y a un régimen de temperatura Críico, definido como suelos minerales porque la temperatura media anual del suelo a

50 cm de profundidad es inferior a 8ºC, no presentando permafrost. El límite de congelamiento durante el invierno no supera los 80 cm de profundidad, por lo que para el sector de El Morro no existen las condiciones para la formación de glaciares de roca. Para mayor detalle sobre los mecanismos de formación de los suelos ver "Línea base geología, geomorfología y riesgos naturales, Anexo A - El Modelado Periglaciar."

Según la taxonomía USDA (2006), presentan un epipedón Ocrico, un horizonte subsuperficial Cámbico (horizonte Bw) a causa de un desarrollo de color y mayor contenido de arcilla que el horizonte subyacente. De esta forma se clasifican en el Orden Aridisols.

Se clasifican en Capacidad de Uso VII, para pendientes de 8 a 15% y VIII para pendientes mayores a 15%.

a) Uso del Suelo

No presentan uso actual, salvo por las prospecciones y apertura de caminos para el desarrollo del Proyecto El Morro.

b) Riesgo de Erosión

Existe riesgo de desplazamiento con pendientes superiores a 30%. En cortes de caminos en laderas se observan desprendimientos de suelo, y en sectores de pendiente abrupta, rodados.

5.5.4 Análisis Químico de los Suelos del Área de Estudio

5.5.4.1 Área Totoral

Los análisis de laboratorio indican que el pH se encuentra en el rango fuertemente alcalino, la conductividad eléctrica (CE) indica que se trata de suelos ligeramente salinos a no salinos, con bajos contenidos de materia orgánica, contenidos de nitrógeno y fósforo que indican una fertilidad moderada y escasa intervención antrópica.

5.5.4.2 Área Quebrada Algarrobal

Los suelos de Vegas presentan erosión severa, por ejemplo en el sector de Vega El Pingo, no cumplen con el requisito para materiales orgánicos que señala un mínimo de 20% de carbono orgánico. Las conductividades eléctricas son mayores a 3 dS/m y su pH es ligeramente alcalino. Presentan elevados contenidos de nitrógeno y fósforo en superficie, como en el caso de la vega El Pingo, o bien han perdido su capacidad forrajera, con bajos contenidos de estos nutrientes, aunque el fósforo disponible es indicador de aportes por ganado. Por otro lado, los suelos formados sobre depósitos

coluviales presentan un pH alcalino a fuertemente alcalino, escasos contenidos de materia orgánica, baja conductividad eléctrica (suelos no salinos) y bajos contenidos de nitrógeno y fósforo.

5.5.4.3 Área Mina – Planta

Los suelos de Vegas en esta área presentan pH en el rango neutro y son no salinos. Los elementos nitrógeno (N) y fósforo (P) son mayores en el horizonte superficial, indicando que constituyen aportes por pastoreo directo. Los suelos del sector El Morro presentan pH ligeramente alcalino, son no salinos, con bajos contenidos de nitrógeno y fósforo.

5.5.5 Contenido de Metales en el Suelo

Para los suelos del sector El Morro, se realizó un levantamiento de concentración de metales, incluyendo Aluminio (Al), Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Mercurio (Hg), Molibdeno (Mo), Plomo (Pb), Sílice (Si) y Zinc (Zn).

Los resultados obtenidos se compararon con algunos datos informados por Instituto de Investigaciones Agropecuaria (INIA) (1990) para suelos agrícolas de la III Región de Atacama y con otras referencias sobre contenidos de metales en suelos (Ver Cuadro 5.5-1).

Como se observa en el Cuadro 5.5-1, la muestra M12 presenta contenidos de Mo por sobre lo indicado por la literatura, así como las muestras M9, ubicada cercana al yacimiento. La Fortuna, de 0-5 y de 5-38 cm de profundidad presentan contenidos de cobre elevados por sobre lo señalado en las referencias. Los valores informados por este levantamiento, corresponden a contenidos normales en los suelos del área de estudio, y estarían dados por las condiciones geoquímicas de la zona.

Cuadro 5.5-1
Contenido de Metales Pesados

Suelos	Este	Norte	Profundidad	(Al)	(As)	(B)	(Cd)	(Cu)	(Cr)	(Fe)	(Mn)	(Hg)	(Mo)	(Pb)	(Si)	(Zn)
	(m)	(m)	(cm)	----------(mg/kg)----------												
Suelos minerales																
M9 Campamento- Parte alta Quebr.del Medio	407.995	6.834.249	0 - 5	826	17,5	26,0	0,25	182,0	7,50	15.920	1.358	0,15	<0,02	36,80	150	178
M9 Campamento- Parte alta Quebr.del Medio	407.995	6.834.249	5 - 38	869	17,5	21,0	0,50	150,0	7,50	15.220	1.235	0,15	<0,02	40,75	50	158
M13 Cumbre Cantarito	414.133	6.832.022	0 - 15	589	12,5	24,0	<0,01	15,0	7,50	12.133	523	<0,005	0,02	7,25	75	33
M27 Área Campamento	411.607	6.831.489	0 - 6	1.197	15,0	15,0	<0,01	25,0	5,00	11.945	520	0,13	<0,02	7,50	75	41
M27 Área Campamento	411.607	6.831.489	6 - 26	1.258	12,5	17,0	<0,01	22,0	7,50	13.070	523	0,15	<0,02	7,50	50	41
M28 Mina Antigua Frente a la Fortuna	414.164	6.832.695	18 - 28	547	20,0	19,0	<0,01	22,0	7,50	14.670	478	0,18	<0,02	7,00	50	31
M10 Coluvios Quebrada del Medio	403.653	6.830.632	0 - 15	429	<0,05	15,0	<0,01	15,0	12,50	11.445	645	<0,005	<0,02	9,00	50	43
M11 Coluvios Quebrada del Medio	402.895	6.828.513	0 - 15	530	<0,05	20,0	<0,01	20,0	10,00	13.370	683	<0,005	<0,02	10,50	50	46
Suelos de vegas																
M8 Junta de los Hornos-Vegas	403.595	6.827.366	0 - 14	513	15,0	23,0	<0,01	27,0	20,00	15.883	375	0,18	<0,02	10,00	125	48
M12 Vega Quebrada del Medio	403.025	6.828.094	0 - 15	107	0,05	51,0	<0,01	22,0	2,50	5.158	35	0,005	12,50	3,50	125	18
Otras fuentes																
Suelos agrícolas III Región (INIA, 1990)							2,5	31					10	15		81
Pierzynski et al, 2000					40		2	60					5	150		200
Mengel y Kirkby (1982)						200			100	20.000	3.000		3,5	200		300

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los contenidos de Pb de las muestras, los contenidos determinados por esta línea de base, indican para la mayor parte de los suelos presentan valores por debajo de lo informado por INIA, excepto para la muestra M9, sector parte alta quebrada del Medio, en que el valor del horizonte superficial es inferior que el del horizonte subsuperficial. Este hecho, indica que no existe aporte por depositación, sino más bien, que los contenidos de plomo están asociados a una mayor meteorización de los materiales parentales, tal como se desprende de la presencia del horizonte Bw. Como antecedente adicional en el Cuadro 5.5-2, se observa que otros valles (Elqui y Limarí) presentan concentraciones más elevadas que los valores determinados por esta línea de base, atribuibles a condiciones geoquímicas.

Cuadro 5.5-2
Contenido de Plomo

Valle	Región	Promedio (mg/kg)	Mínimo (mg/kg)	Máximo (mg/kg)	Nº de Observaciones
Huasco	III	15	10	25	29
Elqui	IV	31	5	66	20
Limarí	IV	33	2	57	18

Fuente: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) (1990).

5.5.6 Valor de los Suelos

En general, los suelos en el área de Proyecto, no presentan aptitud agrícola dadas condiciones desfavorables tales como elevado riesgo de erosión (alta erodabilidad), alta pedregosidad y pendiente, escasa profundidad, texturas gruesas en el caso de suelos coluviales y evidencias de congelamiento en el caso del sector El Morro. Sólo en el caso de de los suelos de vegas, cuando presentan materiales orgánicos, se reconoce aptitud pecuaria (Capacidad de Uso VI).

Los suelos derivados de depósitos coluviales son suelos frágiles en constante cambio, considerándose ampliamente distribuidos en la región. En este caso se consideran como suelos "comunes, abundantes, extensos y representativos". Cuando presentan suelos enterrados, el valor ambiental de estos suelos es elevado, en este caso se consideran "únicos, escasos, limitados y no representativos".

En el caso de las vegas, tienen por función ser fuente de recursos hídricos y forrajeros. Cumplen una función de corredor ecológico, a la vez que son considerados como "únicos, escasos, limitados y representativos" en la región.

Otros suelos, en los sectores Caleta Totoral, Totoral – Algarrobal, y El Morro, corresponden a zonas para el desarrollo de vida silvestre y vegetación nativa. En el caso de los suelos del sector el Morro, estos tienen por función la captura nival y pluvial, en consecuencia se consideran como fuente generadora de recursos hídricos. Dada su amplia distribución en la zona de estudio, se consideran "comunes, abundantes, extensos y representativos".

5.6 RECURSOS HÍDRICOS

Objetivo:

El objetivo de esta sección es identificar y describir las características de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de las zonas que se verán intervenidas por el Proyecto El Morro.

Esta sección presenta inicialmente una descripción hidrológica de las principales cuencas de la zona de influencia del Proyecto: río Huasco, quebrada Algarrobal y Área Mina Planta. Luego, se describe la calidad de las aguas superficiales de las mismas. Posteriormente se desarrolla la caracterización de los acuíferos subterráneos (propiedades y calidad hidroquímica) que podrían verse impactados por el Proyecto El Morro como son la zona de Pampa Algarrobal y quebrada Larga. Finalmente se hace una reseña sobre los principales usos del agua en la zona de estudio.

Resultados:

A continuación se presenta la caracterización hidrológica e hidrogeológica de las zonas de influencia del Proyecto, el cual presenta zonas de influencias regionales y locales, las que abarcan el área donde se desarrollarán las faenas de explotación minera. Las áreas de influencia regional corresponden a las subcuencas definidas por el río Huasco, desde su naciente en el río Cazadero hasta la zona de Las Juntas en el sector de Alto del Carmen; y a la cuenca de la quebrada Algarrobal, ubicada en sentido norponiente a la zona de explotación misma y que comprende entre la zona de ejecución del Proyecto y la ruta 5 Norte. Por otra parte, la zona de influencia local del Proyecto El Morro incluye a los siguientes sectores:

- Quebrada Larga y río Cazadero, debido a la ubicación propuesta para el rajo de la mina, depósito de relaves, depósitos y planta de procesos.
- Quebrada Algarrobal, que corresponde al área donde se emplazará el concentraducto por el que se transportará el concentrado de mineral hacia el proceso de filtrado, el camino de acceso al campamento, la línea eléctrica, la tubería de agua desalinizada y la planta de filtros.
- Quebrada Chanchoquín o Seca, debido a que en esta zona se encuentra el camino de acceso al campamento durante la etapa de construcción del Proyecto.
- Quebrada Totoral, correspondiente al área de emplazamiento de planta desalinizadora y trazado de tubería de suministro agua desalinizada entre Caleta Totoral Bajo y Posada Algarrobal.

Como apoyo a la información generada para la descripción de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, se adjuntan como apéndices siete estudios realizados por diversos consultores para la zona de estudio, los que se indican más adelante.

El listado de Apéndices con los estudios específicos de la zona se presenta a continuación:

- **Apéndice 5D-1:** Informe Hidrológico Quebrada Larga, DICTUC, 2008.
- **Apéndice 5D-2:** Informe Monitoreo Crecidas, KPSA, 2007.
- **Apéndice 5D-3:** Estudio Hidrológico para Factibilidad Proyecto El Morro, 2008
- **Apéndice 5D-4:** Estudio Hidrogeológico Quebrada Larga, KPSA, 2008.
- **Apéndice 5D-5:** Evaluacion Hidrogeologica Preliminar de los Sectores de Algarrobal bajo y alto, III Región, DICTUC, 2006.
- **Apéndice 5D-6:** Línea Base Calidad de Aguas Superficiales, KPSA, 2008.
- **Apéndice 5D-7:** Línea Base Calidad de Aguas Subterráneas, KPSA, 2008.

Al listado anterior de apéndices se agregan tres informes que sirven como fuentes de información para la caracterización hidrológica y fluviométrica de la cuenca del río Huasco y del sector de quebrada Larga, además de los usos de aguas existentes en el río Huasco y quebrada Algarrobal. Dichos estudios corresponden a:

- Estudio Hidrológico de la Cuenca Alta del río Huasco, DICTUC, 2006.
- Avalanchas en el Camino de Acceso al Proyecto El Morro por la Quebrada de Algarrobal, GEOESTUDIOS, 2005.
- Diagnóstico y Clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de Calidad. Cade-Idepe, 2004.

5.6.1 Caracterización del Área de Estudio

5.6.1.1 Aguas Superficiales

a) Río Huasco

La cuenca hidrográfica de interés para el estudio de los recursos hídricos asociados al Proyecto El Morro, en el cauce principal del río Huasco, queda definida desde Vallenar hacia el sector cordillerano de quebrada Larga. El río Huasco se forma en Junta del Carmen, a 90 km de su desembocadura en el mar, por la confluencia del río Del Tránsito proveniente del noreste (NE) y del río del Carmen del sureste (SE), a 790 m s.n.m., abarcando una superficie total de 9.850 km^2.

La cuenca del río Del Tránsito se desarrolla al NE y comprende una superficie de 4.135 km^2. La longitud de este río, desde el nacimiento de su subtributario principal, es

de 108 km. Se forma de la confluencia de los río s Conay y Chollay, en la Junta de Chollay, 45 km aguas arriba de la confluencia con el río del Carmen. A su vez el río Conay proviene de la confluencia en plena cordillera andina, del río s Laguna Grande y quebrada Larga por el norte, río Laguna Chica por el noreste y río Valeriano por el este. Toda la subcuenca tiene un marcado origen nival.

La subcuenca del río del Carmen se desarrolla al sureste del río Huasco. Es de origen cordillerano y régimen nivo-pluvial. Hacia aguas abajo recibe el aporte del río Potrerillos, de igual régimen.

El río Huasco posee un caudal permanente durante todo el año, ya que en los meses estivales se alimenta de los deshielos y en invierno de la pluviosidad, con crecidas máximas en los meses de verano (noviembre-marzo) y mínimas en los de invierno (junio-julio).

b) Quebrada Chanchoquín / Quebrada Seca

La zona de influencia del Proyecto El Morro en la subcuenca de quebrada Chanchoquín está dada por el trazado del camino de acceso al sector de Proyecto durante las faenas de construcción.

La quebrada Chanchoquín limita al norte con la quebrada Algarrobal y al oriente con la cuenca del río Cazadero. Nace bajo el nombre de quebrada Seca a unos 3.000 m s.n.m. por la unión de pequeñas quebradas que nacen en los cerros El Gaucho y Placetón. Luego de unirse con la quebrada Colinay a unos 2.600 m s.n.m., toma el nombre de quebrada La Totora. Avanzando hacia el valle, a los 1.500 m s.n.m. se une con la quebrada Los Pitones formando finalmente la quebrada Chanchoquín, la que desemboca en el río Conay, en el sector del poblado de Chanchoquín a unos 1.200 m s.n.m.

El régimen hidrológico de la quebrada está dado por un escurrimiento temporal en el sector alto, que se origina por los derretimientos de la época de primavera y verano, y caudal nulo al final del verano, por la ausencia de nieve, y nulo también en otoño e invierno por el congelamiento del cauce. Los caudales observados en la zona media-alta, después de la junta con la quebrada Colinay, no superan los 2 l/s. En la zona de quebrada La Totora y Chanchoquín el escurrimiento se hace intermitente por la alternancia de sectores de afloramientos y recarga del sistema subterráneo, con caudales que no superan los 5 l/s.

c) Quebrada Algarrobal

El sitio de interés para el Proyecto El Morro, ubicado en quebrada Algarrobal, comprende desde la parte alta de las quebradas de Lagunitas y Caballo Muerto en el sector andino, hasta la ruta 5 Norte en el sector de Pampa Algarrobal, donde será emplazado el camino para la faena de operación y los ductos de agua desalinizada y concentrado de mineral. En este último sector se ubicará la planta de filtros.

La quebrada Algarrobal nace a unos 2.565 m s.n.m., por la unión de las quebradas La Llareta y Caballo Muerto. Luego de un recorrido hacia el oeste de unos 72 km, aproximadamente, alcanza en el cruce con la ruta 5 Norte, una cota de 460 m. s.n.m. En su curso, la quebrada Algarrobal recibe el aporte de afluentes que provienen del nororiente como quebrada Las Cunas, la que a su vez se forma de afluentes como las quebradas Salitral, Verraco, Hornito, Pozo Seco, Las Máquinas y Vaca Seca. Por el sur y sur oriente, recibe el aporte de las quebradas El Molle, Agua Salada y Cortadera.

La red de drenaje que forma la quebrada Algarrobal con sus afluentes, presenta una red de tipo dendrítica. Posee un régimen estacional o temporal y sólo escurre con ocasión de lluvias importantes o deshielos de magnitud. No presenta cursos hídricos superficiales continuos, salvo en el sector alto de la quebrada donde los deshielos a causa de las precipitaciones de tipo nival (que ocurren en invierno) cobran mayor importancia.

d) Quebrada Totoral

En la zona de quebrada Totoral serán emplazadas las instalaciones de la planta desalinizadora que permitirá abastecer de agua al Proyecto durante la fase de operación.
La quebrada Totoral nace en los pies de las Sierras Fritis, Bonete y Chañarcillo, a una cota de 1.100 m s.n.m. y escurre por cerca de 70 km en dirección poniente hasta desembocar en el Océano Pacífico, a unos 30 km al norte de Carrizal Bajo y 70 km al norte de la ciudad de Huasco. A medida que atraviesa la Cordillera de la Costa, recibe diversos aportes de otras quebradas. A unos 25 km antes de caer al mar, recibe el aporte más importante, la quebrada Boquerón, que nace al sur de la Sierra El Carmen y cuya cuenca limita al oriente con la Cuenca del río Manflas y al sur con la Cuenca de quebrada Algarrobal. Otros aportes importantes a la quebrada Remolinos y quebrada de Carbón, ambas de menor tamaño respecto de Boquerón, y cuyas cuencas se desarrollan en la parte más occidental de la Cordillera de la Costa.

La quebradaTotoral posee un régimen estacional o temporal y presenta escurrimiento sólo con ocasión de lluvias importantes. La única zona en la que se observa agua en forma permanente, y que se origina por afloramientos subterráneos, es en las cercanías del poblado Totoral, donde el agua es canalizada para su aprovechamiento agrícola.

5.6.1.2 Aguas Subterráneas

Son de interés hidrogeológico para el Proyecto el Morro las cuencas de quebrada Larga, quebrada Algarrobal y quebrada Totoral donde se emplazarán las obras del Proyecto. En el sector de quebrada Larga se ubicaran las principales obras de explotación como lo son el rajo, el depósito de estériles y el depósito de relaves.

5.6.2 Aguas Superficiales

5.6.2.1 Cuenca del Río Huasco

La descripción hidrológica del sector de río Huasco se ha desarrollado en base a la información disponible en el "Estudio Hidrológico de la Cuenca Alta del Río Huasco" desarrollado por DICTUC (2006) y por la información presentada en el Apéndice 5D-1, correspondiente al Estudio Hidrológico de Quebrada Larga, DICTUC (septiembre 2008). En los puntos siguientes se describen las características medias de la cuenca, incluyendo la subcuenca de quebrada Chanchoquín, en cuanto a precipitaciones y caudales. Además, el análisis se complementa con los resultados de las campañas de monitoreo de caudal desarrollada por Knight Piésold desde enero de 2006.

a) Pluviometría

- **Precipitación Media**

De acuerdo a la información pluviométrica disponible, se cuenta con registros históricos completos en el período 1975-2004, a partir de los cuales se estimó la precipitación media mensual y media anual. Los valores de precipitación media mensual y anual se presentan en el Cuadro 5.6-1.

Cuadro 5.6-1
Precipitación media mensual y anual (mm) – Río Huasco

Estación	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Media Anual
Junta del Carmen	0,0	0,1	3,3	1,6	7,7	13,7	22,7	11,4	0,7	0,4	0,1	0,2	61,9
San Félix	0,0	0,2	2,8	4,5	9,1	15,4	31,7	13,8	0,7	0,5	0,1	0,5	79,2
El Tránsito	0,1	0,2	2,2	4,1	7,5	14,5	25,3	11,7	0,2	0,3	0,2	0,2	66,5
Conay	0,1	0,2	3,6	8,2	13,7	19,1	31,1	20,1	1,0	1,4	0,5	0,4	99,4
Jorquera	0,1	1,2	4,0	4,4	8,0	12,7	9,4	8,5	2,8	1,8	0,2	0,5	50,3
Juntas del Toro	4,0	3,8	6,8	7,4	16,5	24,8	50,7	19,5	8,4	4,1	1,9	1,9	143,1
La Laguna	3,6	3,6	4,6	8,9	23,7	29,1	62	29,5	6,8	5,9	1,6	2,4	169,9

Fuente: Estudio Hidrológico de la Cuenca Alta del Río Huasco, DICTUC, 2006.

El análisis de la precipitación media mensual permitió caracterizar el régimen de precipitación en el área de estudio. Se observa que en el área del Valle del Huasco el régimen pluviométrico obedece a precipitaciones invernales, con valores máximos en los meses de junio o julio, del orden de 30 mm. Se aprecia la fuerte estacionalidad que presenta la precipitación en la zona, concentrándose preferentemente en el período mayo-agosto, en los cuales ocurre más del 80% de la precipitación total anual.

- **Gradiente de Precipitación Media Anual**

La caracterización del comportamiento espacial de las precipitaciones consideró la información del Balance Hídrico de Chile para precipitaciones medias anuales en la cuenca del Huasco y sus cuencas vecinas, es decir, al norte la cuenca del río Copiapó y al sur la cuenca del río Elqui.

Dada la información disponible, se cuenta con información del gradiente de precipitación versus altura para la cuenca del río Huasco, la que se presenta en la Figura 5.16. La dependencia de la precipitación media anual en términos de altura, válida para la zona en estudio, arroja la siguiente expresión analítica:

$$PP_{media\ anual}\ [mm] = 0{,}0372 \cdot Altura\ [msnm] + 31{,}917$$

En base a esta última relación se elaboró un mapa de isoyetas regionales para la zona de interés. En la Figura 5.17 se presentan las isoyetas regionales, en las que se puede

observar que la precipitación media anual varía entre valores bajo los 50 mm en el sector costero hasta valores sobre los 200 mm anuales en las altas cumbres.

b) Fluviometría

Para fines de la caracterización fluviométrica histórica en términos de caudales medios, se cuenta con la información de ocho estaciones de control ubicadas en la cuenca del río Huasco y en las subcuencas de los río s Del Tránsito y del Carmen, presentadas en el Cuadro 5.6-2a.

Además, con el fin de complementar la información existente y generar datos para subcuencas que no disponen de información, Knight Piésold ha desarrollado campañas de aforos sistemáticos desde enero de 2006 a la fecha. La red de monitoreo seleccionada incluye entre sus puntos estaciones de medición de la Dirección General de Aguas. Los puntos correspondientes al sector del río Huasco se indican en el Cuadro 5.6-2b. Los resultados de las campañas de aforo se presentan en la Tabla 5.1.

Cuadro 5.6-2a
Estaciones fluviométricas de interés

Nombre	Coordenadas		Cota	Período de
	UTM Norte	UTM Este	(m s.n.m.)	Registro
Río Huasco en Santa Juana	6.827,206	339,124	575	1960-2005
Río Huasco en Algodones	6.821,176	353,098	600	1994-2005
Río Carmen en Ramadillas	6.818,755	354,836	825	1927-1939
				1954-2001
Río Carmen en Puente La Majada	6.798,648	357,886	1.075	1988-1999
Río Carmen en El Corral	6.798,648	357,886	2.000	1991-2005
Río Conay en Las Lozas	6.779,007	362,420	1.550	1984-2005
Río Del Tránsito en Angostura Pinte	6.797,498	392,684	1.000	1965-2005
Río Del Tránsito antes junta río del Carmen	6.797,833	378,362	812	1927-1941
				1948-2005

Fuente: Estudio Hidrológico de la Cuenca Alta del Río Huasco, DICTUC, 2006.

Cuadro 5.6-2b
Red Knight Piésold. Sector Río Huasco y Chanchoquín

Punto	Nombre	Coordenadas	
		UTM Norte	UTM Este
RH-1	Río Huasco en Las Juntas [1]	6.818,550	355,627
RH-2	Río Huasco aguas abajo Chanchoquín [1]	6.810,299	370,286
RH-3	Río Tránsito en Angostura [1]	6.797,734	378,347
RH-4	Río Chollay Junta Río Tránsito [1]	6.794,454	387,603
RH-5	Río Conay Antes Junta Río Chollay [1]	6.797,734	378,347
RH-6	Río Conay en las Lozas [1]	6.797,734	378,347
RH-7	Río Valeriano Antes Junta Río Conay [1]	6.804,378	398,835
RH-8	Río Laguna Grande antes Río Valeriano	6.805,171	398,824
LG-9	Río Laguna Grande abajo confluencia Río Cazadero	6.816,662	402,898
LG-10	Río Cazadero antes de la junta con Río Laguna Grande	6.818,099	403,359
LG-11	Río Laguna Grande antes junta Río Cazadero	6.817,674	403,678
LG-12	Vertedero Laguna Grande	6.821,115	410,580
LG-13	Laguna Grande cerca de muro	6.821,240	410,881
RC-14	Qda. León Muerto, aguas abajo Lagunillas	6.821,908	402,850
QS-22	Quebrada Seca km. 25	6.826,885	383,541

Nota: [1] Estaciones DGA.
Fuente: Elaboración Propia.

El comportamiento de los caudales en la cuenca alta del Río Huasco puede ser separado según altas y bajas probabilidades de ocurrencia. Los caudales asociados a altas probabilidades de ocurrencia (sobre 50%), tienen un comportamiento uniforme a través del año, con pequeños aumentos de los caudales medios mensuales en los meses lluviosos. Lo contrario sucede con los caudales asociados a bajas probabilidades de ocurrencia (bajo 50%), los que presentan máximos importantes en los meses de deshielo (noviembre-febrero), definiendo un marcado régimen nival. De esta forma, se puede concluir que la ocurrencia de los mayores caudales que se producen en la cuenca del Huasco, se deben a deshielos importantes. En el largo plazo, compuesto de años húmedos y secos, se entremezclan estos comportamientos y se determina el régimen nivopluvial de la cuenca.

Los caudales medios anuales en la cuenca del río Huasco se encuentran entre los 10 y 20 l/s en la naciente de quebrada Larga, aumentando a 2 y 3 m^3/s en los puntos de control

de los río s Conay y Carmen respectivamente, hasta alcanzar una media anual de 8,5 m^3/s en la estación río Huasco en Algodones.

La estación fluviométrica Conay en Las Lozas presenta un régimen hidrológico nival, con sus mayores caudales entre noviembre y enero producto de los deshielos, mientras que los menores ocurren entre junio y agosto.

La estación fluviométrica Tránsito en Angostura de Pinte presenta un régimen hidrológico nival. En años húmedos los mayores caudales se observan entre noviembre y febrero, producto de los deshielos, mientras que los menores se producen entre julio y septiembre. En años secos los caudales permanecen bajos durante todo el año, sin mostrar variaciones importantes.

La estación fluviométrica Tránsito antes junta río del Carmen también presenta un régimen hidrológico nival. En años húmedos los mayores caudales se observan entre noviembre y febrero, producto de los deshielos, mientras que los menores se producen entre mayo y julio. En años secos los caudales permanecen bajos durante todo el año, con leves aumentos en los meses de invierno.

5.6.2.2 Área Mina-Planta

Durante el desarrollo del Proyecto, y debido a la escasez de información hidrometeorológica para la zona específica del Proyecto, se establecieron planes de monitoreo para cuantificar los recursos hídricos en diversos sectores de la zona alta del río Huasco (río Cazadero, quebrada Larga, entre otros sectores).

Entre las actividades en desarrollo se cuenta la recuperación de la ruta de nieve instalada en 2002 en el sector de campamento, donde además de la medición de la altura de nieve caída, se dispone de dispositivos para registrar temperatura del aire, dirección del viento y evaporación. En las secciones de Clima, Meteorología y Calidad del Aire se entregan más detalles sobre los parámetros meteorológicos medidos y los valores observados.

También se estableció un plan de aforos que incluye diferentes cauces superficiales en la zona de influencia del Proyecto. Uno de los objetivos de este programa de aforos es contar con curvas de descargas para evaluar los caudales pasantes de manera sistemática y simple.

a) Nivometría

Como parte del estudio de avalanchas elaborado por GEOESTUDIOS (2005), se midieron diariamente alturas de nieve en una línea de cinco varas ubicadas en las cercanías del campamento El Morro, dispuestas en una sección aproximadamente transversal al valle. Las observaciones se realizaron entre julio de 2002 y octubre de 2003, y se reiniciaron en agosto de 2006. Las máximas alturas de nieve mensuales, como promedio de la nieve observada diariamente en las cinco varas, se muestran en el Cuadro 5.6-3.

Las acumulaciones totales de nieve medidas en la línea de varas de El Morro, ocurridas durante una sola tormenta, son las que se muestran en el Cuadro 5.6-4. Estos valores se comparan con la precipitación caída en la estación meteorológica de Conay, comprobándose el efecto de aumento de precipitación por condiciones orográficas en la zona de campamento El Morro.

En los Cuadros 5.6-3 y 5.6-4 se confirma que el período de acumulación de nieve corresponde básicamente a la temporada otoño – invierno, donde se puede observar un paulatino aumento de las alturas de nieve en la zona de medición. A medida que llega la primavera, se puede ver que comienzan los derretimientos nieve, hasta que en la época de verano la cobertura nival es nula.

Cuadro 5.6-3
Máximas Alturas de Nieve Mensuales, como Promedio de Medición Simultánea en 5 Varas Cerca del Campamento El Morro

Mes	Máxima altura de nieve observada (cm.) (promedio de 5 varas)
julio 2002	142
agosto 2002	139
septiembre 2002	104
octubre 2002	52
noviembre 2002	16
diciembre 2002	0
enero 2003	0
febrero2003	0
marzo 2003	0
abril 2003	0

Mes	Máxima altura de nieve observada (cm.) (promedio de 5 varas)
mayo 2003	46
junio 2003	23
julio 2003	49
agosto 2003	37
septiembre 2003	23
octubre 2003	0
agosto 2006	13

Fuente: Estudio GEOESTUDIOS (2005) y datos de campamento El Morro.

Cuadro 5.6-4
Máxima altura de nieve acumulada en El Morro, equivalentes en agua, y precipitación líquida en Conay

Tormenta	Nieve (cm) acumulada durante tormenta (promedio de 5 varas)	Eq. Agua (mm)	Densidad de Nieve (kg/m^3)	Precipitación en Conay (mm)
21 a 26 julio 2002	46,2	78,5	170	63,0
26 a 28 agosto 2002	30,6	41,3	135	30,0
04 a 06 sept. 2002	6,6	8,9	135	0,0
14 a 16 mayo 2003	11,0	14,9	135	0,0
8 a 21 mayo 2003	35,0	47,3	135	1,5
03 a 08 julio 2003	33,0	56,1	170	8,0
03 a 05 agosto 2003	9,0	12,2	135	0,0

Nota: Densidad media medida en terreno.
Fuente: Estudio GEOESTUDIOS (2005)

Para complementar la información expuesta, se incluye una serie estimada de acumulaciones nivales generada a través de la aplicación de un gradiente de precipitación a la información de la estación Conay, los que se muestran en el Cuadro 5.6-5.

Cuadro 5.6-5
Estimación de las acumulaciones anuales máximas de nieve ocurridas a la cota de El Morro en períodos de hasta 72 horas

Año	H máx. de nieve en 72 horas (cm)	Año	H máx. de nieve en 72 horas (cm)
1965	121,8	1986	61,1
1966	39,5	1987	141,6
1967	23,7	1988	12,3
1968	2,5	1989	92,0
1969	25,2	1990	53,8
1970	7,6	1991	111,7
1971	22,9	1992	79,3
1972	72,2	1993	6,7
1975	81,6	1994	72,9
1976	111,2	1995	11,8
1977	5,0	1996	28,7
1978	43,0	1997	255,1
1979	10,1	1998	57,2
1980	198,8	1999	74,5
1981	24,7	2000	74,5
1982	83,9	2001	48,7
1983	65,9	2002	72,2
1984	90,9	2003	9,3
1985	11,4	2004	93,4

Fuente: Estudio GEOESTUDIOS (2005)

b) Fluviometría

Debido a la necesidad de contar con información de los caudales en diferentes cauces superficiales dentro del área directa del Proyecto, se diseñó una red de puntos de medición de caudales a través de aforos en terreno, y en algunos casos a través del uso de curvas de descargas calibradas a partir de estos mismos aforos. En el Mapa 5.6 se muestra la distribución de los puntos de monitoreo y en los Cuadros 5.6-6 y 5.6-7 se indican las coordenadas de los puntos de aforo. En particular para el sector de El Morro se definieron seis puntos de monitoreo mensual, correspondientes a puntos de Calidad de Aguas y seis puntos de monitoreo semanal (Plano 5.7a), los que se muestran en los Cuadros 5.6-6 y 5.6-7 respectivamente. En las Tablas 5.1 y 5.2 se detalla el registro de caudales medidos en cada punto. Luego, estos puntos pasaron a medirse Trimestralmente y Mensualmente, a partir de septiembre de 2007.

Cuadro 5.6-6
Red Knight Piésold. Sector El Morro. Frecuencia Mensual hasta septiembre de 2007. Trimestral a partir de esa fecha.

Punto	Nombre	Coordenadas	
		UTM Norte	UTM Este
RC-16	Río Cazadero después Junta Qda. Larga	6.827,494	403,607
RC-17	Qda. Larga antes junta Río Cazadero	6.827,861	404,069
RC-18	Río Cazadero antes junta Qda. Larga	6.827,836	403,237
QL-19	Quebrada Larga abajo Campamento El Morro	6.830,848	411,166
QP-20	Quebrada Piuquenes en área campamento	6.832,926	411,838
QP-21	Naciente Río Cazadero	6.834,960	405,856

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 5.6-7
Red Knight Piésold. Sector El Morro. Frecuencia Semanal hasta septiembre de 2007, mensual a partir de esa fecha.

Punto	Nombre	Coordenadas	
		UTM Norte	UTM Este
2	Quebrada Campamento Antiguo	6.833,121	411,819
3	Quebrada Fortuna Norte	6.833,300	412,267
4	Quebrada Fortuna	6.832,824	411,886
5	Quebrada Larga	6.832,188	411,316
6	Quebrada Larga Campamento Nuevo	6.830,840	411,527
7	Quebrada Larga bajo Campamento	6.830,434	410,926

Fuente: Elaboración Propia.

Para los puntos ubicados en las nacientes (Ver Mapa 5.6), los caudales presentan valores bajos del orden de 5 l/s para años con 90% de probabilidad de excedencia, mientras que en años donde la pluviometría es mayor los caudales pueden alcanzar hasta los 40 l/s (30% de probabilidad de excedencia) en la época de deshielo. Después del derretimiento de la nieve acumulada durante el invierno los caudales son nulos o los cauces se encuentran congelados. En la zona más baja de quebrada Larga los caudales

se ven aumentados por el aporte de diversas quebradas pequeñas, alcanzando valores entre 10 y 20 l/s para años con 90% de probabilidad de excedencia, mientras que en un año con 30% de excedencia se pueden observar caudales en promedio en torno a los 90 l/s.

En la Figura 5.18 se puede observar de manera clara el régimen de tipo nival de la zona de las nacientes del río Huasco, donde los máximos caudales ocurren durante la época de primavera-verano. En ella se presentan resumidos los valores de caudales aforados en los seis puntos de medición semanal.

c) Estudio de Crecidas Nivales

El objetivo de este estudio fue conocer los cambios en cantidad y calidad de las aguas superficiales durante eventos de crecidas nivales, particularmente dentro del área de influencia directa del Proyecto. Para lo anterior se realizaron mediciones simultáneas de caudal y muestreos para análisis de calidad de agua en diferentes puntos dentro del área de influencia directa del Proyecto. El detalle de este análisis se presenta en el Apéndice 5D-2.

Los puntos seleccionados para el monitoreo de crecidas (pertenecientes a la red Knight Piésold) y la frecuencia de medición adoptada se detallan en el Cuadro 5.6-8. El área de estudio considerada para este caso corresponde al área Mina – Planta del Proyecto, la que se desarrolla en la parte alta de la cuenca del río Cazadero, y que contiene a las subcuencas de quebrada Larga, quebrada Piuquenes y quebrada del Medio. Las dos etapas indicadas en el Cuadro 5.6-8 corresponden a la realización de una primera campaña de medición a nivel horario durante 24 horas continuas, y posteriormente se hizo una segunda campaña que incluye mediciones individuales a nivel semanal.

Cuadro 5.6-8
Puntos de Monitoreo de Crecidas

Punto de Muestreo	Nombre Sector	Frecuencia Aforo	
		1ª Etapa	2ª Etapa
RC-16	Río Cazadero después Qda. Larga	Horaria	Semanal / 1 vez al día
RC-17	Qda. Larga antes Río Cazadero	Horaria	Semanal/ 1 vez al día
RC-18	Río Cazadero antes Qda. Larga	Horaria	Semanal/ 1 vez al día
QL-19	Qda. Larga abajo Camp. El Morro	Horaria	Semanal/ 1 vez al día
QP-20	Qda Piuquenes en Campamento	Horaria	Semanal/ 1 vez al día

Punto de Muestreo	Nombre Sector	Frecuencia Aforo	
		1ª Etapa	2ª Etapa
QP-21	Naciente Río Cazadero	Horaria	Semanal/ 1 vez al día

Fuente: Elaboración Propia.

Geográficamente, la cuenca del río Cazadero tiene su origen en el sector de quebrada Piuquenes, en donde se encuentra el sitio de monitoreo QP-21. Aproximadamente 10 km aguas abajo de este punto se ubica el sitio de monitoreo RC-18, el cual controla el río Cazadero antes de su junta con la quebrada Larga. La quebrada Piuquenes presenta su origen en un sector cercano al yacimiento La Fortuna, donde se ubica el sitio QP-20. Aguas abajo se ubica el sector de campamento, en donde se ha instalado la sección de control QL-19. Alrededor de 10 km aguas abajo de la sección QL-19 se emplaza el sitio RC-17, que representa a quebrada Larga antes de su confluencia con el río Cazadero. Finalmente, se monitoreó el sitio RC-16, que se ubica aguas abajo de la confluencia de ambos.

Respecto a la metodología de aforo para los puntos anteriores, en las secciones RC-16, RC-17, RC-18 y QP-21 el caudal pasante fue controlado utilizando un molinete. En el caso del punto QL-19 se determinó el caudal pasante mediante un vertedero triangular con ángulo de abertura de 45° y la medición de la altura se realizó sobre una regleta existente en el punto.

Además de las mediciones de caudal en terreno, se instalaron equipos de aforo continuo "Stilling Well" en los puntos QP-21 y QL-19. Este equipo permite obtener una medición de la altura de agua sin perturbaciones debido a turbulencias y viento, y a partir de una curva de descarga previamente calibrada se pueden tener estimaciones del caudal pasante en forma continua. En las secciones de control RC-16, RC-17 y RC-18 no fueron colocados dichos equipos de medición de caudales debido que se encontraban fuera del área de concesión minera. En el punto QP-20 fue imposible instalar el equipo de aforo continuo debido al congelamiento de su cauce.

Durante los días 9 y 12 de septiembre del 2006 se llevó a cabo la campaña de terreno correspondiente a la primera etapa del estudio de crecidas, separando los puntos de medición en dos conjuntos de tres estaciones cada uno. En el apéndice 5D-2 se muestran los resultados de los aforos realizados durante estas crecidas. En la Figura 5.19 se puede observar con claridad el efecto típico del escurrimiento en cuencas nivales

de alta montaña, donde los máximos caudales ocurren durante el día, y durante la noche se puede notar la brusca disminución de los caudales debido a que las temperaturas suelen ser muy bajas y los arroyos llegan incluso a congelarse.

5.6.2.3 Cuenca de Quebrada Algarrobal

La descripción hidrológica de la quebrada Algarrobal considera no sólo el análisis de comportamientos medios de las precipitaciones y caudales sino que también considera el análisis de eventos extremos debido a que los escurrimientos en la zona, principalmente en el sector del valle, ocurren sólo bajo estas condiciones.

a) Pluviometría

Dada la ausencia de estaciones de control pluviométrico que permitan obtener información a nivel local en quebrada Algarrobal, el análisis de precipitaciones se realizó considerando la información de estaciones meteorológicas existentes en la zona, aunque a nivel regional. Las estaciones meteorológicas consideradas en este estudio se presentan en el Cuadro 5.6-9 y provienen del Apéndice 5D-3.

Cuadro 5.6-9
Estaciones Pluviométricas. Caracterización Quebrada Algarrobal

Nombre Estación	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud (m s.n.m.)	Registro
Conay	28º 58`	70º 09`	1.450	1950-2004
Vallenar	28º 34`	70º44`	373	1950-2004
La Pampa	28º 59`	70º 13´	1.200	1950-1987
Los Tambos	28º 59`	70º 12´	1.385	1950-1992
San Félix	28º 56`	70º 28´	1.100	1950-2004
El Tránsito	28º 52`	70º 16´	1.200	1950-1987
				1993-2004
Santa Juana	28º 40`	70º 39´	560	1950-2004
Junta del Carmen	28º 45`	70º 29´	674	1950-2004
Hacienda Manflas	28º 08`	69º 59`	1.410	1962-2004

Fuente: Apéndice 5D-3

- **Gradiente de Precipitación**

Para contar con información en la zona que recorre el camino de acceso al Proyecto, se analizó la variación espacial y de altura de la información pluviométrica generada (Apéndice 5D-3), de tal forma de extrapolarla a la zona de interés. De esta forma, la relación analítica obtenida entre la precipitación y la altura obtenida de este estudio es:

$$PP_{24\,Horas}\,[mm] = 0{,}0173 \cdot Altura\,[msnm] + 32{,}8$$

En base a esta última relación calculada se ha determinado el mapa de isoyetas de precipitación en 24 horas, que gráficamente se muestra en la Figura 5.20.

La información de precipitaciones para tiempos menores a 24 horas se estimó en base a la precipitación máxima diaria para un período de retorno de 10 años. La precipitación máxima de 10 años de período de retorno y 24 horas de duración se obtuvo de las estimaciones realizadas a través del método de valores extremos Tipo I o de Gumbel.

En el Cuadro 5.6-10, se presenta la información de precipitaciones máximas en 24 horas para distintos rangos de altura.

Cuadro 5.6-10
Lluvias en 24 horas representativas para distintos rangos de altura

Zona	Lluvia 24 hrs (mm) T=10 años	Rango Máximos	Rango Promedios
0-500 m	54	-	-
500- 1000 m	50	56	48
1000- 1500 m	55	50 - 62	47 - 55
1500 – 2000 m	65	49 - 63	45 - 60

Fuente: Estudio Hidrológico para Factibilidad Proyecto El Morro. Informe Final, DICTUC 2008.

- **Precipitaciones Máximas**

Dada la ausencia de estaciones de control pluviométrico que permitan obtener información a nivel local en quebrada Algarrobal, el análisis de precipitaciones se realizó considerando la información pluviométrica de estaciones meteorológicas existentes en la zona, aunque a nivel regional. Las estaciones meteorológicas consideradas en este estudio se presentan en el Apéndice 5D-3.

El análisis de frecuencia de las lluvias máximas en 24, 48 y 72 horas, para distintos períodos de retorno, se realizó estimando los parámetros de diferentes modelos probabilísticas mediante el método de los momentos. Los valores de precipitación máxima obtenidos del análisis de frecuencia se presentan en la Apéndice 5D-3.

b) Fluviometría

Al igual que para la descripción pluviométrica de esta zona del estudio, para el desarrollo del análisis fluviométrico de quebrada Algarrobal debe considerarse un análisis de los eventos extremos ya que en las zonas bajas de la quebrada, cuando el cauce abandona el sector montañoso, los escurrimientos superficiales ocurren sólo bajo estas condiciones.

Considerando la falta de información pluviométrica y fluviométrica en el sector de quebrada Algarrobal que permita realizar una estimación directa de las crecidas para distintos períodos de retorno, se han estimado caudales para distintos períodos de retorno en diferentes sectores de quebrada Algarrobal y diferenciando los tamaños de las subcuencas.

Para cuencas mayores a 15 km^2, a partir de las metodologías indicadas en el Apéndice 5D-3 (métodos USGS y de Escalamiento) se realizó un análisis regional para estimar crecidas máximas instantáneas para el período de invierno (crecidas pluviales) y período de deshielo en diferentes puntos de la cuenca, las que se presentan en el Apéndice 5D-3.

Para cuencas menores a 15 km^2 las crecidas de origen pluvial se estimaron utilizando el método racional y las crecidas de deshielo se determinaron siguiendo la metodología del modelo SWAT, los que se presentan en el Apéndice 5D-3.

- **Campañas de Aforos**

Respecto a la información generada en las campañas de aforo de Knight Piésold, los puntos de medición ubicados en el sector alto de la quebrada Algarrobal (indicados en el Cuadro 5.6-11) mostraron principalmente caudales nulos en la época de verano o muy bajos durante el resto del año (menores a 10 l/s). Sólo en el sector de Jarilla se observaron caudales superiores a 10 l/s en el período de mayo a julio, los que se originan principalmente de afloramientos. Los resultados de las campañas de aforos se presentan en la Tabla 5.1.

Desde el sector de la junta con quebrada Los Molles no se observan escurrimientos superficiales debido a que la quebrada se abre a un valle más ancho y toda el agua se infiltra. Hasta el sector de Pampa Algarrobal, en el cruce de la quebrada con la ruta 5 Norte (límite de la zona de influencia) no se observan escurrimientos superficiales.

Cuadro 5.6-11
Red Knight Piésold. Sector Quebrada Algarrobal

Punto	Nombre	Coordenadas	
		UTM Norte	UTM Este
QA-23	Quebrada Caballo Muerto antes Quebrada la Llareta	6.838,863	395,713
QA-25	Quebrada Algarrobal abajo junta Qda. Los Molles	6.849,336	369,826
QA-26	Quebrada Los Molles	6.844,795	368,034
QA-27	Quebrada Algarrobal en sector de Estancia Jarilla	6.848,378	373,176
QA-28	Quebrada Algarrobal en sector El Pingo	6.847,978	384,670

Fuente: Elaboración Propia.

5.6.3 Calidad de Aguas Superficiales

En esta sección se presenta un resumen de los resultados obtenidos en la ejecución del programa de monitoreo de calidad de agua superficial desarrollado para el área de estudio del Proyecto El Morro. El detalle de las campañas de muestreo, ubicación de puntos de control y de la información recolectada en terreno y analizada en laboratorio, se presenta en el Apéndice 5D-6.

El área de estudio del Proyecto El Morro abarca desde la costa (zona de quebrada Totoral), pasando a través de la zona desértica interior (Llano Algarrobal), hasta la zona cordillerana, en el sector denominado El Morro, donde se llevarán a cabo las actividades de explotación del Proyecto.

Para realizar la caracterización de las aguas superficiales, se ha subdividido el área de estudio en base a la representatividad de las condiciones actuales de los escurrimientos superficiales incluidas en el área del Proyecto El Morro: río Huasco y quebrada Algarrobal/Totoral. Debido a su amplitud y por la disposición de las obras del Proyecto

minero, la cuenca del río Huasco se ha dividido a su vez en dos subcuencas: Zona Huasco Alto y Zona quebrada Seca/Chanchoquín. La zona de Huasco Alto cubre la zona cordillerana del río Huasco y comprende las quebradas Piuquenes y Larga en el nacimiento del río Cazadero, así como los ríos Laguna Grande y Valeriano. El área de estudio se extiende hasta la confluencia del río Tránsito con la quebrada Pinte, en el sector de Angostura Pinte. La cuenca de quebrada Seca/Chanchoquín comprende la zona de quebrada Seca, 25 km aguas arriba de la localidad de Chanchoquín, hasta el sector de Los Perales, ubicado aproximadamente 1.000 m aguas abajo de Chanchoquín.

El sector de quebrada Algarrobal/Totoral abarca el área de la quebrada Algarrobal, entre su cruce con la ruta 5 Norte (Llano Algarrobal) y el sector de Caballo Muerto. En esta zona se encontrará el camino de acceso a la mina, el concentraducto, la línea de agua y la línea eléctrica. Finalmente se incluye el sector de quebrada Totoral, desde el sector costero, cercano a la Caleta Totoral, hasta la localidad de Totoral hacia el interior. En esta zona se ubicará la planta desaladora de agua del Proyecto.

La normativa considerada para la caracterización de la calidad de los cursos de agua superficial es la NCh 1.333 Of.78 “Calidad de Agua para Riego” que es la vigente para el territorio nacional. Es importante mencionar que el uso de esta normativa es sólo a nivel referencial para caracterizar los resultados del monitoreo histórico realizado para definir esta línea base.

La caracterización de la calidad de las aguas superficiales del área del Proyecto El Morro está basada en los registros obtenidos de una red de monitoreo de calidad del agua compuesta por un total de 28 puntos de monitoreo. En el Cuadro 5.6-12 se presenta un resumen de dichos puntos, la cuenca a la que pertenecen, y su frecuencia de muestreo.

La caracterización general de la calidad del agua superficial de cada uno de los sistemas hídricos identificados se llevó a cabo en términos de ocho categorías de parámetros: Parámetros de Campo, Parámetros Físico-Químicos Generales, Cationes-Aniones, Parámetros Orgánicos, Parámetros Inorgánicos, Metales, Parámetros Microbiológicos, y Pesticidas. En la Tabla 5.3 se presentan los parámetros monitoreados durante el período comprendido entre enero de 2006 y junio de 2008. Se presentan también unidades y expresiones utilizadas para cada parámetro, así como la metodología de análisis utilizada en los ensayos.

Adicionalmente se llevó a cabo un análisis específico considerando aquellos parámetros físico-químicos que puedan dar cuenta de posibles alteraciones ambientales relacionadas con la minería. Entre estos parámetros se encuentran los siguientes: pH (laboratorio), Conductividad Eléctrica (CE), Sulfatos (SO_4), Cobre Total (Cu), Arsénico Total (As) y Molibdeno Total (Mo).

Cuadro 5.6-12
Resumen Puntos de Monitoreo

Identificación Sitio	Nombre Sitio	Cuenca	Frecuencia Monitoreo
RH-2	Río Huasco aguas abajo Chanchoquín	Río Huasco - QS	Mensual
RH-3	Río Tránsito en Angostura	Río Huasco - HA	Mensual
RH-4[2]	Río Chollay Junta Rio Del Transito	Río Huasco - HA	Mensual
RH-5[2]	Río Conay Antes Junta Río Chollay	Río Huasco - HA	Mensual
RH-6[1]	Río Conay en las Lozas	Río Huasco - HA	Trimestral
RH-7	Río Valeriano Antes Junta río Conay	Río Huasco - HA	Mensual
RH-8	Río Laguna Grande antes junta Río Valeriano	Río Huasco -HA	Mensual
LG-9	Río Laguna Grande aguas abajo confluencia Río Cazadero	Río Huasco - HA	Mensual
LG-10	Río Cazadero antes de la junta con Río Laguna Grande	Río Huasco - HA	Mensual
LG-11	Río Laguna Grande antes junta Río Cazadero	Río Huasco - HA	Mensual
LG-12	Vertedero Laguna	Río Huasco - HA	Semestral
LG-13	Laguna cerca de muro	Río Huasco - HA	Semestral
RC-14	Qda. León Muerto, aguas abajo Lagunillas	Río Huasco - HA	Mensual
RC-15	Río Cazadero aprox. 2 km. aguas abajo Qda. Larga	Río Huasco - HA	Mensual
RC-16	Río Cazadero después junta Qda. Larga	Río Huasco - HA	Mensual
RC-17	Qda. Larga antes junta Río Cazadero	Río Huasco - HA	Mensual
RC-18	Río Cazadero antes junta Qda. Larga	Río Huasco - HA	Mensual
QL-19	Quebrada Larga abajo Campamento El Morro	Río Huasco - HA	Mensual
QP-20	Quebrada Piuquenes en área campamento	Río Huasco - HA	Mensual
QP-21	Naciente Río Cazadero	Río Huasco – HA	Mensual
QS-22	Quebrada Seca km. 25	Río Huasco - QS	Mensual
QA-23	Qda. Caballo Muerto aguas arriba Qda. La Llareta	Quebrada Algarrobal	Mensual
QA-25	Quebrada Algarrobal abajo junta Qda. Los Molles	Quebrada Algarrobal	Mensual
QA-26	Quebrada Los Molles	Quebrada Algarrobal	Mensual

Nota: [1] Corresponden a puntos monitoreados por la Dirección General de Aguas.
[2] Corresponden a puntos monitoreados por el Proyecto Pascua Lama.
HA: Cuenca del río Huasco en la zona Huasco Alto
QS: Cuenca del río Huasco en la zona quebrada Seca/Chanchoquín
Fuente: Elaboración Propia.

5.6.3.1 Cuenca del Río Huasco / Quebrada Seca

Las aguas superficiales de la zona alta y media alta de la cuenca presentan valores de pH que en general satisfacen los requerimientos de la norma de riego, salvo en algunas campañas en las que se han detectado valores que exceden el límite superior de este parámetro (pH = 9,0). Los valores que sobrepasan el límite superior de la norma se observaron durante las campañas de noviembre, diciembre de 2006, enero 2007 y entre enero y marzo de 2008. En la zona media baja de la cuenca no se detectaron valores sobre la norma. Con respecto a la variación espacial del pH la información disponible permite concluir que las aguas superficiales son de naturaleza básica en toda la cuenca, pero con un mayor pH en el sector alto, específicamente en las nacientes de quebrada Larga.

La Conductividad Eléctrica se presenta en general en torno a los 600 µS/cm a lo largo de toda la cuenca, valor que se considera aceptable de acuerdo a la NCh 1.333/Of78 cuyo valor máximo, considerando un uso más restrictivo del agua, corresponde a 750 µS/cm. En las zonas alta y media–alta de la cuenca, los máximos alcanzados corresponden a 584 y 689 µS/cm, respectivamente. En la zona media – baja la Conductividad Eléctrica presenta valores un poco mayores a los registrados en los sectores más altos de la cuenca. Al analizar la variación espacial de este parámetro se puede concluir que en toda la cuenca se presentan aguas con una Conductividad Eléctrica reducida, pero que exhibe un aumento paulatino desde aguas arriba a aguas abajo. Esta variación se explicaría por la incorporación de aguas de cuencas intermedias con un mayor contenido de sales disueltas hacia el agua superficial, a medida que el río se desarrolla en la cuenca. A modo de ejemplo en las Figuras 5.21a-1 y 5.21a-2 se presentan diagramas que resume toda la información disponible sobre la variación espacial de la Conductividad Eléctrica para la cuenca del río Huasco y su variación estacional, respectivamente. Figuras similares se presentan en el Apéndice 5D-6 para cada uno de los parámetros considerados como más significativos dado el tipo de Proyecto que se desarrollará en el área de estudio.

Las concentraciones del ión Sulfato presentan valores que satisfacen los requerimientos de la norma de riego, es decir, concentraciones menores o iguales a 250 mg/l, en toda la cuenca. En la zona alta y media alta de la cuenca se han observado los menores valores de Sulfatos, cuyas concentraciones por lo general se encuentran bajo 100 mg/l, salvo en algunas campañas específicas. Al igual que para el caso de la Conductividad Eléctrica la variación espacial de este parámetro indica que su concentración va aumentando hacia

aguas abajo, lo cual se explicaría por un mayor tiempo de contacto entre el agua y su entorno, y por la incorporación de aguas con un mayor contenido salino.

El Cobre total se presenta en general con valores bajo los límites establecidos por la normativa de riego, cuya concentración máxima corresponde a 0,2 mg/l. Las dos excepciones corresponden a la zona alta de la cuenca, durante la campaña de julio 2006, en la cual se registró un valor de 10 mg/l en el punto de monitoreo RC-18, y otro valor en la zona media-alta con un valor de 2,0 mg/l, en el punto RH-8. Ambos valores no son representativos del resto de los valores medidos en las diferentes campañas y puntos, por lo que no fueron considerados en el cálculo de promedios para cada estación. Del esquema de variación espacial para este parámetro se puede concluir que no existen variaciones significativas del contenido de Cobre a lo largo de la cuenca del río Huasco.

Las concentraciones de Arsénico Total satisfacen los requerimientos de la norma de riego a lo largo de toda la cuenca del río Huasco, con concentraciones menores o iguales a 0,1 mg/l. En casi la totalidad de las estaciones en la cuenca los valores de las concentraciones de Arsénico se encuentran bajo 0,01 mg/l, salvo en un punto en la zona media-alta en la compaña de febrero 2006, marzo 2006 y septiembre de 2007 (RH-7) y otro punto en la zona media- baja en la campaña de enero 2006 (RH-6), donde se detectaron valores entre 0,01 y 0,02 mg/l.

La concentración de Molibdeno total excede los límites de la norma de riego (0,01 mg/l) en las tres zonas de la cuenca. En la zona alta de la cuenca el Molibdeno superó este límite en casi todas las estaciones en alguna campaña, pero no superó el mínimo detectable en la mayoría de los puntos medidos. El valor máximo presentado en esta zona corresponde a 0,026 mg/l. En la zona media-alta de la cuenca, se han observado valores sobre 0,01 mg/l en la totalidad de los puntos muestreados. Los valores máximos en este sector se registraron en la campaña de junio 2007, alcanzando un máximo de 0,043 mg/l. En la zona media-baja se detectaron valores sobre la norma en tres de los puntos monitoreados. El mayor valor de Molibdeno se observó en la campaña de febrero 2007, con una concentración de 0,026 mg/l.

5.6.3.2 Cuenca Quebrada Algarrobal / Totoral

En el sector alto de quebradaAlgarrobal los valores de pH se mantienen en torno a 8,0, detectándose los mayores valores en el punto QA-23 (abril, junio, julio y septiembre 2006). Durante la totalidad de las campañas efectuadas se detectaron valores dentro de los límites establecidos en la normativa. En términos de variación espacial, se observa

que los valores de pH son relativamente similares a todo lo largo de quebrada Algarrobal. En el sector de Totoral, se dispone de seis campañas de monitoreo (agosto y noviembre 2006; septiembre 2007 y enero, marzo, junio de 2008). Los resultados obtenidos permiten concluir que en general las aguas mantienen una condición básica, cuyo rango de variación de valores extremos se encuentra entre pH = 7,6 y 8,6. En general se observa un leve descenso del pH aguas abajo y que se ha mantenido prácticamente constante durante las campañas desarrolladas.

La Conductividad Eléctrica en el sector alto de quebrada Algarrobal presenta aguas con un grado de salinización que excede el valor definido por la norma de riego para los usos más restrictivos del agua, que corresponde a 750 μS/cm. La única estación de muestreo que presentó valores aceptables, según la normativa de riego, corresponde a QA-23, durante las campañas desarrolladas entre abril y noviembre de 2006. En el sector Totoral se observa una mayor presencia de sales disueltas, con rangos entre 2.530 y 7.090 μS/cm. Según el análisis de variación espacial para este parámetro su valor aumenta hacia aguas abajo, con un gran salto entre la zona de quebrada Algarrobal y Totoral que se explicaría por el mayor contacto con sales existentes en el sector costero y por una posible intrusión de agua de mar a través del cauce de la quebrada. Las Figuras 5.21b-1 y 5.21b-2 resumen la información sobre variación espacial y temporal de la Conductividad Eléctrica, en el área de quebrada Algarrobal/Totoral, respectivamente.

El ión Sulfato en la zona alta de quebrada Algarrobal presenta concentraciones que exceden significativamente el límite establecido por la NCh. 1.333 (250 mg/l), en todos los puntos muestreados con excepción del punto QA-23 durante el periodo abril - noviembre 2006. Se observó además un aumento significativo de este parámetro en las campañas de junio y julio del año 2006 en comparación a los niveles registrados en el resto de las campañas; este aumento se puede explicar por los menores caudales que se presentan en este periodo, que implican mayor tiempo de contacto agua-roca y menores diluciones. En el sector de Totoral, se observan concentraciones de Sulfato que exceden la norma de riego durante las campañas de muestreo desarrolladas en el área con un máximo de 1.167 mg/l.

El Cobre presenta valores bajos en las dos zonas del sistema hídrico de la quebrada Algarrobal, con rangos que van desde concentraciones bajo el límite de detección (<0,01 mg/l) hasta 0,05 y 0,01 mg/l en el sector alto de quebrada Algarrobal y en el sector de Totoral, respectivamente. En términos de variación espacial, se observa que la concentración de Cobre total no presenta tendencias definidas a lo largo del recorrido

entre quebrada Algarrobal hasta el sector de Totoral, en la que no se distingue ningún patrón. Todas las estaciones presentan valores muy por debajo del límite de la norma de riego (0,2 mg/l).

El Arsénico en la zona alta de la quebrada Algarrobal se encuentra bajo el límite establecido en la NCh. 1.333 de 0,1 mg/l, con aumentos en comparación con las otras campañas en el punto QA-26, durante el periodo febrero - marzo 2006, y en el punto QA-28, durante el periodo agosto - octubre 2006. En el sector de Totoral la concentración de Arsénico observada oscila entre 0,001 y 0,007 mg/l. En las últimas campañas desde enero a junio de 2008, este parámetro se encuentra bajo el límite de detección en todos los puntos de Algarrobal. En cuanto a Totoral, sólo fue detectado en la campaña de junio de 2008, pero bajo el límite establecido en la norma.

El Molibdeno total en el sector alto de quebrada Algarrobal presenta los valores más elevados de toda la zona de estudio, llegando a valores sobre 0,11 mg/l. En general se observa un comportamiento general similar en toda la zona con un máximo en la campaña de enero 2007 en los puntos QA-25, QA-26 y QA-27. En la zona de quebrada Totoral las concentraciones de Molibdeno se encuentran en el rango 0,021 y 0,026 mg/l. Así mismo, en Totoral, se han presentado valores sobre la norma en las campañas de agosto 2006, noviembre 2006 y enero de 2008.

5.6.3.3 Conclusiones

De los resultados obtenidos se puede concluir que la calidad del agua superficial en la zona de estudio del Proyecto El Morro es en general buena, con la excepción de sectores específicos como quebrada Totoral, en el que se observa una marcada influencia de su entorno. El Cuadro 5.6-13 resume el total de datos de monitoreo en cada subsector de la cuenca junto con el número de veces que se excede el valor de la normativa de riego para un compuesto en particular.

Cuadro 5.6-13
Resumen Parámetros Superan NCh 1.333. Zona Huasco Alto

Constituyente	NCh 1.333	Nº veces que se sobrepasó norma	Número de Datos
pH	5,5 – 9,0	23	214
Aluminio Total	5,0 mg/l	2	218
Berilio Total	0,10 mg/l	1	220
Boro Total	0,75 mg/l	1	218
Cobre Total	0,20 mg/l	15	220
Cromo Total	0,10 mg/l	2	220
Hierro Total	5,0 mg/l	1	218
Manganeso Total	0,20 mg/l	3	220
Molibdeno Total	0,01 mg/l	35	220
Níquel Total	0,20 mg/l	29	218
Zinc Total	2,0 mg/l	1	220

Resumen Parámetros Superan NCh 1.333. Zona Quebrada Seca/Chanchoquín

Constituyente	NCh 1.333	Nº veces que se sobrepasó norma	Número de Datos
Boro Total	0,75 mg/l	5	37
Manganeso Total	0,20 mg/l	2	37
Molibdeno Total	0,01 mg/l	6	37
Coliformes Fecales	0,01 mg/l	1	35

Resumen Parámetros Superan NCh 1.333. Zona Quebrada Algarrobal

Constituyente	NCh 1.333	Nº veces que se sobrepasó norma	Número de Datos
pH	5,5 – 9,0	2	86
Cloruros	200 mg/l	1	87
Sulfatos	250 mg/l	57	87
Boro Total	0,75 mg/l	13	87
Cadmio Total	0,01 mg/l	1	87
Cobre Total	0,20 mg/l	1	87
Cromo Total	0,10 mg/l	1	87
Hierro Total	5,0 mg/l	1	87
Manganeso Total	0,20 mg/l	3	87

Constituyente	NCh 1.333	Nº veces que se sobrepasó norma	Número de Datos
Molibdeno Total	0,01 mg/l	51	87
Coliformes Fecales	1.000 NMP/100 ml	1	87

Resumen Parámetros Superan NCh 1.333. Zona Quebrada Totoral

Constituyente	NCh 1.333	Nº veces que se sobrepasó norma	Número de Datos
Cloruros	200 mg/l	12	12
Sulfatos	250 mg/l	12	12
Boro Total	0,75 mg/l	6	12
Manganeso Total	0,20 mg/l	1	12
Molibdeno Total	0,01 mg/l	6	12
Níquel	0,20 mg/l	1	12

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos indican que un número bajo de parámetros presentan concentraciones superiores a las establecidas en la NCh 1.333. En algunos de ellos, el valor con que se supera el criterio es marginal respecto del criterio mismo, como sucede con el Aluminio. En el caso del pH, siempre se sobrepasó la norma con valores superiores a 9,0 (aguas básicas), es decir, en ninguno de los casos en que se sobrepasó la norma se detectaron aguas con pH menor a 5,5. Para el caso del Boro y Molibdeno, se detectaron concentraciones sobre la norma en todos los sectores de observación. En la Zona Quebrada Algarrobal se observa que tanto el Molibdeno como los Sulfatos, sobrepasaron constantemente la norma de riego durante todo el período en observación.

La zona alta y media alta de la cuenca del río Huasco y la zona alta de quebrada Algarrobal es donde se presenta el mayor número de constituyentes con concentraciones mayores a los límites establecidos en la norma chilena para riego. En el caso de quebrada Totoral se tienen seis parámetros que superan la norma, pero en el caso de los Cloruros y Sulfatos, esto ocurre en casi el 100% de los datos. Para Boro y Molibdeno, es un 50%.

De los parámetros incluidos en el análisis más específico los que sobrepasaron los límites de la NCh. 1.333 corresponden al pH, Molibdeno, Conductividad Eléctrica, Sulfato y Cobre. El pH sobrepasó la norma con valores superiores a 9,0 (aguas básicas),

en las zonas alta y media-alta de la cuenca del río Huasco; el Molibdeno presentó concentraciones sobre la norma en todos los sectores de estudio; por su parte la Conductividad Eléctrica superó el límite de la NCh. 1.333 sólo en la cuenca de quebrada Algarrobal, con un aumento de las concentraciones hacia aguas abajo en toda el área de estudio; el Sulfato presentó al igual que la Conductividad Eléctrica valores superiores a la norma sólo en la cuenca de quebrada Algarrobal; y por último el Cobre cuyas concentraciones sobrepasaron la NCh. 1.333 en la zona alta y media-alta de la cuenca del río Huasco.

El Arsénico fue el único parámetro de los incluidos en el análisis específico cuyos valores medidos se encuentran bajo el límite de la norma en todos los puntos de monitoreo en el área de estudio, en todas las campañas realizadas.

Los resultados correspondientes al monitoreo de pesticidas, realizado durante el mes de septiembre en el sector de Poblado de Junta de Valerianos, indican concentraciones bajo los límites de detección del método analítico utilizado en laboratorio para todos los compuestos analizados, por lo que no habría presencia de estos compuestos en las aguas de la zona alta del Valle del Huasco.

5.6.4 Aguas Subterráneas

La descripción de línea base de aguas subterráneas se enfoca en la caracterización hidrogeológica de las zonas donde se emplazarán las obras del Proyecto. Las áreas de quebrada Larga, quebrada Algarrobal y quebrada Totoral son descritas de acuerdo al nivel de detalle de información que se dispone para cada una, el cual tiene relación con el grado de impacto sobre las aguas subterráneas en cada zona del Proyecto.

En este sentido, la zona de quebrada Larga, donde se ubicarán las principales obras del Proyecto (depósito de relave, depósito de estériles, planta de procesos y el rajo) es descrita en base al estudio hidrogeológico específico llevado a cabo por Knight Piésold (2008) en el sector, por otro lado quebrada Algarrobal en el sector de Pampa Algarrobal, donde se ubicará la planta de filtros del Proyecto, es descrita en base a un estudio anterior realizado por DICTUC (2006) y el sector de quebrada Totoral donde se ubicará la planta desalinizadora de agua se describe a través de información general.

La información presentada en esta sección puede ser revisada con mayor detalle en el Apéndice 5D-4 y en el Apéndice 5D-5.

5.6.4.1 Quebrada Larga

Como se ha indicado previamente, en esta sección se describen los principales resultados del Estudio Hidrogeológico de Quebrada Larga (septiembre, 2008) realizado por Knight Piésold, el cual corresponde al Apéndice 5D-4 de la Línea Base de Recursos Hídricos. Dicho estudio fue confeccionado para establecer las características hidrogeológicas específicas de la zona donde se ubicarán las principales obras asociadas al Proyecto.

La caracterización en términos de la hidrogeología de la cuenca de quebrada Larga se hace en base a la integración de información geológica, geofísica, estratigráfica, de pruebas de permeabilidad en sondajes (mineros y geotécnicos), calicatas y un pozo habilitado con fines hidrogeológicos. Además al análisis se incorpora información sobre hidrología, dinámica temporal y espacial de caudales superficiales y de niveles estáticos en diferentes perforaciones existentes en la zona.

Lo anterior permitió la identificación y definición de las diferentes unidades hidrogeológicas existentes en quebrada Larga, determinándose los espesores de cada unidad así como los valores de los parámetros elásticos de las unidades (permeabilidad hidráulica y coeficiente de almacenamiento).

a) Hidrología

Como parte del estudio hidrogeológico realizado en quebrada Larga se realizó un análisis de las principales variables hidrológicas, hidrometeorológicas y fluviométricas para comprender y estimar la cantidad de agua que abandona el sistema superficialmente en el punto de cierre de la cuenca y cuanta agua es recargada al sistema subterráneo. La información presentada aquí corresponde a aquella que fue empleada específicamente con fines hidrogeológicos.

En el sector de quebrada Larga no existe información hidrológica, hidrometeorológica y fluviométrica de tipo histórica. Los registros de precipitación, evaporación y fluviometría son limitados, existiendo sólo registros de temperaturas medidas por una estación meteorológica ubicada en el Campamento El Morro desde el año 2003.

A pesar de no existir información medida se cuenta con series mensuales sintetizadas a partir de estudios específicos hechos en la zona e información aportada por el Balance Hídrico de Chile (DGA, 2005).

La precipitación media anual en la cuenca de quebrada Larga ha sido estimada en 214 mm/año (DICTUC, 2008). La temperatura promedio anual es de 3,7ºC y el promedio anual de evaporación es de 162 mm/año (en base a DGA, 2005). La distribución de precipitaciones muestra que los mayores montos ocurren durante los meses de invierno que es donde se registran las menores temperaturas en la cuenca. Por otra parte las curvas de isoescorrentía presentadas en el Balance Hídrico de Chile (DGA, 2005) indican que la escorrentía superficial en el punto de cierre de la cuenca es de 20 mm/año.

Para complementar la información anterior y para estudiar la interacción entre el sistema superficial y el subterráneo, en la cuenca de quebrada Larga se definió e implementó una red de aforos de caudales superficiales, la cual es presentada en el Cuadro 5.6-14 y mostrada en el Plano 5.7b.

Cuadro 5.6-14
Red de Aforos – Sector Quebrada Larga

#	Estación	Coordenadas (UTM) [1]		Período con Información		Ubicación
		Este (m)	Norte (m)	Fecha	Nº datos	
1	RC-17	404,069	6.827,861	abr.06 – abr.2008	35	Quebrada Larga antes junta con Río Cazadero
2	QL-19	411,166	6.830,848	may.06 – abr.08 nov.06 – nov.07	28[2] >5000[3]	Quebrada Larga abajo de Campamento
3	2	411,819	6.833,121	abr.03 nov.05 – abr.07 nov.07 – abr.08	1 63 6	Campamento Antiguo
4	3	412,267	6.833,300	abr.03 nov.05 – abr.07 nov.07 – abr.08	1 65 6	Fortuna Norte
5	4	411,886	6.832,824	abr.03 nov.05 – abr.07 nov.07 – abr.08	1 65 6	Fortuna
6	5	411,316	6.832,188	abr.03 nov.05 – abr.07 nov.07 – abr.08	1 65 6	Quebrada Larga
7	6	411,527	6.830,840	abr.03 nov.05 – abr.07 nov.07 – abr.08	1 65 7	Campamento Nuevo
8	7	410,926	6.830,434	abr.03 nov.05 – abr.07 nov.07 – abr.08	1 65 6	Quebrada Larga abajo Campamento
9	MK-1	410,415	6.830,241	dic.06 nov.07 – abr.08	1 6	Quebrada Larga

#	Estación	Coordenadas (UTM) [1]		Período con Información		Ubicación
		Este (m)	Norte (m)	Fecha	Nº datos	
10	MK-2	409,986	6.829,890	dic.06 nov.07 – abr.08	1 6	Quebrada Larga
11	MK-3	408,686	6.829,421	dic.06 nov.07 – abr.08	1 6	Quebrada Larga
12	MK-4	407,227	6.829,139	dic.06 nov.07 – abr.08	1 6	Quebrada Larga
13	MK-8	411,788	6.832,821	dic.06 nov.07 – jul.08	1 2	Fortuna confluencia 1
14	MK-9	411,687	6.832,734	dic.06 nov.07 – abr.08	1 6	Fortuna confluencia 2
15	MK-10	404,965	6.828,620	dic.06 nov.07 – abr.08	1 6	Quebrada Larga
16	MK-11	404,553	6.828,202	dic.06 nov.07 – abr.08	1 6	Quebrada Larga
17	MK-12	406,875	6.829,106	dic.06 nov.07 – abr.08	1 6	Quebrada Larga
18	MK-13	411,183	6.831,257	dic.06 nov.07 – abr.08	1 6	Quebrada Larga
19	MK-14	411,820	6.832,890	dic.06 nov.07 – abr.08	1 6	Quebrada Fortuna Norte 2

Nota: [1]Coordenadas UTM referidas al PSAD56 y Huso 19.
[2]Aforos Puntuales.
[3]Mediciones Continuas (Stilling Well).
Fuente: Elaboración Propia.

La información registrada en los puntos de la red de aforos, indica que los mayores caudales ocurren durante el período de deshielo, cuando el agua almacenada en forma sólida durante el invierno se derrite. El derretimiento de nieves es transformado tanto en escorrentía superficial como en recarga del sistema subterráneo. Las precipitaciones que caen en forma líquida también son capaces de generar variaciones en el caudal, pero son locales y no de gran importancia relativa.

Los registros indican que espacialmente el caudal superficial en quebrada Larga aumenta desde aguas arriba hacia aguas abajo, pero sólo hasta el punto MK-4 en donde se registra una disminución importante que se mantiene hasta el cierre de la cuenca. Lo anterior se podría asociar a dos factores que controlan el ingreso y salidas de agua del sistema superficial.

Las salidas de aguas están definidas principalmente por la infiltración a través de la cubierta superficial compuesta por un relleno sedimentario de alta permeabilidad junto con la posible conexión con fallas geológicas que generan vías de flujo preferenciales. La interacción con vegas es otro factor a tomar en cuenta, aun cuando no genera una disminución tan importante como la asociada al control geológico.

La evaporación de agua también juega un rol dentro del balance hídrico superficial, pero ésta se manifiesta con mayor magnitud sobre el manto de nieve (evaposublimación) que sobre los cauces (evaporación de agua libre).

Las entradas de agua corresponden a todos los aportes generados en las subcuencas intermedias que se manifiestan de forma concentrada y a los aportes difusos provenientes del sistema subterráneo o de aportes superficiales no concentrados.

Los aportes concentrados varían en magnitud en la medida que provienen desde zonas con mayor almacenamiento nival y condiciones para el derretimiento de éste. Las subcuencas cuyos cauces se originan en la zona alta de la cuenca aportan mayor cantidad de agua que aquellas que lo hacen en la parte más baja; esto último, sumado a la existencia de una perdida por infiltración importante que ocurre en todo el cauce, define el comportamiento espacial de los caudales superficiales observados en quebrada Larga.

b) Catastro de Sondajes, Calicatas y Pozo Hidrogeológico

En la zona de estudio se dispone de una amplia cantidad de perforaciones, principalmente sondajes, los cuales fueron hechos con diferentes objetivos (mineros y geotécnicos), a lo que se suma un pozo construido con fines hidrogeológicos y un total de 50 calicatas con profundidades que no superan los 5,0 m.

Del total de sondajes perforados en la cuenca de quebrada Larga existe posibilidad de utilizar un subconjunto de 77 sondajes con fines hidrogeológicos, de los cuales 55 (sondajes mineros) corresponden a perforaciones hechas por SCM El Morro, 7 (sondajes geotécnicos en la zona del rajo) corresponden a perforaciones hechas por Piteau y 15 (sondajes geotécnicos) corresponden a puntos perforados y habilitados por Golder Associates S.A. (2007). La selección de sondajes se efectuó en base a consideraciones de aptitud para entregar información de tipo hidrogeológica, es decir, factibilidad de medir niveles estáticos (considerando que la mayoría de los sondajes se derrumbó por falta de habilitación), de realizar muestreos de calidad de aguas y factibilidad de realizar pruebas para estimar la permeabilidad hidráulica de los estratos de suelo.

En el sector del rajo fue perforado y habilitado un pozo con el fin de obtener información global sobre parámetros elásticos del sistema acuífero existente en quebrada Larga a través de una prueba de bombeo. Dicho pozo tiene una profundidad total de 206 m y se encuentra habilitado a partir de los 30 m de profundidad, principalmente en la unidad de tipo roca.

Como apoyo a los estudios geotécnicos para las obras de Proyecto Golder Associates S.A. excavó 50 calicatas en el sector de quebrada Larga. Del total de calicatas, 28 se ubicaron en la zona de depósito de relaves y depósito de estériles, 8 en la zona de planta de procesos, y las 14 restantes en distintos sectores de quebrada Larga. La profundidad de las excavaciones varió entre los 0,2 a los 5,0 m. Estas calicatas fueron distribuidas según las necesidades de generar información en terreno, tanto para la caracterización superficial del tipo de suelo como para la ejecución de pruebas de infiltración tipo Porchet, las que se realizaron en 9 de ellas.

c) Propiedades Hidrogeológicas

Para la caracterización de las propiedades hidráulicas (permeabilidad hidráulica saturada y coeficiente de almacenamiento) se utilizo la información generada por diferentes fuentes. Esta información proviene de estudios realizados por otros consultores, literatura especializada, así como información generada por Knight Piésold específicamente para estos fines.

- **Permeabilidad Hidráulica:** La información generada se origina a partir de dos fuentes, las cuales han sido divididas de acuerdo a la metodología empleada para estimar esta propiedad:
  - Estudios hechos por Golder Associates (2007), Piteau (2007) y las campañas de Knight Piésold (2007). En todos estos estudios se han documentado información de pruebas realizadas en sondajes geotécnicos o mineros, mediante ensayos del tipo Lugeon, Lefranc, KGS y Air Lift.
  - Prueba de bombeo realizada en el pozo HIDRO-01 supervisada por Knight Piésold.

Adicionalmente, para obtener información sobre la permeabilidad de los suelos en la zona más superficial, se han interpretado pruebas de infiltración tipo Porchet realizadas en calicatas.

Cabe destacar que la estimación de las propiedades hidrogeológicas por medio de las metodologías Lugeon, Lefranc, KGS y Air Lift tiene una validez limitada en términos del alcance del área de influencia de las mismas, ya que solo entregan información local. Esto hace que sus resultados no sean tan globales como los que se obtienen a través de una prueba de bombeo tradicional. A pesar de esto, a través de una correcta interpretación de los datos se considera que representan una fuente de información relevante para el entendimiento del sistema hidrogeológico de quebrada Larga.

Las pruebas de permeabilidad tipo Lugeon, Lefranc, KGS y Air Lift fueron llevadas a cabo sobre 16 sondajes ubicados en quebrada Larga. El Cuadro 5.6-15 resume los puntos empleados así como los valores de permeabilidad obtenidos para cada sitio y en cada profundidad estudiada. Cabe hacer notar que este tipo de ensayos permite establecer la variación de la permeabilidad hidráulica en la vertical, información que posteriormente es incorporada a la definición de unidades hidrogeológicas y al modelo hidrogeológico conceptual.

Cuadro 5.6-15
Resumen Tipos y Resultados de Ensayos de Permeabilidad realizados

Sondaje [1]	Ensayo realizado por:	Profundidad Total Sondaje (m)	Profundidad Estudiada (m b.n.t.)	Tipo de Ensayo	Rango Conductividad Hidráulica (m/d)
BHG-01	Golder	20,1	3,0 – 6,5	Lefranc	$0{,}20\cdot10^{0} – 7{,}43\cdot10^{0}$
			15,0 -20,1	Lugeon	
BHG-2B	Golder	20,0	5,0 – 20,0	Lugeon	$3{,}11\cdot10^{-5} – 5{,}96\cdot10^{-1}$
BHG-03	Golder	25,0	10,0 – 25,0	Lugeon	$5{,}36\cdot10^{-3} – 3{,}11\cdot10^{-2}$
BHG-04	Golder	15,8	1,5 – 10,2	Lefranc	$1{,}21\cdot10^{-2} – 2{,}25\cdot10^{-1}$
BHG-05	Golder	20,0	6,0 – 20,0	Lugeon	$1{,}90\cdot10^{-2} – 5{,}96\cdot10^{-2}$
BHG-07	Golder	90,1	10,0 – 90,0	Lugeon	$1{,}12\cdot10^{-5} – 4{,}41\cdot10^{-2}$
BHG-08	Golder	85,8	0,0 – 4,8	Lefranc	$1{,}12\cdot10^{-5} – 2{,}33\cdot10^{0}$
			6,0 – 85,8	Lugeon	
BHG-09	Golder	20,0	4,6 – 6,5	Lefranc	$3{,}46\cdot10^{-3} – 1{,}81\cdot10^{0}$
			5,0 – 20,0	Lugeon	
BHG-10	Golder	20,1	7,0 – 20,0	Lugeon	$8{,}21\cdot10^{-2} – 4{,}67\cdot10^{-1}$
BHG-15	Golder	254,0	60,0 – 237,0	Air Lift	$3{,}05\cdot10^{-2}$
BHG-17	Golder	252,0	19,0 – 252,0	Air Lift	$1{,}30\cdot10^{-4}$
DDHF-150 [2]	Piteau	567,0	205,4 -566,9	Lugeon y Lefranc	$1{,}47\cdot10^{-4} – 3{,}14\cdot10^{-2}$

Sondaje [1]	Ensayo realizado por:	Profundidad Total Sondaje (m)	Profundidad Estudiada (m b.n.t.)	Tipo de Ensayo	Rango Conductividad Hidráulica (m/d)
DDHF-151 [2]	Piteau	700,0	197,4 – 700,0	Lugeon y Lefranc	$1{,}72\cdot10^{-6} – 5{,}95\cdot10^{-2}$
DDHF-152 [2]	Piteau	450,0	61,4 – 447,0	Lugeon y Lefranc	$1{,}52\cdot10^{-4} – 1{,}81\cdot10^{-3}$
DDHF-153 [2]	Piteau	450,0	95,4 – 450,0	Lugeon y Lefranc	$2{,}99\cdot10^{-6} – 4{,}13\cdot10^{-3}$
DDHF-154 [2]	Piteau	350,0	110,4 - 350,0	Lugeon y Lefranc	$9{,}50\cdot10^{-5} – 3{,}20\cdot10^{-3}$

Nota: [1] Anexo 2a del Apéndice 5D-4 se presenta la estratigrafía de los pozos perforados por Golder Associates S.A. (2007).

[2] Para los pozos DDHF las pruebas fueron realizadas para diferentes tramos en la zona estudiada.

Fuente: Golder Associates (2007), Piteau (2007)

Los valores de permeabilidad hidráulica obtenidos reflejan que dentro de los estratos de suelos superficiales existe alta permeabilidad variando entre 10^{-1} y 10^{0} m/d y en la medida que se observan ensayos realizados en muestras más profundas los valores de permeabilidad disminuyen, variando desde 10^{-1} a 10^{-6} m/d. Esto último indicaría que los estratos de suelos inferiores presentan un mayor grado de consolidación y resistencia al flujo de agua.

Durante la segunda quincena de diciembre de 2007, Knight Piésold supervisó la realización de una prueba de bombeo en el pozo HIDRO-01. La información proporcionada por la prueba de bombeo se asocia principalmente a las características hidrogeológicas de la unidad de roca, agrupando los diferentes tipos de fracturamiento existentes. La transmisividad obtenida de la prueba de bombeo está comprendida entre 0,05 y 0,20 m^2/día, mientras que el coeficiente de almacenamiento se ha estimado en un valor alrededor del 5%.

Para realizar una estimación de las características de la unidad hidrogeológica más superficial, se utilizaron los resultados de pruebas de infiltración tipo Porchet realizadas en calicatas en diferentes sectores de quebrada Larga. Los resultados de las pruebas de infiltración se resumen en el Cuadro 5.6-16.

Cuadro 5.6-16
Resumen de Resultados Pruebas de Permeabilidad Calicatas

Calicata	Prueba de Infiltración Tipo Porchet	
	(mm/h)	(m/d)
TPG-02	2,6	$6{,}2 \cdot 10^{-2}$
TPG-05	(sin descenso)	(sin descenso)
TPG-07	117,5	$2{,}8 \cdot 10^{0}$
TPG-14	31,7	$7{,}6 \cdot 10^{-1}$
TPG-16	61,9	$1{,}4 \cdot 10^{0}$
TPG-21	2,8	$6{,}7 \cdot 10^{-2}$
TPG-37	37,3	$9{,}0 \cdot 10^{-1}$
TPG-39	53,8	$1{,}3 \cdot 10^{0}$
TPG-44	140,8	$3{,}4 \cdot 10^{0}$

Fuente: Golder Associates SA (2007)

- **Coeficiente de Almacenamiento:** La estimación de este parámetro se hace en base a la información generada a partir de la prueba de bombeo conducida en el pozo HIDRO-01 y validada con la información disponible en literatura especializada.

Para la determinación de los coeficientes de almacenamiento (S) de las distintas unidades hidrogeológicas presentes en la zona de estudio se ha empleado la información aportada por la prueba de bombeo efectuada sobre el pozo HIDRO-01 y además, a modo referencial, la información existente en la literatura especializada.

El valor obtenido para el coeficiente de almacenamiento a través de la prueba de bombeo es del orden de un 5%, y es consistente con los valores referenciales recomendados para el tipo de rocas existentes en quebrada Larga.

d) Niveles Piezométricos

En la actualidad se dispone de una red de monitoreo compuesta por 18 puntos de medición, de los cuales 17 corresponden a sondajes (mineros o geotécnicos) habilitados para estos fines y de un pozo habilitado con fines hidrogeológicos. Algunos de los sondajes utilizados en la red se encuentran perforados en ángulo, por lo que la información de niveles obtenida de éstos es corregida de manera adecuada.

La red de aguas subterránea es monitoreada con una frecuencia semanal, pero las mediciones de niveles de agua subterránea no han sido constantes debido a las dificultades que impone el clima de la zona. La red de monitoreo es presentada en el Cuadro 5.6-17.

Cuadro 5.6-17
Red Pozos de Monitoreo – Sector Quebrada Larga

#	Pozo	Coordenadas			Dip[1] (º)	Ubicación
		Este (m)	Norte (m)	Cota (m s.n.m.)		
1	DDHF-149	413,985	6.832,920	4.100,0	60	Zona del Rajo.
2	DDHF-151	413,590	6.833,697	4.238,0	65	Zona del Rajo.
3	DDHF-152	413,122	6.832,937	4.108,0	70	Zona del Rajo.
4	DDHF-153	413,680	6.833,221	4.110,0	70	Zona del Rajo.
5	DDHF-154	413,634	6.832,653	4.067,0	70	Zona del Rajo.
6	DDHF-155	413,245	6.832,538	4.003,0	60	Zona del Rajo.
7	DDHF-156	413,245	6.832,538	4.003,0	60	Zona del Rajo.
8	BHG – 01	411,162	6.831,326	3.839,2	90	Qda. Larga, cerca de campamento.
9	BHG – 07	409,270	6.829,624	3.702,1	90	Qda. Larga, aguas abajo de campamento.
10	BHG – 09	404,486	6.828,166	3.359,2	90	Qda. Larga, aguas abajo de campamento, fin de camino.
11	BHG – 14	412,908	6.832,634	4.012,2	90	Zona del Rajo, ubicado al poniente de entrada a Túnel.
12	BHG – 16	412,542	6.831,123	3.910,7	90	Qda de Campamento, aguas arriba de campamento.
13	BHG – 17	413,535	6.832,970	4.066,0	90	Zona del Rajo, al oriente de entrada a túnel.
14	“Pozo 15”	413,607	6.832,879	4.050,0	90	Zona del Rajo, al oriente del túnel.
15	DDHF-78	413,571	6.832,749	4.030,0	74	Zona del Rajo, en el camino de acceso hacia el oriente.
16	RCN-05	410,803	6.830,082	3.817,6	90	En Qda. Larga, aguas abajo de campamento.
17	RN-04A	411,820	6.830,870	3.872,0	90	En Plataforma de Campamento.
18	HIDRO-01	413,320	6.832,561	4.008,8	90	Zona del Rajo, en el camino de acceso hacia el oriente.

Nota: [1] Ángulo medido desde la horizontal.
Fuente: Elaboración Propia.

La Figura 5.22a-1 muestra la evolución temporal de los niveles de agua en la red de monitoreo de aguas subterráneas y la Figura 5.22a-2 muestra las variaciones en los pozos ubicados por sobre los 4.000 m s.n.m..

La información estadística recopilada y presentada en las figuras anteriormente nombradas, indica que los puntos ubicados en cotas superiores a 4.000 m s.n.m. presentan variaciones estacionales apreciables en sus niveles estáticos. Dichas variaciones ocurren en el periodo de deshielo por lo que se asocian a la incorporación de caudales de recarga provenientes de la infiltración del derretimiento de la precipitación sólida acumulada en el invierno.

En el Plano 5.7c se observan curvas equipotenciales interpoladas a partir de los niveles observados durante la campaña de marzo de 2007. Estas superficies equipotenciales fueron construidas de acuerdo a los niveles estáticos de sondajes de exploración, principalmente del área mina, y aquellos realizados por Golder Associates S.A. (2007) tanto en el sector de la planta, mina, quebrada Larga y depósito, incorporando los niveles de agua de la escorrentía superficial, datos geofísicos confiables de perfiles eléctricos y niveles de agua en calicatas.

En el trazado de las curvas además se supuso que existe una conexión directa entre los cauces de las quebradas y el acuífero. Por otra parte, para la extrapolación de ciertas curvas equipotenciales inferidas, se consideró la pendiente topográfica como la mejor aproximación para el cálculo del gradiente hidráulico. Esto último, especialmente en las zonas del Proyecto con escasos puntos para mediciones de piezometría. Las curvas equipotenciales fueron verificadas con los datos disponibles de los distintos estudios

A partir de las curvas equipotenciales y considerando también la topografía local del sector de quebrada Larga, es posible establecer un comportamiento general de las líneas de flujo subterráneo, las que se presentan en el Plano 5.7c. Como se puede inferir de las equipotenciales, los flujos están orientados principalmente desde las laderas hacia el fondo de las quebradas, y desde aquí hacia el punto de salida de quebrada Larga.

Debido a las altas pendientes de la zona de estudio, en diversos sectores de la quebrada las curvas equipotenciales cortan el nivel de terreno, generando vertientes que son aprovechadas por los sistemas de vegas existentes en la zona. Del mismo modo, existen diversos sectores donde el agua de estas vegas nuevamente se infiltra hacia el acuífero, generando una interacción entre el sistema subterráneo y superficial.

e) Caracterización Hidrogeológica y Modelo Conceptual Hidrogeológico

A continuación se realiza la definición del tipo de acuífero presente en la cuenca de quebrada Larga así como la identificación y definición de las unidades hidrogeológicas presentes en el área de estudio.

El sistema subterráneo de flujo corresponde a un acuífero libre ya que no se han identificado zonas o capas de baja permeabilidad que impongan un confinamiento a los niveles freáticos. Dentro de este contexto se han identificado dos sistemas de aguas subterráneas principales: una unidad de flujo poroso primario en los depósitos o rellenos sedimentarios, localizada en la base y márgenes de las quebradas que forman parte de quebrada Larga; y una unidad de flujo con diferentes grados de fracturamiento asociado con las rocas basales intrusivas y volcánicas que se ubican por debajo de los depósitos sedimentarios.

El relleno sedimentario está compuesto por la cubierta detrítica periglacial, depósitos fluviales, depósitos aluviales indiferenciados y coluviales indiferenciados. Los espesores para los depósitos sedimentarios identificados son entre menos de un metro (en los sectores altos de las quebradas) a más de 30 m. Mediante el análisis de calicatas y de las pruebas de infiltración realizadas se han estimado las características hidrogeológicas y parámetros hidráulicos de la cubierta sedimentaria.

La unidad de flujo en roca ha sido definida por las Gravas de Atacama y por la unidad de roca propiamente tal. Las gravas de Atacama están compuestas por una gruesa secuencia de depósitos polimícticos; gravas, arenas y limos de origen fluvio-aluvial con algunas intercalaciones de ignimbritas, las que presentan un bajo grado de consolidación. Cubren gran parte de las rocas pre-existentes rellenando paliorelieves; su espesor varía considerablemente de un lugar a otro, llegando a más de 300 m al sur de Cantaritos. En el sector del pozo DDHF-151, ubicado en la zona del rajo, se encontraron unidades de gravas de Atacama a los 200 m de profundidad.

Por su bajo grado de compactación, su constitución y origen, en algunos estudios se ha considerado que las gravas de Atacama son una unidad permeable, asignándole una permeabilidad de 10^{-1} a 1 m/d en base a antecedentes bibliográficos para sedimentos de origen fluvio-aluvial. Al igual que los sedimentos de cobertura es posible esperar que las gravas de Atacama almacenen y trasmitan importantes volúmenes de agua. Según los resultados de las pruebas Lefranc y Lugeon desarrolladas por Piteau (2007), las

gravas de Atacama muestran valores de permeabilidad mucho menores a los estimados inicialmente y son del orden de 10^{-3} m/d.

Para estimar de manera preliminar la capacidad de conducción de las rocas del yacimiento, se determinó el grado de fracturamiento y el grado de resistencia al arreglo estructural, definiendo tramos de rocas permeables a muy permeables con permeabilidades (K) entre 10^{-2} y 10 m/d, rocas semipermeables con K entre 10^{-3} y 10^{-1} m/d, y rocas impermeables con K inferiores a 10^{-3} m/d.

El modelo hidrogeológico conceptual se ha definido de acuerdo con la información recopilada y procesada sobre la geología del área de interés, la información estratigráfica extraída de los sondajes perforados en el sector, así como la información de prospecciones geofísicas.

Dentro del modelo conceptual se postulan tres unidades hidrogeológicas principales, las que se apoyan sobre un nivel de roca sana. Las unidades hidrogeológicas identificadas en el área de estudio son las que se indica a continuación. Para efectos de este análisis se ha incluido la roca basal como una cuarta unidad hidrogeológica.

Unidad hidrogeológica I (Depósitos fluviales, aluviales y coluviales)

Esta unidad alberga a parte del acuífero libre y está conformada por depósitos fluviales, aluviales y coluviales de fondo de quebrada. Se encuentra localizada a lo largo de toda el área de estudio. Su espesor aproximado es de 15 m, presentando una permeabilidad horizontal de 1 m/d y de 10^{-1} m/d en la vertical, debido a las diferencias entre las distintas capas de suelo.

Unidad hidrogeológica II (Roca basal muy fracturada + Gravas de Atacama)

Esta unidad de roca basal engloba rocas intrusivas y volcánicas muy fracturadas y/o permeables, con un orden de permeabilidad de 10^{-2} a 10^{-1} m/d. Se ha estimado un espesor aproximado (según ensayos de Lugeon, geofísica, mapeo geológico de superficie y logeo de sondajes) de 25 a 35 m, cercanos a los lechos de quebradas principales, y hasta 70 m como máximo para los sectores lejanos de éstas, representada principalmente por las gravas de Atacama, que particularmente pertenecen a conglomerados semiconsolidados.

Unidad hidrogeológica III (Roca basal medianamente fracturada y/o semipermeable)

Corresponde al tramo más profundo del acuífero libre, constituido también por rocas intrusivas y volcánicas. Su espesor se ha estimado entre 50 a 100 m, con conductividades hidráulicas variables entre 10^{-4} y 10^{-2} m/d.

Unidad hidrogeológica IV (roca basal sana poco fracturada)

Corresponde al nivel impermeable de nuestro modelo, asignándose así a la roca basal que se encuentra sana y/o escasamente fracturada. El espesor considerado para esta unidad corresponde a 1.200 m, con una permeabilidad variable entre 10^{-6} y 10^{-4} m/d.

La distribución espacial de estas unidades se presenta en secciones hidrogeológicas que se incluyen en las Figuras 5.22b-1 a 5.22b-6 y en el Plano 5.7d.

f) Balance Hídrico

El Balance Hídrico para la cuenca de quebrada Larga tiene por objetivo principal determinar la recarga del sistema subterráneo a nivel anual. Para esto se consideran como variables de entrada la precipitación, la escorrentía superficial y la evapotranspiración.

La información presentada ha sido adoptada desde el Estudio Hidrológico Quebrada Larga realizado por DICTUC (diciembre, 2008). Dicho estudio se basa en la aplicación de un modelo de balance hídrico aplicado en la zona media-baja de la cuenca del río Huasco y luego ajustado y calibrado en la zona de quebrada Larga. Este modelo considera el efecto de la variación de las variables hidrológicas con la altura a través de la subdivisión de la cuenca en bandas de altura.

La recarga al sistema subterráneo estaría comprendida entre el 5 a 20% (DICTUC, 2008) de la precipitación media anual, con un valor promedio de 29 l/s como recarga efectiva al sistema de aguas subterráneas para la totalidad del área de estudio.

El Cuadro 5.6-18 presenta un resumen de las variables hidrológicas involucradas en el balance hídrico de la cuenca.

Cuadro 5.6-18
Proporción de Componentes Ciclo Hidrológico - Sector Quebrada Larga

Componentes Ciclo Hidrológico	(%)	(mm/año)	(l/s)[1]
Precipitación media anual	100	214	312
Escorrentía media anual	16	33	48
Evapotranspiración media anual	75	161	235
Recarga media anual	9	20	29

Nota: [1]Área Quebrada Larga: 46 km^2 (DICTUC, 2007)
Fuente: Elaboración propia en base a DICTUC (2007)

5.6.4.2 Quebrada Algarrobal

En quebrada Algarrobal se ubicará la Planta de Filtros del Proyecto, la cual separará y almacenará el mineral transportado en el concentraducto. El diseño del Proyecto no contempla el uso de piscinas de evaporación para almacenar y descartar el efluente de la planta de filtros, en cambio éste efluente será almacenado en un estanque (de 150 m^3 de capacidad) para luego ser tratado y enviado hacia al área de Mina - Planta a través de la tubería de agua desalinizada para su reincorporación al proceso de producción. Además, la planta contará con dos piscinas de contingencias impermeabilizadas con membranas HDPE y de 7.000 y 1.500 m^3 de capacidad para el caso que existan derrames de concentrado.

La descripción y caracterización hidrogeológica de quebrada Algarrobal se hizo en principalmente en base a la información presentada en el Apéndice 5D-5. A su vez para la caracterización del sector "Bajo" de quebrada Algarrobal donde se ubicaría la planta de filtros, dicho estudio se basa en el trabajo hecho por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (en inglés JICA) el cual fue presentado en el "Estudio de Factibilidad sobre el Aprovechamiento de Desarrollo Agrícola Mediante Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en Tololo Pampa en la Región de Atacama" en noviembre de 1988 a la Intendencia Regional de Atacama.

La Figura 5.23a-1 muestra el área de exploración junto con la ubicación de la Planta de Filtros del Proyecto. A pesar de que el polígono de exploración demarcado no cubre el área donde se ubicará la Planta de Filtros, los trabajos hidrogeológicos realizados por JICA cubren una zona cercana que es considerara suficiente para establecer las características hidrogeología bajo la planta de filtros.

a) Hidrología

La descripción hidrológica se centra en la caracterización general del régimen de precipitaciones, temperaturas y evaporación en la zona.

La caracterización de las precipitaciones se lleva a cabo en base a un análisis regional donde se incorpora información diaria de cuatro estaciones pluviométricas ubicadas en el río Huasco e información mensual de tres estaciones pluviométricas ubicadas en los río s Copiapó y Elqui, lo que fue complementado con información aportada por el Balance Hídrico de Chile (DGA, 1987) sobre precipitaciones medias anuales en dos estaciones.

En base a lo anterior se dispuso de una estadística de información que abarca desde 1975 a 2004 y a través de un análisis estadístico de la información se rellenó la información faltante y se extendieron las series datos para obtener una estadística con muy pocos vacíos de información.

Temporalmente se observa que la precipitación ocurre en gran medida en los meses de mayo - agosto donde precipita un 80% del total anual, siendo julio el mes del peak.

Espacialmente se observa la existencia de un gradiente de precipitación norte-sur que indica que las precipitaciones se intensifican hacia el sur y también se observa la típica dependencia de precipitación con la altura que ocurre en Chile, donde a mayor altura se registran mayores montos de precipitación. En base a la información estadística corregida se estableció una correlación de precipitación v/s altura que puede considerarse apropiada para alturas que van desde los 4 m s.n.m. hasta los 3.100 m s.n.m. La relación matemática fue presentada en la sección 5.6.2.1 de esta sección.

Por otra parte, el Balance Hídrico de Chile (DGA, 1987) indica que para esta zona la precipitación media anual oscila entre los 25 a los 100 mm/año.

La descripción del comportamiento de las temperaturas y evaporación se basa principalmente en la información regional disponible en el Balance Hídrico de Chile (DGA, 1987). La información de la estación Conay es considerada como representativa de la cuenca. La información aportada por el Balance Hídrico de Chile para ésta estación muestra que las temperaturas medias mensuales varían entre los 12 y 22ºC aproximadamente, siendo julio el mes más helado. Por su parte la evaporación potencial media anual en la zona de quebrada Algarrobal se encuentra entorno los 2.500 mm/año

(valor referencial en base a curvas regionales DGA, 1987), mientras que el valor real de evaporación tiene un rango variación idéntico al de las precipitaciones medias anuales.

En la zona no existen cauces superficiales permanentes, solo se observan cauces definidos por escurrimientos transitorios que se originan durante los meses de mayor pluviometría debido a que en el sector bajo no existe almacenamiento nival que aporte al flujo base de los cauces. No así en la zona alta de la cuenca de quebrada Algarrobal donde se registran variaciones de caudales durante los meses de octubre - febrero debido al derretimiento de la nieve acumulada durante el invierno.

La información hidrológica y fluviométrica existente en la zona no permite establecer un balance hídrico anual con precisión, por ende un valor de recarga preciso tampoco puede ser determinado. Considerando además que la zona es de carácter se puede establecer que la recarga al acuífero en dicha zona debe ser baja.

b) Catastro de Extracciones, Pozos de Bombeo y Observación

En el año 1988 la Agencia Internacional de Cooperación del Japón (JICA) realizó un catastro de los diferentes puntos de captación de aguas subterráneas que estaban siendo utilizados en el consumo doméstico, de riego y en la minería.

En dicho catastro se identificó la existencia de pozos, norias y manantiales. Destacándose el bajo caudal (1 - 3 l/s) extraído de los dos pozos operativos, además de encontrarse gran parte de las norias secas y los manantiales descargan una cantidad de agua escasa.

Adicionalmente, para los efectos del análisis hidrogeológico desarrollado por JICA se perforaron 6 pozos de exploración y un pozo de observación. La profundidad total de dichos pozos varió desde los 50 a los 120 m. La red de pozos se muestra en la Figura 5.23a-2, de los cuales los pozos W-1, W-2, W-3, W-4, W-6 y W-9 son pozos de exploración y el pozo H-1, ubicado a menos de 20 m del W-4, corresponde a pozo de observación.

c) Caracterización Hidrogeológica

A partir de los resultados de prospecciones eléctricas, registros de pozos, pruebas de bombeo y estratigrafías (las que se detallan en Apéndice 5D-5), se ha interpretado una estructura hidrogeológica compuesta de tres capas principales, las cuales se identifican y describen en base a sus propiedades geoeléctricas:

- Estrato detrítico (capa A no saturada, capa B, saturada): Estrato de grava y arena permeable, y estratos que en ciertos lugares contienen arcilla.
- Estrato de sedimentos finos (capa C): Estrato de arcilla arenosa semipermeable o de baja permeabilidad, o estrato de arcilla y limo de muy baja permeabilidad.
- Estrato de sedimentos eólicos (capa D): Estrato eólico de limo arenoso impermeable.

La capa A, aunque es considerada de alta permeabilidad, ya que se trata de un estrato de grava poco consolidada, no constituye acuífero debido a que se encuentra sobre el nivel del agua subterránea. El valor de la resistividad según la prospección eléctrica es alto y se encuentra dentro de los límites de 70 - 25.500 Ωm. Asimismo, el valor de resistividad del registro eléctrico del pozo de observación H-1 acusa también un valor alto que se encuentra entre 45 - 120 Ωm. El espesor de esta capa es aproximadamente de 20 – 30 m.

La capa B es el acuífero que presenta la mejor permeabilidad de la zona, formada básicamente por grava que en algunos lugares contiene una proporción variable de limo y arcilla. Esta capa tiene como límite superior el nivel del agua subterránea y la base hace contacto con el límite superior de la capa C de baja permeabilidad. El valor de la resistividad según las prospecciones eléctricas está dentro de los límites de 25 - 50 Ωm. El valor de la resistividad según el registro eléctrico ha sido mediano (20 - 30 Ωm.) en los pozos W-3 y W-4, mientras que el pozo W-9 indicaba una resistividad alta (30 – 45 Ωm.). La distribución de está unidad se circunscribe a la parte central del estudio, en donde alcanza un espesor cercano a los 40 - 60 m. La mayor permeabilidad de esta capa se observa en la parte sur del centro del área de estudio donde se encuentra el pozo W-9.

La capa C es una capa de baja permeabilidad que tiene como límite superior el acuífero de la capa B. Esta capa se puede subdividir en dos: primero, una capa de baja permeabilidad con poca extracción de agua subterránea, ya que está formada por limos arenosos y arcillas arenosas con un valor de resistividad bajo entre 10 - 20 Ωm. según las prospecciones eléctricas y los registros eléctricos, y segundo, en un estrato de baja permeabilidad que prácticamente no permite la extracción de agua subterránea, ya que está formada por arcilla y limo con un valor de resistividad muy bajo de entre 5–10 Ωm., según las prospecciones eléctricas y los registros eléctricos. La distribución de la primera subdivisión se observa principalmente en la parte sur del área, y la segunda se observa principalmente desde la parte central hacia la parte norte. El espesor de la capa C se estima entre 100 y 200 m.

La información generada permitió construir una serie de perfiles hidrogeológicos en los que se interpreta la posición y extensión espacial de las distintas unidades hidrogeológicas alumbradas tanto por las investigaciones geofísicas como por los pozos construidos. La ubicación de los perfiles se muestra en la Figura 5.23b-1.

A continuación se presentan los cinco perfiles hidrogeológicos junto a una descripción de sus características más relevantes.

Perfil A-B

Este perfil une el pozo W-3 de la parte noroeste del área de estudio, Agua de Lazo y quebrada Boquerón. Se desprende de la Figura 5.23b-2 que a pesar de que el fondo rocoso se encuentra a más de 100 m de profundidad en todo el dominio del perfil, el acuífero explotable ubicado sobre una potente capa de arcillas, difícilmente sobrepasa los 40 m de potencia.

La posición de la superficie que separa la capa de sedimentos más finos del basamento rocoso a sido interpretada únicamente con el sondaje eléctrico vertical nº11, en el resto de estos sondajes no se alcanza el basamento, por lo que se estima preliminarmente que podría ubicarse bajo la cota de los 150 m s.n.m..

Perfil C-D

Este perfil se extiende desde Canto del Agua hacia el este hasta la parte central de la Pampa. En la zona este, donde se produce el estrechamiento del valle (Figura 5.23b-3) se puede observar que la roca basal prácticamente llega a aflorar. Inmediatamente nos desplazamos hacia el oeste, el basamento comienza a profundizarse y la capa de sedimentos finos sobreyaciente comienza a crecer. A partir del SEV nº14 podemos ver un creciente desarrollo de la capa detrítica que aloja el acuífero principal de la cuenca, hasta alcanzar su máxima potencia en el perfil en el pozo H-1 (80 m).

El nivel del agua subterránea se encuentra bastante somero hacia la cordillera de la costa a no más de 1 y 2 m de profundidad. Desde la parte central hacia el este, se va profundizando de manera que desde el sondaje n°17 al 18 se estima termina por desaparecer.

Perfil E-F

Este perfil atraviesa en dirección este - oeste por la parte sur del área de estudio en forma paralela con el perfil C-D (Figura 5.23b-4). En ambos extremos del perfil, se

interpretado la roca basal (capa E) con la prospección eléctrica. En la parte central del perfil existe un grueso depósito más de 100 m del estrato de baja permeabilidad (capa C) de arcilla arenosa o limosa cuyo límite superior se profundiza súbitamente en el pozo W-9. En esta depresión se ha depositado el estrato detrítico para formar un potente acuífero (capa B).

Perfil G-H

Este perfil atraviesa la parte central del área de estudio en dirección suroeste a noreste desde Sierra del Nicho hasta Boquerón Chañar. En el extremo sur, en el SEV nº 27 se ha interpretado la presencia de la roca fundamental a una profundidad mayor a 140 m (Figura 5.23b-5). Sobre el basamento se ubican cerca de 70 m de la capa de sedimentos finos, y sobre esta última en la parte superior un estrato detrítico (capa A). Esta capa forma un acuífero formado por arena, ripio y bolones, que va desde el nivel del agua subterránea hasta el estrato de baja permeabilidad. En las proximidades de los pozos W-4 y W-9 de la parte sur el acuífero tiene aproximadamente 50 m de espesor. Sin embargo, hacia el norte del pozo W-1 se reduce sustancialmente. Se puede considerar que la permeabilidad de los acuíferos mejora a medida que nos movemos hacia el sur, según los valores de resistividades obtenidos en las prospecciones eléctricas.

Perfil H-I

Este perfil se dispone a lo largo de la quebrada principal (Boquerón) que alimenta la Pampa, en dirección sureste a noroeste, pasando desde quebrada Algarrobal hasta el sector de Boquerón Chañar (Figura 5.23b-6). En este perfil, aparece el estrato eólico (capa D) que se ha transformado en arcilla arenosa en el extremo inferior de las proximidades del pozo W-6. A pesar de que el estrato detrítico en el extremo del sondaje nº 34 tiene un espesor de 20 a 30 m, no se detectó la presencia de un acuífero grueso debido a que el nivel del agua subterránea se encuentra profundo.

d) Geometría Acuífera

Se han elaborado curvas del fondo del acuífero de la Figura 5.23c-1 basándose en el límite inferior de la capa B de los perfiles indicados anteriormente como fondo del acuífero. Según esta figura, la estructura del acuífero tiene la forma de un valle largo angosto y cerrado en dirección noreste a suroeste que unen los pozos W-4 y W-9. El fondo del valle más profundo tendría una potencia de aproximadamente 240 m. Otro valle de menor profundidad se extiende desde Agua de Lazo hacía Zanjón a lo largo de la cordillera de la costa. En el lado este de la Estación Algarrobal, la estratificación de la base se agudiza.

De acuerdo con la estratigrafía presente y los niveles estáticos, el acuífero del área en estudio se considera freático. De esta forma, se presentan las curvas de isoespesor del acuífero en la Figura 5.23c-2 tomando como espesor del acuífero desde la superficie del agua subterránea hasta el límite inferior de la capa B. Según estos datos, el estrato más grueso está a 4 km hacia el norte del pozo W-4 que tiene un espesor de unos 60 m. En torno a este punto se extiende la cota de aproximadamente 40 m en dirección al pozo W-9. Asimismo, en los alrededores de la Estación Algarrobal existe una cota muy angosta de 40 m. En el centro del área y por fuera de la cota de 40 m, corre la cota de 20 m, la cual se expande ampliamente hacia Agua de Lazo.

e) Propiedades Hidrogeológicas

Las características y los resultados obtenidos a partir del análisis de las distintas pruebas de bombeo ejecutadas en el estudio JICA - Algarrobal (Apéndice 5D-5) a través de seis pozos se indican en los Cuadros 5.6-19 y 5.6-20.

El mayor valor del coeficiente de transmisividad (T) del acuífero corresponde al pozo W-9 que se encuentra entre 450 y 3.192 m^2/d. Asimismo, en el pozo W-3, el valor de T es de 119 a 515 m^2/d, y en el pozo W-4 de 82 a 243 m^2/d. Según estos datos, puede apreciarse que la permeabilidad del acuífero difiere considerablemente según el lugar, aun dentro de la capa B.

Cuadro 5.6-19
Pruebas de Bombeo Realizadas en Estudio JICA - Algarrobal

Pozo	Prueba	NE (m)	Caudal (l/s)	Depresión (m)	Cap. Específica (l/s/m)	S/Q (m/l/s)
W-1	C	31,93	0,5	3,35	0,15	6,666
W-2	C	43,65	0,32	22,4	0,014	70,0
W-3	S-1	4,77	4,07	1,86	2,19	0,4566
	S-2		6,1	3,57	1,88	0,5319
	S-3		7,52	4,48	1,68	0,5952
	S-4		9,66	6,53	1,48	0,6757
	C	4,78	8,15	6,9	1,18	0,8475
W-4	S-1	25,96	3,01	2,68	1,12	0,8904
	S-2		4,07	3,54	1,15	0,8698
	S-3		5,08	4,54	1,12	0,8937
	S-4		6,1	5,8	1,05	0,9508

Pozo	Prueba	NE (m)	Caudal (l/s)	Depresión (m)	Cap. Específica (l/s/m)	S/Q (m/l/s)
	C	25,86	4,62	4,95	0,93	1,0714
W-6	C	37,27	0,055	6,75	0,008	122,73
W-9	S-1	18,88	5,08	0,89	5,71	0,1751
	S-2		8,15	1,52	5,36	0,1866
	S-3		11,13	1,86	5,98	0,1672
	S-4		14,01	2,75	5,09	0,1965
	C	18,81	20,19	4,75	4,28	0,2336

Nota: C: Prueba de caudal constante
S: Prueba de caudal escalonado
Fuente: Apéndice 5D-5

Cuadro 5.6-20
Análisis Pruebas de Bombeo Estudio JICA - Algarrobal

Nº Pozo Potencia del Acuífero (m)		W-1 9	W-2 6.07	W-3 20.77	W-4 29.16	W-6 11.9	W-9 48	H-1 29.16
Jacob	bombeo							
T	(m^2/d)	4,9	1,4	258	243	1,9	1.064	340
K	(m/d)	0,54	0,23	12,42	8,33	0,16	22,94	11,66
	recuperación							
T	(m^2/d)	3	1,3	515	162	1,1	3,192	356
K	(m/d)	0,33	0,21	24,79	5,56	0,09	66,48	12,21
Thies	bombeo							
T	(m^2/d)	11,5	1,1	119	82	-	450	326
K	(m/d)	1,28	0,18	5,73	2,81		9,37	11,17
Neuman	bombeo							
T	(m^2/d)	-	-	-	-	-	-	143
K	(m/d)	-	-	-	-	-	-	56,7

Fuente: Apéndice 5D-5

La transmisividad del acuífero en la formación de grava arenosa indica valores que varían de medianos a muy altos (T = 82 - 319 m^2/d) para los pozos W-3, W-4 y W-9. La fluctuación del coeficiente de permeabilidad es desde 2,8 a 66,4 m/d. El acuífero del pozo W-9 indica la mayor permeabilidad en el área de estudio.

Por otra parte, la transmisividad de la formación de limo arenoso de los pozos de prueba W l, W-2 y W-6 está dentro del rango 1,4 a 11,5 m^2/d. Los rangos del coeficiente de permeabilidad van desde 0,09 a 1,3 m/d.

De acuerdo a las características de las unidades estratigráficas involucradas y del nivel de agua subterránea, el acuífero no se encuentra confinado. En este caso, el coeficiente de almacenamiento es equivalente al rendimiento específico.

El rendimiento específico de pozo W-4 se obtuvo a partir de los datos de descensos en H-l. El valor obtenido fue analizado usando el método semi-logarítmico de Neuman. Esta cifra es de 0,032. Los rendimientos específicos de W-3 y W-9 se estimaron mediante la capacidad específica, valor de resistividad y tamaño del grano. Sus valores probables son de 0,04 y 0,142; respectivamente.

Cabe señalar que todos los valores reportados por parámetros hidráulicos corresponden a estimaciones JICA, ya que no se dispone de los datos para realizar estimaciones propias.

e) Niveles Piezométricos

De acuerdo con la información obtenida, entre 1970 y 1988 se ha observado un descenso del nivel del agua en los pozos entubados de alrededor de 10 m en Boquerón Chañar. Este descenso también ha sido observado por los habitantes del área.

De acuerdo al informe de Taylor (1947) [8], en esa época había vertientes aún en Milla Nueve, Tabalí y Agua del Lazo. El nivel de aguas subterráneas también habría disminuido en 4 m en el pozo n° 30, en la Estación Algarrobal, entre el periodo 1947 y 1988.

La Dirección Regional de Aguas realizó mediciones de niveles de agua subterránea en cuatro pozos excavados y un pozo entubado, cada 7 o 10 días, desde marzo de 1987, y en los seis pozos de prueba y un pozo de observación construido por el equipo de JICA-Algarrobal en 1987. Además, se instalaron dos medidores automáticos de niveles de agua en los pozos de prueba W-3 y W-4.

Los niveles de agua subterránea se obtuvieron de los pozos y vertientes existentes en toda el área de estudio entre septiembre de 1987 y febrero de 1988. En la Figura 5.23d

[8] George C. Taylor, 1947 Ground Water Studies, Province of Atacama, Chile (CORFO).

se presenta el plano de isopiezas correspondiente a esta última fecha. De acuerdo a la información de niveles, el nivel de agua en verano es más bajo que en invierno, y la fluctuación anual del nivel de agua subterránea es del orden de 10 cm en los pozos poco profundos excavados cerca de las montañas costeras.

En la Figura 5.23d, se puede observar que el flujo principal de aguas subterráneas proviene desde el este a través de la quebrada Boquerón, y se desplaza hacia el noroeste hasta el sector de Boquerón Chañar en donde parte del flujo subterráneo se enfrenta al borde impermeable de la cuenca. Si bien los datos existentes permiten confirmar que el flujo subterráneo principal cambia de rumbo y se redirige hacia el suroeste, es probable que una parte del flujo subterráneo de la cuenca tenga una salida hacia el sector norte. De esta forma, y luego de su cambio de rumbo el flujo subterráneo se dirige hacia el sector de Zanjón en donde la napa se acerca bastante a la superficie del terreno, generando una serie de afloramientos en todo ese sector. Finalmente, y luego de producirse numerosas surgencias naturales, el agua subterránea de la cuenca termina descargando sus recursos de forma superficial y subterránea hacia el oeste del Canto del Agua.

Se registró las variaciones en los de los niveles de agua y las precipitaciones en 12 pozos de observación entre marzo 1987 y febrero de 1988. En general, no hay fluctuación anual notable en el nivel de agua durante estos períodos con excepción del pozo N-22 en Canto del Agua.

El nivel de agua del N-22 subió gradualmente después de las fuertes lluvias ocurridas a fines de julio en 1987, y la diferencia en el nivel de agua entre antes y después de dichas lluvias fue de 2,58 m. El nivel del agua continuó constante y luego empezó a disminuir gradualmente a principios de noviembre de 1987.

Se registró interferencia de los datos registrados en los marcadores automáticos en el pozo W 3, debido a cortos períodos de bombeo en los pozos excavados ubicados a 100 m de distancia. La interferencia es de 5 cm aproximadamente, y generalmente se demora 4 a 10 días en recuperar el nivel de agua original.

El Cuadro 5.6-21 presenta a continuación, un registro de las observaciones del nivel de agua en los pozos.

Cuadro 5.6-21
Registro de niveles estáticos JICA

Pozo	Elevación (m)	Diámetro (m)	Profundidad (m)	NE (m) 28-ago-87	NE (m) 06-oct-87	NE (m) 07-ene-88
P-3	360,33	0,30	-	23,50	23,50	23,50
N-3	323,96	1,20	8,50	6,00	5,85	5,95
N-22	229,21	1,00	12,10	8,05	8,09	9,35
N-23	332,82	2,00	37,45	36,77	36,88	36,90
N-31	437,82	0,20	25,56	22,15	22,11	22,06
W-1	366,60	0,20	63,00	-	31,66	31,72
W-2	415,39	0,30	82,50	-	34,28	34,26
W-3	305,63	0,20	50,00	-	4,57	4,52
W-4	327,39	0,30	84,00	-	25,45	25,42
W-6	499,14	0,30	61,72	-	29,35	29,22
W-9	311,20	0,20	71,00	-	18,75	18,73
H-1	327,37	0,08	87,55	-	25,55	25,60

Fuente: Apéndice 5D-5

La información anterior es complementada con campañas realizadas por Knight Piésold en marzo de 2007 donde se monitorearon algunos de los pozos construidos por JICA. La información colectada corresponde a niveles estáticos en los pozos W-2, W-3 y W-6 donde se registraron descensos de 21,88, 6,06 y 30,95 respectivamente.

Respecto de la información de enero de 1988 se aprecia un descenso de los niveles en los pozos W-3 y W-6 y un aumento importante del nivel en el pozo W-2. Este tipo de comportamiento puede estar asociado tanto a variaciones locales como estacionales, las cuales no pueden ser establecidas con precisión debido a no contar con registros históricos.

5.6.4.3 Quebrada Totoral

En quebrada Totoral, al sur de Caleta Totoral Bajo, se emplazará la Planta Desalinizadora del Proyecto, la cual proveerá del suministro de agua tanto de procesos como potable durante la construcción y operación del Proyecto.

El diseño de operación de la planta considera la extracción de agua directamente desde el mar mediante tuberías de HDPE de 300 m de longitud. El efluente del agua de

proceso (salmuera) será descargado en el mar con una tubería de similares características.

En el sector donde se ubicará la planta desalinizadora se observa la presencia de estructuras geomorfológicas que corresponden principalmente a terrazas aluviales, abanicos aluviales, conos de deyección, escombreras y planicies costeras. Las planicies costeras se disponen en el sector litoral y corresponden a terrazas de abrasión marina que suelen presentarse como superficies de escasa pendiente.

En base a la ubicación y al tipo de formaciones típicas existentes en los litorales costeros de Chile se espera la existencia de depósitos aluviales modernos, compuestos por ripios, gravas, arenas y escombros de falda que conformarían el acuífero principal. También el sector costero, típicamente se encuentran depósitos eólicos también recientes, compuestos básicamente por arenales y campos de dunas, ampliamente distribuidos en la zona costera los cuales se disponen generalmente sobre los sedimentos marinos. Además se observan las Gravas de Atacama, las cuales incluyen conglomerados de bolones, gravas, arenas y ripios, con intercalaciones limosas, acumulados sobre unidades de roca preexistentes que entregan menores capacidades de transmisividad que los menos consolidados.

Considerando la cercanía de la planta desalinizadora con el mar es posible esperar el nivel freático esté bastante somero y además que probablemente exista algún grado de alteración natural sobre las aguas subterráneas (agua dulce) en términos de la calidad de éstas. El Apéndice 5D-6 presenta información físico-química medida en dos puntos ubicados a lo largo de quebrada Totoral, en particular el punto T-32 ubicado en Caleta Totoral Bajo donde se registran valores de conductividad eléctrica de 4.920 µs/cm y concentraciones de cloruros de 1.175 mg/l indicando una clara alteración. Algo similar se observa en el punto TO-33 ubicado hacia el interior de la quebrada Totoral, pero las magnitudes de los parámetros son levemente menores, indicando que la influencia marina decrece hacia el interior.

La operación de la planta no interferirá sobre los niveles de agua subterránea ni la calidad de ésta debido a que tanto el agua extraída desde el mar para tratamiento y el efluente de salmuera son captados lejos de borde costero, sin generar o incrementar la situación de intrusión salina que posiblemente ocurre en el sector.

5.6.5 Calidad de Aguas Subterráneas

La caracterización de calidad de aguas del área del Proyecto El Morro está basada en los registros obtenidos de la red de monitoreo de calidad del agua establecida para diagnosticar la calidad del agua subterránea. La información disponible proviene, además de la red controlada por Knight Piésold durante los meses de enero de 2006 a junio de 2008, de campañas desarrolladas por Golder Associates durante los meses de diciembre 2006 y enero 2007, y por el "Estudio de Factibilidad sobre el Proyecto de Desarrollo Agrícola mediante Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en Tololo Pampa en la Región de Atacama", elaborado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA, por sus siglas en inglés) en noviembre del año 1988.

La caracterización de los cursos de agua subterránea identificados en el área de estudio del Proyecto El Morro, se ha realizado de acuerdo al criterio de calidad definido por la normativa de calidad de agua para riego, NCh. 1.333 /of.78. Adicionalmente, la interpretación de la calidad de agua subterránea se ha desarrollado considerando parámetros de relevancia ambiental para proyectos mineros. El detalle de las campañas de muestreo, ubicación de puntos de control y de la información recolectada en terreno y analizada en laboratorio, se presenta en el Apéndice 5D-7.

El área de estudio del Proyecto El Morro abarca desde la costa (zona de quebrada Totoral), pasando a través de la zona desértica interior (Llano Algarrobal), hasta la zona cordillerana, en el sector denominado El Morro, donde se llevarán a cabo las principales actividades del Proyecto minero.

Para realizar la caracterización de las aguas subterráneas, se ha subdividido el área de estudio en base a la representatividad de las condiciones actuales de los escurrimientos subsuperficiales potencialmente afectables por el Proyecto, los cuales se han identificado dentro de quebrada Larga y quebrada Algarrobal:

- Quebrada Larga: Dentro de esta zona se encontrarán las principales obras del Proyecto tales como el rajo minero, depósito de estéril, acopios de mineral, planta de chancado, planta concentradora y depósito de relaves, entre otros.
- Quebrada Algarrobal: Abarca el área de quebrada Algarrobal, entre su cruce con la ruta 5 Norte (Llano Algarrobal) y el sector de Caballo Muerto. En esta zona se encontrará el camino de acceso a la mina, el concentraducto, la línea de agua y la línea eléctrica.

La caracterización de la calidad de las aguas subterráneas del área del Proyecto El Morro está basada en los registros obtenidos de una red de monitoreo de calidad del agua compuesta por un total de doce puntos de monitoreo. En el Cuadro 5.6-22 se presenta un resumen de dichos puntos y la cuenca a la que pertenecen.

El diagnóstico de calidad de agua subterránea de los sistemas hídricos de quebrada Larga y de quebrada Algarrobal se ha desarrollado considerando aquellos parámetros físico químicos de relevancia para actividades relacionadas con la minería, como también considerando aquellos que son de interés para evaluar posibles impactos en la calidad del agua de los cursos identificados en el área donde se proyecta realizar las actividades de explotación del recurso. Dichos parámetros corresponden a pH (Laboratorio), Conductividad Eléctrica (CE), Sulfatos (SO_4), Cobre Total (Cu), Arsénico Total (As) y Molibdeno Total (Mo).

El análisis de los parámetros específicos se ha desarrollado de manera de observar con claridad variaciones temporales y espaciales de cada uno de los parámetros mencionados en el párrafo anterior.

Cuadro 5.6-22
Resumen Puntos de Monitoreo

Zona	Estaciones	Estudios Disponibles	Ubicación
QUEBRADA LARGA	BHG-07	Knight Piésold	Sector Quebrada Larga Baja
	BHG-09	Knight Piésold	Sector Quebrada Larga Baja
	BHG-01	Knight Piésold	Sector Quebrada Larga Baja
	DDHF-155	Knight Piésold	Sector Quebrada Larga Alta
	BHG-14	Knight Piésold - Golder Associates	Sector Quebrada Larga Alta
	BHG-16	Knight Piésold - Golder Associates	Sector Quebrada Larga Baja
	RCN-05	Golder Associates	Sector Quebrada Larga Baja
	BHG-17	Golder Associates	Sector Quebrada Larga Alta
	BHG-15	Golder Associates	Sector Quebrada Larga Alta
	DDHF-28	Golder Associates	Sector Quebrada Larga Alta
QUEBRADA ALGARROBAL	QA-24	Knight Piésold	Quebrada Algarrobal (con ruta 5 Norte)

	W-6	Knight Piésold - JICA	Quebrada Algarrobal (5 km aguas arriba cruce ruta 5 Norte)
	W-2	Knight Piésold - JICA	Quebrada Algarrobal (4 km aguas abajo cruce ruta 5 Norte)

Fuente: Elaboración Propia.

5.6.5.1 Quebrada Larga

Las aguas subterráneas muestreadas a lo largo de quebrada Larga presentan valores de pH que satisfacen los requerimientos de la norma de riego. Los principales aumentos de este parámetro en el sistema hídrico de quebrada Larga se produjeron durante el período de muestreo correspondiente al mes de marzo de 2007, en los puntos de monitoreo BHG-14 y BHG-16. Con respecto a la variación espacial de este parámetro es posible concluir la existencia de aguas levemente básicas a lo largo de la quebrada. Si bien no se dispone de una cantidad suficiente de registros, es posible realizar una caracterización general de la calidad del agua subterránea en este sector.

La Conductividad Eléctrica se presenta en general en torno a 200 µS/cm en el sector alto de la quebrada, valor que se considera aceptable de acuerdo a la NCh 1.333/Of78, cuyo valor máximo considerando un uso más restrictivo del agua corresponde a 750 µS/cm. En el sector bajo de la quebrada la Conductividad Eléctrica se presenta en general entre 200 y 450 µS/cm, valor que se considera aceptable de acuerdo a la NCh 1.333/Of78. Los mayores registros de este parámetro se han detectado en los puntos de muestreo de aguas subterráneas BHG-09, BHG-07 y DDHF155, alcanzando valores máximos de 348, 523 y 679 µS/cm, respectivamente. En relación a la variación espacial de la Conductividad Eléctrica se puede concluir la existencia de aguas con un bajo contenido de sales disueltas a lo largo de la quebrada, la cual presenta los valores máximos en los pozos BHG-07 y BHG-09, ubicados a la salida de ésta. A modo de ejemplo en las Figuras 5.24a-1 y 5.24a-2 se presentan diagramas que resumen la información disponible sobre la variación temporal y espacial de la Conductividad Eléctrica en el área de quebrada Larga, respectivamente. Figuras similares se presentan en el Apéndice 5D-7 para cada uno de los parámetros considerados como más significativos dado el tipo de Proyecto que se desarrollará en el área de estudio.

La concentración de Sulfatos a lo largo del período de análisis presenta valores que satisfacen los requerimientos de la norma de riego, es decir, concentraciones menores o iguales a 250 mg/l. En la zona alta de la quebrada las concentraciones por lo general se encuentran bajo 100 mg/l. En relación al contenido de Sulfatos en la zona baja de quebrada Larga se puede concluir que todas las muestras obtenidas satisfacen las concentraciones establecidas por la NCh 1.333, ya que en este tramo se han detectado valores extremos que varían entre 26 y 77 mg/l. Respecto a la variación espacial, se puede concluir que la concentración de Sulfatos se mantiene dentro de valores bajos en las aguas subterráneas.

En relación a la concentración de Cobre total en las aguas subterráneas de quebrada Larga se observan valores extremos que varían entre 0,01 y 0,29 mg/l, siendo este último valor registrado en la estación DDHF-28, superando el límite establecido por la norma de riego NCh 1.333 Of/78, de 0,2 mg/l de Cobre. La evolución de la concentración de Cobre total en el tramo bajo de quebrada Larga durante el período de análisis permite observar que en general se presentan concentraciones bajo el límite establecido por la norma. Sólo se observa un valor por sobre los 0,2 mg/l de Cobre total permitido en la muestra correspondiente al mes de septiembre de 2007, en el punto de monitoreo de aguas subterráneas correspondiente al pozo BHG-07 y un valor de 0,20 en marzo de 2008, para el punto BHG-09. Además, se observa un valor inusualmente alto en el punto BHG-01 en la campaña de enero de 2008, llegando a 1,32 mg/l, valor cuestionable según la información que se tiene disponible de ese mismo punto en otras campañas. Por otro lado, la evolución de la concentración de Cobre total en el tramo bajo de quebrada Larga durante el período de análisis permite observar que en general se presentan concentraciones bajo el límite establecido por la norma.

Considerando la variación espacial de la concentración de Cobre total, en la totalidad de las campañas desarrolladas, es posible concluir que las concentraciones de Cobre total son similares en este sector de quebrada Larga, y se encuentran bajo el límite de la normativa de calidad de agua para riego a excepción de las campañas de enero y septiembre 2007, donde se registraron concentraciones superiores a la norma en las estaciones DDHF-28 y BHG-16 en enero, y BHG-7 durante el muestreo de septiembre y BHG-01 en enero de 2008.

Las concentraciones de Arsénico total satisfacen los requerimientos de la norma de riego, es decir, concentraciones menores o iguales a 0,1 mg/l. Sólo se ha registrado un valor por sobre el límite establecido por la norma durante la campaña de septiembre

2007 en el punto BHG-14. En la zona baja de la quebrada también se presentan valores de Arsénico que satisfacen los requerimientos de la norma de riego. En este sector, el valor máximo detectado corresponde a 0,03 mg/l, registrado en el punto BHG-01 durante la campaña de septiembre 2007. La variación espacial de Arsénico total permite concluir que la concentración de Arsénico se mantiene, a excepción de la muestra correspondiente al mes de septiembre 2007 en el punto BHG-14, dentro de los rangos permitidos por la normativa de calidad de agua para riego.

La concentración de Molibdeno total excede los límites definidos en la norma de riego (0,01 mg/l) en el punto de muestreo de aguas subterráneas DDHF-155, durante la campaña de septiembre 2007. En el sector alto de quebrada Larga, correspondiente al área de emplazamiento de las instalaciones Mina-Planta, se han registrado concentraciones de Mo cuyos valores extremos en las aguas subterráneas varían entre 0,01 y 0,02 mg/l. En el tramo bajo de quebrada Larga el Molibdeno se ha observado que la totalidad de los registros disponibles satisfacen los límites definidos en la norma de riego (0,01 mg/l). La variación espacial de Molibdeno total permite concluir la existencia de aguas subterráneas con concentraciones del parámetro que en general satisfacen el límite establecido por la normativa de riego, determinando aguas cuyo contenido natural de Molibdeno permite su uso para ser utilizadas en actividades de riego.

5.6.5.2 Quebrada Algarrobal

Los valores de pH en las aguas subterráneas de quebrada Algarrobal se mantienen en torno a 8,0, tanto para el sitio de muestreo QA-24 y W-6. El máximo valor registrado corresponde a 9,6 y se observó en el punto W-2 durante junio de 2008. Si bien se observan valores de pH que satisfacen los requerimientos de calidad de la NCh 1.333 (a excepción del punto W-2), se observan aguas más básicas que las muestreadas en el sector de quebrada Larga.

No se dispone de información de este parámetro proveniente del estudio desarrollado por JICA, de manera de comparar la variación temporal del nivel de pH respecto de los valores determinados durante las campañas desde marzo de 2007 hasta junio de 2008. De todas maneras, el punto QA-24 se ha mantenido seco desde diciembre de 2006 hasta la última campaña de junio de 2008.

La variación espacial de pH en quebrada Algarrobal permite observar un aumento gradual del nivel de pH en el agua subterránea a medida que se recorre la quebrada

aguas abajo, pero que debido a la existencia de un número limitado de datos no se puede generalizar esta condición para la calidad del agua en esta zona.

Los valores de Conductividad Eléctrica determinan la existencia de aguas con un grado de salinización que excede el valor definido por la norma de riego para usos más restrictivo del agua, y que corresponde a 750 µS/cm. Esta situación se registró durante todas las campañas, salvo en el punto QA-24 durante el mes de enero 2006, donde se determinó un valor de 136 µS/cm. Probablemente este valor no sea representativo de la calidad del agua en este sector y presente algún tipo de error asociado al muestreo o bien al análisis físico químico realizado. En relación a los registros de Conductividad Eléctrica disponibles del estudio de JICA en los pozos W-6 y W-2, se puede concluir una disminución del contenido de sales disueltas en las muestras puntuales obtenidas en marzo de 2007 en comparación con los registros disponibles del estudio desarrollado por JICA en 1987. A modo de ejemplo en las Figuras 5.24b-1 y 5.24b-2 se presentan diagramas que resumen la información disponible sobre la variación temporal y espacial de la Conductividad Eléctrica en el área de quebrada Algarrobal, respectivamente. Figuras similares se presentan en el Apéndice 5D-7 para cada uno de los parámetros considerados como más significativos dado el tipo de Proyecto que se desarrollará en el área de estudio.

En términos de variación espacial, se observa un incremento de los valores de Conductividad Eléctrica a medida que se recorre la quebrada aguas abajo. Esto se explica por una mayor presencia de sales disueltas asociadas a un mayor contenido de sales a medida que se aproxima a la zona costera.

Del análisis específico de variación espacial y temporal de Sulfatos, se puede observar que en el sector de quebrada Algarrobal los valores de este parámetro en las aguas subterráneas naturales exceden significativamente el límite de 250 mg/l establecido en la NCh. 1.333, a excepción de la estación W-2 que presenta concentraciones admisibles de acuerdo a la norma de riego durante la campaña de marzo 2007. De acuerdo a la variación temporal de este parámetro se observa un aumento en el nivel de Sulfatos durante las campañas de junio y julio del año 2006 en comparación a los niveles registrados en el resto de las campañas. Además, se produce un explosivo aumento en el punto W-1 en las campañas de junio de 2008. El aumento específico en la concentración de Sulfatos durante estos meses podría explicarse considerando que durante este período se presenta una menor disponibilidad de agua (debido a que el sistema hídrico se alimenta de deshielos que se producen en la zona alta, los cuales tienen ocurrencia

principalmente durante la primavera), determinando un mayor tiempo de contacto agua-roca que originaría una mayor mineralización del acuífero de quebrada Algarrobal. En relación a los registros de Sulfatos disponibles del estudio de JICA en los pozos W-6 y W-2, se puede concluir una disminución del contenido de este parámetro en las muestras puntuales obtenidas en marzo de 2007 en comparación con los registros disponibles del estudio desarrollado por JICA en 1987.

Del esquema de variación espacial de Sulfatos en el área de quebrada Algarrobal, se puede concluir que en términos generales se presentan concentraciones de Sulfatos similares a lo largo del sistema hídrico formado por quebrada Algarrobal, cuyo rango de valores extremos fluctúa entre un mínimo de 195 mg/l (W-2) y un valor máximo de 366 mg/l (QA-24).

En relación a la concentración de Cobre total en las aguas subterráneas se observa que en el sector de quebrada Algarrobal las concentraciones de cobre total reflejan la existencia de aguas naturales con un bajo contenido de este parámetro. En este sector las concentraciones varían entre <0,01 (valor correspondiente al límite de detección del método analítico adoptado en laboratorio) y 0,03 mg/l. Respecto a la variación espacial de este parámetro, se observan concentraciones que determinan aguas subterráneas naturales con baja presencia de cobre a lo largo de toda el área (menores a 0,05 mg/l), presentando por lo tanto aptitudes para ser utilizada para actividades de riego.

Los registros de concentración de Arsénico total en el área de quebrada Algarrobal, durante el período de monitoreo, permiten concluir la existencia de aguas subterráneas que satisfacen el límite de 0,1 mg/l de Arsénico total establecido en la NCh. 1.333, determinando aptitudes del agua subterránea para ser utilizada en actividades de riego. Respecto a la variación espacial de Arsénico en el área de quebrada Algarrobal se puede concluir en base a la información disponible la presencia de aguas naturales cuyas concentraciones de Arsénico satisfacen los límites establecidos por la NCh. 1.333.

El Molibdeno total en el sector de quebrada Algarrobal presenta las mayores concentraciones registradas a lo largo de toda el área de estudio, llegando a valores por sobre 0,02 mg/l, excediendo de esta manera los límites definidos en la norma de riego (0,01 mg/l). Considerando la totalidad de información disponible, se puede concluir que las aguas naturales de quebrada Algarrobal presentan limitaciones para uso en actividades de regadío. Según el esquema de variación espacial, en general se observa que los máximos valores se han producido en el punto QA-24. Los puntos W-6 y W-2

han presentado valores relativamente estables, salvo el punto W-6 en la campaña de enero de 2008, en que llegó a 0,019 mg/l.

5.6.5.3 Conclusiones

La caracterización de calidad de agua subterránea de los sistemas hídricos de quebrada Larga y de quebrada Algarrobal se ha desarrollado considerando aquellos parámetros físico químicos de relevancia para actividades relacionadas con la minería, como también considerando aquellos que son de interés para evaluar posibles impactos en la calidad del agua de los cursos identificados en el área donde se proyecta realizar las actividades de explotación del recurso. Dichos parámetros corresponden a pH (Laboratorio), Conductividad Eléctrica (CE), Sulfatos (SO_4), Cobre Total (Cu), Arsénico Total (As) y Molibdeno Total (Mo).

El análisis de los parámetros específicos se ha desarrollado de manera de observar con claridad variaciones temporales y espaciales de cada uno de los parámetros mencionados en el párrafo anterior. Como referencia, se ha considerado para la caracterización de los recursos hídricos subterráneos existentes en el área de estudios del Proyecto El Morro las concentraciones límites establecidas en la normativa chilena vigente que establece calidades de agua para diversos usos, NCh 1.333. Of/78.

El análisis de parámetros específicos de calidad del agua proveniente del acuífero identificado en quebrada Larga y quebrada Algarrobal permite concluir la existencia de aguas subterráneas que en general presentan concentraciones que satisfacen los requerimientos de calidad establecidos por la normativa de riego, NCh 1.333.

A partir de los resultados obtenidos de las campañas de monitoreo de aguas subterráneas realizadas entre enero de 2006 y junio de 2008, se presentan las siguientes conclusiones respecto a la componente de calidad del agua del Proyecto El Morro:

- El área de estudio correspondiente a la zona de quebrada Larga se caracteriza por presentar niveles de pH correspondientes a aguas levemente básicas, las cuales durante todas las campañas realizadas determinaron un nivel de pH dentro de los límites establecidos por la norma de riego, estableciendo de esta manera aptitudes en cuanto a su uso para actividades de riego.

- El nivel de pH en la zona de quebrada Algarrobal también presenta valores dentro de los limites establecidos por la normativa de riego, a excepción de la muestra puntual correspondiente al pozo W-2, donde se registró un aumento por sobre el límite de 9,0 establecido en la norma. De acuerdo a los resultados disponibles se puede concluir la existencia de agua con características predominantemente básicas.

- La Conductividad Eléctrica en el área de quebrada Larga presenta niveles de este parámetro que durante la totalidad de las campañas de muestreo arrojó valores bajo 750 µS/cm, calificándola por lo tanto para ser utilizada incluso para su uso más restrictivo.

- En quebrada Algarrobal, los niveles de Conductividad Eléctrica restringen el uso de las aguas subterráneas para actividades de riego debido a que presentan niveles de este parámetro por sobre los 1.000 µS/cm. Este aumento se debe a una mayor presencia de sales en las unidades hidrogeológicas identificadas.

- A lo largo de toda el área de estudio perteneciente a quebrada Larga se presentan valores de Sulfatos que satisfacen los requerimientos de la norma de riego, es decir, concentraciones menores o iguales a 250 mg/l.

- En el sector de quebrada Algarrobal los valores de Sulfatos en las aguas subterráneas naturales exceden significativamente el límite de 250 mg/l establecido en la NCh. 1.333, a excepción de la estación W-2 que presenta concentraciones admisibles de acuerdo a la norma de riego durante la campaña de marzo 2007.

- La concentración de Cobre total en las aguas subterráneas de quebrada Larga varía entre valores mínimos y máximos de 0,01 y 0,29 mg/l, respectivamente, siendo este último valor registrado en la estación DDHF-28, superando el límite establecido por la norma de riego de 0,2 mg/l de Cobre. La evolución de la concentración de Cobre total en el tramo bajo de quebrada Larga durante el período de análisis permite observar que en general se presentan concentraciones bajo el límite establecido por la norma, a excepción de la muestra correspondiente al mes de septiembre de 2007, en el punto de monitoreo de aguas subterráneas BHG-07.

- En el sector de quebrada Algarrobal las concentraciones de Cobre total reflejan la existencia de aguas naturales con un bajo contenido de Cobre total. En el sector de

quebrada Algarrobal se han detectado concentraciones que varían entre <0,01 (valor correspondiente al límite de detección del método analítico adoptado en laboratorio) y 0,03 mg/l, estableciendo aguas subterráneas naturales que presentan aptitudes para ser utilizada en actividades de riego.

- En la zona alta de quebrada Larga se presentan valores de Arsénico que satisfacen los requerimientos de la norma de riego, es decir, concentraciones menores o iguales a 0,1 mg/l. Sólo se registró un valor por sobre el límite establecido por la norma, el cual se produjo durante la campaña de septiembre 2007 en el punto BHG-14. En la zona baja de la quebrada se presentan valores de Arsénico que satisfacen en la totalidad de las muestras disponibles los requerimientos de la norma de riego.

- En el sector de quebrada Algarrobal los valores de As en las aguas subterráneas satisfacen el límite de 0,1 mg/l establecido en la NCh. 1333, determinando aptitudes del agua subterránea para ser utilizada en actividades de riego.

- La concentración de Mo en quebrada Larga excede los límites definidos en la norma de riego (0,01 mg/l) en el punto de muestreo de aguas subterráneas DDHF-155, durante la campaña de septiembre 2007. En esta zona se han registrado concentraciones de Mo cuyos valores extremos en las aguas subterráneas varían entre 0,01 y 0,02 mg/l. En el tramo bajo de quebrada Larga el Molibdeno se ha observado que la totalidad de los registros disponibles satisfacen los límites definidos en la norma de riego (0,01 mg/l).

- En el sector de quebrada Algarrobal los valores de Molibdeno presentan las mayores concentraciones registradas a lo largo de toda el área de estudio, llegando a valores por sobre 0,02 mg/l.

- Considerando la totalidad de información disponible, se puede concluir que las aguas naturales de quebrada Algarrobal presentan limitaciones para uso en actividades de regadío.

5.6.6 Usos del Agua

Los usos del agua en la zona de estudio, principalmente en el sector alto del río Huasco, se remiten exclusivamente al riego de unas pocas hectáreas de suelo disponibles en terrazas aluviales y en algunas laderas de las quebradas afluentes. Lo mismo ocurre en el sector de

quebrada Algarrobal. Las aguas que se utilizan para estos efectos son esencialmente originadas a partir de los deshielos cordilleranos y de la regulación natural de las Lagunas Grande y Chica. En algunos casos también se dispone de sistemas de bombeo de aguas subterráneas, lo que permite a los regantes disponer del recurso con una mayor seguridad. En el caso del río Huasco, a medida que se va descendiendo hacia el valle, los usos de tipo agrícola aumentan, al punto de que fue necesario hace algunos años, la construcción del Embalse Santa Juana (160.000.000 de m^3) que permitió a los usuarios agrícolas disponer de mayor seguridad para el riego de sus cultivos, compuestos mayoritariamente por frutales, viñas y algunas hortalizas.

Las zonas industriales de la III Región de Atacama se encuentran principalmente en las zonas medias del valle, cercanas a las principales ciudades (Copiapó y Vallenar). Los poblados y ciudades también son demandantes de agua, ya que deben satisfacer los requerimientos de la población en cuanto a agua potable y saneamiento.

También existen algunas zonas de conservación en los sectores altos de los ríos Valeriano y Laguna Grande debido a la presencia de flora y fauna autóctona.

Un resumen cualitativo de los principales usos del agua en la zona de estudio se puede ver en el Cuadro 5.6-23.

Cuadro 5.6-23
Principales Usos del Agua en Zona de Estudio

Sector	Riego	Act. Minera	Biodiversidad
Quebrada Algarrobal	X		
Río del Carmen	X	X	X
Río Conay	X		
Río Del Tránsito	X		X
Río Laguna Grande	X		

Fuente: "Diagnóstico y Clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de Calidad". Cade-Idepe, 2004.

Respecto a la cantidad y distribución de los regantes en la zona de estudio se puede ver la ubicación de las bocatomas de los canales reconocidos en terreno y que extraen agua desde el cauce de los río Laguna Grande, Conay y El Tránsito.

El listado de los regantes y la información recogida respecto a derechos, estado de inscripciones y ubicación se presentan en el Tabla 5.4. En resumen, del total de 95 canales estudiados, se dispone de información sobre las acciones de río para 45 canales de ellos. De los 95 canales, hay 45 canales inscritos en el Conservador de Bienes Raíces de Vallenar, 7 no han sido inscritos y 42 están sin información. En la Tabla 5.2 también se incorporan los resultados de las campañas de aforos realizadas en el período julio 2006 a marzo 2007, donde se generó información para 89 canales y donde se puede apreciar que el mayor consumo de agua ocurre durante los meses de primavera-verano. Durante el resto del año también se observa una demanda importante del recurso, pero menor a la estival.

5.7 MEDIO MARINO

Objetivo:

El objetivo de esta sección es describir desde un punto de vista físico (dinámica costera) y químico (calidad del agua y sedimentos marinos) el ambiente costero en el área de influencia aledaño al emplazamiento de las futuras instalaciones de la planta desalinizadora que contempla el Proyecto. Asimismo considera la caracterización de los atributos ecológicos de comunidades biológicas del área.

Resultados:

A continuación se presenta la caracterización del medio marino para el área del Proyecto, ubicado en el sector costero, aproximadamente 5 km al sur de Caleta Totoral Bajo, III Región de Atacama.

Para realizar esta caracterización se realizaron dos campañas de terreno: una campaña de invierno, realizada durante los meses de agosto y septiembre 2006, y otra campaña de verano, realizada durante los meses de enero y febrero 2007, con el objeto de estimar la estacionalidad de esta componente ambiental dentro del área de estudio. El informe completo que contiene metodología, resultados, análisis y registro fotográfico se presenta en el Apéndice 5E.

Una ilustración de las estaciones de monitoreo se presenta en el Mapa 5.2 y en el Plano 5.8. En este último las mismas se presentan con mayor detalle.

5.7.1 Descripción del Medio Físico

La descripción del medio físico se desarrolló en función de los siguientes parámetros:

- Corrientes Eulerianas
- Corrientes Lagrangeanas
- Dispersión con Trazadores Químicos
- Vientos Costeros
- Mareas y Olas
- Estructura de la Columna de Agua

Para esto se llevaron a cabo mediciones durante los meses de agosto y septiembre de 2006 (campaña invierno) y durante los meses de enero y febrero de 2007 (campaña verano), ambas con una duración aproximada de 30 días, en condiciones lunares de sicigia y cuadratura, para mareas llenante y vaciante. Asimismo, durante el mismo periodo se instaló una estación meteorológica de vientos en el borde costero donde se emplazará la

planta desalinizadora, con el objeto de correlacionar los datos de corrientes y mareas con la dirección y magnitud del viento.

5.7.1.1 Corrientes Eulerianas

La estadística básica de los registros de corrientes Eulerianas medidas, durante las campañas de invierno de 2006 y verano de 2007, muestra que la dirección predominante de las corrientes se ubica mayoritariamente en el 4to cuadrante (ver Figura 5.25a), principalmente con dirección de avance al NW (17,4% campaña de invierno y 19,4% campaña de verano) y N (16,6% durante la campaña de invierno y 16,4% durante la campaña de verano).

Respecto de las magnitudes de las corrientes, durante la época invernal se encontró corrientes levemente mayores que las detectadas durante el verano. En este contexto, en invierno las máximas velocidades detectadas fueron de 25,3 cm/s (dirección SW) y 22,6 cm/s (dirección N), mientras que en verano, éstas fueron de 21,6 cm/s (dirección S) y 20,6 cm/s (dirección NW).

Durante la campaña de invierno, la dirección residual es hacia el W – NW (297,1º) con una velocidad residual de 1,6 cm/s (1,4 km/día), mientras que en la campaña de verano, la dirección residual es hacia el NW (327,4º) con una velocidad residual de 1,19 cm/s (1,03 km/día). De acuerdo a las direcciones residuales observadas durante ambas campañas de monitoreo, la corriente estaría alejándose de la línea de la costa, hacia el océano Pacifico. (Ver Figura 5.25b).

5.7.1.2 Corrientes Lagrangeanas

En zonas costeras, la topografía local ejerce una gran influencia en este movimiento, de tal forma que para caracterizar el patrón general de circulación, es necesario conocer la trayectoria (movimiento lagrangeano) que sigue un determinado volumen de agua, el cual es el resultado del balance de fuerzas que actúan sobre él. Por lo tanto, este movimiento refleja el resultado final de estos agentes forzantes, sin identificarlos ni cuantificarlos, pero permitiendo obtener una visión general del sistema de circulación de un área determinada. Las Figuras 5.26, 5.27, 5.28 y 5.29 (bahía Norte y bahía Sur; invierno y verano) muestran las trayectorias seguidas por los derivadores (superficie y 5 m de superficie).

Las corrientes Lagrangeanas (derivadores) evidenciaron en ambas campañas de mediciones el bajo efecto forzante de la marea sobre ellas, no detectándose diferencias entre las fases de llenante y vaciante. En este sentido, el viento y la configuración de la línea de la costa aparecen como un modelador de las corrientes Lagrangeanas. Durante el invierno, los derivadores en general mostraron avances relativamente paralelos a la costa, hacia el NE (bahía Norte) y hacia el NW (bahía Sur). Esta situación, se repitió en época estival fundamentalmente en bahía Norte. Bahía Sur, mostró un comportamiento diferente. A saber, en sicigia, los derivadores mostraron avances hacia el NE y E (marea llenante y vaciante, respectivamente), mientras que en cuadratura, éstos avanzaron hacia el E – SE (marea llenante) y hacia el S (marea vaciante).

En resumen, los derivadores mostraron una baja respuesta al agente forzante marea, no detectándose diferencias entre las fases de llenante y vaciante.

5.7.1.3 Dispersión con Trazadores Químicos

Con el objeto de evaluar el destino que puede tener un contaminante introducido a un cuerpo de agua es necesario estimar la capacidad de dispersión de éste. Estas características dependen del transporte de masa (volumen de agua) y el grado de difusión (gradientes de concentración), asumiendo un comportamiento conservativo. Con este fin se utilizan tinciones inertes altamente concentradas, que al ser derramadas en el cuerpo de agua en estudio, simulan el comportamiento de un contaminante y permiten estimar la capacidad de dispersión propia de ese lugar.

a) Condición Lunar Cuadratura –Llenante y Vaciante

El siguiente cuadro muestra un resumen de los parámetros estimados para las manchas de rodamina y los valores calculados de Kh (coeficiente de dispersión horizontal), que cuantifica el grado de dispersión:

Cuadro 5.7-1
Resumen Parámetros Estimados Dispersión Rodamina.
Condición Lunar Cuadratura

Fecha	Punto	Fase Lunar	Marea	Kh Promedio (m^2/s)
Campaña Invierno 2007				
31-ago	Norte	Cuadratura	Llenante	1,18
31-ago	Sur	Cuadratura	Llenante	1,26
31-ago	Norte	Cuadratura	Vaciante	1,18
31-ago	Sur	Cuadratura	Vaciante	1,21
Campaña Verano 2007				
08-feb	Norte	Cuadratura	Llenante	2,70
08-feb	Sur	Cuadratura	Llenante	3,19
08-feb	Norte	Cuadratura	Vaciante	0,63
08-feb	Sur	Cuadratura	Vaciante	0,82

Fuente: Elaboración propia.

Para la campaña de invierno se observa que los coeficientes de dispersión horizontal (Kh), evidenciaron valores moderados a altos, en cuadratura lunar, fluctuando en torno a 1,18 m^2/s (bahía Norte, llenante y vaciante) y, 1,26 m^2/s y 1,21 m^2/s (bahía Sur, llenante y vaciante, respectivamente).

Durante la campaña de verano, los coeficientes de dispersión horizontal (Kh) evidenciaron valores moderados a altos en fase mareal de llenante (2,70 m^2/s y 3,19 m^2/s, bahía Norte y Sur, respectivamente) y bajos (fase mareal de vaciante), fluctuando en torno a 0,63 m^2/s y 0,82 m^2/s (bahía Norte y Sur, respectivamente).

b) Condición Lunar Sicigia –Llenante y Vaciante

El siguiente cuadro muestra un resumen de los parámetros estimados para las manchas de rodamina y los valores calculados de Kh (coeficiente de dispersión horizontal), que cuantifica el grado de dispersión:

Cuadro 5.7-2
Resumen Parámetros Estimados Dispersión Rodamina. Condición Lunar Sicigia

Fecha	Punto	Fase Lunar	Marea	Kh Promedio (m^2/s)
Campaña Invierno 2006				
26-sep	Norte	Sicigia	Llenante	0,74
26-sep	Sur	Sicigia	Llenante	0,68
26-sep	Norte	Sicigia	Vaciante	0,70
26-sep	Sur	Sicigia	Vaciante	0,54
Campaña Verano 2007				
05-ene	Norte	Sicigia	Llenante	2,10
05-ene	Sur	Sicigia	Llenante	1,30
05-ene	Norte	Sicigia	Vaciante	2,42
05-ene	Sur	Sicigia	Vaciante	2,21

Fuente: Elaboración propia.

En la campaña de invierno 2006, durante la sicigia, los coeficientes de dispersión horizontal (Kh) evidenciaron valores bajos, fluctuando en torno a 0,74 m^2/s y 0,70 m^2/s (bahía Norte, llenante y vaciante) y, 0,68 m^2/s y 0,54 m^2/s (bahía Sur, llenante y vaciante, respectivamente).

Durante la campaña de verano, los coeficientes de dispersión horizontal (Kh), evidenciaron valores moderados a altos, en sicigia lunar, fluctuando entre 2,16 m^2/s y 2,42 m^2/s (bahía Norte, llenante y vaciante) y, 1,30 m^2/s y 2,21 m^2/s (bahía Sur, llenante y vaciante, respectivamente).

En resumen, la dispersión horizontal (Kh) mostró valores más altos de coeficientes durante la campaña de verano respecto del invierno. Así, durante la época estival se registró máximos de Kh de 3,19 m^2/s (bahía Sur, cuadratura y llenante), mientras que en época invernal, los coeficientes de dispersión Kh no sobrepasaron el valor de 1,26 m^2/s (para ambas bahías). No obstante lo anterior, el área de estudio posee una buena capacidad de dispersión toda vez que los valores promedio de invierno fueron de 0,95 m^2/s y 0,92 m^2/s (bahía Norte y Sur, respectivamente) y en período de verano de

1,98 m^2/s y 1,88 m^2/s (bahía Norte y Sur, respectivamente). Cabe destacar que valores de Kh menores que 0,5 m^2/s se consideran bajos.

5.7.1.4 Vientos Costeros

Entre los agentes forzantes de las corrientes, el viento es uno de los más importantes ya que proporciona la energía primaria para el movimiento de las aguas superficiales. Por lo tanto, la información de viento resulta fundamental para conocer algunos de los aspectos más importantes que determinan la dinámica de las aguas de un lugar particular.

Durante las dos campañas de monitoreo realizadas y tal como se observa en la Figura 5.30, los vientos durante el período de estudio, se caracterizaron por provenir fundamentalmente del S y del SW en menor grado del NE. Durante el invierno, las direcciones S y NE aportan porcentajes de incidencia de 40,2% y 13,3%, respectivamente, mientras que en verano los aportes de porcentajes alcanzan los 45,7% y 18,1% para las direcciones EW y S respectivamente. Las máximas velocidades detectadas durante la campaña de invierno fueron de 15,1 m/s (dirección S) y 8,0 m/s (dirección NW), en tanto que en la campaña de verano las máximas velocidades registradas fueron de 12,4 m/s (dirección SW) y 11,2 m/s (dirección S).

Por su parte, la Figura 5.31 muestra el ciclo diario del viento desde un punto de vista direccional y de magnitud promedio. Al respecto, se observa para la campaña de invierno 2006 que durante el día y parte de la noche (11:00 a 24:00 horas) predomina el viento S. De madrugada y hasta la mañana, la dominancia esta marcada por las direcciones NE y N. Respecto de la magnitud promedio, los valores más altos ocurren a las 18:00. En horas de la noche y hasta las 10:00 horas se detectan las magnitudes promedio más bajas (fluctuando en torno a 3,0 m/s). Por su parte, para la campaña de verano 2007 se observa que durante el día y parte de la noche (12:00 a 23:00 horas) predomina el viento SW. De madrugada y hasta la mañana, la dominancia esta marcada por las direcciones S y aquellas asociadas al 1er cuadrante, además de calmas. Respecto de la magnitud promedio, los valores más altos ocurren a las 20:00. En horas de la noche y hasta las 12:00 horas se detectan las magnitudes promedio más bajas (fluctuando en torno a 2,5 m/s).

5.7.1.5 Mareas y Olas

El ascenso y descenso del nivel del mar en respuesta al efecto gravitacional de la luna y el sol sobre las aguas, puede representar una fuerza fundamental en la dinámica de las aguas de un determinado lugar, luego, para caracterizar adecuadamente la circulación de un área en particular, el conocimiento del régimen de marea es fundamental.

El objetivo del estudio de esta variable es analizar las variaciones que experimenta el nivel del mar en el área de estudio, describiendo su comportamiento y generando una base de datos para cuantificar su efecto forzante sobre las corrientes (correlación cruzada).

La marea observada en ambas campañas de mediciones mostró el efecto de las sicigias y cuadraturas lunares, influenciado por las amplitudes que alcanzó el nivel de las aguas, con un retardo inercial de 1 a 2 días. También se corroboró que la marea en el área de estudio es de tipo mixta predominantemente semidiurna, es decir, en un día se presenta la ocurrencia de dos pleamares y dos bajamares, con diferencia de alturas entre ellas.

a) Correlación Cruzada

Con el objeto de visualizar las relaciones causa efecto entre variables, los registros de corrientes Eulerianas, vientos y marea fueron sometidos a un análisis de correlación cruzada. Los resultados de este análisis se presentan en el Apéndice 5E.

El efecto forzante de la marea y el viento sobre las corrientes se mostró bajo durante la campaña de invierno, alcanzándose un coeficiente de correlación máximo de 0,26 (para el agente forzante marea). Durante el verano, estos coeficientes fueron superiores, alcanzándose máximos de 0,29 (marea) y de 0,43 (forzante viento). Estos resultados indicarían que las corrientes tienen baja respuesta a las variaciones del nivel del mar y un mayor efecto del viento.

b) Olas

Los cuadros siguientes presentan la estadística descriptiva de las olas locales registradas en el área de estudio.

Cuadro 5.7-3
Estadística Olas Locales. Campaña de Invierno 2006

Estadístico	Altura (Hs) (m)	Período (Tp) (s)	Dirección (º)
Media	1,62	11,7	208,1
Máximo	2,82	15,3	310,3
Mínimo	0,70	4,1	9,8

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.7-4
Estadística Olas Locales. Campaña de Verano 2007

Estadístico	Altura (Hs) (m)	Período (Tp) (s)	Dirección (º)
Media	1,25	12,7	242,7
Máximo	2,12	18,2	327,0
Mínimo	0,67	5,1	213,0

Fuente: Elaboración propia.

Las olas medidas indican una disminución en la altura significativa promedio, alcanzando los 1,62 m en la campaña de invierno y 1,25 m en la campaña de verano. Durante la campaña de invierno, el periodo promedio fue de 11,7 s y la dirección promedio fue de 208,1º, mientras que en la campaña de verano el periodo promedio fue de 12,7 s y la dirección promedio fue de 241,7º. En términos direccionales, las olas incidentes se agruparon de la siguiente manera:

Cuadro 5.7-5
Direcciones Olas Incidentes. Campaña de Invierno 2006

Dirección de Incidencia	Altura (Hs) Promedio (m)	Número de Casos	Porcentaje (%)
N	1,62	1	0,4
NW	1,60	9	3,8

Dirección de Incidencia	Altura (Hs) Promedio (m)	Número de Casos	Porcentaje (%)
W	1,62	24	10,0
SW	1,58	110	45,8
S	1,72	74	30,8

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.7-6
Direcciones Olas Incidentes. Campaña de Verano de 2007

Dirección de Incidencia	Altura (Hs) Promedio (m)	Número de Casos	Porcentaje (%)
N	-	0	0,0
NW	1,39	6	5,6
W	1,08	21	19,4
SW	1,28	81	75,0
S	-	0	0,0

Fuente: Elaboración propia.

De los cuadros anteriores se observa que la mayor cantidad de olas incidentes provienen del 3er cuadrante (S y SW en invierno y SW en verano) mostrando valores de incidencia de 76,6% y 75,0% durante las campañas de invierno y verano, respectivamente. Las mediciones de olas locales evidencian que la altura es importante, lo que se hace evidente ya que el área de estudio se encuentra expuesta al oleaje oceánico y los vientos fundamentalmente del S - SW.

c) Oleaje Extremo

El análisis de valores de oleaje extremos, realizado durante la campaña de verano de 2007, revela que las olas en mar abierto, pueden alcanzar alturas significativas de hasta 5,0 m. Al utilizar los diagramas de refracción para olas del SW de 14 s de período, se concluye que estas olas significativas máximas, podrían impactar al sitio de Proyecto con una altura 4,4 m como condición de diseño. Como condición de operación durante la mayor parte del tiempo, en sitio de interés estará sometido a las condiciones de oleaje "reinante" o modal. De acuerdo con los datos medidos en las campañas de terreno, la

condición de oleaje modal se da en torno a olas del SW, de 12 segundos de período, y alturas de 1,5 m a 2,0 m en invierno, y de 1,0 m a 1,5 m, en verano

d) Zona de Protección Litoral

El ancho de la ZPL estimada a partir de los registros de olas locales entrega un valor de 136,5 m para las condiciones estacionales de invierno. En la campaña de verano, el ancho de la ZPL estimada a partir de información de olas satelitales y transferencia de oleaje de aguas profunda al sitio de interés entregan un valor de 156,0 m en las condiciones estacionales más conservadoras (con mayor altura de olas). El cuadro siguiente resume los principales parámetros utilizados en el cálculo de la ZPL.

Cuadro 5.7-7
Valores Estacionales Olas Rompientes

Período	Altura Media (m)	Pendiente (%)	Altura Rompiente (m)
Invierno	1,08	2,7	1,80
Verano	1,42	2,7	2,05

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados informados en el Apéndice 5F, se calcula el siguiente valor para el ancho de la ZPL:

ZPL invierno = ([1,28 x Hb] / m) x 1,6 = ([1,28 x 1,80] / 0,027) x 1,6 = 136,5 m

ZPL verano = ([1,28 x Hb] / m) x 1,6 = ([1,28 x 2,05] / 0,027) x 1,6 = 155,5 m

5.7.1.6 Estructura de la Columna de Agua

La temperatura del agua de mar representa, junto con la salinidad (contenido de sales disueltas por kilogramo de agua), los parámetros hidrográficos básicos ya que determinan la densidad del agua. Esto tiene relación, en último término, con el movimiento del agua producto de gradientes de presión.

Desde un punto de vista ambiental, el contenido de oxígeno disuelto también puede ser considerado como un indicador de la calidad del agua, ya que su ausencia no permite la vida, y/o aportes de materia orgánica cuya degradación consume el oxígeno, dando

como resultado la presencia de gases y sustancias que son tóxicos para el desarrollo de la vida.

a) Temperatura

Los perfiles verticales de temperatura se presentan en la Figura 5.32. Durante la campaña de invierno 2006 se observa una distribución térmica similar en todas las estaciones de muestreo, con ausencia de gradientes de variación entre superficie y fondo de la columna de agua. En efecto, al observar el patrón de variación vertical de la temperatura se aprecia una columna de agua homogénea con valores en torno a 14 – 14,1ºC en el estrato superficial y entre 13,81 – 14ºC en la máxima profundidad medida.

Por otra parte, durante la campaña de verano 2007 se observa una distribución térmica similar en todas las estaciones de muestreo, con la presencia de una importante disminución de la temperatura entre superficie y fondo de la columna de agua, con valores fluctuando en torno a 17ºC en superficie y un máximo de 17,64ºC en la estación CA 3 y un mínimo de 16,56ºC a los 0,6 m de profundidad de la estación CA 5. En el estrato profundo de cada estación de muestreo la profundidad fluctuó entre 13,23ºC en CA 4 y 14,48ºC en CA 2.

b) Salinidad

Los perfiles verticales de salinidad se presentan en la Figura 5.33. Durante la campaña de invierno 2006, se observa un patrón de distribución vertical relativamente homogéneo de la salinidad entre superficie y fondo en cada estación analizada, con ausencia de gradientes de variación, a excepción de lo observado en CA 1 donde sí se apreció haloclina entre superficie y aproximadamente los 10 m de profundidad.

Por otra parte, durante la campaña de verano 2007 se observa un patrón de distribución vertical similar entre estaciones de muestreo, con concentraciones salinas levemente menores a 35 psu en superficie y levemente superiores a este valor en el estrato más profundo de cada estación, solamente en la estación CA 1 se apreció un gradiente más marcado (haloclina) entre superficie y aproximadamente los 10-12 m de profundidad. En efecto, en las estaciones CA 2 a CA 6 el comportamiento salino de la columna de agua evidenció escasa variación entre superficie y fondo, con la tendencia esperada a aumentar la concentración salina a medida que aumenta la profundidad de cada estación.

c) Oxígeno Disuelto (OD)

Los perfiles verticales de oxígeno disuelto se presentan en la Figura 5.34. Durante la campaña de invierno 2006, el oxígeno disuelto mostró una distribución vertical similar en todas las estaciones de muestreo y fueron indicativos de una buena oxigenación en toda la columna de agua. El patrón de oxigenación detectado en las mediciones realizadas muestra que entre superficie y aproximadamente los 3 m de profundidad existe un leve gradiente en disminución en la concentración de este gas en agua de mar. Luego y a partir de este nivel de profundidad, la concentración de oxígeno disuelto se mantiene relativamente constante a medida que aumenta la profundidad de cada estación.

En términos absolutos, la concentración de oxígeno disuelto fluctuó entre 6,39 mg/l (CA 1) y 6,93 mg/l (CA 6), lo que representa porcentajes de saturación entre 92% y 100,5%, respectivamente, lo que indica que están cercanos al equilibrio con la atmósfera. En el nivel más profundo de cada estación, la concentración de OD fluctuó entre 5,7 mg/l (CA 5) y 6,74 mg/l, valores que representan porcentajes de saturación de 82,2% y 97,7%, respectivamente.

Por otra parte, durante la campaña de verano 2007, el OD mostró una distribución vertical similar en todas las estaciones de muestreo y fueron indicativos de una buena oxigenación superficial y subsuperficial de la columna de agua. El patrón de oxigenación detectado en las mediciones realizadas muestra valores superficiales levemente superiores a 7 mg/l y en aumento hasta aproximadamente 1,5 m de profundidad donde se evidenciaron los máximos valores de OD con 10,68 mg/l en la estación CA 4. Luego, a partir de esta profundidad y hasta los 5 m la distribución del OD es relativamente homogénea para luego disminuir de manera constante hasta la profundidad máxima de cada estación, evidenciando un importante agotamiento en la concentración de este gas. En términos absolutos, la concentración superficial de oxígeno disuelto fluctuó entre 7,11 mg/l en CA 1 (0,5 m de profundidad) y 10, 68 mg/l a 1,5 m de profundidad en la estación CA 4, y en el estrato más profundo de cada estación varió en el rango de 1,39 mg/l en CA 4 y 5,35 mg/l en CA 2.

5.7.2 Calidad del Agua y Sedimentos Marinos

A continuación se entrega un catastro de las concentraciones de algunos parámetros químicos, físicos y bacteriológicos, indicadores de la calidad del agua y los sedimentos marinos medidos durante la campaña de terreno desarrollada en invierno en el área de estudio.

5.7.2.1 Calidad del Agua

En la Tabla 5.5a se entrega un resumen de las concentraciones de los parámetros evaluados para determinar la calidad del agua de mar. Los siguientes parámetros presentaron concentraciones inferiores al limite de detección de la correspondiente metodología empleada: aceites y grasas, aluminio, cadmio, cianuros, compuestos fenólicos, cromo total y hexavalente, detergentes aniónicos, estaño, hidrocarburos fijos, hc. Volátiles, hc. totales, hierro total y disuelto, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plata, plomo, selenio, sólidos suspendidos totales y sólidos sedimentables, sulfuro total, zinc, cloro libre residual y coliformes fecales.

La calidad del agua mostró características similares entre invierno y verano donde la mayoría de los parámetros evaluados presentaron concentraciones inferiores al límite de detección de la respectiva metodología empleada. Las diferencias más relevantes entre ambas campañas se refieren a las mayores concentraciones de boro, DQO y coliformes fecales informadas durante la campaña de verano. Un aspecto interesante de destacar fueron algunas concentraciones puntuales de cobre medidas en la campaña de invierno, donde se midieron valores máximos de 0,29 ppm, ya que aún cuando los máximos valores de cobre medidos en el área de estudio son inferiores a lo permitido, por ejemplo en el D.S. Nº 90/2000 MINSEGPRES[9], es representativo de concentraciones relativamente altas en comparación con los valores referenciales naturales de este elemento en agua de mar, los que fluctúan entre 0,003 ppm y 0,0009 ppm.

5.7.2.2 Calidad de Sedimentos

a) Sedimentos Intermareales

En cada transecto se analizó la calidad del sedimento en términos físicos (granulometría) y químicos (% materia orgánica). La caracterización de cada una de las estaciones de muestreo se presenta en el Apéndice 5E.

Los sedimentos intermareales presentan características similares para ambas campañas. En ambos casos, la caracterización granulométrica de los transectos T-1 y T-2 localizados al sur del área de estudio, mostró importante predominancia de las componentes más gruesas del sedimento, es decir, grava y arena muy gruesa. No fue posible asociar un patrón de variación a los distintos niveles mareales respecto de su composición granulométrica ya que invariablemente predominó grava sobre arena

[9] D.S. 90/2000 MINSEGPRES "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidoos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales".

gruesa y muy gruesa o viceversa. La fracción más fina del sedimento (arenas medias, finas, muy finas y fango) estuvieron escasamente representadas en estos transectos de muestreo.

Para los transectos restantes (T3 a T6, localizados espacialmente al norte del área de estudio), la granulometría fue variable entre los puntos de muestreo y por cada campaña. Durante la campaña de invierno 2006, las componentes mejor representadas fueron la arena muy gruesa, gruesa y media. La componente mas fina del sedimento estuvo escasamente representada. En el nivel mareal bajo de estos transectos se apreció predominancia exclusiva de las fracciones más gruesas, es decir, grava, arena muy gruesa y gruesa.

Por otra parte en la campaña verano 2007, en el intermareal de los transectos T3 a T6, la composición granulométrica de los sedimentos fue variable entre puntos de muestreo. En T3 la componente mejor representada fue arena muy gruesa en todos los niveles mareales; en T4 los niveles medio y bajo presentaron predominancia de grava, arena gruesa y muy gruesa, solo el nivel mareal alto presentó importancia relativa de arena media y fina; en T5 la arena media fue la mejor representada en todos los niveles mareales, y finalmente en T6 la distribución granulométrica fue más diversa entre las distintas componentes, no obstante, la fracción más gruesa fue porcentualmente mayor.

En ambas campañas la fracción limo arcilla (fango) estuvo ausente en todas las muestras analizadas.

Respecto del contenido de materia orgánica en sedimentos intermareales, en ambas campañas los mayores porcentajes se apreciaron en las estaciones de muestreo de los transectos T1 y T2 localizados al sur del área de estudio, lo que se debe muy probablemente, a que en este sector existe gran cantidad de material orgánico (algas) en descomposición, alcanzando valores en torno al 3%. En el resto de puntos o estaciones de muestreo, el porcentaje de materia orgánica fue preferentemente inferior a 1%.

b) Sedimentos Submareales

En las Tablas 5.5 y 5.6 se entregan los resultados de las concentraciones de los parámetros evaluados para ambas campañas.

Tal como se aprecia en la Tabla 5.5b, las concentraciones informadas en verano se encuentran dentro del mismo rango informado para la campaña de invierno en la gran

mayoría de los parámetros evaluados. No obstante lo anterior, algunos parámetros evidenciaron ciertas diferencias respecto a lo observado en invierno, por ejemplo el boro y los sulfatos mostraron concentraciones levemente superiores en verano respecto en invierno en la mayoría de las estaciones analizadas; por otra parte, el níquel y plomo mostraron concentraciones puntuales mayores a las informadas durante invierno, no obstante, estos máximos niveles pueden ser considerados normales e inferiores a los estándares o referencias establecidos en la literatura especializada, y solo son un indicativo de la muy documentada variabilidad espacial en la distribución de metales y otros elementos en sedimentos marinos.

Los siguientes parámetros presentaron concentraciones inferiores al límite de detección de la correspondiente metodología empleada: bifenilos policlorados (PCB's), hidrocarburos totales, cianuro y cromo hexavalente. Con relación a aquellos parámetros que presentaron niveles cuantificables en sedimentos superficiales submareales, en general presentaron concentraciones bajas a normales con respecto a valores de referencia.

Con respecto a los parámetros Boro (0,2 – 1,87 ppm), Fósforo (10,5 – 42,3 ppm), Nitrógeno total (0,021 – 0,041 ppm), Hierro (2.705 ppm – 20.276 ppm), Molibdeno (3,05 – 6,60 ppm), no se dispone de valores de referencia.

La caracterización granulométrica submareal (ver Tabla 5.7) evidenció predominancia porcentual de la fracción arena en todas las estaciones analizadas. La fracción limo arcilla (fango) estuvo ausente en todas las muestras analizadas. Respecto del contenido de materia orgánica en sedimentos submareales, los porcentajes medidos fueron bajos y homogéneos entre estaciones fluctuando entre 1,15% (B2) y 1,46% en B1 para la campaña de invierno 2006 y valores inferiores a 1% en todas las estaciones analizadas para la campaña verano 2007.

5.7.3 Ecología Comunidades Bentónicas

A continuación se caracteriza desde el punto de vista ecológico, el estado de las asociaciones macrobentónicas que prosperan en el ambiente inter y submareal aledaño al emplazamiento de la futura planta desalinizadora.

5.7.3.1 Macrofauna Intermareal

En la escala temporal invierno (septiembre) – verano (enero) la macroinfauna del intermareal de fondos blando evidenció una marcada diferencia tanto en la estructura de la comunidad como en las abundancias y número de especies. Las mayores abundancias fueron observadas en invierno, alcanzando un máximo promedio de 97,8 Ind x 0,01m-2 en el transecto T1 donde además, se registró una riqueza S = 9. En total, durante invierno se recolectaron 12 taxa. En la campaña de verano, las abundancias máximas promedio no sobrepasaron los 13,2 Ind x 0,01 m-2 (transecto T3), registrando como máximo un sólo taxón en cada uno de los transectos (exceptuando T6 donde no se encontró fauna). En total, en verano se registraron 3 taxa.

El análisis de ordenación resume el gradiente de disimilitudes de la macrofauna, reuniendo en un grupo compacto a los transectos de la campaña de invierno y disgregados en cuatro partes a los transectos de la campaña de verano; aquí, tres transectos mostraron gran similitud (transectos T3, T4 y T5), dada la exclusiva ocurrencia del crustáceo *Emerita analoga*. Los transectos T6 y T2 fueron ubicando a en direcciones opuestas, el primero sin fauna y el segundo con la ocurrencia exclusiva del poliqueto *Perinereis* sp.

El análisis de clasificación revela el mismo arreglo, en donde; y a excepción de los transectos T3, T4 y T5, la macroinfauna del intermareal del área de estudio evidencia gran variabilidad espacial y marcado cambio temporal con baja similitud entre los transectos.

La Figura 5.35 representa el patrón temporal de variación de macrofauna intermareal descrito en esta sección.

5.7.3.2 Macrofauna Submareal

En la campaña de verano, la macrofauna del submareal de fondos blandos evidenció un importante aumento en el número de especies (S = 43 vs. S = 63 para invierno y verano, respectivamente) observando, también, aumentos en el número de especies por estación.

Además, en verano, en algunas estaciones se registraron máximos de abundancias que septuplicaron los máximos registrados en invierno (550,3 Ind x 0,01 m-2 en la estación B5 vs. 87,3 Ind x 0,01 m-2 en la estación B3).

El análisis de ordenación muestra que estos cambios temporales de abundancias y riqueza específica tuvieron cierto impacto en la estructura de la comunidad, segregando a las estaciones de acuerdo al patrón estacional. Sin embargo, este análisis y el de clasificación sugieren que, asociados a la dinámica temporal, existe más bien una gran dinámica espacial en la estructura de los ensambles, ya que el patrón de asociación entre las estaciones cambia de invierno a verano y con una importante mezcla estacional (i.e., asociación B4 de Invierno con B3 y B5 de verano vs. B5 y B6 de invierno con B2 y B6 de verano, entre otras). Aquí, la mayoría de las asociaciones ocurren a menos de un 50% de disimilitud lo que avala esta menor variación temporal en la estructura comunitaria. La excepción la presenta la estación B1 de verano y, en menor magnitud, la B2 de invierno, estaciones pobres en número de especies y/o en abundancias siendo esto una respuesta a las condiciones puntuales dadas sus ubicaciones dentro del área de estudio (profundidad y/o exposición).

En la Figura 5.36 se presenta el patrón temporal de variación de macrofauna submareal descrito en esta sección.

5.7.3.3 Epibiota Intermareal de Fondos Rocosos

La epibiota presente en el área de estudio evidenció un mayor número de especies en verano (S = 35 vs. S = 24 en invierno), principalmente producto del aumento de especies sésiles las que en ocasiones duplicaron a las registradas en los respectivos transectos en Invierno (i.e., T2 y T3). Sin embargo, este aumento no se reflejó en las abundancias relativas, presentando en ambas épocas del año magnitudes similares y por sobre el 67,0% de cobertura. La fauna móvil, con mayor variabilidad entre los transectos también fue más diversa en verano, no obstante, y al igual que las especies sésiles, sus abundancias oscilaron dentro de rangos similares en invierno y verano: 29,2 – 5,0 Ind x 0,25 m-2 vs. 31,2 – 3,8 Ind x 0,25 m-2, respectivamente.

El análisis de ordenación separó a la epibiota en dos grupos discretos, cada uno correspondiendo a una campaña y que refleja diferencias en la comunidad en una escala temporal; aquí, la estación T4 de invierno se encuentra más próxima a la estación T6 de verano mostrando una mayor similitud entre ellas. Por su parte, el análisis de clasificación también segregó a los transectos de ambas campañas (pero uniendo a los transectos T4-I y T6-V). Al ocurrir esta segregación a menos del 50% de disimilitud, el análisis sugiere que la estacionalidad no altera profundamente la estructura comunitaria. Finalmente, este análisis también evidencia una gran dinámica espacial de la epibiota intermareal, con cambios en las asociaciones de transectos pero que en la mayoría de los

casos están por debajo de 35% de disimilitud. Esto último, indicaría que las diferencias estarían concentradas en las especies menos abundantes y/o poco frecuentes.

En la Figura 5.37 se presenta el patrón temporal de variación de epibiota intermareal descrito en esta sección.

5.8 RUIDO Y VIBRACIONES

Objetivo:

El objetivo del presente estudio fue determinar los niveles de ruido y vibraciones en receptores de interés ubicados dentro del área de estudio del Proyecto.

Para realizar esta caracterización se realizaron dos campañas de terreno: una campaña de verano entre los días 17 y 19 de enero de 2006 y otra campaña de invierno entre los días 6 y 9 de julio de 2006, con el objeto de estimar la estacionalidad de los niveles de ruido dentro del área de estudio. El informe completo que contiene metodología, resultados, análisis y fichas de mediciones y registro fotográfico se presenta en el Apéndice 5F.

La caracterización de los puntos de medición de ruidos y vibraciones se presenta en el Cuadro 5.8-1 y su ubicación se presenta en el Mapa 5.2 y Plano 5.9.

Cuadro 5.8-1
Resumen Puntos de Medición De Ruido y Vibraciones

Punto	Distancia a la ruta [m][1]	Descripción	Coordenadas UTM	
			Norte (N)	Este (E)
A1	25	Posada Algarrobal (Cruce ruta 5 Norte con ruta C-455)	6.885,602	339,508
A2	10	Sector bajo Quebrada Algarrobal	6.868,379	356,062
A3	3	Hacienda Jarillas	6.848,321	372,978
M1	—	Sector El Morro	6.833,019	411,832
H1	20	Iglesia sector Camarones	6.828,463	337,620
H2	10	Viviendas sector El Sombrío	6.822,097	351,955
H3	2	Iglesia sector Alto del Carmen	6.818,636	355,209
H4	6	Viviendas sector Las Marquesas	6.811,689	366,227
H5	2	Viviendas sector Chanchoquín	6.808,389	374,193
T1	40	Viviendas Caleta Totoral Bajo	6.920,173	294,360
T2	8	Viviendas Totoral	6.912,617	307,125

Nota: [1]Distancia del receptor a ruta de circulación de vehículos más próxima.
Fuente: Elaboración propia.

Como parámetros fundamentales, para realizar las mediciones de Niveles de Ruido se utilizó:

- Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq.),
- Nivel de Presión Sonora Mínimo (NPSmín.), y
- Nivel de Presión Sonora Máximo (NPSmáx.).

Para la caracterización de las vibraciones se utilizaron los valores de Nivel de Aceleración (Na), en dB, para las frecuencias comprendidas entre 0 y 80 Hz obtenidas mediante el método FFT (Fast Fourier Transform), utilizando una ventana tipo Hanning (norma ISO 2631).

Resultados:

A continuación se presentan los resultados del estudio de Línea Base de ruido y vibraciones. En los Cuadros 5.8-2 y 5.8-3, se presentan los niveles de ruido medidos en horario diurno y nocturno, según los descriptores utilizados, para las campañas de verano e invierno respectivamente.

Cuadro 5.8-2
Valores de Nivel de Presión Sonora, en dB(A)-lento. Campaña. Verano 2006

Punto	NPSeq		NPSmín		NPSmáx	
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
A1	60,3	62,9	29,3	22,2	74,9	77,9
A2	25,3	19,3	18,3	16,4	41,8	54,2
A3	37,8	33,5	30,0	30,8	53,5	43,5
H1	52,3	40,7	32,0	30,7	72,1	60,9
H2	60,8	52,5	44,1	38,3	79,5	75,5
H3	59,1	57,2	40,2	41,4	78,7	73,8
H4	59,7	61,5	43,3	40,3	77,8	78,3
H5	55,0	52,7	40,8	40,8	76,5	69,5
M1	42,8	-	21,2	-	78,8	-

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.8-3
Valores de Nivel de Presión Sonora, en dB(A)-lento. Invierno 2006

Punto	NPSeq		NPSmín		NPSmáx	
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
A1	60,4	66,2	27,8	40,4	75,9	81,4
A2	39,2	37,1	17,5	17,3	60,6	48,8
A3	31,3	34,2	27,3	32,2	39,7	46,3
M1	54,4	46,6	36,9	33,9	70,0	62,9
H1	57,9	51,8	37,5	33,2	75,0	68,7
H2	59,0	39,9	35,9	34,9	77,5	52,6
H3	62,9	37,5	40,6	34,4	83,9	49,8
H4	52,2	38,9	40,2	36,3	72,4	49,7
H5	61,6	50,7	29,5	26,4	81,3	74,3
T1	43,0	44,8	39,9	41,6	52,2	49,9
T2	36,2	33,6	25,0	26,6	50,5	46,9

Fuente: Elaboración propia.

5.8.1 Ruido

Los niveles de ruido ambiental en los receptores estudiados tienen como principal fuente al tránsito vehicular y en menor medida, la fauna y habitantes del sector.

Debido a que el tránsito vehicular corresponde a una fuente móvil y no está regulado por el D.S. 146/97 del MINSEGPRES[10], los niveles de ruido se evaluarán de acuerdo a una normativa de referencia internacional. Se utilizará lo establecido por la OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), que establece un criterio de aceptabilidad para evaluar los niveles de ruido en zonas sensibles. En él se consideran los valores de NPSeq jornada medidos, y tomados en distintos tramos horarios. Se distinguen dos períodos de evaluación: horarios diurno y nocturno.

[10] D.S. 146/1997 MINSEGPRES: "Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas".

Los valores establecidos por la OECD se presentan en los siguientes cuadros:

Cuadro 5.8-4
Criterio de Aceptabilidad según OECD para el Periodo Diurno

1er Nivel	Aceptable	NPSeq < 65 dB(A)
2do Nivel	Inaceptable	NPSeq > 65 dB(A)
3er Nivel	Peligroso	NPSeq > 75 dB(A)

Fuente: Organization for Economic Cooperation and Development

Cuadro 5.8-5
Criterio de Aceptabilidad según OECD para el Periodo Nocturno

1er Nivel	Aceptable	NPSeq < 55 dB(A)
2do Nivel	Inaceptable	NPSeq > 55 dB(A)

Fuente: Organization for Economic Cooperation and Development

Los resultados se presentan para cada campaña de monitoreo y también se analiza la estacionalidad de las fuentes de ruido.

5.8.1.1 Campaña enero 2006

En base a los datos presentados en el Cuadro 5.8-2, los puntos A2 y A3, ubicados en la quebrada Algarrobal, presentan valores de NPSeq bastante bajos, los que fluctuaron entre los 25 y 38 dB(A), respectivamente en horario diurno y entre los 19 y 36 dB(A), respectivamente en horario nocturno. Las principales fuentes de ruido ambiental son aves, viento y follaje de árboles. En los puntos mencionados, se constató ausencia de tránsito vehicular. No sucede lo mismo con el punto A1, ubicado en la intersección de la ruta 5 Norte y la ruta C-455, cuyos valores de NPSeq fluctuaron entre los 60 y 63 dB(A) durante la jornada debido al flujo vehicular presente en la ruta 5 Norte.

El punto M1, por su parte, presenta un valor de NPSeq diurno igual a 43 dB(A), debido a viento exclusivamente. En este punto se constató ausencia de tránsito vehicular.

Los puntos ubicados a lo largo del camino de acceso actual al campamento de exploración El Morro, presentan valores de NPSeq entre los 52 (H1) y 61 (H2) dB(A), respectivamente, en horario diurno y entre los 41 (H1) y 62 (H4) dB(A) respectivamente, en horario nocturno. Las fuentes de ruido ambiental en este caso corresponden a tránsito vehicular, así como fauna y habitantes del sector. Es importante

resaltar que durante las campañas de monitoreo se estaba ejecutando trabajos de reparación y pavimentación del camino principal al valle del Huasco (rutas C-485 y C-495), entre las localidades de Alto del Carmen y Chanchoquín, los cuales también pueden contribuir como fuente de ruido relevante en el sector, particularmente para el punto H4.

Los resultados de la evaluación se entregan en el Cuadro 5.8-6, donde se observa que los valores medidos en los puntos A1, H3 y H4 no cumplen con el criterio recomendado por la OECD debido a tránsito vehicular como fuente de ruido principal.

Cuadro 5.8-6
Comparación de los Niveles Medidos para la Línea Base respecto de los Criterios de la OECD. Valores en dB(A)-lento. Verano 2006

Punto	Periodo	NPSeq medido	Máximo Permitido	Evaluación OECD
Futura Ruta de Acceso al Proyecto (Quebrada Algarrobal)				
A1	Diurno	60	65	Cumple
	Nocturno	63	55	**Excede en 12 dB**
A2	Diurno	25	65	Cumple
	Nocturno	19	55	Cumple
A3	Diurno	38	65	Cumple
	Nocturno	36	55	Cumple
Ruta de Acceso Actual (Vallenar – Chanchoquín – El Morro)				
H1	Diurno	52	65	Cumple
	Nocturno	41	55	Cumple
H2	Diurno	61	65	Cumple
	Nocturno	53	55	Cumple
H3	Diurno	59	65	Cumple
	Nocturno	57	55	**Excede en 2 dB**
H4	Diurno	60	65	Cumple
	Nocturno	62	55	**Excede en 7 dB**
H5	Diurno	55	65	Cumple
	Nocturno	53	55	Cumple

Punto	Periodo	NPSeq medido	Máximo Permitido	Evaluación OECD
Futura Área Mina Planta Proyecto El Morro				
M1	Diurno	43	65	Cumple
	Nocturno	—	55	—

Fuente: Elaboración propia.

5.8.1.2 Campaña julio 2006

En el Cuadro 5.8-7, se muestran los resultados para todos los puntos medidos en la campaña de julio 2006.

En este cuadro se aprecia que, los niveles medidos en los puntos A2 a A3 del sector quebrada Algarrobal, y el punto M1 de sector El Morro fluctuaron entre los 31 (A3) y 54 (M1) dB(A), respectivamente en horario diurno, y entre los 34 (A3) y 47 (M1) dB(A), respectivamente en horario nocturno. Los niveles medidos en el punto A1, en tanto, fluctuaron entre los 60 y 66 dB(A), respectivamente.

En los puntos H1 a H5 (Valle del Huasco, hasta Chanchoquín), los niveles fluctuaron entre los 52 (H4) y 63 (H3) dB(A), respectivamente durante el día, debido al flujo vehicular existente. Durante la noche, los niveles medidos en la totalidad de los puntos del Valle del Huasco fluctuaron entre los 38 (H3) y 52 (H1) dB(A), respectivamente.

En el sector Totoral, se aprecia una diferencia de entre 7 y 11 dB(A) en los niveles equivalentes medidos en cada punto, debido a la influencia del oleaje marino en el punto T1. Los valores fluctuaron entre los 36 (T2) y 43 (T1) dB(A), respectivamente en horario diurno, y entre los 34 (T2) y 45 (T1) dB(A), respectivamente en horario nocturno.

Cuadro 5.8-7
Evaluación de los Niveles de Ruido de acuerdo al Criterio de la OECD.
Valores en dB(A)-lento. Invierno 2006

Punto	Periodo	NPSeq	Criterio OECD
A1	Diurno	60	Aceptable
	Nocturno	66	**Excede en 11 dB**
A2	Diurno	39	Aceptable
	Nocturno	37	Aceptable
A3	Diurno	31	Aceptable
	Nocturno	34	Aceptable
M1	Diurno	54	Aceptable
	Nocturno	47	Aceptable
H1	Diurno	58	Aceptable
	Nocturno	52	Aceptable
H2	Diurno	59	Aceptable
	Nocturno	40	Aceptable
H3	Diurno	63	Aceptable
	Nocturno	38	Aceptable
H4	Diurno	52	Aceptable
	Nocturno	39	Aceptable
H5	Diurno	62	Aceptable
	Nocturno	51	Aceptable
T1	Diurno	43	Aceptable
	Nocturno	45	Aceptable
T2	Diurno	36	Aceptable
	Nocturno	34	Aceptable

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro anterior, es posible concluir que los niveles de ruido existentes en los receptores considerados en el área de estudio son aceptables, con excepción del sector de Posada Algarrobal (punto A1), donde los niveles de ruido nocturno superan el criterio establecido por la OECD, lo anterior debido al importante tránsito vehicular de camiones y buses.

5.8.1.3 Comparación Campañas enero y julio 2006

Resulta interesante analizar los resultados obtenidos mediante una comparación con los niveles medidos en la campaña de enero de 2006 y de esta manera observar el

comportamiento del entorno acústico en cada punto durante las estaciones verano e invierno, respectivamente. Los resultados de esta comparación se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 5.8-8
Comparación entre los Niveles Medidos en las Campañas de enero y julio de 2006 Los valores han sido aproximados al entero más cercano y están en dB(A)-lento

Punto	enero 2006		julio 2006		Diferencia	
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
A1	60	63	60	66	0	-3
A2	25	19	39	37	-14	-18
A3	38	34	31	34	7	0
M1	43	—	54	47	-11	—
H1	52	41	58	52	-6	-11
H2	61	53	59	40	2	13
H3	59	57	63	38	-4	19
H4	60	62	52	39	8	23
H5	55	53	62	51	-7	2

Fuente: Elaboración propia.

Es posible constatar en el cuadro comparativo que la mayoría de los puntos muestreados presentan diferencias significativas entre ambas campañas, exceptuando el punto A1. En este punto el nivel de ruido está determinado esencialmente por el flujo vehicular de la ruta 5 Norte, y permite obtener valores relativamente homogéneos durante la medición debido al alto flujo de vehículos en comparación con puntos ubicados en caminos de flujo ocasional.

Las diferencias observadas en el resto de los puntos medidos reflejan el carácter variable del entorno acústico en zonas rurales donde conviven diversas fuentes de ruido de distintas características, tanto físicas como temporales. Es así como pueden existir diferencias de hasta 23 dB(A) debido a la ausencia de tránsito vehicular en la ruta evaluada, donde el nivel existente está definido principalmente por el ruido ambiente de cada sector (animales, habitantes, viento, etc.).

A continuación se presenta un breve análisis de la variación de los resultados entre ambas campañas para los puntos A2 al H5:

- Punto A2: Se observa un aumento considerable de los niveles de ruido observados en la campaña de verano 2006, aunque estos niveles se pueden considerar aceptables según los criterios de la OECD. El cambio en estas mediciones puede estar relacionado con el hecho de que el periodo de monitoreo del punto A2 en julio 2006 fue de 24 hrs., lo que le permitió captar el paso ocasional de vehículos que tiene esta ruta. En efecto, según mediciones de demanda vial realizadas en el mismo mes de julio, por esta vía se registra el paso de 1,8 veh/hora. La medición realizada en enero 2006 no constata paso de vehículos, luego el aumento de los niveles de ruido debe estar directamente relacionado a la presencia de tráfico vehicular.

- Punto A3: La diferencia en los niveles de ruido de ambas campañas no es considerable, por lo que se puede considerar que el nivel de ruido es prácticamente constante a lo largo del año.

- Punto M1: En este caso no se registró paso de vehículos tanto en invierno como en verano, sin embargo la diferencia en los niveles de ruido puede estar relacionada a la intensidad del viento registrada en la zona. En efecto, los registros de la estación meteorológica el Morro indican que para la medición diurna realizada en enero 2006, la velocidad del viento fue de 3,5 m/s, mientras que para la medición diurna realizada en julio 2006 fue de 6,8 m/s .

- Punto H1: Aún cuando no resulta técnicamente correcto comparar directamente los resultados obtenidos en el punto H1, debido al cambio de ubicación del punto de medición, es posible constatar una diferencia entre ambos niveles (enero y julio de 2006), que puede ser el resultado de la alteración topográfica (talud) y de distancia respecto a la ruta.

- Punto H2: La diferencia de los niveles de ruido en horario diurno no es significativa. Para el caso nocturno, la diferencia puede estar relacionada con el paso de vehículos. En efecto, datos de la dirección de vialidad indican que la diferencia de los volúmenes de tránsito son un 60% mayor que los volúmenes de tránsito en invierno.

- Punto H3 y H4: Ambas diferencias, bastante significativas de los niveles de ruido pueden explicarse porque durante los meses de verano se realizaron trabajos de reparación de la vía que atraviesa ambos puntos de medición, con trabajos en horario diurno y nocturno.

- Punto H5: La diferencia en los niveles de ruido de ambas campañas no es considerable, por lo que se puede considerar que el nivel de ruido es prácticamente constante a lo largo del año.

5.8.2 Vibraciones

Para establecer la línea basal de vibraciones se realizó un estudio en los mismos receptores utilizados para la descripción de los niveles de ruido. Se consideraron dos campañas de terreno, la cuales fueron realizadas los mismos días de la componente ruido.

Los resultados de la medición de Línea de Base (vibración natural de suelo) se entregan en el Apéndice 5F, donde se comparan con los niveles registrados para ambas campañas. En ellos se observa que los perfiles de curva para ambas mediciones son similares, por lo que las vibraciones naturales no presentan variación estacional.

Los valores obtenidos de nivel de aceleración del tránsito de un camión en cada punto de medición, correspondiente a los niveles máximos esperados en dichos puntos, fueron comparados con la curva basal de la norma internacional ISO 2631 "Evaluation of human exposure to whole-body vibration", Part 2: Continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz). La Figura 5.38 presenta los resultados de esta evaluación.

De acuerdo a la Figura 5.38, el paso de camiones o buses en los puntos A1 (Futura ruta de Acceso al Proyecto) y H1 (ruta de Acceso Actual) actualmente superan la curva base de la norma ISO 2631-2, específicamente en la banda de 4 Hz. En el resto de los puntos, los niveles de aceleración máximos medidos no superan la curva base, luego no presentan influencia por el paso esporádico de camiones.

5.9 CALIDAD DEL AIRE

Objetivo:

A continuación se describe y caracteriza la calidad del aire del entorno del Proyecto, con especial referencia a:

- Caracterizar la calidad del aire en términos de la concentración del MP10, NO_2/NO_x y SO_2.
- Caracterizar la tasa de sedimentación de material particulado (MPS).

La caracterización de calidad del aire del AI del Proyecto está basada en los registros de las estaciones instaladas por Knight Piésold, las cuales se ilustran en el Plano 5.10 y se presentan en el Cuadro 5.9-1. Se cuenta con registros entre marzo del 2006 y junio del 2008, sin embargo no todos los meses dentro del periodo cuentan con registros en todas las estaciones, los meses medidos en cada estación se especifican en el Cuadro 5.9-1. La descripción de la calidad del aire se realizó en base a los parámetros: MP10, MPS, sus respectivas características químicas, NO_2/NO_x y SO_2. Las estaciones en que se midió cada uno de estos parámetros se presenta en el Cuadro 5.9-2.

La caracterización química de MP10 y Polvo Sedimentable se realizó en base al análisis de los siguientes elementos:

- Arsénico (As)
- Cobre (Cu)
- Molibdeno (Mo)
- Plomo (Pb)
- Silicio (Si)
- Hierro (Fe)
- Zinc (Zn)

Para la comparación de los registros de las estaciones de calidad del aire se utilizará como referencia la normativa ambiental chilena aplicable.

Se analizarán los parámetros medidos para cada área de estudio: Área Quebrada Totoral, Área Quebrada Algarrobal y Área Mina-Planta. El Área Mina-Planta se subdividirá para el análisis de calidad del aire en la Sub-Área Mina-Planta correspondiente al sector alto de quebrada Larga, donde se encuentran las instalaciones del Proyecto, y la Subcuenca del río Tránsito que corresponde al resto de esta área de estudio.

Cuadro 5.9-1
Estaciones Calidad del Aire Proyecto El Morro

Estación	Denominación	Área de Estudio[1]	Coordenadas UTM		Meses Registrados
			Este	Norte	
Campamento El Morro	MP10-1	Sub-Área Mina - Planta	4 11,632	6.830,725	mar-06 a mar-07
Chanchoquín Chico	MP10-2	Subcuenca Río Tránsito	373,670	6.808,303	abr-06 a jun-08
Posada Algarrobal	MP10-3	Área Quebrada Algarrobal	339,460	6.885,627	may-06 a mar-07
La Jarilla	MP10-4	Área Quebrada Algarrobal	372,496	6.848,341	may-06 a abr-07
Junta de Valeriano	MP10-5	Subcuenca Río Tránsito	398,190	6.804,693	jun-06 a jun-08
Totoral (Poblado Totoral)	MP10-6	Área Quebrada Totoral	207,759	6.912,442	sep-06 y ene-07
Campamento El Morro (en conjunto con MP10-1)	MPS-1	Sub-Área Mina - Planta	4 11,632	6.830,725	mar-06 a jun-08[2]
Chanchoquín Chico (en conjunto con MP10-2)	MPS-2	Subcuenca Río Tránsito	373,670	6.808,303	abr-06 a jun-08[2]
Posada Algarrobal (en conjunto con MP10-3)	MPS-3	Área Quebrada Algarrobal	339,460	6.885,627	abr-06 a mar-07[2]
La Jarilla (en conjunto con MP10-4)	MPS-4	Área Quebrada Algarrobal	372,496	6.848,341	may-06 a jun-08[2]
Vega El Pingo	MPS-5	Área Quebrada Algarrobal	386,125	6.846,823	may-06 a jun-08[2]
Poblado La Junta	MPS-6	Subcuenca Río Tránsito	355,290	6.818,697	abr-06 a jun-08[2]
Poblado La Marquesa	MPS-7	Subcuenca Río Tránsito	366,395	6.811,492	abr-06 a jun-08[2]
Poblado El Tránsito	MPS-8	Subcuenca Río Tránsito	375,171	6.805,375	abr-06 a jun-08[2]
Sector Juntas de Pinte	MPS-9	Subcuenca Río Tránsito	378,088	6.796,832	abr-06 a jun-08[2]
Sector La Pampa	MPS-10	Subcuenca Río Tránsito	380,698	6.794,673	abr-06 a jun-08[2]
Poblado Conay	MPS-11	Subcuenca Río Tránsito	387,532	6.794,497	abr-06 a jun-08[2]
Poblado Malaguín	MPS-12	Subcuenca Río Tránsito	392,943	6.797,502	abr-06 a jun-08[2]
Junta de Valeriano (en conjunto con MP10-5)	MPS-13	Subcuenca Río Tránsito	398,190	6.804,693	abr-06 a jun-08[2]
Quebrada Seca, km 25	MPS-14	Subcuenca Río Tránsito	383,462	6.826,752	abr-06 a jun-08[2]
Quebrada Larga, antes junta Río Cazadero	MPS-15	Sub-Área Mina - Planta	403,572	6.827,415	jun-06 a jun-08[2]

Estación	Denominación	Área de Estudio[1]	Coordenadas UTM		Meses Registrados
			Este	Norte	
Totoral (Poblado Totoral, en conjunto con MP10-6)	MPS-16	Área Quebrada Totoral	207,759	6.912,442	sep-06 y ene-07[2]
Caleta Totoral	MPS-17	Área Quebrada Totoral	294,321	6.920,175	sep-06 y ene-07[2]
Predio Agrícola	MPS-18	Área Quebrada Totoral	322,443	6.911,099	sep-06 y ene-07
Campamento El Morro (en conjunto con MP10-1)	SO_2NO_2-1	Sub-Área Mina - Planta	411,632	6.830,725	ago-06
La Jarilla (en conjunto con MP10-4)	SO_2NO_2-2	Área Quebrada Algarrobal	372,496	6.848,341	sep-06
Chanchoquín Chico (en conjunto con MP10-2)	SO_2NO2-3	Subcuenca Río Tránsito	373,670	6.808,303	jul-06
Junta de Valeriano (en conjunto con MP10-5)	SO_2NO_2-4	Subcuenca Río Tránsito	398,190	6.804,693	oct-06

Nota: [1]Áreas de estudio con la subdivisión del Área Mina-Planta.

[2]La caracterización química del MPS, a partir de abril 2007 incluyó únicamente el hierro (Fe).

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.9-2
Parámetros de Estaciones de Calidad del Aire

Estación	MP10	SO_2	NO_2/NO_x	Polvo Sedimentable
Campamento El Morro	●[1]	●	●	●[2]
Chanchoquín Chico	●[1]	●	●	●[2]
Posada Algarrobal	●[1]	○	○	●[2]
La Jarilla	●[1]	●	●	●[2]
Junta de Valeriano	●[1]	●	●	●[2]
Vega El Pingo	○	○	○	●[2]
Poblado La Junta	○	○	○	●[2]
Poblado La Marquesa	○	○	○	●[2]
Poblado El Tránsito	○	○	○	●[2]
Sector Juntas de Pinte	○	○	○	●[2]
Sector La Pampa	○	○	○	●[2]
Poblado Conay	○	○	○	●[2]
Poblado Malaguín	○	○	○	●[2]
Quebrada Seca, km 25	○	○	○	●[2]

Estación	MP10	SO_2	NO_2/NO_x	Polvo Sedimentable
Quebrada Larga, antes junta Río Cazadero	°	°	°	•[2]
Totoral (Poblado Totoral)	•	°	°	°
Caleta Totoral	°	°	°	°
Predio Agrícola	°	°	°	°

Nota: •: Parámetro Registrado
°: Parámetro No Registrado
[1]Incluye caracterización química del MP10
[2]Incluye caracterización química del Polvo Sedimentable.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados:

A continuación se presentan los resultados por cada componente de la calidad del aire analizada.

5.9.1 Material Particulado Respirable, MP10

El cuadro a continuación resume los resultados de calidad del aire, de los meses registrados en cada estación, desde marzo 2006 hasta junio 2008. Las Tablas 5.8-5.14 detallan estos registros, incluyendo el periodo de medición de cada estación.

En este cuadro se observa que las mayores concentraciones promedio de MP10 se presentan en la estación Campamento El Morro, mientras que los menores se presentan en la estación La Jarilla. Con respecto a la concentración de 24 hrs, los mayores valores se presentan en la estación Campamento El Morro con 141 µg/m^{3}N. La Figura 5.39 presenta las concentraciones diarias y medias mensuales de esta estación.

Cuadro 5.9-3
Resumen de Monitoreo de Calidad del Aire Concentraciones de MP10 (µg/m^{3}N), Registros dentro del Periodo marzo 2006 – junio 2008

Valores	Estación					
	Totoral	Chanchoquín	Junta de Valeriano	La Jarilla	Posada Algarrobal	Campamento El Morro
Promedio del Período	28	25	21	19	20	37
Máximo en 24 hrs	111	71	89	129	72	141[1]

Valores	Estación					
	Totoral	**Chanchoquín**	**Junta de Valeriano**	**La Jarilla**	**Posada Algarrobal**	**Campamento El Morro**
Nº Registros	23	237	245	112	112	109
Nº Registros sobre D.S. 59 (150 µg/m^3)	0	0	0	0	0	0
Percentil 98	111	51	58	71	53	80[2]

[1]Valor refleja condición no relacionada con actividad normal del sector.

[2]Valor del período marzo 2006 – marzo 2007. Para el cálculo del P98 se han descartado los valores anómalos.

Fuente: Elaboración Propia.

Usando como referencia[11] la norma primaria de calidad del aire (D.S. 59/1998 MINSAL), es posible observar que el promedio de los valores se ubica por debajo de la concentración media anual que establece esta norma. Asimismo, todos los valores se ubican por debajo de la concentración diaria establecida por la norma de 150 µg/m^{3}N.

Al no existir registros de otras estaciones dentro del área en estudio no es posible señalar si los valores registrados por la red corresponden a las condiciones habituales del área, sin embargo experiencia de otros proyectos indica que concentraciones entre 15 y 30 µg/m^{3}N corresponde a un valor de fondo, esto es mayormente por la acción natural, sin intervención antrópica[12] de importancia.

- ***Análisis Químico del MP10***

El Cuadro 5.9-4 presenta los resultados del análisis efectuado a los filtros de las estaciones de MP10 y las concentraciones para los elementos analizados son las siguientes.

[11] Para realizar una evaluación de la calidad del aire anual según lo establecido en la normativa citada, es necesario contar con un mayor número registros (11 meses por año calendario, 3 años completos).

[12] John H. Seinfeld "Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution", John Wiley & Sons. 1986. Establece que un aire limpio tiene una concentración de MP10 inferior a 20 µg/m^{3}N.

Cuadro 5.9-4
Resumen Características del MP10
Registros dentro del Periodo marzo 2006 – junio 2008

Elementos Analizados	Valores	Estación				
		Chanchoquín Chico	Junta de Valeriano	La Jarilla	Posada Algarrobal	Campamento El Morro
Concentración promedio de filtros analizados	µg/m3N	42	26	35	25	42
As	µg/m^{3}N	0,005	0,006	0,002	0,003	0,005
	% MP10	0,017	0,026	0,008	0,013	0,017
Cu	µg/m^{3}N	0,030	0,014	0,030	0,012	0,030
	% MP10	0,113	0,050	0,105	0,050	0,113
Pb	µg/m^{3}N	0,003	0,139	0,005	0,004	0,003
	% MP10	0,010	0,019	0,023	0,019	0,010
Fe	µg/m^{3}N	0,980	5,299	0,820	0,502	0,980
	% MP10	2,191	37,539	2,534	2,197	2,191
Mo	µg/m^{3}N	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	% MP10	0,004	0,004	0,002	0,004	0,004
Zn	µg/m^{3}N	0,033	0,027	0,010	0,011	0,033
	% MP10	0,118	3,202	0,038	0,046	0,118
Si	µg/m^{3}N	3,036	1,020	2,013	0,812	3,036
	% MP10	11,605	5,210	6,006	3,467	11,605

Nota: Para las estaciones High-vol (Campamento El Morro y Chanchoquín), el Si se presenta como sílice libre.
Para las estaciones Low-vol (Posada Algarrobal, La Jarilla y Junta de Valeriano), el Si se presenta como sílice total.

Fuente: Elaboración Propia.

Con respecto a los elementos encontrados en la composición química del MP10, el principal constituyente de los elementos analizados lo constituye el Sílice (~7,0%) y el Hierro (~9,5%). El resto de los elementos se presenta en muy baja proporción.

En Chile no existe normativa de referencia de estos parámetros, con excepción del Plomo (D.S. 36/2002 MINSAL). La concentración de este parámetro se encuentra muy por debajo del límite establecido por la norma que corresponde a 0,5 µg/m^{3}N como concentración anual.

5.9.2 Polvo Sedimentable, MPS

El Cuadro 5.9-5 resume los resultados de polvo sedimentable y sus características químicas de los meses registrados en cada estación desde marzo 2006 a junio 2008, la información detallada por mes de este cuadro se encuentra en las Tablas 5.15a a 5.15ab. La Figura 5.40 muestra la media mensual de MPS en las estaciones que se encuentran dentro de la cuenca del río Huasco en comparación con el límite normado de tasa de sedimentación media mensual, 150 mg/m^2-día (D.S. 4/1992 del MINAGRI).

A continuación se presenta el análisis del polvo sedimentable, para cada área de estudio:

a) Área Quebrada Totoral

El análisis de la tasa de sedimentación del MPS, indica que en las estaciones no se han registrado valores de polvo sedimentable superiores, de concentración media mensual, de lo establecido por el D.S. 4/1992 del MINAGRI (valor de referencia), a excepción del mes de enero 2007 en la estación Predio Agrícola. Ninguna estación de esta área supera el límite de concentración media anual de MPS de esta norma.

Con respecto al análisis químico del polvo sedimentable, el principal constituyente de los elementos analizados lo constituye el Hierro y el Sílice. El resto de los elementos se presenta en muy baja proporción, con tasas de sedimentación inferiores a 0,15 mg/ m^2-día.

Para el Hierro los valores registrados se encuentran muy por debajo de los límites de concentración media mensual y media anual de la norma.

b*) Área Quebrada Algarrobal*

El análisis de la tasa de sedimentación de MPS, indica que para las estaciones Posada Algarrobal (meses de noviembre y diciembre 2006, y febrero 2007), La Jarilla (mes de noviembre 2006) y Vega El Pingo (mes de diciembre 2006) se han registrado valores de polvo sedimentable superiores a lo establecido en el D.S. 4/1992 para la concentración media mensual (valor de referencia). Ninguna estación de esta área supera el límite de concentración media anual de MPS de esta norma.

Con respecto al análisis químico del polvo sedimentable, los principales constituyentes de los elementos analizados son el Hierro y el Sílice. El resto de los elementos se presenta en muy baja proporción, el Molibdeno, el Arsénico, el Plomo y el Zinc con tasas de sedimentación medias mensuales inferiores a 0,15 mg/m^2-día. El Cobre presenta una tasa

de sedimentación bajo 0,15 mg/m^2-día a excepción del mes de diciembre 2006, en el que la concentración media mensual alcanza 0,165 mg/m^2-día.

El Hierro se encuentra bajo el límite de la norma para la concentración media mensual, y media anual dentro de todo el periodo registrado.

Cuadro 5.9-5
Resumen Características del MPS, Período marzo 2006 – junio 2008

ID	Estación	TASA DE SEDIMENTACIÓN mg/m²/día			TS As	TS Cu	TS Mo	TS Pb	TS SiO2	TS Fe	TS Zn
		Prom. Anual	Máx.	Mín	Prom. Anual						
Área Mina - Planta											
1	Campamento El Morro	43,018	125,633	4,533	0,007	0,015	0,001	0,002	1,127	1,386	0,108
15	Quebrada Larga, antes junta Río Cazadero	19,639	73,800	0,333	0,013	0,005	0,000	0,001	0,602	0,543	0,014
2	Chanchoquín Chico	45,880	145,200	13,233	0,001	0,028	0,001	0,004	0,948	2,429	0,115
6	Poblado La Junta	47,446	119,767	10,533	0,001	0,030	0,001	0,002	1,039	2,971	0,141
7	Poblado La Marquesa	66,756	343,333	21,933	0,002	0,028	0,001	0,005	1,206	2,842	0,096
8	Poblado El Tránsito	149,825	937,033	53,733	0,006	0,027	0,002	0,004	1,096	2,734	0,104
9	Sector Juntas de Pinte	175,296	655,367	24,867	0,002	0,020	0,001	0,003	0,946	6,026	0,104
10	Sector La Pampa	326,588	1206,433	49,433	0,005	0,036	0,004	0,012	1,710	11,092	0,135
11	Poblado Conay	59,948	250,000	25,367	0,002	0,018	0,001	0,002	1,217	1,927	0,111
12	Poblado Malaguín	59,344	127,833	33,567	0,002	0,017	0,001	0,004	1,041	2,106	0,109
13	Junta de Valeriano	43,137	103,900	15,200	0,001	0,011	0,001	0,005	1,027	1,720	0,119
14	Quebrada Seca, km 25	42,290	159,567	5,367	0,001	0,011	0,001	0,002	0,901	1,703	0,092
Área Quebrada Algarrobal											
3	Posada Algarrobal	70,459	362,567	0,000	0,002	0,029	0,002	0,004	1,141	3,847	0,104
4	La Jarilla	52,754	220,867	14,167	0,001	0,037	0,001	0,004	0,988	1,960	0,089
5	Vega El Pingo	35,717	284,400	6,100	0,003	0,021	0,000	0,003	0,808	1,499	0,086
Área Quebrad Totoral											
16	Totoral (Poblado Totoral)[1]	110,383	118,467	102,300	0,002	0,017	0,001	0,003	0,922	3,929	0,032
17	Caleta Totoral[1]	12,317	12,400	12,233	0,000	0,007	0,001	0,001	0,854	0,543	0,016
18	Predio Agrícola[1]	149,217	178,567	119,867	0,002	0,020	0,001	0,003	0,751	4,405	0,038

Nota: El promedio anual corresponde al promedio de los 12 u 11 primeros meses registrados, consecutivos.

[1]Los promedios calculados corresponden al promedio entre los meses registrados y no al promedio anual.

Fuente: Elaboración Propia.

c) Área Mina – Planta

Sub-Área Mina – Planta

Esta sub-área se encuentra dentro de la cuenca del río Huasco, por lo que es aplicable el D.S. Nº 4/1992 del Ministerio de Agricultura, y considera a las estaciones Campamento El Morro y Quebrada Larga, antes junta río Cazadero.

En la estación Campamento El Morro y quebrada Larga no se observaron valores de MPS sobre la norma durante todo el periodo registrado, satisfaciendo la norma para el límite de tasa de sedimentación promedio anual (100 mg/m^2-día) y tasa de sedimentación media mensual (150 mg/m^2-día). Las tasas de sedimentación medias mensuales se presentan en la Figura 5.40, en conjunto con las otras estaciones que se encuentran en la cuenca del río Del Tránsito.

Con respecto al análisis químico del MPS, los principales constituyentes corresponden al Hiero y Sílice. El resto de los constituyentes se encuentran bajo 0,11 mg/m^2-día. Para el Hierro se observa una concentración muy por debajo de los límites exigidos por la norma.

Subcuenca Río Tránsito

El Cuadro 5.9-5 resume las tasas de sedimentación de MPS para aquellas estaciones que se encuentran dentro de la Sub-área Mina - Planta, la que forma parte de la cuenca del río Huasco, por lo que es aplicable el D.S. 4/1992 del MINAGRI. La Figura 5.40 presenta las concentraciones mensuales de MPS de las estaciones que se encuentran en la cuenca del río Huasco.

El análisis de la tasa de sedimentación de MPS, indica que para las estaciones Poblado La Marquesa (abril y noviembre 2006), Poblado El Transito (noviembre, diciembre 2006 y mayo, julio, octubre y diciembre 2007), Sector Juntas de Pinte (noviembre 2006 a febrero 2007; mayo a agosto, noviembre y diciembre 2007, y febrero 2008), Sector La Pampa (abril 2006 a enero 2008, con excepción de julio 2007), Poblado Conay (julio 2007) y quebrada Seca, km 25 (junio 2007) se han registrado valores de polvo sedimentable superiores a lo establecido por el D.S. 4/1992 del MINAGRI. El resto de las estaciones presenta valores por debajo de lo establecido en esta norma. Las estaciones Poblado El Tránsito, Juntas de Pinte y Sector La Pampa superan el límite de concentración media anual de MPS de la norma. Las otras estaciones se encuentran por debajo de este límite.

En la Figura 5.40 se aprecia que durante los meses de agosto 2006 y enero 2008 se presentaron los mayores números de excedencias a la norma mensual. Es importante

mencionar que, durante todo el año 2006, en la ruta C-495 (Alto del Carmen – Chanchoquín), se han efectuado reparaciones por parte de la autoridad del MOP, por lo que estas excedencias puntuales de la normativa, pueden estar relacionadas con la realización de estos trabajos. La excedencia observada en diciembre 2007 en el Sector La Pampa, Juntas de Pinte y en El Transito se debe principalmente al transito de camiones por trabajos en el sector.

Con respecto al análisis químico del polvo sedimentable, los principales constituyentes de los elementos analizados son el Hierro y el Sílice. El resto de los elementos se presenta en muy baja proporción, con el Molibdeno, el Arsénico, el Plomo, el Cobre y Zinc con tasas de sedimentación inferiores a 0,15 mg/ m^2-día.

Para el caso del Hierro, la concentración de este parámetro se encuentra por debajo de los límites de concentración media mensual y media anual establecidos por la norma anteriormente citada.

5.9.3 Anhídrido Sulfuroso, SO_2

El Cuadro 5.9-6 resume los resultados de SO_2 registrados en las estaciones de monitoreo.

Cuadro 5.9-6
Resumen de Monitoreo de Calidad del Aire Concentraciones de SO_2 (µg/m^3N), periodo julio – diciembre 2006

Estación	Campamento El Morro	La Jarilla	Chanchoquín Chico	Junta de Valeriano
Promedio	4,7	2,5	1,3	6,8
Máximo Horario	41,5	27,7	5,7	37,9

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de SO_2 se comparan con el D.S. 113/2002 MINSAL. Los resultados del Cuadro 5.9-6 indican que la concentración promedio y valor máximo horario de SO_2 para todas las estaciones analizadas es de 3,8 y 41,5 µg/m^3N respectivamente, valores muy por debajo de las referencias utilizadas (Promedio anual de 80 y promedio diario de 250 µg/m^3N para D.S. 113/2002).

5.9.4 Óxidos de Nitrógeno, NO_2/NOx

Los cuadros 5.9-7 y 5.9-8 resumen los resultados de NO_2 y NOx registrados en las estaciones de monitoreo.

Cuadro 5.9-7
Resumen de Monitoreo de Calidad del Aire Concentraciones de NO_2 (µg/m^{3}N), periodo julio – diciembre 2006

Estación	Campamento El Morro	La Jarilla	Chanchoquín Chico	Junta de Valeriano
Promedio	3,8	1,5	2,4	0,7
Máximo Horario	24,7	22,4	6,1	3,6

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.9-8
Resumen de Monitoreo de Calidad del Aire Concentraciones de NOx (µg/m3N), periodo julio – diciembre 2006

Estación	Campamento El Morro	La Jarilla	Chanchoquín Chico	Junta de Valeriano
Promedio	10,4	5,6	3,6	2,1
Máximo Horario	118,5	83,1	8,8	8,7

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de NO_2 se comparan con el D.S. 114/2002 MINSAL. Los resultados del Cuadro 5.9-7 indican que la concentración promedio y valor máximo horario de NO_2 para todas las estaciones analizadas es de 2,4 y 24,7 µg/m^{3}N respectivamente, valores muy por debajo de las referencias utilizadas. (Valor máximo horario de 400 µg/m^{3}N según D.S. 114/2002).

Con respecto al NOx se compara también con el D.S. 114/2002 MINSAL para NOx, ya que no se cuenta con un valor de referencia para NOx. Los resultados del Cuadro 5.9-8 indican que las estaciones de Chanchoquín y Junta Valeriano presentan un promedio y un máximo horario de 2,8 y 8,7 µg/m^{3}N respectivamente, muy por debajo de la referencia utilizada. Por otra parte, las estaciones El Morro y la Jarilla presentan una baja concentración promedio para el periodo estudiado (8,0 µg/m^{3}N), sin embargo, el máximo horario es de

118,5 µg/m^3N, como promedio, y a pesar de que es un valor bajo con respecto a los criterios de referencia, es bastante mayor que al registrado en otras estaciones.

5.9.5 Conclusión General

El análisis de los resultados obtenidos indica que el área de estudios posee una buena calidad del aire, con concentraciones de MP10, SO_2, NO_2/NOx características o propia de sectores con baja actividad antrópica.

Las tasas de sedimentación de material particulado son en general bajas con la excepción de algunas estaciones. Las estaciones que se encuentran en la cuenca del río Huasco y sobrepasan el límite mensual de la norma D.S. 4/1992 están en la sub-área Suncuenca del río Tránsito y corresponden a Poblado La Marqueza, Poblado El Tránsito, Sector Juntas de Pinte, Sector La Pampa, Poblado Conay y quebrada Seca, km 25. Además de éstas estaciones las cuatro primeras superan el límite para concentración media anual. Este fenómeno está probablemente ligado a una actividad antrópica temporal, en efecto, durante el año 2006 se efectuaron trabajos de reparación por parte del MOP en el camino que recorre el valle del río Huasco, por lo que los altos valores de MPS registrados en la estación Poblado La Marqueza pueden estar ligados a esta actividad. La excedencia observada en diciembre 2007 en el Sector La Pampa, Juntas de Pinte y en El Transito también se debe a trabajos en el sector. Con respecto a las otras estaciones, su tasa de sedimentación por sobre lo establecido en el D.S. 4/1992 probablemente esté ligado a una actividad antrópica local, como el transito de vehículos que transportan la producción agrícola del valle por los caminos entre poblados y al estado de estos caminos.

5.10 FLORA Y VEGETACIÓN

Objetivos:

El estudio de flora y vegetación tuvo por objeto caracterizar la composición y riqueza de la flora vascular y elaborar un mapa de vegetación para el área de estudio del Proyecto.

Los objetivos específicos de este estudio fueron:

- Establecer la presencia, riqueza, composición y estado de conservación de especies de plantas vasculares presentes en el área en que se desarrollará el Proyecto; e
- Identificar las asociaciones de las especies de plantas en el área del Proyecto, para describir las formaciones de vegetación.

Para cumplir con los objetivos planteados en el estudio de flora, se realizaron campañas de terreno, donde se hizo un catastro de todas las especies de plantas vasculares presentes en el área de estudio, lo cual fue complementado con información bibliográfica. Por su parte, para cumplir con los objetivos del estudio de vegetación, se realizó una carta de ésta basada en la metodología de Carta de Ocupación de Tierras[13]. Las campañas de terreno realizadas se presentan en el cuadro a continuación.

Cuadro 5.10-1
Campañas de Flora y Vegetación

Fecha	Área
enero 2006	Quebrada Algarrobal Mina – Planta
julio/agosto 2006	Totoral
octubre/diciembre 2006 [1]	Quebrada Algarrobal Mina – Planta Totoral
marzo 2007	Quebrada Algarrobal
noviembre 2007	Alternativa a Quebrada Algarrobal, tramo portezuelo Caballo Muerto, Qda. Punilla, Qda. Llareta. Nuevo trazado Algarrobal-cruce Totoral

Nota: [1]Corresponde a la campaña de estacionalidad
Fuente: Elaboración propia.

[13] Etienne y Prado (1982).

Para la revisión de los niveles de conservación de las especies identificadas, se revisaron listas de especies para el Estado de Chile que se encuentran en el Libro Rojo de la Flora de Chile, editado por CONAF (Corporación Nacional Forestal) en 1989, así como listas auxiliares presentes en Baeza et al. (1998), Belmonte et al (1998) y Ravenna et al (1998). En el Apéndice 5G se muestra el estudio de flora y vegetación correspondiente.

Resultados:

A continuación se presentan los resultados del estudio de Línea Base de flora y vegetación. Los resultados de la exploración del área de estudio se muestran ordenados por tramos de altitud, divididos en resultados para ambientes zonales y azonales. Los ambientes zonales, corresponden a las laderas de los cerros y algunas planicies; los azonales, están representados por los cursos de agua y los sectores aledaños hídricamente dependientes de los cursos de agua o de acuíferos superficiales.

Las formaciones de los ambientes zonales se tipifican como:

- Formaciones del desierto litoral.
- Formaciones del desierto de los llanos.
- Formaciones del desierto interior.
- Formaciones del desierto montano.
- Formaciones andinas.

Por su parte, las formaciones de ambientes azonales se clasifican como:

- Vegetación de la caja de los ríos y de las quebradas.
- Vegetación de las vegas.

La información de esta sección se presenta en el siguiente orden:

- En primer lugar, antecedentes de la flora y vegetación regional, que corresponde al marco del estudio:
  - Descripción de la flora, según área de estudio.
  - Descripción de la vegetación, según área de estudio.
  - Caracterización de la estacionalidad del área de estudio.
  - Caracterización de las vegas presentes en el área de estudio.

5.10.1 Antecedentes de la Flora y Vegetación Regional

Desde la costa cercana a Caleta Totoral Bajo, punto de inicio del Proyecto en la parte baja, hasta unos 3.000 m de altitud, el área de estudio se encuentra localizada bajo influencia del desierto de Atacama, un área fitogeográfica de alto endemismo, incluida por algunos autores en el gran "hot spot" de biodiversidad de Chile mediterráneo, como su expresión más boreal (Arroyo et al, 1999).

Para la flora de la III Región de Atacama se registran unas 1.100 especies (Tobar, 1998). Si bien no se dispone de datos sobre el nivel de endemismo de la flora, estudios en la Región de Antofagasta dan cuenta de la existencia de un 44% de especies endémicas de Chile, el que para la Región de Coquimbo aumenta a un 53%. La flora del área costera y central de la región se conoce como "desierto florido" y es notable por su variedad interanual asociada a eventos climáticos como las fluctuaciones ENSO caracterizadas por la presencia de abundantes precipitaciones en los años denominados Niño (Armesto, 1993, Dillon & Hoffmann, 1997).

El sector entre los 3.000 m s.n.m. y el Proyecto minero propiamente tal (ubicado entre 4.000 y 4.200 m s.n.m), se emplazan en la cordillera de los Andes, en el sector denominado como de los "Andes desérticos". El área se caracteriza por presentar una flora con importantes elementos endémicos de los Andes de Chile y Argentina. A partir de los 22° LS (latitud sur), la penetración de la influencia del desierto de Atacama constituye una barrera importante para la biota puneña, altiplánica (sensu Cabrera 1971).

Con respecto a la vegetación, la parte baja del área de estudios se encuentra en el área de influencia del desierto de Atacama, caracterizada biogeográficamente por Pisano (en Fuenzalida, 1965) como "Zona Xeromórfica". La vegetación correspondiente a la parte baja del Proyecto y a la montaña se enmarcaría en su formación del "jaral desértico", caracterizada por la dominancia de las especies arbustivas, de 40 a 60 cm de altura, que crecen en bajas densidades. Las plantas componentes presentan caracteres xeromórficos muy acentuados como presencia de hojas pequeñas, caducas en la estación seca y espinas. Los componentes de los estratos inferiores, hierbas perennes y anuales, tienen órganos subterráneos o semillas que presentan latencias de años en espera de lluvias. Algunas de las especies dominantes citadas por el autor serían: *Atriplex atacamensis*, *Ephedra chilensis* (*E.andina*), *Tessaria absinthioides*, *Proustia baccharioides*, *Ophryosporus triangularis*, *Cistanthe* (Calandrinia) *salsoloides*, las que al sur de Copiapó son acompañadas por especies como *Balsamocarpon brevifolium*, *Caesalpinia angulicaulis*, *Bulnesia chilensis*, *Cordia decandra* y *Senna cumingii* (*Cassia acutifolia*).

Para la parte andina del Proyecto, es decir, el Área Mina – Planta, las comunidades de vegetación son poco conocidas. Gajardo (1994), incluye la vegetación del área del Proyecto en la Región de la Estepa Altoandina, Sub-Región de los Andes Mediterráneos, donde define el área con base en el predominio de las precipitaciones invernales, la presencia de un relieve abrupto, muy montañoso, y la presencia de un tipo de vegetación con la fisonomía de un desierto de altura.

La formación vegetal presente en el área es la de la Estepa Altoandina de Coquimbo (o de Doña Ana); que se extendería entre el sur de la Región de Atacama (III), y el norte de la de Coquimbo (IV). Las asociaciones propuestas para el área corresponden a *Stipa chrysophylla - Adesmia echinus* (como *A. gayana*), donde las especies representativas son las aludidas, y aparecen como acompañantes, *Adesmia aegiceras* (como *A. remyana*), *Cistanthe* (*Calandrinia*) *picta*, *Chaetanthera acerosa* y *Viola montagnei*. Otras especies presentes serían *Adesmia subterranea* y *Azorella madreporica*. En los humedales, la asociación presente correspondería a la de *Patosia clandestina - Juncus balticus*, con presencia de otras especies como *Eleocharis albibracteata*, *Deyeuxia* (*Calamagrostis*) *fulva*, *Carex gayana*, *Gentiana prostrata*, *Oxychloe andina*, entre otras.

5.10.2 Flora

5.10.2.1 Área Totoral

i. Composición y Riqueza

En el área crecen, al menos, 50 especies de plantas vasculares. La lista de ellas, indicando su nombre científico y vulgar, la familia a la que pertenecen, la forma de crecimiento, el origen geográfico y su estado de conservación, se muestran en la Tabla 5.16.

ii. Formas de Crecimiento

La forma dominante en número de especies es la de arbusto, con 29 especies (58%), seguidas de las suculentas, donde se incluyen cactáceas y especies de hojas suculentas como Nolana, con 12 (24%); las hierbas presentan 6 especies, de las cuales cuatro (4) son perennes y dos (2) anuales. Esta situación es característica de los períodos secos y se revierte dramáticamente en los años húmedos cuando las hierbas, particularmente las anuales, aumentan la riqueza de la flora del área.

iii. Origen Geográfico de la Flora

Se registraron 49 especies nativas, de ellas 35 especies endémicas de Chile. Sólo una especie, se considera como alóctona asilvestrada o introducida (*Chenopodium ambrosiodies*, Paico). Los resultados confirman el carácter de alto endemismo de la flora del desierto de Atacama.

iv. Especies en Categorías de Conservación

En los diferentes ambientes estudiados se encontraron cinco (5) taxas incluidos en las listas de especies en categorías de conservación, que son:

- *Balsamocarpon brevifolium* (algarrobilla): Se encuentra en categoría de vulnerable a nivel regional. Es una especie frecuente y localmente abundante en el ambiente de desierto interior, pudiendo subir hasta cerca de 2.000 m en sitios protegidos del frío.
- *Cordia decandra* (carbonillo): Es una especie frecuente en las unidades TO-1 y TO-2 de la carta de vegetación. Categoría de vulnerable.
- *Prosopis* cf. *flexuosa* (algarrobo): A esta especie se han atribuido dos ejemplares que crecen en la localidad de Perales y otros 3-4, en la quebrada Totoral salida del pueblo de Totoral. Categoría de vulnerable.
- *Copiapoa echinoides*: Dos individuos de esta especie se encontraron en el sector de la unidad TO-7. Categoría de vulnerable.
- *Copiapoa megarhiza*: Se encontraron no más de una decena de individuos de la especie que crecían en una ladera exposición norte situada en el marco de la unidad de vegetación TO-13. Categoría de vulnerable.
- *Neoporteria napina*: Se encontraron dos individuos en el marco de la unidad de vegetación TO-15. Categoría de vulnerable.

5.10.2.2 Área Quebrada Algarrobal

i. Composición y Riqueza

En esta área crecen, al menos, 183 especies de plantas vasculares. La lista de ellas señalando su nombre científico, y vulgar, la forma de crecimiento, el origen geográfico y su estado de conservación se muestra en la Tabla 5.17.

El número de especies en los ambientes zonales fue de 47 para el desierto florido, 59 para el desierto interior, 30 para el montano y 25 para el andino. Para los ambientes azonales, las riquezas fueron de 48 para la quebrada, 19 para los cursos de agua y 35 para las vegas andinas.

ii. Ambientes Zonales

En el ambiente de desierto florido, predominan los arbustos, con cerca de un 50% de las especies, seguidos por las hierbas anuales, con 29% en tanto que las suculentas alcanzan a un 7%, las hierbas perennes a un 10% y los árboles a un 5%. Hacia el interior, aumenta la proporción de arbustos hasta un 54%, disminuyendo la proporción de especies de hierbas anuales a 19% la misma que la de las hierbas perennes, las suculentas, a su vez, alcanzan a un 12%. En el ambiente del desierto montano, los arbustos son un 72% de las especies, en tanto que las hierbas perennes y las anuales alcanzan cada una a un 12%. En el ambiente andino, finalmente, predominan las hierbas perennes con un 43% de las especies, seguidas por los arbustos con 33% y las hierbas anuales con 24%.

iii. Ambientes Azonales

La flora de la quebrada Algarrobal en su parte baja y media presenta un mayor número de especies de hierbas perennes (40%) siendo importantes también los arbustos (30%) y árboles y hierbas anuales ambas con 13%. En los cursos de agua de la quebrada todas las especies registradas son hierbas perennes, muchas de ellas hidrófitas (*sensu Raunkiaer*) arraigadas o natantes. Finalmente en las vegas andinas predominan sin contrapeso las hierbas perennes (82%), las que presentan diferentes formas tales como las champas de las gramíneas, *Deyeuxia velutina* y *Festuca werdermmannii* y de algunas ciperáceas como *Carex gayana*; y los cojines convexos, muy grandes, como los de la juncácea *Patosia clandestina* y la ciperácea *Zameioscirpus atacamensis*, existen además, numerosas hierbas con hojas en rosetas (*Werneria spp*, *Gentiana prostrata*) o con estolones (*Lobelia oligophylla*).

iv. Origen Geográfico de la Flora

En términos generales, los ambientes estudiados se caracterizan por poseer un bajo número de plantas alóctonas o introducidas. Sólo en las quebradas y cursos de agua se registra un número de especies que supera el 10%. Esto da cuenta que los ambientes zonales son de difícil colonización para ellas. En los ambientes azonales, por tratarse de ambientes más húmedos, la presencia de especies alóctonas es esperable. La aparición de las especies introducidas en el área se explica también por la presencia del ganado y por la agricultura practicada en algunos puntos de la quebrada.

v. Especies en Categorías de Conservación

En los diferentes ambientes estudiados se encontraron 11 especies en categorías de conservación. Estas son:

- *Cordia decandra* (carbonillo): Es una especie frecuente y abundante en ambientes de desierto florido y de desierto interior. Categoría vulnerable.
- *Balsamocarpon brevifolium* (algarrobilla): Es una especie frecuente y localmente abundante en el ambiente de desierto interior. Categoría vulnerable.
- *Krameria cistoidea* (pacul): Es una especie relativamente frecuente en el desierto florido, en la parte baja del transecto, y alcanza hasta cerca de 1.500 m de altitud. Categoría vulnerable.
- *Pintoa chilensis* (pintoa): Se encuentra en categoría de rara. Es una especie escasa en el tramo inferior del trazado del camino, apareciendo en el sector de la quebrada Molles.
- *Prosopis flexuosa* (algarrobo): a esta especie se le han atribuido los ejemplares que crecen en un pequeño bosquete en el primer tramo de la quebrada Algarrobal. Categoría vulnerable.
- *Prosopis chilensis* (algarrobo): a esta especie se le han atribuido los individuos de algarrobo que se observaron frecuentemente en la quebrada Algarrobal, entre Merceditas y la Hacienda Jarillas, hasta cerca de 1.600 m. Categoría vulnerable.

vi. Especies no Confirmadas

Se registraron cinco especies de plantas de la familia de las cactáceas que no han podido ser determinadas con incertidumbre por la falta de flores o bien por que su taxonomía es complicada y no se ha podido determinar a cual de las especies propuestas en la literatura pertenecen las poblaciones locales. Todas estas están en categoría de conservación vulnerable.

- *Copiapoa megarhiza* (Ritter) Kattermann: es posible que algunos individuos encontrados en la quebrada de Algarrobal desde un poco antes que Merceditas hasta poco antes de Hacienda Jarillas correspondan a la especie. No se encontraron ni flores ni frutos para dar seguridad a la identificación. La especie se consideró como “en peligro” por Belmonte et al, 1998); recientemente el Comité de Clasificación de Especies de la CONAMA (2006) estableció que la categoría para la especie debería ser la de “vulnerable”.

- *Eriosyce aurata* var. *spinibarbis* (Ritter) Kattermann: se ha atribuido a esta especie ejemplares que se encuentran en el ambiente de desierto interior, entre La Jarilla y un poco más arriba de la vega El Pingo. Es un tipo de "sandillón" o "asiento de suegra". Todas las especies del género (sensu strictu) están consideradas como vulnerables.
- *Eriosyce confinis*: se encontraron ejemplares en varios acantilados y roqueríos en la quebrada de Algarrobal desde un poco antes que Merceditas, hasta poco antes de Hacienda Jarillas. En Hoffmann & Flores (1989), la especie es tratada como variedad de *Neoporteria kunzei* y en Belmonte et al (1998), se la clasifica como en peligro. Por ausencia de flores y frutos la identificación es preliminar.

- *Eriosyce eriozycioides* (Ritter) Ferryman: Algunos ejemplares de la especie se encontraron en un sector de cerros ubicados al oeste de la localidad de Merceditas. Por ausencia de flores y frutos la identificación es preliminar. En Belmonte et al (1998), se considera como rara.

- *Opuntia archiconoidea* (Maihuenopsis archiconoidea Ritter, 1980): existen algunos individuos de la especie desde el límite superior del desierto interior hasta el montano. Es una especie de nomenclatura complicada, esta clasificada por Hoffmann & Flores (1989) como vulnerable. Es una entidad poco conocida, relacionada con *O. conoidea* y *O. glomerata*, ambas frecuentemente incluidas en el género Maihueniopsis.

5.10.2.3 Área Mina – Planta

i. Composición y Riqueza

En el área citada se encontraron 81 especies de plantas vasculares. La lista de ellas indicando su nombre científico, y vulgar, la forma de crecimiento, el origen geográfico y su estado de conservación se muestra en la Tabla 5.18.

ii. Formas de Crecimiento

Como se trata de ambientes alto-andinos, ubicados sobre 3.500 m de altitud, la mayor parte de las especies son hierbas perennes con un 73% (59 especies), son seguidas por los arbustos con un 16% (13) y las hierbas anuales con un 10% (8). Los arbustos en su mayoría son menores a 50 cm de altura, registrándose especies que no superan los 10 cm como *Adesmia subterranea* y *Junellia uniflora*.

iii. Origen Geográfico

En el área de la mina y las instalaciones relacionadas, sólo se encontraron especies nativas. El único endemismo más local probablemente sea *Chaetanthera acheno-hirsuta*, una especie recientemente descrita sobre la base de colectas hechas en el río Valeriano, aledaño al área de estudio y en la quebrada Barriales, situada hacia el sur, en el área de Pascua (Arroyo, 2004). Las demás son frecuentes en ambientes similares de los Andes con influencia del desierto, entre la III Región de Atacama y la IV Región de Coquimbo al menos, entre los valles del Copiapó y del Limarí.

iv. Especies en Categorías de Conservación

En este sector del Proyecto no se encontraron especies en categorías de conservación.

5.10.3 Vegetación

Las Tablas 5.19, 5.20 y 5.21 presentan la información base para la Cartografía de Ocupación de Tierras (COT), que se muestra en el Mapa 5.7 y con mayor detalle en los Planos 5.11 a 5.22. El detalle de las formaciones vegetacionales se presenta en el Apéndice 5G.

La Cartografía de comunidades vegetales del área de estudios, fue elaborada en dos escalas 1: 50.000 y con un detalle 1: 25.000 para el Área Mina – Planta.

5.10.3.1 Área Totoral

Se identificaron 16 formaciones de vegetación, las cuales se presentan en la Tabla 5.19. En general en el área predominan formaciones de leñosas bajas, con excepción de la formación TO-5, donde predominan leñosas altas y bajas con suculentas. La cobertura de la vegetación predominante es escasa y varía desde un 10% en las planicies y terrazas secas del lugar hasta un 90% (TO-9) en el fondo de la quebrada Totoral.

Las comunidades vegetales (formaciones) registradas en el área de estudios son similares a las propuestas por Luebert y Pliscoff (2006). Desde el punto de vista de la importancia de ellas por la presencia de especies amenazadas, las principales son las formaciones vegetales TO-1 y TO-5 por la presencia de *Cordia decandra* (carbonillo), la formación TO-7 por la de *Copiapoa echinoides*, la formación TO-13 por la de *Copiapoa megarhiza* y la posible presencia de *Leontochir ovallei* y la formación TO-15 por la de *Neoporteria napina*. Un rasgo particular corresponde a la formación vegetal TO-9 de

Sarcocornia fruticosa y *Tessaria absinthioides*, que es característica de humedales salobres en la región, y forma un humedal importante para la fauna silvestre de la zona.

5.10.3.2 Área Quebrada Algarrobal

Se identificaron 27 formaciones de vegetación, las cuales se reparten en las unidades de vegetación zonales: desierto florido, desierto interior, desierto montano y desierto andino. Las unidades, llamadas "formaciones" se encuentran descritas en la Tabla 5.20.

La unidad del desierto florido está compuesta por cinco formaciones de la vegetación, leñosas, en su mayoría bajas, con excepción de la formación QA-4, la cual fisonomía de bosque de baja densidad, la cual es particularmente sensible desde el punto de vista de la presencia de especies amenazadas, dada la dominancia de algarrobo (*Prosopis flexuosa*).

Las formaciones QA-1 y QA-2 presentan cactáceas en categoría de conservación.
La unidad del desierto interior está compuesta por 11 formaciones diferentes, repartida en leñosas altas y bajas, con coberturas variables entre un 20% y un 90%. Destacan los matorrales con participación de algarrobilla y carbonillo, así como algunos sectores de la quebrada con matorral arborescente o espinal con presencia de algarrobo.

La unidad del desierto montano está compuesta por nueve formaciones de vegetación, con predominancia de leñosas y herbáceas. En la mayoría de las formaciones predomina la fisonomía de matorral, aunque también existen algunas con fisonomía de vegas (QA-15, QA-18 y QA-20). En relación a especies amenazadas, se encuentran individuos de sandillón (QA-14), algarrobo (QA-16) y *Maihuenopsis* (*Opuntia*) *archiconoidea* (QA-20 y QA-21), todas escasas en el ámbito de las formaciones.

Por último, la unidad del desierto andino está compuesta por dos formaciones: leñosa baja con herbácea, con fisonomía de matorral bajo; y leñosa baja y herbácea, con fisonomía de estepa. Ambas no presentan especies en categoría de conservación.

5.10.3.3 Área Mina – Planta

Se identificaron cinco formaciones de vegetación, las cuales se presentan en la Tabla 5.21, en su mayoría leñosas bajas con herbáceas, con fisonomías de matorral bajo y muy bajo; y vegas (MP-5). Dentro de esta área resaltan las vegas, las cuales cobran importancia al ser relevantes para el desarrollo de otras componentes ambientales, como la fauna y socioeconomía. Las mismas se tratan en mayor detalle en la Sección 5.10.5.

Las coberturas de la vegetación varían entre un 15 y un 40% para los matorrales bajos, mientras que las vegas presentan coberturas que pueden alcanzar un 100%. En esta área no se presentan especies en categoría de conservación.

5.10.4 Estacionalidad de la Flora y la Vegetación

La campaña realizada durante octubre 2006 permitió conocer la estacionalidad del área de estudios (específicamente las Áreas Quebrada Algarrobal y Mina – Planta), se seleccionó el mes de octubre 2006, por cuanto corresponde a una época inmediatamente posterior a la estación de lluvias, que favorece la floración y permite distinguir con mayor claridad las especies existentes.

a) Flora

Para el sector bajo, compuesto por las áreas Totoral y quebrada Algarrobal (esta última sólo hasta el sector El Pingo), no se observaron diferencias respecto de la riqueza y composición registradas en verano. Es importante señalar que no se habían registrado precipitaciones en el invierno por lo que no se registró emergencia ni floración de hierbas perennes, particularmente geófitas, ni anuales. Respecto de la estacionalidad de este tipo de flora para registrar cambios en riqueza y composición de debe muestrear el área después de un invierno lluvioso.

Parta el sector alto, compuesto por quebrada Caballo Muerto del área quebrada Algarrobal y el área Mina – Planta, la variación estacional sólo se reflejó en la fenología de las especies, es decir, se registraron la misma riqueza y composición, pero las especies estaban en el estado vegetativo correspondiente a la salida del invierno.

b) Vegetación

Respecto de la presencia de comunidades de vegetación, al igual que para la variación de la riqueza y composición de la flora, no se registran variaciones estacionales apreciables. Estas sólo aparecen en los años lluviosos cuando emergen comunidades de hierbas anuales y perennes que no se registran en los años secos.

5.10.5 Vegas

En esta sección se profundizará acerca de las vegas identificadas en el área en estudio. Es importante mencionar que las vegas corresponden, desde un punto de vista hídrico, a escurrimientos marcadamente subsuperficiales, con afloramientos intermitentes o continuos

en perpetua interacción. Los escurrimientos en zonas de pendiente baja y regular, se distribuyen regularmente a lo ancho de la zona de almacenamiento y permiten el desarrollo de estas formaciones vegetacionales. Las vegas son elementos bióticos de alto interés, con variados usos ecosistémicos y sociales.

5.10.5.1 Identificación de Vegas

A continuación se describen las zonas de vegas detectadas para cada área de estudio, en el Cuadro 5.10-2 se muestra un resumen con el uso y estado actual de las vegas, además de sus especies asociadas.

i. Área Quebrada Algarrobal

En el área quebrada Algarrobal se identificaron un total de dos grandes áreas de vegas dentro de la sub cuenca quebrada Algarrobal (Ver Planos 5.19 y 5.20). Estas son:

- ***Vega Quebrada Caballo Muerto***; Corresponde a una vega andina, azonal con fisonomía de pradera en altura y especies dominantes de *Patosia clandestina*, *Carex gayana* y *Deyeuxia* spp. Su cobertura alcanza un 100%. No se encontraron en ella especies amenazadas.
- ***Vega El Pingo***; Corresponde a una vega azonal con fisonomía de pradera y especies dominantes de *Juncus arcticus*, *Hordeum halophilum* y *Eleocharis albibracteata.* Su cobertura alcanza el 100%. En ella no se encontraron especies amenazadas.

Cuadro 5.10-2
Vegas Identificadas en todas las áreas de estudio

Nombre Vega	Superficie (há)	Uso Principal Vega	Estado actual	Especies asociadas
Quebrada Caballo Muerto	213	Pastoreo	Sobrepastoreado	• *Patosia clandestina* • *Carex gayana* • *Deyeuxia spp*
El Pingo	35	Pastoreo	Muy sobrepastoreado	• *Juncus arcticus* • *Hordeum halophilum* • *Eleocharis albibracteata*
Quebrada Piuquenes	30	Pastoreo	Sobrepastoreado	• *Deyeuxia velutina* • *Deyeuxia eminens* • *Zameioscirpus aff. Deserticola*
Río Cazadero	10,5	Pastoreo	Sobrepastoreado	

Nombre Vega	Superficie (há)	Uso Principal Vega	Estado actual	Especies asociadas
Quebrada del Medio	14	Pastoreo	Sobrepastoreado	• *Oxychloe andina* • *Patosia clandestina* • *Gentiana prostrata* • *Calandrinia compacta* • *Werneria pinnatifida* • *Lobelia oligophylla*
Quebrada Larga	85,5	Pastoreo	Sobrepastoreado	

Notas: Sobrepastoreado: Indica que la altura de las gramíneas y ciperaceas que no forman cojines no supera 5 cm. Muy Sobrepastoreado: Indica que la altura de las gramíneas y ciperaceas que no forman cojines, están reducidas a su mínima expresión.

Fuente: Elaboración propia.

ii. Área Mina – Planta

Se identificaron 4 grandes áreas de vegas en la sub cuenca quebrada Larga – río Cazadero (Ver Plano 5.22), estas son:

- Vega Quebrada Piuquenes
- Vega Río Cazaderos
- Vega Quebrada del Medio
- Vega Quebrada Larga

El Plano 5.22 indica las formaciones vegetacionales de vegas identificadas, según fisonomía dominante. Corresponden a vegas andinas con especies dominantes como *Deyeuxia velutina* y *Deyeuxia eminens* o hierbas perennes con crecimiento en cojines como *Zameioscirpus* aff. *deserticola*, *Oxychloe andina* y *Patosia clandestina*, estas son acompañadas por otras hierbas perennes como *Gentiana prostrata*, *Calandrinia compacta*, *Werneria pinnatifida* y *Lobelia oligophylla*, entre otras. No presentan especies en estado de conservación.

Al respecto, Knight Piésold realiza un monitoreo de estas áreas de vegas desde el año 2002[14]. Los resultados de este monitoreo indican que durante los años 2005 y 2006 no se registran diferencias significativas respecto de la línea de base del año 2002.

Dentro de los trabajos de monitoreo, se instalaron áreas de exclusiones, con el objetivo de evitar el pastoreo y pisoteo por parte de animales y evaluar la posible "recuperación".

[14] Knight Piésold. Monitoreo de la Vegetación de las Vegas Año 2006. Ref.: SA202-00005/5-5. Septiembre 2006.

El análisis de la cobertura total de la vegetación, si bien no se puede validar estadísticamente[15], muestra variaciones muy pequeñas y con distinto signo en las tres exclusiones. La variación de las coberturas relativas de las especies en las líneas excluidas fue significativa en los sitios quebrada Campamento Nuevo y Piuquenes (Ver Plano 5.22). En el primer sitio, al parecer, mejoran las condiciones de humedad, aunque *D. eminens* la especie más palatable, a pesar de ello y de la exclusión, aún no se recupera. En la línea Piuquenes, aumenta significativamente la cobertura de Puccinellia frigida, una especie de las menos higrófilas pero, al parecer, muy consumida por el ganado. Visualmente se aprecia un aumento del tamaño de las plantas con el consecuente aumento de la biomasa de la comunidad. La floración comparada con los sitios no excluidos es más abundante.

Al dejarse evolucionar más tiempo el sistema bajo régimen de exclusión, es probable que en los próximos monitoreos se puedan notar más diferencias.

5.10.5.2 Uso de las Vegas

El uso de las vegas del área del estudio del Proyecto se limita básicamente al forraje y pastoreo de animales por parte de las comunidades del área. La vega de Totoral también se utiliza como materia prima para la producción de artesanías, de relevancia para la población del poblado del mismo nombre.

5.10.5.3 Estado Actual

En general, se trata de vegas muy utilizadas, evidencias de ello es que presentan áreas con mínima e inexistente altura vegetacional y se observan continuas pisadas de animales producto de su uso actual (pastoreo). Aquellas vegas ubicadas en las zona media del Proyecto, se presentan muy sobrepastoreadas, como es el caso de la vega El Pingo, razón por la cual se consideran que se encuentran en un estado más deficiente.

Esta información se complementa con lo indicado en las Secciones 5.4.2 y 5.4.3, donde se da cuenta del estado del suelo en ambientes de vegas para el Área Quebrada Algarrobal y Mina – Planta respectivamente. Para el caso de las vegas del Área Algarrobal, éstas presentan erosión y degradación severa, no cumplen con el requisito para materiales orgánicos que señala un mínimo de 20% de carbono orgánico y presentan elevados contenidos de nitrógeno y fósforo en superficie.

[15] Se trata de una sola línea, sin réplicas, por lo cual no se puede realizar una validación.

Por otra parte, las vegas del Área Mina – Planta, presentan horizontes orgánicos hasta los 47 cm de profundidad, presentan condiciones Ácuicas dada la presencia de condiciones reductoras y que los materiales orgánicos constituyen más de 2/3 del espesor total del suelo. Su pH se encuentra en el rango neutro y son no salinos. Los elementos nitrógeno y fósforo se encuentran en mayor concentración en el horizonte superficial, lo que es indicativo de aporte debido al pastoreo directo. De igual forma, estas vegas están sometidas a intensa presión ganadera.

5.10.5.4 Fauna Asociada a las Vegas

Para la fauna, las vegas constituyen un hábitat singular debido a su mayor productividad comparada con las formaciones zonales de vegetación (áreas de arbustos, hierbas o cojines) y además por constituir una fuente de agua, la cual es consumida por numerosas especies de animales. No obstante lo anterior, para muchas especies este hábitat no constituye un lugar seguro, dada la estructura de su vegetación, que permite una gran exposición y una alta posibilidad de ser detectado por los predadores; es por ello que algunas especies hacen uso de este hábitat en forma transiente.

Entre las especies de mamíferos fuertemente asociados a las vegas están los dos camélidos silvestres que habitan el área de estudio; la vicuña y el guanaco; ambas especies herbívoras se alimentan de la vegetación y beben en los pequeños cursos de agua. Es necesario destacar que dada la importancia de estás áreas, ambas especies establecen como parte de sus territorios reproductivos sectores de vegas otra especie herbívora que explota los recursos tróficos de las vegas, es la liebre, una especie introducida que puede alcanzar abundancias importantes en el área. El zorro culpeo merodea usualmente en ellas buscando presas, particularmente aves adultas o crías de estas. Es altamente probable que otros carnívoros también utilicen este hábitat, pero no existen estudios sobre ello, ya que se trata de especies extremadamente crípticas, como los felinos por ejemplo.

Las aves más características de las vegas son el piuquén y el pato juarjual. El piuquén vive en parejas gran parte del año, estableciendo un territorio bien definido en las vegas, usualmente una pareja de piuquenes está presente en las vegas menos extensas y varias parejas pueden estar distribuidas en las vegas grandes. Durante el invierno, cuando las vegas se congelan o el alimento decrece, estas aves forman bandadas, que pueden llegar a ser muy numerosas, desplazándose hacia las tierras bajas, para volver a establecer territorios en la estación siguiente, luego del deshielo. Algo similar ocurre con los patos juarjuales, no obstante los territorios de estos parecen ser más pequeños, la convivencia

de varias parejas en una vega es más usual y no descienden hacia las tierras bajas durante los inviernos, como los piuquenes.

Aunque varias especies de dormilonas (*Muscisaxicola*) pueden ser observadas en las vegas, la especie que parece estar fuertemente asociada a este hábitat es la dormilona fraile, *M. flavinucha*. La existencia de agua, e invertebrados acuáticos atrae a varias especies de churretes (*Cinclodes*), entre estos están el churrete chico, *C. oustaleti*, el churrete acanelado, *C. fuscus* y con menor frecuencia, al churrete de alas blancas, *C. atacamensis,* el cual parece ser mas exigente en la calidad de las aguas que requiere.

En aquellas vegas en que la vegetación es más densa y de mayor superficie, y que están a mayor altura, a veces se desarrolla un cordón de plantas herbáceas cespitosas, como es el caso de *Deyeuxia sppp*; el cual se desarrolla al borde de las plantas en cojín. En este ambiente suele ser observado el canastero chico, *Asthenes modesta*, el cual se esconde en estas densas plantas. En nuestro estudio esto ocurre por ejemplo en quebrada Piuquenes, y en quebrada Larga.

Rara vez, se logran registros del pidén, Pardirrallus sanguilonetus, una pareja de estas aves habita en una de las vegas de la quebrada El Pingo. En las vegas de menor altitud, varias otras especies de aves paseritas usan las vegas como fuente de alimento, como es el caso del zorzal y el chincol, principalmente.

No se han encontrado especies de reptiles asociados a la vegetación de la vega en esta zona.

Aunque la presencia de agua se asocia con la existencia de anfibios, en el área de vegas cordilleranas del Proyecto es poco usual, probablemente por la baja temperatura de estas, que no permiten a animales ectodermos desarrollarse. Anfibios del Género Telmatobius que habitan en las vegas de la I Región de Tarapacá y II Región de Antofagasta, suelen asociarse a la existencia de vertientes de aguas termales. Además, el sapo *Bufo spinulosus*, que habita la Cordillera de los Andes pero más al norte del área del Proyecto, es común verlo en salares o cuerpos de agua lenticos. En nuestro caso no existen este tipo de ambientes, por lo que la ausencia de especies de anfibios asociados a vegas no es extraño.

5.11 FAUNA TERRESTRE

Objetivos:

El estudio de Línea Base de fauna tuvo los siguientes objetivos:

- Caracterizar la fauna de vertebrados del área de influencia del Proyecto en términos de su presencia y de su relevancia local o nacional,
- Determinar la presencia de especies de fauna en categorías de conservación (Collar et al. 1992, Glade 1993, SAG 1998, Birdlife International 2000),
- Reconocer hábitats de relevancia para la conservación de las especies de fauna, e
- Identificar zonas en las que el emplazamiento de las obras del Proyecto podrían ser críticas para la conservación de estas especies.

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, se realizaron campañas de terreno. En el Cuadro 5.11-1, se presentan las fechas en que se realizaron las campañas en las diferentes áreas de estudio.

Cuadro 5.11-1
Campañas por Área de Estudio

Área de Estudio	Tramo	Fecha Primera Campaña	Fecha Segunda Campaña
Área Quebrada Algarrobal	1 y 3	enero 2006	julio 2006
Área Quebrada Algarrobal	2 y 4	enero 2006	octubre 2006
Área Mina - Planta	5	enero 2006	octubre 2006
Área Totoral	6	septiembre 2006	enero 2006
Área Quebrada Algarrobal[16]	1 a 4	marzo 2007	-
Alternativa a quebrada Algarrobal, tramo portezuelo Caballo Muerto, Qda. Punilla, Qda. Llareta. Nuevo trazado Algarrobal-cruce Totoral	Tramos 2a, 4a y 6a	diciembre 2007	

Fuente: Elaboración propia.

[16] Adicionalmente, se realizó una tercera campaña para el área Quebrada Algarrobal, que permitió extender la información de línea base hasta el trazado de las líneas eléctricas, el cual fue incorporado al Proyecto durante octubre 2006.

Resultados:
A continuación se presentan los resultados del estudio de Línea Base de fauna. En el Apéndice 5H se presenta el estudio completo.

5.11.1 Antecedentes de Fauna Terrestre Regional

Desde un punto de vista zoogeográfico, la III Región de Atacama forma parte de las comunidades desérticas definidas por Mann (1960) y que se caracterizan por la presencia de un reducido grupo de animales. Aunque no hay especies de vertebrados exclusivas de esta ecoregión y todos los taxa son compartidos con la zona mediterránea central (ubicada más al sur), entre las especies de fauna más característica destacan la iguana (*Callopistes palluma*), la lagartija de Atacama (*Liolaemus atacamensis*), el chorlo de campo (*Oreopholus ruficollis*), el minero (*Geositta cunicularia*), la bandurrilla (*Upucerthia dumetaria*) y el yal (P*hrygilus fruticeti*); entre los mamíferos el ratón oliváceo (*Abrothrix olivaceus*), el lauchón orejudo (*Phyllotis darwini*) y el zorro chilla (*Pseudalopex griseus*) (Mann, 1960; Torres-Mura, 2005). Osgood (1943), usando la distribución de los mamíferos, define toda la zona desértica entre Tarapacá y Coquimbo como parte de la "Región Mastozoológica Atacameña" caracterizada por un marcado gradiente latitudinal y la presencia de especies como el murciélago oreja de ratón atacameño (*Myotis atacamensis*) y varias especies de *Abrothrix* y *Phyllotis*. Recientemente, y para los mamíferos no voladores, Contreras (2000) comprueba que la riqueza de especies aumenta de este a oeste en la zona árida mediterránea y tipifica el desierto por su baja riqueza de especies y homogeneidad media, en comparación con otras zonas del país.

Desde el punto de vista biogeográfico, el Área Mina – Planta corresponde a la parte alta de la cuenca del río Huasco, y por ende forma parte de una zona de transición de las biotas puneña y altoandina (Cabrera et al. 1973). Tanto su flora, como su fauna, están relacionadas con las biotas de áreas limítrofes de Argentina y probablemente en menor medida con la de la puna de Perú y Bolivia. Esta región posee una biota de gran riqueza florística y faunística, con un alto grado de endemismo.

5.11.2 Área Totoral

Para describir la variación en la composición de la fauna en esta área, se reconocieron los siguientes subtramos, los que se determinaron por las formaciones vegetacionales, por la fisonomía y por las condiciones del área en general. A continuación se describe la fauna presente en estos hábitats (los que son descritos en sentido oeste-este). La Tabla 5.22 identifica las especies registradas en cada subtramo.

a) Borde Costero. Este hábitat es diverso estructuralmente en el área de influencia del Proyecto, ya que comprende zonas rocosas, algunos islotes cercanos a la costa y una playa de bolones y arena. En este ambiente se detectó la presencia de 21 especies, un reptil, 18 aves y dos mamíferos marinos, el chungungo y el lobo marino. Se detectaron especies típicas de roqueríos costeros como el lagarto corredor de Atacama, el pilpilén negro y el churrete costero, y aves propias de playas de arena como el zarapito, el pilpilén y los playeros (*Calidris* spp.). En este ambiente se registraron 41 especies en total, seis reptiles, 28 aves y siete mamíferos terrestres presentes en el área de estudio.

b) Desierto Costero del Huasco. Es parte de la Sub-región del Desierto Costero y se caracteriza por una alta riqueza florística gracias a la influencia de las neblinas costeras, que aportan humedad para el desarrollo de arbustos y cactáceas columnares. Además la presencia de afloramientos rocosos de origen ígneo le aporta mayor diversidad estructural como hábitat para la fauna.

c) Los Humedales. Están espacialmente asociados con afloramientos hídricos del fondo de la quebrada Totoral y consisten en un totoral denso, pequeños cuerpos de agua abierta y una pradera húmeda de Sosa - Cachina (*Sarcocornia fruticosa - Juncus acutus*). En los humedales habitan 24 especies, dos anfibios y 22 aves, incluyendo los paseriformes típicamente asociados a totorales, como el trabajador y el trile. No se registraron ni reptiles ni mamíferos.

d) Totoral o Juncales, matorral de Brea - Grama salada Thessaria absinthioides - Distichlis spicata (Gajardo, op. cit.). Es una comunidad presente en varias formaciones del desierto y en esta zona se presenta en la caja de la quebrada Totoral. Esta formación es el hábitat de 24 especies, dos reptiles (dos culebras), 19 aves y tres mamíferos (dos roedores y la chilla).

e) Desierto Florido de los Llanos. Forma parte de la Sub-región del Desierto Florido (Gajardo, 1994) contiene principalmente matorrales bajos y ralos, y alcanza su máxima expresión en cobertura y riqueza florística, con la influencia ocasional de precipitaciones provocadas por el evento El Niño. En esta formación se registraron 33 especies, cinco reptiles, 22 aves y seis mamíferos terrestres.

En la Tabla 5.23 se entrega el detalle de las especies, con su distribución geográfica, el origen (endémicas, nativas no endémicas e introducidas) y el estado de conservación en la región.

El catastro de la fauna actual y/o potencialmente presente en la zona de estudio está compuesto por un total de 83 especies, de ellas 81 taxa son nativos y dos son introducidos. Los vertebrados que componen el catastro corresponden a: 2 anfibios, 7 reptiles, 65 aves (una especie introducida, la paloma) y 9 mamíferos (uno introducido, la liebre). En el grupo más diverso, las aves, los órdenes mejor representados son los Paseriformes con 23 especies y los Charadriiformes con 16 especies. Los grupos más sensibles son los anfibios y los reptiles, ya que todas las especies que los componen (2 y 7, respectivamente) son endémicas de Chile y su conservación esta bajo amenaza.

5.11.2.1 Campaña Invierno 2006

Durante las prospecciones al área de estudio se determinó la presencia de 83 especies de vertebrados tetrápodos, 9 de mamíferos, 65 de aves, 7 de reptil y 2 de anfibio. Se realizó trampeo en sector de Perales, en el posible lugar de emplazamiento de la planta desalinizadora (la Costa) y en el camino a la caleta Totoral. La abundancia de micromamíferos en estos sectores del trazado del Proyecto, se describe en la Tabla 5.24, además se indica la presencia de otros mamíferos observados.

i) Especies en Categoría de Conservación

En esta área hay 16 especies amenazadas, de acuerdo al reglamento de la Ley de Caza (SAG, 2004), y son las siguientes (Ver Tabla 5.23):

- Dos anfibios están En Peligro, sapo de Atacama (*Bufo atacamensis*) y sapito cuatro ojos (*Pleurodema thau*);
- Siete reptiles están amenazados: en categoría Rara se encuentran, salamanqueja (*Homonota gaudichaudi*), lagartija de Atacama (*Liolaemus atacamensis*), lagartija de Plate (*Liolaemus platei*) y la culebra de cola larga (*Philodryas chamissonis*). En estado Vulnerable, se encuentran corredor de Atacama (*Microlophus atacamensis*), iguana (*Callopistes palluma*) y la culebra de cola corta (*Tachymenis chilensis*). Aunque su caza está prohibida, en general en el país se considera que los reptiles están amenazados debido al comercio que los afectó años atrás;
- Tres aves están amenazadas, el piquero (*Sula variegata*) es Inadecuadamente Conocido, la bandurria (*Theristicus melanopis*) está En Peligro y la garuma (*Larus modestus*) es Vulnerable;
- Cuatro mamíferos se encuentran bajo amenaza. Dentro de los mamíferos terrestres están, el ratón lanudo (*Abrothix longipilis*) y el zorro chilla (*Pseudalopex griseus*), ambos Inadecuadamente Conocidos, y el guanaco (*Lama guanicoe*) En Peligro. Los

mamíferos marinos no se encuentran mencionados en la Ley de caza (SAG, 2004) por ello se utiliza como referencia el Libro Rojo (CONAF, 1993) para establecer su estado de conservación, según este Libro, el chungungo (*Lontra felina*) se encuentra En Peligro.

5.11.2.2 Campaña Verano 2006

En esta estación el catastro de la fauna está compuesto por 88 especies: 2 anfibios, 7 reptiles, 70 aves y 9 mamíferos. Durante esta prospección se observaron 5 nuevas especies de aves.

En la Tabla 5.25 se describe la abundancia de micromamíferos en tres ambientes del trazado, además se indica la presencia de otros mamíferos observados.

i) Especies en Categoría de Conservación

En esta época se detectaron 13 especies amenazadas, de acuerdo al reglamento de la Ley de Caza (SAG, 2004), y son las siguientes (Ver Tabla 5.23):

- Seis reptiles están amenazados: en categoría Rara se encuentran, salamanqueja (*Homonota gaudichaudi*), lagartija de Atacama (*Liolaemus atacamensis*), lagartija de Plate (*Liolaemus platei*) y la culebra de cola larga (*Philodryas chamissonis*). En estado Vulnerable, se encuentran iguana (*Callopistes palluma*) y la culebra de cola corta (*Tachymenis chilensis*);
- Tres aves están amenazadas, el piquero (*Sula variegata*) es Inadecuadamente Conocido, la bandurria (*Theristicus melanopis*) está En Peligro y la garuma (*Larus modestus*) es Vulnerable;
- Cuatro mamíferos se encuentran bajo amenaza. Dentro de los mamíferos terrestres están, el ratón lanudo (*Abrothix longipilis*) y el zorro chilla (*Pseudalopex griseus*), ambos Inadecuadamente Conocidos, y el guanaco (*Lama guanicoe*) En Peligro. Los mamíferos marinos no se encuentran mencionados en la Ley de caza (SAG, 2004) por ello se utiliza como referencia el Libro Rojo (CONAF, 1993) para establecer su estado de conservación, según este Libro, el chungungo (*Lontra felina*) se encuentra En Peligro.

5.11.2.3 Campaña diciembre 2007

En esta campaña se determinó la presencia de tres especies de vertebrados tetrápodos, dos mamíferos y un reptil.

Se observaron guanacos, observación directa e indirecta a través de huellas y una cueva de tucutucu, además se detecto la presencia de la Lagartija de Copiapó Liolaemus copiapoensis.

i) Especies en Categoría de Conservación

Entre las especies observadas en algún estado de conservación destacan los guanacos, especie catalogado en peligro de extinción (Glade 1993 y SAG 1997).

5.11.2.4 Análisis Estacionalidad

Durante la prospección de invierno, se registraron 83 especies en total, mientras que en verano, este número aumentó a 88 especies, las que corresponden a 2 anfibios, 7 reptiles, 70 aves y 9 mamíferos.

Las nuevas especies registradas en la zona corresponden a cinco aves, llaman la atención la presencia de tagüita del norte especie que está aumentando su presencia hacia el sur, y también la presencia en verano del minero cordillerano, especie que usualmente se observa en bajas alturas solo en invierno. La paloma de alas blancas habitual en el norte grande está incrementando su rango de distribución hacia el sur (ya está en la V región) y aumenta su población en varias regiones, además es común en los sectores poblados, lo que coincide con su registro en el poblado de Totoral. El chorlo de campo es una especie de alta movilidad a lo largo del país y que era tradicionalmente cazada en las planicies de esta región (el nombre pachurrón se le aplica en esta zona). En los otros grupos de vertebrados, anfibios, reptiles y mamíferos, no se registraron nuevas observaciones, esto es la riqueza de especies se mantuvo constante.

En relación con las abundancias y en comparación con el seguimiento de invierno, en el grupo de los mamíferos se registra una disminución del número de roedores capturados con las trampas, mientras que los guanacos se mantiene el mismo número de ejemplares observados (34), pero cambia la composición de las unidades sociales de esta especies, en el verano los juveniles son expulsados por el relincho, del grupo familiar y pasan a formar parte de los grupos de machos solteros. Los zorros fueron observados tanto en el invierno como en el verano, en diferentes tramos del trazado.

El grupo de las aves fue el único que presento un aumento en la riqueza de especies, de 65 registros en invierno a 70 especies en verano. La abundancia y riqueza de especies observadas en las rapaces, disminuyó en verano, probablemente se debe a que algunos individuos de este grupo remontan a la alta cordillera, producto del mejoramiento en las

condiciones climáticas. En las aves terrestres se mantienen las abundancias, pero cambia la composición de las especies presentes en los censos.

Los reptiles mantienen casi constante la riqueza de especies (siete en invierno y ocho en verano), pero en el verano aumento la abundancia en el tramo del desierto costero, registrándose cinco observaciones.

5.11.3 Área Quebrada Algarrobal

La composición de la fauna en esta área se presenta según los tramos definidos al comienzo de esta sección. (Tramos 1 a 4). Se determinó la presencia de 76 especies de vertebrados tetrápodos, 12 de mamíferos, 57 de aves, 6 de reptil y 1 de anfibio. La Tabla 5.26 resume estos resultados. Asimismo, se reconocieron tres hábitat de importancia, que se presentan a continuación:

a) Bosquete de Algarrobos. Corresponde a una formación con fisonomía de bosque de baja densidad, con una cobertura de árboles con dominancia de algarrobo (*Prosopis flexuosa*), que alcanza hasta un 40%, con espacios libres donde crecen algunos arbustos, lo que da cuenta del carácter arenoso del suelo. Una pequeña proporción de los Tramos 1 y 2 está poblada por Algarrobos y una pequeña porción del Tramo 2 por Espinos.

b) Vegas. Corresponde a formación con fisonomía de una pradera (vega) con alta cobertura de hierbas perennes entre las que crecen algunos individuos arbustivos. La vegetación está asociada a cursos de agua o bien a napas subterráneas, lo cual permite el desarrollo de plantas vasculares en forma de cojín o arbustiva baja.

c) Zona Rocosa en Laderas y/o Planicies Arbustivas. Corresponde al área quebrada Algarrobal del Tramo 2 al Tramo 5 cuya altitud varía entre 1.000 y 4.200 m. en sectores, tanto del fondo de quebrada, como en las laderas, en que domina la vegetación arbustiva, con presencia de gramíneas. Este hábitat permite en algunos casos la existencia de colonias de vizcachas.

A continuación se presentan los resultados de las campañas de invierno, verano y un análisis de estacionalidad.

5.11.3.1 Campaña Verano 2006

Durante las prospecciones al área de estudio se determinó la presencia de 52 especies de vertebrados tetrápodos, 7 de mamíferos, 40 de aves, 5 de reptil y 1 de anfibio.

i. Especies en Categoría de Conservación

En esta área se registraron 13 especies de vertebrados en alguna categoría de conservación a nivel nacional, las que se presentan a continuación (Ver Tabla 5.27):

- Cinco especies de mamíferos de los registrados aparecen en alguna categoría de conservación, según el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) y la Cartilla de Caza del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG 1998). Estos son En Peligro de Extinción: puma, guanaco, vicuña y vizcacha; e Inadecuadamente Conocida: zorro culpeo.
- Respecto a las aves registradas, el SAG (1998) considera a dos especies en categoría de conservación: piuquén (Vulnerable) y cóndor (Rara).
- De los reptiles, cinco especies son mencionadas por SAG (1998): - Vulnerable: lagarto de Muller, liguana y *lagartija nitida*; Rara: culebra de cola larga y Fuera de Peligro: lagartija de Copiapó (especie endémica de Chile y de distribución restringida).
- La especie de anfibio Bufo atacamensis está considerada en categoría de conservación, como En Peligro (SAG 1998). Díaz-Páez & Ortiz (2003) la consideran como una especie de rango de distribución angosto, especialista de hábitat y abundancia baja.

5.11.3.2 Campaña Invierno 2006

Durante la prospección de los Tramos 1 y 3 se determinó la presencia de 53 especies de vertebrados tetrápodos, 10 de mamíferos y 39 de aves; 3 especies de reptiles y sólo una especie de anfibio fue reconocida en sector de la Hacienda Jarillas, pero para estos últimos existen ambientes para su desarrollo en tres vegas localizadas en el sector más alto de esta área. Para los Tramos 2 y 4 se determinó la presencia de 34 especies de vertebrados tetrápodos, 5 de mamíferos y 28 de aves; y sólo una especie de anfibio. Se realizó trampeo de roedores en los Tramos 1 y 3. En el Tramo 1 fueron capturadas 2 especies de rodeores, una perteneciente al Género Abrothrix y la otra especie fue *Phyllotis vaccarum*. Con respecto a la captura de roedores en las líneas de trampas del Tramo 3, nuevamente fueron capturadas las dos especies que fueron registradas en el Tramo 1, el ratón oliváceo, *Abrothrix olivaceus*, y el lauchón orejudo de Darwin, *Phyllotis vaccarum*. Este último fue el más frecuente (ver Tabla 5.28).

i. Especies en Categoría de Conservación

Para los Tramos 1 y 3 se registraron 9 especies de vertebrados en alguna categoría de conservación a nivel nacional, las que se presentan a continuación (Ver Tabla 5.27):

- Cinco especies de mamíferos de los registrados aparecen en alguna categoría de conservación, según el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) y la Cartilla de Caza del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG 1998). Estos son En Peligro de Extinción: el puma, el gato colo-colo, el guanaco y la vizcacha; e Inadecuadamente Conocida: zorro culpeo.
- Respecto a las aves registradas, el SAG (1998) considera a una (1) especie en categoría de conservación: piuquén (Vulnerable).
- Se registró la especie liguana, vulnerable (Glade 1993 y SAG 1997), y la culebra de cola larga, vulnerable (Glade 1993).
- La especie de anfibio *Bufo atacamensis* está considerada en categoría de conservación, como En Peligro (SAG 1998). Díaz-Páez & Ortiz (2003) la consideran como una especie de rango de distribución angosto, especialista de hábitat y abundancia baja.

Para los Tramos 2 y 4 se registraron 6 especies de vertebrados en alguna categoría de conservación a nivel nacional, las que se presentan a continuación:

- Cuatro especies de mamíferos de los registrados aparecen en alguna categoría de conservación, según el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) y la Cartilla de Caza del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG 1998). Estos son En Peligro de Extinción: el puma, el guanaco y la vizcacha; e Inadecuadamente Conocida: zorro culpeo.
- Respecto a las aves registradas, la *AttagIs gayi* o Perdiz cordillerana esta considerada como Rara según Glade (1993) y SAG (1998)
- No se registraron reptiles en estado de conservación en esta área.
- La especie de anfibio Bufo atacamensis está considerada en categoría de conservación, como En Peligro (SAG 1998). Díaz-Páez & Ortiz (2003) la consideran como una especie de rango de distribución angosto, especialista de hábitat y abundancia baja.

5.11.3.3 Campaña Extensión Tendido Eléctrico

Durante la prospección de marzo de 2007 se registraron 37 especies, de las cuales 6 corresponden a mamíferos, 29 a aves, un reptil y un anfibio.

i. Especies en Categoría de Conservación

De las especies registradas durante marzo de 2007, según el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) y la Cartilla de Caza del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG 1998), cuatro especies de mamíferos aparecen en alguna categoría de conservación:

- En Peligro de Extinción (SAG 1998): la vizcacha y el guanaco.
- Inadecuadamente Conocida: el zorro chilla y el zorro culpeo.

Respecto a las aves registradas durante marzo de 2007 dos están en alguna categoría de conservación:

- Vulnerable: el piuquén.
- Rara: Perdiz cordillerana.

De los reptiles, no se registraron especies en los tramos 2 y 4. Con respecto a los anfibios, la especie *Bufo atacamensis* está considerado en categoría de conservación, como En Peligro (SAG 1998). Díaz-Páez & Ortiz (2003) la consideran como una especie de rango de distribución angosto, especialista de hábitat y abundancia baja.

5.11.3.4 Campaña diciembre 2007

Durante la prospección de diciembre de 2007 se registraron 25 especies, de las cuales 5 corresponden a mamíferos, 18 a aves y 2 a reptiles.

En el Sector Caballo Muerto-Quebrada Llareta-El Pingo destacó la presencia del guanaco, y el tucutucu, además se encontraron 4 vizcacheras a lo largo del recorrido. En tanto en el Sector Jarilla (Barrancas)-El Bronce-Manto Verde-San Bartolo-Merceditas, se detectó la presencia del zorro gris o zorro chilla y huellas de guanaco, heces de zorro y cuevas de tucutucu.

Respecto a las aves, en esta campaña solo se detectaron cóndores, 5 individuos, un piuquén y cuevas de minero.

i) Especies en Categoría de Conservación

De las especies registradas durante diciembre de 2007, según el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) y la Cartilla de Caza del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG 1998), 4 especies se encuentran en estado de conservación, En Peligro

de Extinción (SAG 1998) la vizcacha y el guanaco, el tucutucu como vulnerable y el zorro chilla clasificado como Inadecuadamente Conocida.

Entre las aves, el piuquén es considerado vulnerable en ambos listados y el cóndor rara (Glade 1993) y vulnerable (SAG 1997).

5.11.3.5 Análisis Estacionalidad

Durante las dos primeras prospecciones al área de estudio se registraron 51 especies de vertebrados tetrápodos, aumentando durante la campaña de octubre, respecto a mamíferos y aves.

Durante la prospección de marzo de 2007, se registraron por primera vez, una especie de mamífero, el zorro chilla y una de ave, el picaflor gigante. La presencia de este picaflor es claramente estacional, ya que se trata de un ave migratoria que pasaría el invierno en el bosque tropical del Ecuador. No obstante varias otras especies de aves, reptiles y anfibios podrían estar también presentes.

En la prospección de diciembre de 2007 se registraron 25 especies, 5 mamíferos, 18 aves y 2 reptiles, las cuales ya habían sido registradas durante las otras campañas.

La proporción en que cada Clase aparece representada está en correspondencia con lo esperado para este tipo de ambientes[17]. El área que sería la más diversa es el sector de la Hacienda Jarillas (Tramo 3), con 50 especies de estos vertebrados. El área con menor riqueza es el sector bajo de quebrada Algarrobal (Tramo 1), con 23 especies.

Cabe destacar que algunas especies están restringidas a sólo uno de los tramos, por ejemplo el pidén, *Pardirrallus sanguinolentus*, registrado en una vega del Tramo 3 (Hacienda Jarillas), y también existen otras están ampliamente distribuidas, como es el caso del aguilucho, *Buteo polyosoma* y del tijeral, *Lepthastenura aegithaloides*.

5.11.4 Área Mina – Planta

La composición de la fauna en esta área se presenta según los tramos definidos al comienzo de esta sección. (Tramos 5).

[17] Y. Vilina, apreciación personal.

A continuación se presentan los resultados de las campañas de invierno, verano y un análisis de estacionalidad. La Tabla 5.26 resume estos resultados.

5.11.4.1 Campaña Verano 2006

Durante las prospecciones al área de estudio se determinó la presencia de 32 especies de vertebrados tetrápodos, 7 de mamíferos, 22 de aves, 3 de reptil y ningún anfibio.

i. Especies en Categoría de Conservación

En esta área se registraron 8 especies de vertebrados en alguna categoría de conservación a nivel nacional, las que se presentan a continuación (Ver Tabla 5.27):

- Seis especies de mamíferos de los registrados aparecen en alguna categoría de conservación, según el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) y la Cartilla de Caza del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG 1998). Estos son En Peligro de Extinción: puma, guanaco, vicuña y vizcacha; Vulnerable: tucu-tucu e Inadecuadamente Conocida: zorro culpeo.
- Respecto a las aves, ninguna de las especies registradas se encuentra en alguna categoría de conservación según el SAG (1998).
- De los reptiles, las dos (2) especies son mencionadas por SAG (1998): - Vulnerable: lagarto de Muller y Rara: lagartija del Valle del Cura (distribución cis-andina).

5.11.4.2 Campaña Invierno 2006

En este sector, tanto en enero de 2006, como durante esta prospección, se registraron 31 especies de vertebrados, 8 de mamíferos, 22 de aves, 1 de reptil y ningún anfibio, sin embargo existió un recambio de especies. Se realizó trampeo de micromamíferos en esta área, donde dos especies de rodeores fueron capturadas, un ejemplar de *Abrothrix andinus* y la otra especie fue *Phyllotis vaccarum*, con 15 individuos, el cual estaba ampliamente distribuido (Ver Tabla 5.29). En este registro y al igual que en la campaña de verano 2006 no se encontraron especies de anfibios.

i. Especies en Categoría de Conservación

En esta área se registraron ocho especies de vertebrados en alguna categoría de conservación a nivel nacional, las que se presentan a continuación (Ver Tabla 5.27):

- Cinco especies de mamíferos de los registrados aparecen en alguna categoría de conservación, según el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) y la Cartilla de Caza del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG 1998).

Estos son En Peligro de Extinción: guanaco, vicuña y vizcacha; Vulnerable: tucu-tucu e Inadecuadamente Conocida: zorro culpeo.

- Respecto a las aves registradas, el SAG (1998) considera a dos especies en categoría de conservación: Vulnerable: perdiz de la puna y piuquén.
- De los reptiles, la especie es mencionada por SAG (1998): Rara: lagartija del Valle del Cura (distribución cis-andina).

5.11.4.3 Análisis Estacionalidad

En las dos prospecciones se han registrado 45 especies de vertebrados, 9 de mamíferos, 33 de aves y 3 de reptil.

Entre los Tramos 1 al 5, que comprende la quebrada Algarrobal y el Sector Mina-Planta, este último es el segundo en riqueza de especies con 45.

Cabe destacar que algunas especies están restringidas a sólo el Tramo 5, por ejemplo perdiz de la puna, *Tinamotis pentlandii* y el churrín, *Scytalopus magellanicus*, registrado en el área mina, con un individuo. También existen otras que están ampliamente distribuidas entre los Tramos 1 al 5, como es el caso del aguilucho, *Buteo polyosoma* y del tijeral, *Lepthastenura aegithaloides*.

5.12 FAUNA ÍCTICA Y LIMNOLOGÍA

Objetivos:

El presente informe tiene como objetivo principal la descripción de las comunidades biológicas que habitan los principales cursos de agua del área del Proyecto. Esta descripción contempla las comunidades de fitoplancton, zooplancton y fauna bentónica de los diferentes sistemas hímnicos, así como la identificación de la fauna íctica existente, y considera:

- Identificación de la taxa colectada;
- Determinación de la riqueza y diversidad biológica de los sitios de muestreo; y
- Determinación de la abundancia de las taxa en cada uno de los sitios de muestreo.

Un segundo objetivo es reconocer la calidad de las aguas, en variables esenciales para la vida acuática.

A objeto de caracterizar las distintas áreas de estudio, se realizaron cuatro campañas de terreno, las dos primeras para prospectar y caracterizar el área de estudio y las dos últimas campañas con el objeto de complementar las anteriores y registrar variaciones estacionales. Las fechas de las campañas junto con el área prospectada, se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.12-1
Campañas de Terreno Fauna Íctica y Limnología

Fecha	Sitio a recorrer
enero 2006	Área Quebrada Algarrobal y Área Mina – Planta
julio 2006	Área Totoral
octubre 2006	Estacionalidad Área Quebrada Algarrobal y Área Mina – Planta
enero 2007	Estacionalidad Área Totoral

Fuente: Elaboración propia.

El estudio completo se presenta en el Apéndice 5I. La ubicación de los puntos de monitoreo se presenta en el Mapa 5.2 y con mayor detalle en el Plano 5.23. Para una mejor comprensión de los resultados, el Área Quebrada Algarrobal fue subdividida en cuatro tramos de estudio, los cuales fueron definidos en la Sección 5.11, Fauna Terrestre.

Resultados:
A continuación se presentan los resultados del estudio de limnología por área de estudio.

5.12.1 Área Totoral

Los tramos utilizados para la descripción del Área de Totoral son:

- L1-L5 (Sistema de Lagunas Costeras de Totoral): Sistema de cinco lagunas costeras, ubicadas a un costado norte de la Caleta Totoral. El conjunto de lagunas, parecen ser un hábitat importante para las aves del sector, observándose abundantes y diversas. Respecto a la fauna acuática, sólo se observó un individuo muerto de la especie Lisa (Mugil sp), en la laguna (L4).
- Fin Humedal: Poco después del poblado de Totoral se encuentra un cauce de estero. El segmento analizado se encuentra semi-canalizado, y se ubica en una zona con abundante vegetación ribereña a ambos lados del canal, con aguas transparentes.
- Antes Totoral: Pequeño curso de agua ubicado cercano al poblado de Totoral. El segmento analizado se encuentra semi-canalizado, y se ubica en una zona con vegetación ribereña a ambos lados del canal, presenta aguas transparentes y un charco de agua estancado aledaño a una de sus riberas.
- Después de camino: Corresponde al mismo pequeño curso de agua antes descrito, aguas arriba de la estación Antes Totoral y posterior a la intersección con el camino que conduce a Caleta Totoral. Este sector también se ubica en una zona con abundante vegetación ribereña a ambos lados del canal, con aguas transparentes.
- Nacimiento Totoral: La zona estudiada se encuentra ubicada cercana a un caserío, el curso de agua comienza en un humedal con abundante vegetación, es un estrecho curso de agua de fondo con piedras y arena, rodeado por una abundante vegetación ribereña. Sus aguas son relativamente transparentes.

a) Variables Físicas y Químicas

Los resultados para la medición de variables físicas y químicas del agua, registradas en el área de estudio, se muestran en la Tabla 5.30 y 5.31. El pH en los sitios analizados, presentó valores que variaron de neutro a levemente básico (7,20- 8,21). Con respecto a la temperatura, ésta fue bastante homogénea en las estaciones en estudio, presentando valores de 14,5 a 17,1ºC. La conductividad eléctrica registrada en estos sistemas fue alta (3.445 µS a 51.500 µS) en todos los sitios analizados y aumenta a medida que se acerca a la zona costera. Con respecto a los valores registrados para el nitrógeno total, según los limites dictados por la OECD (Organization for Economic Co-Operation and Development) serían considerados como sistemas oligotróficos o con baja cantidad de nutrientes para las

estaciones Totoral Nacimiento y Después de Camino, mientras que el sistema de lagunas costeras varían entre sistemas mesotróficos (estación L2) e hipereutróficos (L4) (Ryding y Rast, 1989). El fósforo total, según los límites dictados por la OECD, indica que la estación Después de Camino sería considerada como sistema oligotrófico, la estación Totoral Nacimiento sería clasificada como sistema mesotrófico y las estaciones L2 y L4 como sistemas eutróficos o con gran cantidad de nutrientes (Ryding y Rast, 1989). El oxígeno disuelto varía entre 5,42 mg/l en L4 y 10,45 mg/l en Después de Camino, valores que se encuentran sobre el nivel mínimo establecido en la normativa chilena (5,0 mg/l, NCh 1.333.Of78), es decir, aptos para el desarrollo de biota acuática. Por último la salinidad presenta altos valores en la zona de lagunas (≥8 gr/kg). El rango de los valores de dureza en las estaciones estudiadas fluctuó entre 740 y 6.800 mg/l CO_3, Ca, Mg.

b) Fitoplancton

En la primera campaña, se encontraron individuos fitoplanctónicos pertenecientes a los taxa Bacillariophyceae, Chlorophyceae y Cyanophyceae (Cuadro 5.12-2). La primera fue más abundante en las estaciones Totoral Nacimiento y Después de Camino. Las algas verdes (Chlorophyceae) dominaron solo en la estación L 4. En la segunda campaña, la dominancia de clases es la misma que la primera campaña, la única diferencia notable es la presencia de Cyanophycea en la estación Después de camino que en la primera campaña se había encontrado sólo en Totoral nacimiento (Cuadro 5.12-3).

Cuadro 5.12-2
Abundancia y Representatividad de Fitoplancton en el Área de Estudio
Primera Campaña

Estación	Clase	Género	Cél / ml	%
L 4	Bacillariophyceae	*Synedra*	14	14,3
		Navicula	5	4,8
		Cyclotella	10	9,5
	Chlorophyceae	*Closterium*	43	42,9
		Cosmarium	26	26,2
		Chlorella	2	2,4
Después de Camino	Bacillariophyceae	*Melosita*	10	3,4
		Closterium	12	4,3
		Navicula sp1	146	52,6
		Synedra sp1	14	5,2
		Synedra sp2	29	10,3
		Navicula sp2	19	6,9
		Denticula	5	1,7
		Cocconeis	12	4,3
		Cyclotella	17	6,0
		Gomphonema	12	4,3
		Amphora	2	0,9
Totoral Nacimiento	Bacillariophyceae	*Synedra sp1*	431	68,7
		Synedra sp2	72	11,5
		Amphora	10	1,5
		Cyclotella	34	5,3
		Navicula	57	9,2
		Gyrosigma	10	1,5
	Cyanophyceae	*Lyngbya*	5	0,8
		Anabaena	10	1,5

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.12-3
Abundancia y Representatividad de Fitoplancton en el Área de Estudio
Segunda Campaña

Estación	Clase	Género	Cél / ml	%
L 4	Bacillariophyceae	*Synedra*	5	2,1
	Chlorophyceae	*Closterium*	72	30,4
		Cosmarium	146	61,6
		Chlorella	14	5,9
Después de Camino	Bacillariophyceae	*Melosira*	10	3,5
		Synedra	146	50,7
		Navicula	57	19,8
		Denticula	5	1,7
		Gyrosigma	5	1,7
		Cyclotella	34	11,8
		Gomphonema	17	5,9
		Amphora	12	4,2
	Cyanophyceae	*Anabaena*	2	0,7
Totoral Nacimiento	Bacillariophyceae	*Synedra*	112	48,5
		Denticula	5	2,2
		Cyclotella	57	24,7
		Navicula	28	12,1
		Gyrosigma	10	4,3
	Cyanophyceae	*Lyngbya*	14	6,1
		Anabaena	5	2,2

Fuente: Elaboración propia.

c) Zooplancton

En el área de estudio se encontraron individuos de los taxa Rotifera y Arthropoda (Cuadros 5.12-4 y 5.12-5). En la primera campaña, los rotíferos dominaron en las estaciones Después de Camino y L4, encontrándose una gran abundancia de Brachionus en la estación L4. En la estación Totoral Nacimiento, dominaron el taxon Ostracoda. En la segunda campaña, la estación L4 presentó sólo rotíferos, mientras que en las estaciones Después de Camino y Totoral Nacimiento dominaron los ostracodos, aun cuando se encontraron rotíferos en estas localidades.

Cuadro 5.12-4
Abundancia y Representatividad de Zooplánctones en el área de estudio
Primera Campaña

Estación	Phyllum	Clase	Orden	Familia	Genero	10 L-1	%
L4	Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	*Brachionus*	467	89,7
	Arthropoda	Copepoda[1]				53	10,3
Después de Camino	Rotifera	Monogononta	Ploima	Asplanchnidae	*Asplachna*	10	33,3
				Lecanidae	*Monostyla*	17	55,6
				Colurellidae	*Lepadella*	3	11,1
Totoral Nacimiento	Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	*Brachionus*	7	8,3
	Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	Brachionidae	*Brachionus*	3	4,2
		Ostracoda	Podocopida	Brachionidae	*Brachionus*	70	87,5

Nota: [1]Corresponde a estado nauplio de copépodo.
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.12-5
Abundancia y Representatividad de Zooplánctones en el área de estudio
Segunda Campaña

Estación	Phyllum	Clase	Orden	Familia	Genero	10 L^{-1}	%
L4	Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	*Brachionus*	520	100
Después de Camino	Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	*Brachionus*	30	37,5
	Arthropoda	Ostracoda	Podocopida			47	58,8
		Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	*Hyalella*	3	3,8
Totoral Nacimiento	Rotifera	Monogononta	Ploima	Lecanidae	*Monostyla*	10	14,5
				Brachionidae	*Brachionus*	3	4,3
	Arthropoda	Ostracoda	Podocopida			56	81,2

Fuente: Elaboración propia.

d) Fauna Bentónica

En general, las menores abundancias se observan de organismos bentónicos en las estaciones L4 y Totoral Nacimiento (Cuadros 5.12-6 y 5.12-7), sin embargo, y de manera puntual, la estación Después de Camino presenta una alta abundancia de organismos bentónicos. En la primera campaña se observaron Dípteros (Chironomidae) asociados con crustáceos, mientras que en la estación L4, se encontraron Dípteros Culicidae, que corresponden a los estados larvales de Zancudos. En la segunda campaña en estación Después de Camino se encontraron

Trichopteros, anfípodos y moluscos, dominando los anfípodos (Hyalellidae). Por otro lado, en las estaciones L4 y Totoral Nacimiento dominaron los Hemípteros.

Cuadro 5.12-6
Abundancia y Representatividad de Fauna Bentónica en el Área de Estudio
Primera Campaña

Estación	Clase	Orden	Familia	R1	R2	Promedio	Abund rel
L4	Insecta	Díptera	Culicidae	155,56	11,11	83,33	100,0
Después de Camino	Insecta	Díptera	Chironomidae	33,33	22,22	27,78	1,5
		Odonata	Aeshnidae	0,00	11,11	5,56	0,3
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	1466,67	1211,11	1338,89	74,4
	Ostracoda			511,11	344,44	427,78	23,8
Totoral Nacimiento	Insecta	Diptera	Chironomidae	11,11	11,11	11,11	8,3
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	11,11	33,33	22,22	16,7
	Ostracoda			133,33	66,67	100,00	75,0

Nota: R1: Réplica (muestra) 1
R2: Réplica (muestra) 2
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.12-7
Abundancia y Representatividad de Fauna Bentónica en el Área de Estudio
Segunda Campaña

Estación	Clase	Orden	Familia	R1	R2	Promedio	Abund Rel
L4	Insecta	Hemiptera		166,67	188,89	177,78	100,0
Después de Camino	Insecta	Trichoptera	Hidropsychidae	33,33	11,11	22,22	2,3
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	922,22	611,11	766,67	80,2
	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	133,33	200,00	166,67	17,4
Totoral Nacimiento	Insecta	Diptera	Chironomidae	33,33	44,44	38,89	43,7
		Hemiptera	Belostomatidae	77,78	22,22	50,00	56,3

Nota: R1: Réplica (muestra) 1
R2: Réplica (muestra) 2
Fuente: Elaboración propia.

e) Fauna Íctica

No se encontraron peces en el área de estudio, a excepción de la laguna (L4), donde se observó un individuo muerto de la especie Lisa (Mugil sp).

f) Análisis Numérico de las Comunidades

Se observa una disminución significativa en la riqueza entre la primera y segunda campaña, uno a dos taxa por localidad, esto puede ser atribuido a cambios estaciónales en la estructura comunitaria del fitoplancton. La riqueza de organismos del fitoplancton es bastante homogénea entre localidades, variando en la primera campaña de 6 taxa en L4 hasta 11 taxa en la estación Después de Camino, mientras que en la segunda campaña varió de 4 taxa en L4 a 9 taxa en la estación Después de Camino.

La diversidad observada es alta, a excepción de la estación Totoral en Nacimiento en la primera campaña y L4 en la segunda campaña. Esta alta diversidad se puede atribuir a la alta riqueza y la distribución equitativa de las abundancias entre los taxa.

5.12.2 Área Quebrada Algarrobal

a) Variables Físicas y Químicas

Los resultados para la medición de variables físicas y químicas del agua, registradas en el área de estudio, se muestran en la Tabla 5.30 y 5.31. En el Tramo 1 no se encontró agua en el periodo de muestreo. El agua de los segmentos del Tramo 2 posee características de conductividad alta, incluso se pueden observar acumulaciones de sales en las orillas del curso.

El Tramo 3, presenta diversos cursos de agua intermitente. En la parte alta de la quebrada Algarrobal, sector El Pingo, se encuentra una serie de vegas con escaso caudal superficial. El agua de este tramo posee características de conductividad alta, en los sectores bajos, disminuyendo aguas arriba. El Tramo 4, comprende la quebrada Caballo Muerto, el cual en la primera campaña, el curso de agua poseía escaso caudal, con una pendiente alta y velocidad baja. Siguiendo con el patrón antes definido la conductividad en esta Estación es considerablemente más baja que las observadas aguas abajo. En la segunda campaña, hay un aumento de la conductividad y la velocidad del cauce, en comparación con la primera campaña realizada.

b) Fitoplancton

Se encontró una dominancia de diatomeas en todos los sitios analizados, a excepción de la estación Algarrobal 6, correspondiente al Tramo 2 en la cual no se detectaron células fitoplanctónicas. Sólo en la estación Algarrobal 7 se encontraron algas verdes, donde Mougeotia comprende sobre el 50% del total en la primera. En la segunda campaña las estaciones de río Cazadero 1 y La Fortuna 1 y 3 se encontraron algas verdes con baja representatividad en la comunidad fitoplanctónica. En la mayoría de las estaciones

analizadas se encontró algas cianofíceas, a excepción de la estación Caballo Muerto. En general, las cianofíceas tienen una pequeña representatividad del total de la comunidad.

En la mayoría de los sitios analizados durante las dos campañas Synedra es el taxa predominante (Cuadros 5.12-8 y 5.12-9)

Cuadro 5.12-8
Abundancia y Representatividad de Fitoplancton
Primera Campaña

Estación	Clase	Género	Cél/ml	%
Algarrobal 6	-	-	-	-
Algarrobal 7	Bacillariophyceae	*Synedra*	38	36,2
		Navicula	8	7,6
	Chlorophyceae	*Mougeotia*	59	56,2
Algarrobal 8	Bacillariophyceae	*Synedra*	1	100,0
Algarrobal 10	Bacillariophyceae	*Synedra*	20	100,0
Las Vegas 3	Bacillariophyceae	*Synedra*	34	57,6
		Navicula	21	35,6
		Rophalodia	3	5,1
		Mougeotia	1	1,7
Caballo Muerto	Bacillariophyceae	*Synedra*	24	85,7
		Navicula	4	14,3

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.12-9
Abundancia y Representatividad de Fitoplancton
Segunda Campaña

Estación	Clase	Género	Cél/ml	%
Algarrobal 6	Bacillariophyceae	*Synedra sp1*	4	6,90
		Synedra sp2	4	6,90
		Navicula	17	31,03
		Cocconeis	10	17,24
		Rhopalodia	8	13,79
		Diploneis	10	17,24
	Cyanophyceae	*Anabaena*	4	6,90
Algarrobal 8	**Bacillariophyceae**	**Synedra sp1**	**21**	**23,40**
		Synedra sp2	34	38,30
		Navicula	11	12,77
		Denticula	4	4,26
		Cocconeis	2	2,13
		Gomphonema	2	2,13
	Cyanophyceae	*Lyngbya*	11	12,77
		Anabaena	4	4,26
Algarrobal 10	Bacillariophyceae	*Navicula*	90	52,22
		Synedra sp1	25	14,44
		Synedra sp2	21	12,22
		Denticula	13	7,78
		Rhopalodia	10	5,56
		Gomphonema	2	1,11
	Cyanophyceae	*Anabaena*	11	6,67
Caballo Muerto	Bacillariophyceae	*Synedra sp1*	1116	64,02
		Cymbella	255	14,63
		Navicula	276	15,85
		Cocconeis	53	3,05
		Gomphonema	42	2,44

Fuente: Elaboración propia.

c) Zooplancton

En todos los tramos muestreados se encontraron microcrustáceos y rotíferos (Cuadro 5.12-10 y 5.12-11), a excepción del Tramo 1 en el que no se encontró agua durante el período de muestreo. Los taxa abundantes en la mayoría de los sitios analizados corresponden a rotíferos

de pequeño tamaño, encontrándose representantes de la familia Brachionidae en todas las estaciones estudiadas a diferencia de la segunda campaña, donde predominaron microcrustáceos de los taxa copépodos y ostrácodos en la mayoría de las estaciones analizadas. En la primera campaña los cladóceros de la familia Chydoridae fueron el taxa con presencia en la mayoría de las estaciones, a excepción de Algarrobal 6 y 10. En la segunda campaña, se encontraron los rotíferos en la mayoría de las estaciones, en baja representatividad de la comunidad zooplanctónica. Todos los taxa encontrados en estos sitios son característicos de sistemas de aguas con escurrimiento superficial (Dole-Olivier et al. 2000; Ricci & Bálsamo 2000).

Cuadro 5.12-10
Abundancia y Representatividad de Zooplánctones
Primera Campaña

Estación	Phyllum	Clase	Orden	Familia	Genero	10 L-1	%
Algarrobal 6	Arthropoda	Ostracoda	Podocopida			7	12,5
	Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	*Brachionus sp1*	17	31,3
					Brachionus sp2	13	25,0
				Testudinellidae	*Filina*	17	31,3
Algarrobal 7	Arthropoda	Branchiopoda	Cladocera	Chydoridae	*Alona*	17	55,6
	Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	*Brachionus sp2*	3	11,1
				Lecanidae	*Lecane*	10	33,3
Algarrobal 8	Arthropoda	Branchiopoda	Cladocera	Chydoridae	*Alona*	10	21,4
	Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	*Brachionus sp2*	7	14,3
				Lecanidae	*Lecane*	30	64,3
Algarrobal 10	Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	*Brachionus sp1*	10	13,0
					Brachionus sp2	53	69,6
				Lecanidae	*Lecane*	13	17,4
Las Vegas 3	Arthropoda	Branchiopoda	Cladocera	Chydoridae	*Alona*	3	5,0
				Daphnidae	*Ceriodaphnia*	3	5,0
		Copepoda	Cyclopoida	Cyclopidae		7	10,0
	Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	*Brachionus sp1*	3	5,0
					Brachionus sp2	37	55,0
				Testudinellidae	*Filina*	13	20,0

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.12-11
Abundancia y Representatividad de Zooplánctones
Segunda Campaña

Estación	Phyllum	Clase	Orden	Familia	Genero	10 L^{-1}	%
Algarrobal 6	Arthropoda	Ostracoda	Podocopida			7	50,0
		Copepoda				7	50,0
Algarrobal 8	Arthropoda	Ostracoda	Podocopida			17	4,59
		Copepoda	Cyclopoida	Eucyclopidae	*Eucyclops*	233	64,22
		Copepoda				93	25,69
	Rotifera	Monogononta	Ploima	Lecanidae	*Lecane*	20	5,50
Algarrobal 10	Arthropoda	Copepoda	Harpacticoida			7	12,50
		Ostracoda	Podocopida			13	25,00
		Copepoda	Cyclopoida	Eucyclopidae	*Eucyclops*	10	18,75
	Rotifera	Monogononta	Ploima	Lecanidae	*Lecane*	23	43,75
Caballo Muerto	Arthropoda	Ostracoda	Podocopida			10	100

Fuente: Elaboración propia.

d) Fauna Bentónica

En la estación Algarrobal 6, del tramo 2, se encontró dominancia de Crustáceos anfípodos de la Familia Hyalellidae (Cuadro 5.12-12). Los anfípodos son pequeños crustáceos muy comunes en diferentes hábitats y constituyen un componente importante en las comunidades bentónicas marinas y de agua dulce de todo el mundo (Klages y Gutt, 1990). Cumplen un importante papel en los ecosistemas acuáticos, constituyendo a veces una fracción significativa de la biomasa animal, aunque su tasa de renovación no sea muy alta (Wetzel, 1981). En la segunda campaña esta estación, presenta menor abundancia de organismos bentónicos, asociado a una disminución en la riqueza de taxa (Cuadro 5.12-13). Dipteros, Chironomidae dominan en la comunidad bentónica en esta campaña, seguidos por los crustáceos anfípodos y efemerópteros de la familia Baetidae.

El Tramo 3 presenta características distintas, dominando los insectos de los órdenes Trichoptera y Ephemeroptera (Cuadro 5.12-12). Los representantes de estos taxa son citados comúnmente, como indicadores de aguas limpias y bien oxigenadas. La estación Las Vegas 3 se diferencia de las restantes estaciones del tramo, presentado dominancia de Crustaceos anfípodos de la Familia Hyalellidae, al igual que lo observado en el Tramo 2. En la segunda campaña se observa una fuerte disminución en la cantidad de agua en este tramo, dos estaciones se encontraron durante el estudio, sin flujo superficial de agua, estas fueron:

Algarrobal 7 y Las Vegas 3, consecuentemente no se pudo analizar la fauna bentónica de estas localidades (Cuadro 5.12-13).

En el tramo 4 se observó una dominancia compartida de *Turbellaria Dugesiidae* (Planaria) y Crustáceos anfípodos de la Familia Hyalellidae (Cuadro 5.11-7). La mayoría de los representantes de la familia Dugesiidae, viven en aguas bien oxigenadas, aun cuando algunas especies pueden resistir una alta contaminación de origen orgánico. Durante la segunda campaña se observó un aumento en la riqueza de taxa de organismos bentónicos en la localidad Caballo Muerto, en esta campaña no se detectaron Planarias, que fueron las dominantes en la primera campaña, remplazándose por Coleópteros y Efemerópteros. Los Crustáceos anfípodos de la Familia Hyalellidae fueron componentes importantes de la comunidad bentónica en las dos campañas realizadas.

Cuadro 5.12-12
Abundancia y Representatividad de la Fauna Bentónica
Primera Campaña

Estación	Clase	Orden	Familia	R 1	R 2	X	%
Algarrobal 6	Insecta	Odonata	Aeshnidae	56	33	44	8,0
		Ephemeroptera	Baetidae	11	11	11	2,0
		Trichoptera	Hidropsychidae	0	11	6	1,0
			Hidroptilidae	11	0	6	1,0
		Diptera	Chironomidae	33	33	33	6,0
			Simuliidae	78	33	56	10,0
			Ceratopoginidae	0	0	0	0,0
			Athericidae	11	0	6	1,0
		Coleoptera	Elmidae	200	111	156	28,0
	Ostracoda	Podocopida		0	11	6	1,0
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	189	256	222	40,0
	Turbellaria	Tricladia	Dugesiidae	22	0	11	2,0
Algarrobal 7	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	33	33	33	8,2
		Trichoptera	Hidropsychidae	133	167	150	37,0
			Hidroptilidae	33	22	28	6,8
		Diptera	Chironomidae	78	56	67	16,4
			Ceratopoginidae	11	0	6	1,4
		Coleoptera	Elmidae	100	144	122	30,1
Algarrobal 8	Insecta	Odonata	Aeshnidae	11	122	67	27,3
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	0	11	6	2,3

Estación	Clase	Orden	Familia	R 1	R 2	X	%
		Trichoptera	Hidropsychidae	89	0	44	18,2
		Diptera	Chironomidae	0	56	28	11,4
			Simuliidae	11	22	17	6,8
			Athericidae	0	67	33	13,6
		Coleoptera	Elmidae	100	0	50	20,5
Algarrobal 10	Insecta	Odonata	Aeshnidae	67	44	56	9,8
		Ephemeroptera	Baetidae	256	67	161	28,4
		Trichoptera	Hidropsychidae	267	111	189	33,3
			Hidroptilidae	0	11	6	1,0
		Diptera	Chironomidae	78	44	61	10,8
			Simuliidae	44	0	22	3,9
			Ceratopoginidae	11	0	6	1,0
			Athericidae	0	11	6	1,0
		Coleoptera	Elmidae	0	22	11	2,0
	Ostracoda	Podocopida		11	11	11	2,0
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	33	22	28	4,9
	Gastropoda	Basommatophora	Limnaeideae	0	22	11	2,0
Las Vegas 3	Insecta	Diptera	Chironomidae	33	11	22	1,9
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	1178	1000	1089	93,8
	Oligochaeta	Haplotaxida	Lumbriculidae	67	33	50	4,3
Caballo Muerto	Insecta	Diptera	Chironomidae	0	22	11	1,0
			Athericidae	33	22	28	2,5
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	567	478	522	47,0
	Turbellaria	Tricladia	Dugesiidae	589	511	550	49,5

Nota: R1: Réplica (muestra) 1
R2: Réplica (muestra) 2
X: Promedio
%: Abundancia relativa

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.12-13
Abundancia y Representatividad de la Fauna Bentónica
Segunda Campaña

Estación	Clase	Orden	Familia	R 1	R 2	X	%
Algarrobal 6	Insecta	Odonata	Aeshnidae	11,1	0,0	5,6	6,2
		Ephemeroptera	Baetidae	22,2	22,2	22,2	25,0
		Diptera	Chironomidae	44,4	22,2	33,3	37,5
			Simulidae	0,0	11,1	5,6	6,2
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	44,4	0,0	22,2	25,0
Algarrobal 7	Este segmento se encontraba seco en momentos del estudio						
Algarrobal 8	Insecta	Odonata	Aeshnidae	55,6	44,4	50,0	18,7
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	55,6	66,7	61,1	22,9
		Diptera	Chironomidae	22,2	11,1	16,7	6,2
			Simuliidae	133,3	66,7	100,0	37,5
			Ceratopogonidae	0,0	11,1	5,6	2,1
		Coleoptera	Elmidae	33,3	11,1	22,2	8,3
	Turbellaria	Tricladia	Dugesiidae	22,2	0,0	11,1	4,2
Caballo Muerto	Insecta	Diptera	Chironomidae	33,3	66,7	50,0	5,4
			Athericidae	11,1	0,0	5,6	0,6
			Simulidae	144,4	33,3	88,9	9,6
		Ephemeroptera	Baetidae	22,2	0,0	11,1	1,2
			Leptophlebidae	488,9	244,4	366,7	39,5
		Coleoptera	Elmidae	144,4	55,6	100,0	10,8
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	233,3	377,8	305,6	32,9

Fuente: Elaboración propia.
Nota: R1: Réplica (muestra) 1
R2: Réplica (muestra) 2
X: Promedio
%: Abundancia relativa

e) Fauna Íctica

En ambas campañas, no se colectó (registró) fauna íctica en esta área de estudio.

f) Análisis Numérico de las Comunidades

La diversidad fitoplanctónica en los lugares muestreados es baja, debido principalmente al reducido número de especies encontradas, esto puede atribuirse a las características climáticas extremas en estas zonas que son toleradas por unas pocas especies.

Respecto a la comunidad de zooplancton, la mayor riqueza de taxa se registró en las estaciones Las Vegas 3 y Caballo Muerto. Los mayores valores de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson, de la comunidad zooplanctónica, fueron estimados en Caballo Muerto, Algarrobal 6 y Las Vegas 3. En cuanto a la equitatividad, Algarrobal 6 y Caballo Muerto son las que poseen un mayor valor estimado de este parámetro, teniendo ambas estaciones una mayor homogeneidad de las abundancias de los taxa encontrados.

Se encontró Fauna Bentónica en todas las estaciones estudiadas, la mayor riqueza de taxa se registraron en Algarrobal 6 y Algarrobal 10. Los mayores valores de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson, de Fauna Bentónica, fueron estimados en la estación Algarrobal 8 y el más bajo en Las Vegas 3.

5.12.3 Área Mina – Planta

a) Variables Físicas y Químicas

Los resultados para la medición de variables físicas y químicas del agua, registradas en el área de estudio, se muestran en la Tabla 5.30 y 5.31. El río Cazadero, en su sección superior, es homogéneo en cuanto a sus características físicas y químicas. Lo mismo sucede con quebrada Piuquenes y quebrada Larga, aunque su conductividad es inferior en la parte alta de esta última, cercana al actual campamento de exploración. La quebrada La Fortuna, presenta los mayores valores de conductividad, nitrógeno y fósforo, típico de sistemas mesotróficos.

b) Fitoplancton

En el río Cazadero y la parte baja de quebrada Larga no se detectaron organismos fitoplanctónicos en las muestras de agua. En la Sección Alta de Quebrada Larga, los taxa encontrados en este sector corresponden a algas verdes (Chlorophyceae) que domina con una abundancia mayor al 80% en la estación analizada. Además se encontró en menor proporción la diatomea Navicula.

En las estaciones de quebrada La Fortuna, dominaron las Bacillariophyceae, siendo el único taxa encontrado en la estación Fortuna 3. En La Fortuna 1 se encontró la Cyanophycea del género Anabaena, siendo el único de todos los sitios analizados, donde se encontró algas cianofíceas. En quebrada Piuquenes, la diatomea Fragilaria es el taxa dominante (Cuadro 5.12-14 y 5.12-15).

Cuadro 5.12-14
Abundancia y Representatividad de Fitoplancton en Área Mina-Planta
Primera Campaña

Estación	Clase	Género	Cél/ml	%
Cazadero 1	-	-	-	-
Qda Larga 2	-	-	-	-
El Morro 3	Bacillariophyceae	Navicula	4	17,4
	Chlorophyceae	Oscillatoria	19	82,6
La Fortuna 1	Bacillariophyceae	Synedra	8	42,1
		Navicula	10	52,6
	Cyanophyceae	Anabaena	1	5,3
La Fortuna 3	Bacillariophyceae	Fragilaria	3	15,8
		Navicula	5	26,3
		Synedra	5	26,3
		Gomphonema	5	26,3
		Ceratoneis	1	5,3
Piuquenes 1	Bacillariophyceae	Fragilaria	173	99,4

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.12-15
Abundancia y Representatividad de Fitoplancton en Área Mina-Planta
Segunda Campaña

Estación	Clase	Género	Cél/ml	%
Cazadero 1	Bacillariophyceae	Cocconeis	703	63,03
		Synedra sp1	291	26,06
		Navicula	68	6,06
		Gomphonema	41	3,64
		Gyrosigma	7	0,61
	Chlorophyceae	Closterium	7	0,61
Quebrada Larga 2	Bacillariophyceae	Cocconeis	360	58,02
		Synedra sp2	130	20,99
		Amphora	13	2,16
		Fragilaria	63	10,19
		Synedra sp1	15	2,47
		Cyclotella	2	0,31
		Gyrosigma	2	0,31

Estación	Clase	Género	Cél/ml	%
		Navicula	23	3,70
	Chlorophyceae	Mougeotia	11	1,85
La Fortuna 1	Bacillariophyceae	Synedra sp1	7	1,01
		Synedra sp2	476	64,65
		Pinnularia	67	9,09
		Fragilaria	22	3,03
		Navicula	74	10,10
		Cymbella	30	4,04
	Chlorophyceae	Ulothrix	30	4,04
	Cyanophyceae	Lyngbya	22	3,03
		Anabaena	7	1,01
La Fortuna 3	Bacillariophyceae	Gomphonema	164	27,85
		Synedra sp1	52	8,86
		Synedra sp2	178	30,38
		Cymbella	22	3,80
		Navicula	89	15,19
		Fragilaria	45	7,59
		Rhopalodia	7	1,27
	Chlorophyceae	Closterium	7	1,27
	Cyanophyceae	Lyngbya	22	3,80
Piuquenes 1	Bacillariophyceae	Synedra sp1	41	2,17
		Synedra sp2	1501	80,43
		Cyclotella	14	0,72
		Fragilaria	297	15,94
	Cyanophyceae	Lyngbya	14	0,72

Fuente: Elaboración propia

c) Zooplancton

En el río Cazadero se encontró únicamente un taxon (Brachionus), que además presento una abundancia de individuos baja. En la sección inferior de quebrada Larga no se encontraron representantes de este componente biológico, mientras que en la parte alta de la misma se encontraron en mayor abundancia cladóceros del género Alona y copépodos harpacticoideos, ambos taxa son citados como característicos de sistemas lóticos (Dole-Olivier et al. 2000).

En la estación La Fortuna 1 y 2, se encontró dominacía de cladóceros del género Alona. Aun cuando este taxa es citado como característico de ambientes lóticos, se encontró también en La Fortuna 3, que es un sistema léntico o de laguna, posiblemente debido a la poca profundidad de este sistema.

En los Cuadros 5.12-16 y 5.12-17, se presenta la abundancia y representatividad de zooplánctones en el área de estudio.

Cuadro 5.12-16
Abundancia y Representatividad de Zooplánctones en Área Mina-Planta

	Phyllum	Clase	Orden	Familia	Genero	10 L-1	%
Cazadero 1	Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	Brachionus sp2	10	100
Qda. Larga 2	-	-	-	-	-	-	-
El Morro 3	Arthropoda	Branchiopoda	Cladocera	Chydoridae	Alona	7	66,7
		Copepoda	Harpacticoida			3	33,3
La Fortuna 1	Arthropoda	Branchiopoda	Cladocera	Chydoridae	Alona	73	84,6
		Copepoda	Harpacticoida			13	15,4
La Fortuna 3	Arthropoda	Branchiopoda	Cladocera	Daphnidae	Ceriodaphnia	20	6,0
					Daphnia	13	4,0
				Chydoridae	Chydorus	67	20,0
					Alona	227	68,0
	Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	Keratella	7	2,0
Piuquenes 1	Arthropoda	Branchiopoda	Cladocera	Chydoridae	Alona	3	20,0
		Copepoda	Harpacticoida			10	60,0
	Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	Euchlanis	3	20,0

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.12-17
Abundancia y Representatividad de Zooplánctones en Área Mina-Planta
Segunda Campaña

Estación	Phyllum	Clase	Orden	Familia	Genero	10 L^{-1}	%
Quebrada Larga 2	Arthropoda	Copepoda[1]				3	100
La Fortuna 1	Arthropoda	Copepoda	Harpacticoida			15	42,86
			Cyclopoida	Eucyclopidae	Eucyclops	15	42,86
		Copepoda[1]				5	14,29
La Fortuna 3	Rotifera	Monogononta	Ploima	Lecanidae	Lepadella	13	1,6
				Brachionidae	Keratella	33	4
	Arthropoda	Branchiopoda	Cladocera	Daphnidae	Daphnia	607	72,8
					Ceriodaphnia	3	0,4
				Chidoridae	Alona	167	20
		Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella	10	1,2
Piuquenes	Arthropoda	Ostracoda	Podocopida			3	7,69
		Copepoda	Harpacticoida			23	53,85
		Copepoda[1]				10	23,08
	Rotifera	Monogononta	Ploima	Lecanidae	Lecane	3	7,69
					Monostila	3	7,69

Nota: [1]corresponde a estado nauplio de copépodo.
Fuente: Elaboración propia.

d) Fauna Bentónica

Sección Alta Río Cazadero

Aún cuando en la estación Cazadero 1 se encuentran representantes de la clase Oligochaeta, típicos de aguas de calidad regular o deficiente (aguas con alto contenido de materia orgánica y poco oxigenadas), la presencia de organismos Ephemeroptera de la familia Leptophlebidae indicaría aguas de buena calidad, bien oxigenada y con leve aporte de materia orgánica. Leptophlebidae no tolera aguas contaminadas, mientras que Oligichaeta puede habitar aguas limpias.

Sección Baja Quebrada Larga

En la quebrada Larga 2, la dominancia de organismos Ephemeroptera de la familia Leptophlebidae indicaría aguas de buena calidad, bien oxigenadas y con leve aporte de materia orgánica.

Sección Alta Quebrada Larga

En el Morro 3 dominan los organismos indicadores de aguas con alto contenido de materia orgánica, Olichaeta y Diptera de la familia Chironomidae.

Quebrada La Fortuna

Las familias presentes en La Fortuna 1 y 3 son muy similares, variando principalmente la dominancia entre estas dos estaciones. En La Fortuna 1 domina el Díptero Chironomidae y en La Fortuna 3 el anfípodo Hyalellidae. En ambas estaciones se encontró Hirudinea (Sanguijuela), toleran bajas concentraciones de oxígeno y ambientes con abundante materia orgánica en descomposición, por lo que son consideradas como indicadores de aguas eutroficadas.

Quebrada Piuquenes

Presenta dominancia de Ephemeroptera: Baetidae y Diptera: Chironomidae. En general, los efemerópteros, son indicadores de aguas de buena calidad, mientras que los representantes de la familia Chironomidae, pueden habitar tanto aguas muy limpias como muy contaminadas.

Cuadro 5.12-18
Abundancia y Representatividad de la Fauna Bentónica en Área Mina-Planta
Primera Campaña

Estación	Clase	Orden	Familia	R 1	R 2	X	%
Cazadero 1	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	244	156	200	26,1
			Leptophlebiidae	67	122	94	12,3
		Diptera	Chironomidae	22	67	44	5,8
		Coleoptera	Elmidae	400	244	322	42,0
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	56	111	83	10,9
	Hirudinea	Glossiphoniformes	Glossiphoniidae	11	0	6	0,7
	Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae	11	22	17	2,2
Qda. Larga 2	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	233	56	144	24,5
			Leptophlebidae	289	67	178	30,2
		Trichoptera	Lepidostomatidae	0	22	11	1,9
		Diptera	Chironomidae	11	189	100	17,0
			Simuliidae	11	11	11	1,9
			Tabanidae	0	11	6	0,9
		Coleoptera	Elmidae	122	0	61	10,4

Estación	Clase	Orden	Familia	R 1	R 2	X	%
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	11	0	6	0,9
	Hirudinea	Glossiphoniformes	Glossiphoniidae	89	22	56	9,4
	Oligochaeta	Haplotaxida	Lumbriculidae	33	0	17	2,8
El Morro 3	Oligochaeta	Haplotaxida	Aelosomatidae	122	100	111	55,6
	Insecta	Diptera	Chironomidae	78	67	72	36,1
			Ceratopogonidae	22	0	11	5,6
		Trichoptera	Hidropsychidae	11	0	6	2,8
La Fortuna 1	Insecta	Diptera	Chironomidae	633	522	578	88,9
			Athericidae	22	11	17	2,6
	Hirudinea	Glossiphoniformes	Glossiphoniidae	44	67	56	8,5
La Fortuna 3	Insecta	Diptera	Chironomidae	0	78	39	8,9
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	322	389	356	81,0
	Hirudinea	Glossiphoniformes	Glossiphoniidae	11	22	17	3,8
	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae	0	56	28	6,3
Piuquenes 1	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	178	0	89	37,2
			Leptophlebiidae	78	0	39	16,3
		Diptera	Chironomidae	122	11	67	27,9
	Ostracoda	Podocopida		11	67	39	16,3
	Hirudinea	Glossiphoniformes	Glossiphoniidae	11	0	6	2,3

Nota: R1: Réplica (muestra) 1
R2: Réplica (muestra) 2
X: Promedio
%: Abundancia relativa

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.12-19
Abundancia y Representatividad de la Fauna Bentónica en Área Mina-Planta
Segunda Campaña

Estación	Clase	Orden	Familia	R 1	R 2	X	%
Cazadero 1	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	900,0	844,4	872,2	75,5
			Leptophlebiidae	277,8	133,3	205,6	17,8
		Diptera	Chironomidae	11,1	55,6	33,3	2,9
		Coleoptera	Elmidae	44,4	33,3	38,9	3,4
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	11,1	0,0	5,6	0,5
Qda. Larga 2	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	22,2	11,1	16,7	2,2
			Leptophlebidae	600,0	700,0	650,0	85,4

Estación	Clase	Orden	Familia	R 1	R 2	X	%
		Odonata	Aeshnidae	11,1	11,1	11,1	1,5
		Coleoptera	Elmidae	22,2	44,4	33,3	4,4
		Trichoptera	Leptoceridae	66,7	33,3	50,0	6,6
El Morro 3	Este segmento se encontraba seco en momentos del estudio						
La Fortuna 1	Insecta	Diptera	Chironomidae	122,2	444,4	283,3	77,3
			Athericidae	0,0	11,1	5,6	1,5
	Hirudinea	Glossiphoniformes	Glossiphoniidae	33,3	0,0	16,7	4,5
	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae	77,8	33,3	55,6	15,2
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	0,0	11,1	5,6	1,5
La Fortuna 3	Insecta	Diptera	Chironomidae	0,0	11,1	5,6	3,8
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	122,2	155,6	138,9	96,2
Piuquenes 1	Insecta	Diptera	Chironomidae	0	11,1	5,6	100,0

Nota: R1: Réplica (muestra) 1
R2: Réplica (muestra) 2
X: Promedio
%: Abundancia relativa
Fuente: Elaboración propia.

e) Fauna Íctica

No se colectó (registró) Fauna Íctica en esta área de estudio.

f) Análisis Numérico de las Comunidades

La Fortuna 3 fue la estación que presento los mayor diversidad de taxa fitoplanctónica. Respecto a la comunidad de zooplancton, la mayor riqueza de taxa se encontró en la estación La Fortuna 3, en contraste, no se encontraron ejemplares zooplanctónicos en quebrada Larga 2.

Se encontró Fauna Bentónica en todas las estaciones estudiadas, la mayor riqueza de taxa se encontró en quebrada Larga 2. En cuanto a la equitatividad, Piuquenes 1 posee un mayor El análisis de los resultados obtenidos indica que el área de estudios posee un mayor valor estimado de este parámetro, teniendo una mayor homogeneidad de las abundancias de los taxa encontrados.

5.13 MEDIO HUMANO

Objetivo:

La línea de base del medio humano tiene como propósito caracterizar las diversas dimensiones que componen el medio, para el área de influencia del Proyecto.

Para el desarrollo de esta sección se ha considerado, por una parte, los lineamientos de la Corporación Financiera Internacional[18] y, por otra, lo que establece el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental para Estudios de Impacto Ambiental en el artículo 12, punto f.3, en materia de líneas de base para el medio humano, así como la "Guía de Criterios para Evaluar… Grupos Humanos en Proyectos o Actividades que ingresan al SEIA" de CONAMA[19].

La Línea Base del Medio Humano (Ver Apéndice 5J) considera las dimensiones geográfica, demográfica, sociocultural o antropológica, socioeconómica y del bienestar social. Como puede apreciarse, hay una sección que privilegia el enfoque regional y comunal y otra el local. Ambas son complementarias y, en diversos puntos, presentan información similar. La diferencia estriba en que, en tanto que la primera aborda el área de estudio del medio humano de modo global, la segunda suministra información más bien local, más próxima a las áreas de intervención. Como una sub-sección específica se aborda el Medio Construido, que contiene información que complementa acápites del Medio Humano.

Para la realización de esta sección del medio humano se utilizó información de fuentes primarias de terreno (entrevistas en profundidad y observación) y documentales (bases de datos, informes, estadísticas, etc.).

La información estadística proviene, fundamentalmente, del último censo de población y vivienda (2002) así como de documentos de diversos organismos públicos nacionales (INE, INE-MINAGRI, MIDEPLAN[20], Ministerios de Economía, Hacienda, Trabajo y otros), oficinas regionales de servicios (SAG de Atacama, Servicio de Salud de Atacama) y municipalidades (Vallenar y Alto Del Carmen).

[18] A través de los lineamientos: "Política de la Corporación Financiera Internacional sobre Sostenibilidad Social y Ambiental (2005)" y "Normas de Desempeño de la Corporación Financiera Internacional (2005)".
[19] Véase "Guía de criterios para evaluar la alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos en proyectos o actividades que ingresan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)", Santiago, 2006.
[20] De aquí se utilizaron las encuestas Casen 2000, 2003 y 2006.

La información de fuentes primarias de terreno y documentales se recopiló de acuerdo al siguiente plan:

- En marzo del 2006, se realizó el levantamiento de información estadística a nivel comunal, en Vallenar y Alto del Carmen. Esta recopilación incluyó la revisión de antecedentes en los municipios del área de influencia directa y en organismos públicos como el Servicio Agrícola y Ganadero, y la Autoridad Sanitaria.
- Durante el mismo mes de marzo de 2006 se hizo una visita a terreno al sector comprendido entre Junta de Valeriano y quebrada Larga, en la comuna de Alto del Carmen.
- Durante agosto de ese año, Vial & Consultores Asociados realizó 52 entrevistas en profundidad en las comunas de Alto de Carmen, Copiapó y Vallenar, así como en Santiago[21]. En el año 2001 Knight Piésold S.A. ya había realizado una caracterización de Alto del Carmen, en base a información secundaria recogida en la municipalidad y entrevistas en profundidad aplicadas a 25 personas de la comuna, abarcando funcionarios municipales, dirigentes de las localidades, representantes de organizaciones productivas, entre otros. Durante fines de septiembre del mismo año se realizó un recorrido en el sector de Totoral que permitió, mediante observación directa, obtener información para caracterizar dicho sector.
- En septiembre de 2006, se realizó un recorrido en el sector de Totoral de la Comuna de Copiapó y su área de influencia.
- Durante los años 2007 y 2008 se realizaron actualizaciones de terreno, con énfasis en el sector de Mina-Planta, en el área de quebrada Larga y río Cazaderos, mediente observación y entrevistas.

De acuerdo a la disponibilidad de información pertinente y confiable, se presentan los datos desagregados por comuna, ciudad, pueblo y/o localidad. Se abordan contenidos que abarcan la identificación y caracterización de grupos humanos, sus sistemas de vida, así como la interacción social, atendiendo a potenciales efectos asociados a este Proyecto; de ahí la importancia de presentar información cuantitativa y cualitativa que permita definir la situación base del medio humano.

Resultados:
A continuación se presentan los resultados del estudio de Línea Base del Medio Humano:

[21] Estudios comunitarios y de percepción de Vial & Consultores Asociados, 2005 y 2006.

5.13.1 Dimensiones del Medio Humano: Niveles Regional y Comunal

Esta sección, como se dijo, privilegia el enfoque regional y comunal del área de estudio, a diferencia de la siguiente, que lo hace con la información local, más próxima a las áreas de intervención

5.13.1.1 Dimensión Geográfica

a) Geografía del área de influencia y distribución de grupos humanos

El área de influencia del Proyecto abarca las comunas de Vallenar, Alto del Carmen, Huasco y Freirina, pertenecientes a la provincia del Huasco, así como la comuna de Copiapó, en la provincia del mismo nombre, región de Atacama. Desde el punto de vista político-administrativo, el Proyecto minero se emplaza, primordialmente, en el extremo nororiental de la comuna Alto del Carmen. Asimismo, presenta una vinculación con la comuna de Vallenar, que constituye su acceso vial durante la primera fase de la etapa de construcción (Ver Plano 5.24).

Por otro lado, la existencia y funcionamiento de la Planta Desalinizadora de agua de mar en las cercanías a la caleta Totoral Bajo y la tubería de agua desalinizada, establecen un área de influencia complementaria del Proyecto en dicha caleta y las localidades Perales y Totoral, ubicadas en el acceso hacia la planta, todas pertenecientes a la comuna de Copiapó. Además, la tubería junto a la línea eléctrica, constituyen una obra lineal que atraviesa diversos sectores casi siempre despoblados de la comuna de Copiapó.

El transporte de concentrados desde la planta de filtros ubicada en quebrada Algarrobal, tendrá su destino en el puerto de Huasco. Para ello, los camiones que llevarán el material utilizarán vías existentes correspondientes a la ruta 5 Norte entre Algarrobal y el cruce con la ruta C-46, a la altura de Vallenar, hacia la costa, hasta llegar a Huasco, pasando por las comunas de Freirina y Huasco las que componen un último sector complementario del área de influencia del medio humano.

A continuación, los emplazamientos significativos del Proyecto y su asociación a diversos grupos humanos:

- ***Área Mina Planta***: Área de emplazamiento de obras mineras del Proyecto en El Morro, correspondiente a mina, depósito de estéril, caminos mineros, planta de molienda y flotación, depósito de relaves, plantas de tratamientos y otras obras

de extracción y producción. Corresponde a un pequeño sector nororiental, Hacienda Huasco Altinos, de la comuna de Alto del Carmen.

- ***Área Quebrada Algarrobal***: Comprende el área de emplazamiento del camino de acceso, línea eléctrica[22], concentraducto y tubería de agua desalinizada del Proyecto El Morro, ubicada en parte de la comuna de Copiapó. Estos sectores corresponden, en alrededor de un 97% a terrenos pertenecientes a la Hacienda Jarillas, un 1% cae dentro de los terrenos de la Hacienda Huasco Altinos y el 2% restante en está en el área de la Sub estación Algarrobal, donde aparece como propietario Bienes Nacionales. Además incluye el área de emplazamiento de la planta de filtros.

- ***Área Totoral*:** Área de emplazamiento de planta desalinizadora, trazado de tubería de suministro de agua y línea eléctrica de 110 kV entre Caleta Totoral Bajo y Posada Algarrobal. Corresponde a un sector de la comuna de Copiapó, en la Comunidad Agrícola de Totoral.

En términos más amplios, el área de estudio del medio humano comprende diversas localidades a lo largo del valle del río Huasco, la quebrada Totoral y las ciudades de Copiapó, Vallenar, Freirina y Huasco entre otras, así como las rutas de circulación del Proyecto en sus distintas etapas (construcción, operación y cierre).

b) Flujos de comunicación y transporte[23]

El principal medio de comunicación que une a las localidades y habitantes de la región de Atacama, es el terrestre. Otros medios de comunicación y transporte corresponden al aéreo y marítimo, que se relacionan, principalmente, con las faenas productivas dominantes.

Alto del Carmen y Copiapó están separadas por unos 185 km de distancia, en tanto que la primera de ellas y Vallenar lo están por sólo 40 km. Asimismo, entre la ciudad de Vallenar y la de Copiapó, existen unos 145 km. En este contexto, la accesibilidad

[22] Catastro de Propietarios Superficiales y Mineros, documento H321588-800-TR-112. Realizado por NAZA Ingeniería Ltda.
[23] Información complementaria para estos temas se encuentra en este mismo EIA, la sección de Medio Construido de esta línea base; en particular: 5.14.4 Infraestructura y Servicios de Transporte, 5.14.5 Servicios de Transporte y 5.14.6 Medios de Comunicación.

comunal vial de Alto del Carmen y Vallenar tiene valor 1, lo que significa que son comunas donde priman accesos directos por tierra, sin dificultades aparentes[24].

Respecto de la longitud de caminos de la red vial, existen en la región un total de 7.021,85 km. De ellos, la red vial pavimentada es de 987,02 km, la red vial de solución básica 1.564,9 km y la red vial no pavimentada alcanza a los 4.469,93 km.

El parque vehicular de la región de Atacama, para 2007, era de 50.845 vehículos. De ellos 13.971, el 27, 4%, correspondían a la provincia de Huasco. De este total provincial, el mayor número se concentraban en la comuna de Vallenar con 8.207 (58,7%). Luego, la comuna de Huasco con 3.416 (24,5%), Alto del Carmen con 1.771 (12,7%) y finalmente Freirina con 585 (4,1%)[25]. Por otra parte, la comuna de Copiapó poseía el mayor parque vehicular que con 29.984, representaba más del doble que el de la provincia de Huasco y el 59% del total regional[26].

En las comunas de Vallenar y Alto del Carmen, el tipo de transporte más utilizado por las poblaciones son las terrestres a través de buses, y en menor frecuencia los arriendos de vehículos y taxis. Por su parte el sector de Totoral cuenta solo con un camino de acceso, la ruta C-439, a la cual se accede por la panamericana norte a la altura del km 732. Ese camino no cuenta con pavimento. En este sector no existe ningún tipo de movilización pública; los traslados se realizan en forma privada.

Otros medios importantes a ser considerados en los flujos de comunicación y transporte, corresponden a los tráficos aéreo y marítimo. Respecto del primero, el aeropuerto principal regional se localiza en Copiapó. Además, la región está dotada de tres aeródromos localizados en Chañaral, Caldera y Vallenar. En la Provincia de Huasco hay otros aeródromos sin mantención en Freirina, Carrizal Bajo y Domeyko.

El movimiento marítimo de la región está dedicado al embarque y traslado de carga, destinada tanto a movimiento de cabotaje (fletes nacionales) como al comercio exterior (exportaciones e importaciones). Los productos movilizados corresponden a hierro, pellets de hierro, cobre blister y electrolítico, harina de pescado y productos agrícolas de los valles de Copiapó y Huasco. Respecto al desembarque, en menor proporción,

[24] Rango comunal que representa (nominalmente) el grado de accesibilidad de la comuna respecto a la capital regional. Los valores que puede adquirir la variable son los siguientes: 0, 1, 2, 3, ó 4, donde 0 representa la mayor accesibilidad comunal (Fuente: Sinim 2005, fórmula RACC).
[25] Véase parque de Vehículos en Circulación, Informe Anual 2007, INE.
[26] Ídem.

destaca el carboncillo con destino a la Central Termoeléctrica de Huasco. Los tres puertos de la región, están ubicados en Chañaral, Caldera y Huasco, y son administrados por empresas privadas[27]:

Respecto al área de las telecomunicaciones, en la región existen 30.046 líneas telefónicas residenciales. También existen 47,5 teléfonos públicos por cada 10.000 habitantes, (sobre promedio nacional). Respecto de la cobertura de teléfonos celulares, es nula o inestable en algunos sectores (en especial cordilleranos) localizados en las comunas de Alto del Carmen y Vallenar. El acceso a Internet ha tendido a aumentar en la región. Actualmente existen 9.344 conexiones[28]. En Totoral y caleta Totoral no existe cobertura de red celular; solo es posible encontrar red de telefonía fija rural, mediante dos casetas telefónicas ubicadas a un costado de la plaza.

En cuanto a Internet, la región de Atacama cuenta con 16.978 conexiones para el primer trimestre de 2008, duplicando las conxiones entre 2002 y la actualidad; esto significa un crecimiento levemente mayor al nacional.

5.13.1.2 Dimensión Demográfica

a) Población Total

La población regional de acuerdo al censo 2002, es de 254.336 habitantes, un 1,7% del total de la población nacional. En el período ínter censal 1992 a 2002 la población regional se incrementó en 10,2%. Para el año 2008, la proyección de población se estima en 276.480 habitantes, mientras que para el año 2010 en 280.543 habitantes.

Cuadro 5.13-1
Población Regional y Comunal

III Región	1992	2002	Variación Ínter censal
Región de Atacama	230.873	254.336	10,2
Provincia Copiapó	124.692	155.713	24,9
Copiapó	100.907	129.091	28,5
Provincia Huasco	64.730	66.491	2,7
Vallenar	47.248	48.040	1,7
Alto del Carmen	4.745	4.840	2,0

[27] Seremi Obras Públicas, Armada de Chile. Información original en: www.chile.cl
[28] Subtel, junio 2005.

III Región	1992	2002	Variación Ínter censal
Freirina	5.221	5.666	8,5
Huasco	7.516	7.945	5,7

Fuente: INE. Censo Nacional de Población y de Vivienda, 1992 y 2002.

Copiapó es la comuna más poblada (50,8%) de la región y la que ha presentado el mayor aumento significativo de población, representado con un 28,5 de variación inter censal. Vallenar es una de las comunas más poblada de la región con 48.040 habitantes, con un 18,9% de la población regional. Su tasa de crecimiento ínter censal es de 1,7%, muy inferior al regional, lo cual habla del estancamiento relativo que ha observado esta comuna. En tanto, Alto del Carmen, con 4.840 habitantes es una comuna 100% rural, representa solo un 1,90% del total regional, con una tasa de crecimiento ínter censal del 2,0%. Estas dos últimas comunas pueden considerarse estancadas en su crecimiento poblacional durante la pasada década. Huasco y Freirina presentan tamaños intermedios con un crecimiento inter censal moderado, de 5,7% y 8,5% respectivamente.

b) Distribución de la Población por Sexo

La distribución por sexo a nivel regional arroja un 50,78% de población masculina y un 49,22% de población femenina. El censo 2002 señala que el índice de masculinidad[29] regional fue de 103,16, mientras que en el año 1992 era de 104,2. Entre ambos valores se aprecia una leve baja que, sin embargo, continúa denotando atracción laboral masculina generada por los asentamientos mineros del área y las actividades agrícolas.

En relación con las comunas en estudio, los datos censales señalan que la de Vallenar tiene una distribución por sexo donde priman levemente las mujeres con un 51,53%, en tanto los hombres alcanzan el 48,47%. Respecto de la comuna Alto del Carmen, se aprecia una distribución de género con un 54,32% de hombres, ante un 45,68% de mujeres. Con respecto a la comuna Copiapó, tiene una distribución por sexo donde priman levemente los hombres con un 50,29%, por sobre las mujeres, que alcanzan el 49,71%.

c) Distribución por Grupos de Edad

En términos regionales y comunales, las estadísticas del censo del año 2002 muestran que el grupo etario de la población activa de la región, 15 a 65 años, es fuertemente

[29] Índice de Masculinidad, indica el número de hombres por cada 100 mujeres.

predominante. En efecto, supera el 60% de la población. Respecto de las comunas en estudio, la de Vallenar concentra al grupo de 0 a 14 años con un 28,6%, sobre el promedio regional. Finalmente cabe destacar que el grupo mayor de 65 años presenta en la comuna de Alto del Carmen un 12,8%, muy por encima del promedio regional y de los valores de la comuna de Vallenar. Copiapó, por su parte, mantiene porcentajes similares a los presentados por región.

La distribución de los grupos de edad actual, denota una sólida población que forma parte de las actividades productivas regionales. Además, la tendencia de esta distribución etaria manifiesta una población menor de 15 años que, como base poblacional, será importante en su integración futura en las actividades productivas demandantes de la región.

d) Distribución de la Población Urbana y Rural

La población urbana y rural de la región, presenta una considerable brecha entre sí. Considerando ambos sexos, la población urbana es de 91,46%, en tanto que la rural es de 8,54%.

Según las comunas en estudio, Copiapó posee el porcentaje más alto de población urbana con un 97,59%, con un aporte del 54,16% de población urbana a la región. La población urbana de Vallenar concentra un 91,07% y comparativamente con la regional aporta un 19% de población urbana y un 8,93% de la población rural. En tanto, Freirina concentra un 61,22% de población urbana y Huasco un 81,12%. En contraste, la población de la comuna de Alto del Carmen es 100% rural

En las áreas rurales la proporción de hombres es más acusada, lo cual se debe a la existencia de actividades agrícolas, ganaderas, silvícolas y mineras que demandan principalmente personal masculino, generalmente asociados con sistema de turnos de trabajo. Gran parte de esta población proviene tanto de otras comunas de la región como del resto de regiones del país. En ambas comunas de estudio, se aprecia un alto índice de masculinidad en los sectores rurales.

e) Población Indígena

El 5% de la población nacional es indígena. El total de la población perteneciente a pueblos originarios en la región de Atacama, es de 7.407 personas que representan, aproximadamente, el 3% de la población regional. De ellas un 54,5% son hombres y el 45,5% restante, son mujeres.

Es importante señalar que los grupos étnicos más relevante en la región de Atacama, de acuerdo al Censo de 2002, corresponden a atacameños, mapuches y collas en ese orden. El significativo número de mapuches que se registran corresponde a flujos migratorios provenientes del sur, concentrados en centros urbanos, y que debe asociarse, entre otras, a actividades mineras.

Para la comuna de Alto del Carmen, en el área de influencia directa del Proyecto, según el último censo, el número total de indígenas asciende a 256, lo que representa un 5,3% del total comunal. El grupo étnico predominante sería el atacameño (con un total de 177). Ahora bien, se considera que la población indígena dominante allí debiera ser diaguita. Sin embargo, la población indígena bajo la categoría diaguita no fue consultada en el censo 2002, lo que significa que muchas personas que residen en la región de Atacama en general y en la comuna de Alto del Carmen en particular, pudieron haberse adscrito a la categoría identitaria atacameña (o colla) o por ninguna, lo que podría indicar un subregistro de indígenas. Cabe destacar que, desde agosto de 2006 se reconoce jurídicamente a la etnia diaguita, e ingresará como variable en el próximo censo nacional de población.

En tanto las comunas de Copiapó y Vallenar reúnen a un 2,8 y 2,7% de indígenas respectivamente, mientras que Freirina registra un 1,98% y Huasco 3,94% (Ver Cuadro 5.13-2).

Cuadro 5.13-2
Población Indígena Residente en las Comunas de Estudio

Región/Comunas	Total	Alacalufe	Atacameño	Aymara	Colla	Mapuche	Quechua	Rapa Nui	Yámana
Región de Atacama	7.407	32	3.074	380	1.738	2.057	50	58	18
Copiapó	3.689	18	1.358	177	1.001	1.067	18	42	8
Vallenar	1.305	9	756	100	105	306	21	3	5
Alto del Carmen	256	0	177	10	38	31	0	0	0
Freirina	112	1	70	6	6	26	3	0	0
Huasco	313	0	176	42	6	87	0	0	2

Fuente: INE, XVII Censo Nacional de Población y VI de Vivienda, 2002.

En conjunto, las comunas en estudio agrupan a 5.675 indígenas, los que se asientan tanto en los sectores rurales como urbanos. Existe una alta población indígena que, tras paulatinas migraciones, actualmente reside en ciudades pero que, sin embargo, mantiene

alta movilidad y relación con sus comunidades rurales de origen[30]. Este fenómeno regional es obviamente dominante para los mapuches.

Otra parte de la población indígena que habita en las áreas rurales de la región, lo hace en zonas alejadas (y en ciertos casos en aislamiento geográfico), en sectores limítrofes con Argentina. Una tendencia característica de las comunidades indígenas que ocupan espacios rurales, como ocurre en el área de influencia del Proyecto, es articular y ocupar ampliamente el territorio y recursos.

f) Población y Religión

Tanto la población regional como la de las comunas en estudio, tiene una alta adscripción religiosa católica. En Alto del Carmen, ésta representa el 85,4%, superando al 75,9% de la región de Atacama tomada en su conjunto. Algo similar sucede con la comuna de Freirina, que alcanza un 84,60%. La sigue la comuna de Vallenar con un 78,9%, luego Huasco con 78,66% y finalmente Copiapó con un 75,5%. En segundo lugar se posiciona la adscripción religiosa evangélica, la que supera el 10% en Vallenar, Huasco y Copiapó, colocándose en el promedio regional, mientras que Alto del Carmen solo representa un 7% y en Freirina un 4,27%.

5.13.1.3 Dimensión Sociocultural

a) Rasgos Socioculturales

La historia regional (y consecuentemente la identidad) se asocia a un complejo y largo proceso que se articuló en el período prehispánico, rearticulándose en las sucesivas fases colonial, republicana y contemporánea.

A la población originaria de grupos de cazadores, pescadores y recolectores se fueron superponiendo diversas culturas, entre las que destacan los Kollas, pueblo agricultor proveniente del norte argentino, que se instaló en las provincias de Chañaral y Copiapó. De igual procedencia trasandina es la etnia Diaguita (y asociada a ella las culturas Molle y Las Animas), agricultores que desarrollaron fina cerámica, y que se asentaron en diversos valles transversales, entre ellos el de Huasco

La identidad "nortina" de la región de Atacama, se ha visto fuertemente signada por sus riquezas mineras. De esta manera, parte de su historia que se remonta al siglo XIX tiene

[30] El XVII Censo de Población y VI de Vivienda (2002), señala la residencia de las poblaciones indígenas como "habitat actual", al momento de levantar el censo.

relación con los descubrimientos de yacimientos mineros y con la generación de nuevas políticas administrativas territoriales. Un ejemplo de este proceso es el descubrimiento de Chañarcillo, importante yacimiento de plata, en el año 1832. Consecuencia de ello fue la creación de la provincia de Copiapó en 1843. Por otra parte, en 1848 comienza el desarrollo de Tres Puntas y poco después Chimberos y Cabeza de Vaca. Todo esto generó una "fiebre de la plata"[31]. Estos lugares concentraron un gran movimiento de materiales, comestibles, trabajadores y migraciones atraídas por la demanda laboral. A fines del período colonial, Copiapó tenía 5.000 pobladores, pero luego del inicio del *boom* de la plata, el censo de 1853 arrojó 32.600 habitantes. El gran auge minero basado en la plata, dio paso paulatinamente a la minería del hierro y luego el cobre y el oro[32] .

A este importante proceso histórico minero, se asocia una compleja y larga historia indígena, que se articuló en los sucesivos períodos prehispánico, colonial, republicano y contemporáneo. Aquellas poblaciones son los descendientes, entre otros, de los diaguitas.

Ya en el siglo XX, la identidad cultural dominante de la región de Atacama queda constituida por una población mestiza "nortina", alrededor de la minería como actividad fundamental y la agricultura complementariamente.

b) Rasgos Socioculturales Comunales

- ***Cultura, Territorio y Asentamientos***

En la cordillera de la región de Atacama, pasando el poblado de Alto del Carmen, se inicia un desfiladero entre montañas que penetra aguas arriba por el río Del Tránsito. En este lugar, por siglos, se refugió un contingente indígena del pueblo diaguita que habitaba el valle del Huasco[33] .

Recientemente, en 1997, el Estado chileno ha reconocido la propiedad de la tierra a varias familias descendientes de los antiguos indígenas, los que después de largos años han regularizado la propiedad territorial de 395.000 hectáreas, comprendidas en tres estancias de cordillera, denominadas Chollay, Valeriano y Huasco Altinos, las que poseían sus habitantes como dominio regular e inscrito desde principios de siglo. Estas tierras abarcan toda la cuenca del río Del Tránsito y sus afluentes, el Conay, Chollay y Valeriano, desde la zona de confluencia en el río del Carmen hasta el límite con la

[31] Millán, Augusto: La Minería Metálica en Chile en el siglo XIX, Ed. Univeritaria, Chile, 2004, p.36, 59 y ss.
[32] Ilustre Municipalidad de Copiapó. Información original en: www.copiapo.cl/Comuna/Historia.asp
[33] Comisión Verdad Histórica y Nuevo Trato. Parte Primera; Capítulo Quinto: Los Diaguitas, Santiago, 2003.

República de Argentina, que corresponde a un territorio que desde tiempos coloniales se denomina como Huasco Alto y que constituyó un asentamiento pretérito de la cultura El Molle; Las Animas y reducto de indios diaguitas desde la colonia[34].

La importancia de este territorio tiene relación con las culturas indígenas originarias -Molle, Las Animas y Diaguita-, pues en los mismos lugares en torno al río Del Tránsito y las cuencas del Chollay y Conay donde se encuentran los asentamientos permanentes y temporales de la población actual, presentan continuidad desde tiempos precolombinos, como lo atestiguan los sitios arqueológicos denominados Pinte, asociado al complejo de la Cultura El Molle y Chanchoquín Chico, Juntas de Valeriano y Paso de la Flecha, pertenecientes al Complejo Las Animas. Estos últimos sitios localizados en lugares de ocupación temporal, se encuentran en la cordillera, en zonas utilizadas sólo en verano. La coincidencia en la continuidad de la ocupación se explica por el carácter de movilidad y las relaciones económicas de intercambio interregionales que jugaron un rol de complementariedad ecológica con los recursos existentes en el territorio huascoaltino.

- ***La Descendencia Diaguita***

En la actualidad, aquella población que se identifica como diaguita, se localiza en asentamientos tradicionales de larga data a lo largo del río Del Tránsito, donde se encuentran los poblados y localidades llamadas: Juntas, La Marquesa, El Olivo, Chigüinto, Las Pircas, Alto Naranjo, Los Perales, Chanchoquín, La Fragua, La Arena, La Junta de Pinte, La Pampa, Conay, San Vicente, Junta de Valeriano y Albaricoque; cada una con agrupaciones de pocas viviendas[35]. Allí se encuentran sus moradores ancestrales, como las familias Campillay -principal linaje-, Tamblay, Huanchicay, Cayo, Pallauta, Seriche y Liquitay, compartiendo con otras provenientes de Argentina desde el siglo pasado, ya sea de algún criancero-cateador que se quedó a vivir entre esos angostos valles y cerros.

La primera evidencia de la adscripción étnica diaguita de un importante número de familias huascoaltinas, son sus apellidos, ya que éstos constituyen una evidencia más significativa de su pertenencia a la cultura diaguita en tiempos históricos, indicando que los apellidos encontrados en los archivos parroquiales aún son usados por sus

[34] El censo de Pueblos de Indios realizado por el Obispado de Santiago en 1795, señala la presencia de 3.306 habitantes indígenas que se reparten en los pueblos: Huasco Alto y Bajo, San Fernando de Copiapó, Choapa, Tambo, Marquesa Alta, Molle, Poya, Guamalata, Tuquín, Sotaquí y Combarbalá. (Manuscrito Sala Medina, Biblioteca Nacional, Volumen 329; ff.434-435).

[35] La principal fuente para el abordaje de los diaguitas en la actualidad es el Diagnóstico Sociocultural de la Etnia Diaguita en la III Región de Atacama, Molina Otarola, R. (et Al), Grupo de Investigación TEPU, 2005.

descendientes. Estos se conservan desde siglos atrás y mantienen uno de las apócopes distintivas de la lengua kakán: la terminación "ay"[36]. En la zona de la hacienda de los huasco altinos, la evidencia lingüística es un elemento de importancia para el análisis comparativo de numerosos topónimos diaguitas y de otras lenguas. La terminación "ay" también se presenta en la toponimia como 'Conay' y 'Chollay' referidos a poblados, ríos y pasos cordilleranos. Otros topónimos diaguitas de este territorio son Colimay -Cerro y afluente de la quebrada Chanchoquín (cerro, paraje asociado a minerales), Pachuy o Pochay (río), Tatul (cordón cordillerano) y Pinte (quebrada).

- ***Comuneros Agrícolas***

Las comunidades agrícolas corresponden a una forma de propiedad y tenencia de la tierra que se remonta a la entrega de las mercedes de tierras de la colonia. Por esta razón es que los habitantes de este tipo de asentamiento suelen ser personas típicamente de ascendencia española, lo cual se comprueba en sus apellidos. Las comunidades agrícolas de las regiones de Atacama y Coquimbo (III y IV), reflejan esta condición, existiendo generalmente un apellido dominante.

Las características de estos asentamientos es una propiedad comunitaria de parte de los terrenos, denominados "terrenos comunes" en los cuales generalmente se ubica la infraestructura comunitaria y los pastos de animales, así como terrenos individuales o familiares correspondientes a "goces particulares" en donde se ubican las viviendas familiares y terrenos para huertos y producción doméstica. La mayoría de estas comunidades poseen un pasado indígena.

La Comunidad Agrícola Hacienda Huascoaltinos en la comuna de Alto Del Carmen, tal como se dijo, fue reconocida jurídicamente en 1997. Con sus casi cuatrocientas mil hectáreas y unos doscientos sesenta miembros, es una de las más representativas.

Por otra parte, en Totoral existe la Comunidad Agrícola Totoral que data de 1634. Su territorio abarca alrededor de cuarenta y siete mil hectáreas, dentro del cual se ubica la caleta Totoral.

Las comunidades agrícolas tienen derechos de terreno inscritos en los Conservadores de Bienes Raíces, en el cual se establecen los límites de la propiedad completa, así como de

[36] Véase en el Diagnóstico Sociocultural de la Etnia Diaguita en la III Región de Atacama, Molina Otarola, R. (et Al), Grupo de Investigación TEPU, 2005, Los Linajes Diaguitas Ancestrales, p. 50 y ss.

los terrenos particulares. Tienen una directiva, la cual funciona regularmente, llevando registro de las actividades y cobrando a cada miembro la cuota fijada en común acuerdo. Esta organización comunitaria es la que define los usos del suelo y autoriza el acceso de actividades de terceros.

El interior de esta comunidad agrícola la caleta Totoral Bajo corresponde a un pequeño asentamiento humano, donde es posible identificar un reducido número de viviendas agrupadas y, hacia la costa, apreciar algunas viviendas aisladas. Constituye la caleta con intervención humana –pescadores-más aislada de la región de Atacama. Este grupo ha constituido un sindicato pesquero que administra un área de manejo en la cual, además de algas, extraen lapas-erizos y locos, mediante la práctica de la pesca de peña (buceo) con arpón o pinche.

5.13.1.4 Dimensión Socioeconómica

a) Producto y producción

La región de Atacama en el cuarto trimestre de 2007, respecto a igual trimestre de 2006, presentó cifras positivas en tres de los indicadores considerados. El INACER tuvo un importante incremento, lo que llevó a la región a terminar el año con un resultado positivo de 6,1% respecto de 2006. Los ocupados también presentaron un crecimiento significativo, mientras que las exportaciones regionales lograron un alza de 81,0%. La inversión extranjera directa materializada, sin embargo, registró una disminución en el período.

El Índice de Actividad Económica Regional de Atacama, en el trimestre de referencia, experimentó un crecimiento de 7,0%, con respecto a igual período de 2006. Por su parte, la variación del promedio acumulado de enero a diciembre de 2007, respecto a igual período de 2006, fue de 6,1%. Los sectores económicos que evolucionaron positivamente en el cuarto trimestre de 2007, en relación a igual trimestre del año anterior, en orden de mayor a menor incidencia en el resultado, fueron: Construcción; Minería, Comercio; Transporte, Almacenaje Comunicaciones; Servicios Financieros; Electricidad, Gas y Agua; y Propiedad de Vivienda. Los sectores económicos que experimentaron una reversión del crecimiento durante octubre- diciembre de 2007, respecto a igual trimestre del año anterior, fueron: Agropecuario- Silvícola; Industria Manufacturera; Otros Servicios y Pesca.

Según estadísticas del Banco Central, el área minera posee una participación muy relevante en el contexto de la producción regional, constituyéndose en el principal sector económico.

Ingresos Municipales e Inversiones Regionales

Dentro del área de ingresos, expresados siempre en miles de pesos chilenos, el presupuesto municipal 2006 ejecutado en la comuna de Alto del Carmen fue de $1.298.608; en tanto que la de Vallenar fue de $4.114.086. Copiapó por su parte tiene un presupuesto municipal muy superior a sus pares, de $9.399.741. Freirina, en tanto solo contó con $1.092.238 y Huasco $1.296.011[37].

Respecto de la planificación regional de inversiones, la estrategia de Desarrollo Regional tiene considerado un presupuesto de inversión de $54.831.819, establecido para el año 2006[38]. Estas iniciativas de inversión estipuladas para el año presupuestario 2006, se congregan en torno a las prioridades regionales establecidas por la Intendencia y los ejes estratégicos del Plan Maestro de Inversiones (PMI).

De la inversión regional y sectorial, se estima que el Gobierno Regional de la Región de Atacama invertirá el 25,7% ($14.101.942), en tanto que el resto (74,3%) será financiado por diferentes ministerios inversores del país[39]. En términos comunales, la inversión estipulada para Alto del Carmen es de $2.692.489, en tanto que para la comuna de Vallenar es de $8.056.218.

b) Trabajo y Empleo

La Población Económicamente Activa (PEA) de la región, de acuerdo al último censo de población, alcanzó a 96.039 personas. Pero de acuerdo a la Encuesta Nacional de Empleo (ENE), para mediados de 2006, la fuerza de trabajo regional habría crecido a 125.530 personas.

[37] Indicadores Sinim, Administración y Finanzas 2005.

[38] Subdere, Gobierno Regional Atacama, Junio 2005. Esta iniciativa de inversión regional, es el resultado de la discusión y planificación coordinada con los diversos sectores del quehacer de la inversión regional, que es considerada como plataforma para la definición de las principales inversiones para el período presupuestario 2006, las prioridades regionales en conjunto con el plan de inversiones PMI que se desprende de los instrumentos de planificación de nivel regional, tales como: la Estrategia Regional de Desarrollo (2001-2006), el Convenio Marco 2004-2006 y los Convenios de Programación vigentes.

[39] Subdere, Gobierno Regional Atacama, Junio 2005: Inversión regional y sectorial 2006.

Vallenar

La población económicamente activa corresponde a un 17,5% de la PEA regional, y en proporción asciende a un 48,97% de la población mayor de 15 años existente en la comuna, llegando a 16.802 personas con 13.396 de ellas ocupadas (79,7% de la PEA). Específicamente, en relación a los desocupados, el censo 2002 indica que existe un 20,26% de desocupación con 3.406 personas, siendo un 15,9% correspondiente a los cesantes. El total de desocupados está compuesto mayoritariamente por personas de entre 15 a 24 años de edad con un 27,1% y de 25 a 34 años con un 27,3%, sin embargo, entre quienes buscan trabajo por primera vez, este porcentaje sube a 69,1% para el rango de 15 a 24 años, lo que expresa que el desempleo golpea con mayor fuerza a la juventud. De acuerdo a la ENE, para el segundo trimestre de 2006 la fuerza de trabajo creció a 20.220 personas, es decir un incremento de 20,3%, mientras que la tasa de desocupación alcanza a 18% con 3.650 personas, manteniéndose muy por sobre los promedios regionales y nacionales. Una razón que atenta contra la reducción de la desocupación es la tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo, que en 1992 era un 48,97% de la población mayor de 15 años, mientras que el 2002 ascendió a un 57,4%.

El Informe de Tendencia de la ENE indica que las tasas de desocupación entre 2004 y 2006 han variado desde un máximo de 18,6% a un mínimo de 9,5%, observándose durante el 2006 una tendencia al alza del orden del 18% (3.650 desocupados con un 83,3% de cesantes[40]).

En cuanto a la distribución de la población por actividad económica, del total de 13.396 personas, un 19% se dedica al comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos. Un 11% a la explotación de minas y canteras (1.474 personas). Un 9% al transporte, almacenamiento y comunicaciones. Un 8% a las actividades de agricultura, ganadería, caza y silvicultura. Un 8% a las actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler. Un 8% a las actividades de enseñanza. Un 7% a la construcción. Un 6% a industrias manufactureras. Un 5% a la administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria. El resto de la población ocupada, que corresponde a un 27%, se dedica a otras actividades de menor importancia en la comuna. La mayor ocupación se relaciona con el comercio, explotación minas, transporte, agricultura, ganadería, silvicultura e inmobiliarias.

[40] Informe Empleo INE, Trimestre Mar – May 2006, INE, 2006.

Con respecto a las actividades silvoagropecuarias, la comuna de Vallenar cuenta con más de 546.000 hectáreas de explotaciones para estos fines. Sin embargo, de ellas solo el 0,8% se encuentran sembradas o plantadas. En materia ganadera, es especialmente importante el ganado caprino con 16.244 cabezas[41].

Alto del Carmen

Su población económicamente activa alcanza un 49,7% de la población mayor de 15 años, ascendiendo a 1.789 personas con 1.527 de ellas ocupadas (85,4% de ocupación). En relación a los desocupados, el censo 2002 indica que existe un 14,6% de desocupación con 262 personas, siendo un 13% correspondiente a los cesantes. De ésta, 99 personas (5,5%) corresponden a mayores de 65 años, lo cual muestra una fuerza de trabajo real de mediano plazo de 1.690 personas. La desocupación está homogéneamente distribuida en tramos de edad, afectando en términos absolutos en mayor medida al grupo de 25 a 34 años con 82 desocupados (31% del total), junto con el grupo de 35 a 44 años con 56 desocupados (21% del total; entre ambos, suman poco más del 50% de la desocupación comunal); mientras que los que buscan trabajo por primera vez (23 personas) corresponden en un 76,7% al rango de 15 a 24 años, es decir jóvenes.

En cuanto a la distribución de la población por rama de actividad económica, del total de 1.527 personas ocupadas, un 56% se dedica a las actividades de agricultura, ganadería, caza y silvicultura. Un 11% al comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos. Un 8% a actividades en torno a la enseñanza. Un 7% a la construcción. Un 4% a actividades de administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria. Un 3% a la explotación de minas y canteras. Un 2% a las industrias manufactureras. Un 2% a servicios sociales y de salud. Un 2% a hogares privados con servicio doméstico. El resto de la población ocupada, que corresponde a un 5%, se dedica a otras actividades de menor importancia en la comuna. Más significativo es el comercio.

Sin embargo, la mayor ocupación claramente se aprecia en las actividades de agricultura, ganadería y silvicultura. Esta actividad tiene una importancia relativa mayor que el resto de las comunas del área de influencia, a excepción de Freirina. En efecto, hay en Alto Del Carmen más de 458.000 de explotaciones, aunque casi el 80% está constituido por terrenos estériles y otros no aprovechables (arenales, pedregales, etc.)[42].

[41] INE-MINAGRI, VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal, 2007, p.309.
[42] INE-MINAGRI, VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal, 2007, p.39.

Por otra parte y aún siendo significativa la agricutura, el número de hectáreas con cultivos asciende a solo el 0,4% de la tierra de las explotaciones. Las cabras destacan con 4.221 cabezas para toda la comuna en 2007[43].

Copiapó

En cuanto a su población económicamente activa, ésta alcanza un 52,67% de la población mayor de 15 años, ascendiendo a 48.860 personas con 41.822 de ellas ocupadas (85,6% de ocupación). Específicamente, en relación a los desocupados, el censo 2002 indica que existe un 14,4% de desocupación con 7.038 personas, siendo un 12,5% correspondiente a los Cesantes, de ésta, 95 personas (1,6%) corresponden a mayores de 65 años. La desocupación está homogéneamente distribuida en tramos de edad, afectando en términos absolutos en mayor medida al grupo de 25 a 34 años con 2.062 desocupados (29,3% del total), junto con el grupo de 35 a 44 años con 1.622 desocupados (23% del total; entre ambos, suman poco más del 52% de la desocupación comunal).

La comuna presenta 41.822 personas ocupadas, donde la distribución de la población por rama de actividad económica es la siguiente: un 19,7% de la población (8.251 personas) se dedican al área Comercio por Mayor y Menor, un 10,8% se dedica a la explotación en minas y canteras (4.502 personas), un 10,1% a actividades inmobiliarias (4.227 personas), un 7,2% a las actividades de agricultura, ganadería, caza y silvicultura (3.011 personas) y un 9,2% a la construcción (3.852 personas). El resto de la población ocupada, que corresponde a un 43%, se dedica a otras actividades de menor importancia en la comuna.

La agricultura aquí solo desempeña un rol complementario, con algo más de 1.000.000 de hectáreas de explotaciones silvoagropecuarias.Y de ellas solo el 0,7% de ese total cuenta con algún cultivo. El escaso ganado existente está representado en las 4.119 cabezas de ganado caprino[44].

Freirina

La población económicamente activa de esta comuna alcanzó a 46,93%, de las cuales un 82,09% corresponde a ocupados. De ellos, entre los cuales el grupo etarieo 35 a 44 años comprende a 440 personas equivalentes a 28,83% de las personas ocupadas, en segundo

[43] INE-MINAGRI, VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal, 2007, p.39.
[44] INE-MINAGRI, VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal, 2007, p.39.

lugar se ubica el grupo entre 25 a 34 años con 389 personas que corresponden a un 25,49%. Los cesantes corresponden a un 14,89% a cesantes (276 personas), de ellos un importante número corresponde a personas entre 25 y 34 años (76 personas) 27, 54% y en el grupo 35 a 44 años se encuentra el 23,91% (66 personas) y en el grupo entre 15 y 24 años el 22,83% (63 personas, es decir que la población cesante de la comuna se encuentra formada principalmente por jóvenes y adultos jóvenes. Las personas que buscan trabajo por primera vez alcanzan un 3,06% (57 personas) de las cuales un 78,95% corresponde a personas entre 15 a 24 años, es decir jóvenes.

Freirina presenta 1.526 personas ocupadas mayores de 15 años. De ellas un 22,74% se dedica a agricultura, ganadería, caza y silvicultura (347 personas), un 12,4% se dedica a comercio al por mayor y al por menor (189 personas); reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos, un 8,9% se dedica a Construcción (136 personas), un 7,9% se dedica a Pesca (120 personas), un 7,4% se dedica a Explotación de minas y canteras (113 personas). El resto de la población ocupada, que corresponde a un 40,7%, se dedica a otras actividades de menor importancia en la comuna.

La agricultura es, en efecto, la actividad más importante de la comuna en relación con la ocupación de las persona, y hay más de 586.000 hectáreas de explotaciones agropecuarias con tierra. Aún así, la superficie sembrada alcanza a solo un 0,1% de esas hectáreas, y donde destacan los olivos. El ganado caprino, con más de 6.900 cabezas, destaca entre las actividades ganaderas[45].

Huasco

En la comuna de Huasco un 84,52% de la población mayor de 15 años corresponde a la población económicamente activa (2.462 personas). De ellas, un 30,22% se ubica en el grupo etario de 35 a 44 años. La población cesante alcanzó a 13,04% y corresponde principalmente al grupo adulto joven, entre 25 y 34 años, con un 30% (114 personas) le sigue el grupo entre 35 a 44 años con un 26,32% (100 personas). Un 66,58% corresponde a cesantes hombres (253 personas). Las personas mayores de 15 años que buscan trabajo por primera vez son un 2,44% (71 personas), la mayor parte corresponde a jóvenes entre 15 y 24 años 66,20% (47 personas). En el grupo que busca trabajo por primera vez predominan las mujeres con un 61,97% (44 personas).

[45] INE-MINAGRI, VII Censo Nacional Agropecuario, 2007, pp. 39 y 309.

En Huasco la población ocupada mayor a 15 años alcanzó a 2.462 personas. De ellas, un 11,8% se dedican a Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos (291 personas), un 10,2% se dedica a construcción (250 personas), un 8,9% se dedica a pesca (219 personas), 8,7% se dedican a agricultura, ganadería, caza y silvicultura (214 personas). El resto de la población ocupada, que corresponde a un 60,4%, se dedica a otras actividades de menor importancia en la comuna.

En Huasco, la agricultura solo desempeña un rol complementario, con casi 120.000 hectáreas de explotaciones silvoagropecuarias.Y de ellas, solo el 0,8% del total cuenta con algún cultivo. Las 1.335 cabezas carpinas[46], a pesar de ser el ganado predominante, es el menor número de las comunas de la provincia del Huasco.

c) Ingresos de Hogares

El año 2006, los ingresos monetarios de los hogares de la Región de Atacama, se estimaron en $656.093. Dicho valor considera ingresos autónomo del hogar más subsidios que otorga el Estado. A nivel nacional, el ingreso monetario para el mismo año fue de $620.475, es decir que la Región, se sitúa levemente por sobre el valor medio nacional. En la Encuesta Casen 2003, el ingreso monetario medio de la Región alcanzó a $396.208 y a nivel nacional fue de $540.575, esta situación presenta una mejoría de los ingresos monetarios de los hogares a nivel nacional y regional.

Los ingresos medio de las comunas en estudio (mediana estadística), se sitúan por debajo del promedio regional para el año 2006, tal como puede apreciarse en el siguiente cuadro.

Cuadro 5.13-3
Ingreso promedio y mediana comunas de estudio

Región Comunas	Ingreso autónomo	Ingreso con subsidio	Ingreso ocupación principal del hogar
Copiapó	524.564,5	551.945,0	357.540,0
Vallenar	464.745,0	489.850,0	292.900,0
Alto del Carmen	343.980,0	371.587,0	218.160,0
Freirina	380.187,0	431.732,0	230.280,0

[46] INE-MINAGRI, VII Censo Nacional Agropecuario, 2007, p. 39.

Región Comunas	Ingreso autónomo	Ingreso con subsidio	Ingreso ocupación principal del hogar
Huasco	457.863,0	482.743,0	291.890,0

Fuente: elaboración propia, en base a datos de la Encuesta Casen 2006.

En cambio, de acuerdo a la Encuesta Casen de 2003, los ingresos promedios según la ocupación principal y categoría ocupacional, señala que el empleador y/o patrón obtiene solo ascendían a $594.000; Fuerzas Armadas $318.787; Trabajador por cuenta propia $ 246.172; Obrero o empleado: $ 220.602 y Servicio doméstico: $ 73.513. En todas las categorías ocupacionales, los hombres reciben ingresos más altos en comparación a las mujeres[47].

Los ingresos promedios de la ocupación principal según rama de actividad económica, indican que la población que tiene una ocupación en la explotación de minas y canteras, recibe en promedio, los ingresos más altos ($350.576). En tanto, la agricultura, caza, silvicultura y actividades no bien especificadas generan un ingreso más bajo, alcanzando $150.163 y $95.000 respectivamente.

5.13.1.5 Dimensión del Bienestar Social

a) Perfil Biomédico

A continuación se presentan los principales indicadores biomédicos del área de estudio.

- ***Tasa de Natalidad y Mortalidad***

La tasa de natalidad regional del año 2003, es de 15,2 (Ver Cuadro 5.13-4), presentando una disminución respecto a periodos anteriores. Copiapó se presenta como la comuna que presenta una natalidad superior a la regional y a las otras comunas, lo cual se ha manifestado igual durante los últimos periodos. Vallenar presenta un 15,86, tasa similar a la regional, seguida por el Huasco con un 14,49 y luego por Freirina con 11,87. Alto del Carmen ha disminuido su tasa considerablemente (6,73), siendo muy inferior a la regional y la menor entre las comunas de estudio.,

La tasa de mortalidad regional del año 2003 fue de 3,68, y la comuna de estudio que presenta una menor tasa es Copiapó (4,16), en cambio Alto del Carmen presenta

[47] Encuesta Casen, noviembre 2003.

mayores índices con una tasa de 5,80, la cual es superior a la del periodo 2001. Freirina se ubica en el segundo lugar (4,23) seguida, luego, por Vallenar (4,42).

Cuadro 5.13-4
Índices de Natalidad (nacidos vivos por 1.000 habitantes) en la Región y Comunas

Indicadores Región y Comunas	Natalidad 1995	Natalidad 1997	Natalidad 1999	Natalidad 2001	Natalidad 2003
Región Atacama	20,63	18,08	18,16	17,42	15,21
Copiapó	22,63	19,95	21,10	19,60	17,33
Vallenar	19,23	18,01	17,50	15,90	15,86
Alto del Carmen	14,89	11,92	12,30	18,80	6,73
Freirina					11,87
Huasco					14,49

Fuente: Servicio de Salud Atacama, 2003.

Cuadro 5.13-5
Índices de Mortalidad (defunciones por 1.000 habitantes) en la Región y Comunas

Indicadores Región y Comunas	Mortalidad 1995	Mortalidad 1997	Mortalidad 1999	Mortalidad 2001	Mortalidad 2003
Región Atacama	4,30	4,40	4,10	4,09	3,68
Copiapó	4,35	4,77	4,23	4,38	4,16
Vallenar	5,41	5,00	5,12	5,24	4,42
Alto del Carmen	5,11	5,85	6,40	5,19	5,80
Freirina	S/I	S/I	S/I	S/I	4,23
Huasco	S/I	S/I	S/I	S/I	5,09

Fuente: Servicio de Salud Atacama, 2003.

- ***Defunciones y Causas de Muerte***

Dentro de las cinco grandes causas de muerte a nivel regional, la tasa más alta se encuentra en decesos por sistema circulatorio (90,31), y la menor corresponde a sistema digestivo (19,53). Asimismo, dentro de las cinco causas específicas, se ubica las enfermedades cerebrovascular (31,73) y en menor frecuencia las de suicidio (8,02).

Complementariamente, el Ministerio de Salud el Servicio de Salud Atacama presenta las siguientes estadísticas de salud sobre mortalidad en la región[48]:

- Tasa de mortalidad infantil regional fue de 7,11. A nivel comunal, en Copiapó fue de 7,4, en Vallenar 4,81, Alto del Carmen 15,83, Huasco 8,56. Se desconoce el dato para Freirina.
- La mortalidad de 20 a 64 años para ambos sexos a nivel regional (tasa por 100.000 hbts.) fue de 80,08. En Copiapó fue de 78,83, en Vallenar alcanzó a 84,81, en Alto del Carmen fue de 142,35, en Freirina alcanzó a 2231,48 y en Huasco llegó a 216,45.
- A nivel regional la tasa de mortalidad en el grupo de 20 a 64 años, la mayor recurrencia se debió a Tumores Malignos con 62,89, en segundo lugar se registraron las Enfermedades Cardiovasculares 40,08 y en tercer lugar Traumatismos y Envenenamientos con 39,46.
- A nivel comunal la mortalidad en el grupo de 20 a 64 años, la primera causa corresponde a Tumores Malignos entre un 92,61 en Vallenar hasta 64,88 en Copiapó. En el caso de Freirina, se presenta en el mismo primer lugar Enfermedades Cardiovasculares.
- La proporción de embarazadas adolescentes (0-19 años) con control, para el año 2004 fue entre un 33,16 y 27,79, más alto que el valor regional, con un 25,58.

b) Sistema de Salud[49]

En la Región de Atacama, la adscripción a los sistemas de salud es el siguiente[50]:

- Fonasa: 76,1%;
- Isapres: 12,6%; y
- Particular: 10,1%.
- Sin datos: 1,2%

A nivel comunal la población se adscribe a los sistemas público y privado. La participación en el sistema público de salud (Fonasa) es mayoritaria en las comunas de Alto del Carmen y Vallenar. En Alto del Carmen, existen 3.842 personas inscritas en Fonasa, las que representan el 79% de la población comunal. En Vallenar, los beneficiarios de Fonasa constituyen un total de 30.970 personas que equivalen al 65% de

[48] www.minsal.cl
[49] Información complementaria en este mismo EIA, sección de Medio Construido, acápite 5.14.1.1 Recursos de Salud.
[50] MIDEPLAN, División Social, Departamento de Información social, Encuesta CASEN 2003.

la población comunal. El 35% restante es beneficiario de otros sistemas[51]. En Copiapó hay 85.287 personas inscritas en Fonasa, el restante es beneficiario de otros sistemas. [52]

En relación con la oferta de salud privada en la región, el Boletín de la Superintendencia de Isapres (compendio diciembre 2004), señala que existen nueve isapres con 12.826 inscritos.

c) Sistema de Educación

- ***Niveles Educacionales***

Respecto de los niveles educacionales, el 96,4% de la población de la región de Atacama es alfabeta. La condición de alfabetismo por sexo a nivel regional, es superada levemente por hombres. La población analfabeta regional es de 3,6%. La población masculina muestra en la región un 3,59% de analfabetismo y la femenina un 3,6%.

A nivel de las comunas estudiadas, Copiapó tiene un 97,3% de alfabetismo, manteniendo los mayores porcentajes respecto a las otras comunas y la región de Atacama. La comuna de Vallenar presenta un 94,6% de alfabetismo. A nivel de las comunas estudiadas, Alto del Carmen presenta un 87,5% de alfabetismo. Freirina tiene un 92,91% y Huasco un 96,03% de alfabetismo. Respecto de la comuna de Vallenar la población bordea el 94,6% de alfabetismo y un 5,4% de analfabetismo. Copiapó tiene un 97,3% de alfabetismo, manteniendo los mayores porcentajes respecto a las otras comunas y la región de Atacama.

En relación con la población masculina y femenina de cada comuna, no existen brechas estadísticas. Las comunas de Vallenar y Freirina presentan mayores niveles de alfabetismo en mujeres 51,9% y 50,22% respectivamente. En general la población masculina de las áreas turales presenta mejores niveles de educación que la población femenina.

- ***Escolaridad y Nivel de Instrucción***

La región de Atacama tiene una población de 232.838 personas con 5 años o más de edad. De ellas, 40.136 personas que representan un 17,23%, es la mayor parte de la población que alcanza 12 años de estudios aprobados. Copiapó, con una población de 118.101 de 5 años o más, tiene un 17,2% de la población con 12 años de estudios

[51] Departamento de Salud, Comuna Vallenar: febrero 2006. Mineduc, Minsal, INE, Fuentes Propias, año 2004.
[52] Fuente: Mineduc, Minsal, INE, Fuentes Propias. 2005.

aprobados (20.349 personas). La comuna de Vallenar, tiene una población de 44.121 personas de 5 años o más de edad, de ellas, 7.371 persona (17%) tiene 12 años de estudios aprobados. El grueso de la población de la comuna Alto del Carmen, agrupa a 594 personas (13,27%) con ocho años de estudios aprobados. Freirina tiene una población de 5 años y más de 5.209 personas, de ellas un 13,86% alcanzó 12 años de escolaridad (722 personas) y Huasco del total de 7.302 personas mayores de 5 años, un 18,20% cumplió con 12 años de escolaridad.

El promedio de escolaridad de las comunas en estudio es de 10,11 años en Copiapó, en Vallenar es 9,05 años, en Alto del Carmen 6,57 años, en Freirina 7,88 años y Huasco 9,07 años[53].

- ***Alumnos y establecimientos en el Sistema Educacional[54]***

La cobertura educacional municipal de Copiapó en el año 2006 fue de 55,86%, mientras que la de Vallenar fue de 83,67%. La comuna de Alto del Carmen es de un 81,31%. Freirina tiene una cobertura de educación 79,28% y Huasco de 78,40%., mientras que la de Vallenar tiene de 81,19% (1,46% menos) y Copiapó 66,95%. Respecto al porcentaje de asistencia escolar, la región tiene un promedio de 90%. En términos comparativos, la comuna de Vallenar tiene más alumnos asistiendo a las aulas de clases seguida por la comuna de Copiapó (92,21% y 90,10% respectivamente), en tanto la comuna de Alto del Carmen posee tan solo 82,65% de asistencia escolar[55].

El número total de matriculados en la región fue de 69.590 alumnos, de los cuales corresponden a las comunas de Copiapó, Vallenar y Alto Del Carmen 54204 alumnos. El sistema municipal es la instancia que agrupa a la mayoría de los alumnos matriculados en las comunas, luego el particular subvencionado, y en menor proporción el particular pagado.

Sumando las comunas de estudio, en el año 2005 existía un total de 91 establecimientos (colegios) que impartían enseñanza primaria, el 39,6 % de ellos se localizaba en la comuna de Copiapó. Respecto de la enseñanza media, en el mismo año se contabilizaron a nivel regional 20 liceos. Sólo uno de ellos se localizaba en la comuna de Vallenar, e impartía enseñanza técnica en electricidad, mecánica automotriz, mecánica industrial, construcciones metálica, administración, ventas, contabilidad y secretariado. En la

[53] Indicadores Sinim, 2006, 2007.
[54] Información complementaria en este mismo EIA, sección de Medio Construido, acápite 5.14.1.2 Establecimientos Educacionales.
[55] Indicadores Sinim, 2006. Mideplan, División Social, Encuesta CASEN 2003, con factores de expansión en base a CENSO 2002.

comuna de Alto del Carmen no han existido liceos. En Freirina en el año 2007 se contabilizaron dos liceos, uno de ellos específicamente para adultos y en el mismo año, para Huasco, se contabilizó un liceo y una escuela privada con educación secundaria.

d) Vivienda y servicios[56]

De acuerdo a las últimas estadísticas en la región (Censo 2002), el total de viviendas asciende a 79.012. De ellas, existe un 85% en calidad de ocupadas. Copiapó presenta un 91% de viviendas ocupadas, en tanto que Vallenar tiene 90,90%. Por su parte Alto del Carmen tiene un 74,91% de viviendas ocupadas, Freirina 82% y Huasco 74% de viviendas ocupadas.

Sobre el origen del alumbrado eléctrico y origen del agua de la región (considerando área urbana y rural), el último censo de población y vivienda señala que de las viviendas particulares ocupadas en la región, en un 95,7% están conectadas a la red pública de agua potable y poseen energía eléctrica. De las viviendas conectadas a la red de agua potable, un 3,44% no tiene energía eléctrica. Un 4,17% de las viviendas en la región, no tienen agua potable y de ellas, un 41,12% no tienen electricidad.

De acuerdo a los datos de la Encuesta Casen, el 66% de los hogares de la región de Atacama, tendría buena calidad en la vivienda, en tanto que un 15%, se encontraría en estado deficitario. El 88% de los hogares de la región, consideran bien saneada la vivienda, en tanto que un 3,2% la señala deficitaria. Un 99% señala la categoría de no hacinamiento en las viviendas de la región.

Respecto a la eliminación de excretas, la región tiene un 92,3% de viviendas conectadas a alcantarillado, y solo un 6,7% con cajón sobre pozo negro. El resto corresponde a un 0,5%. Un 1,2% de las viviendas de la región no tiene servicio higiénico. En Copiapó, un 97,2% de las viviendas están conectadas a alcantarillado y un 2,7% están conectadas con cajón sobre pozo negro, todas las viviendas disponen de sistema de servicio higiénico. En Vallenar los indicadores de saneamiento se aproximan a los regionales, con un 91,8% de viviendas con alcantarillado, un 6,5% con cajón sobre pozo negro y un 0,9% son viviendas que aún no tienen servicio higiénico. En contraste, en Alto del Carmen hay 50,5% de viviendas con cajón sobre pozo negro y solo un 34,6% con alcantarillado, en tanto que un 4,1% no tiene servicio higiénico. En Freirina un 67,4% de las viviendas se

[56] Información complementaria sobre este tema, en este mismo EIA, en la sección de Medio Construido, 5.14.1.3 Infraestructura y servicios sanitarios. También 5.14.2 Servicio Eléctrico.

encuentran conectadas a alcantarillado, un 27% utiliza pozo negro, un 3,8% no tiene servicio higiénico, y el resto utiliza fosa higiénica. En el caso de Huasco el 84,7% de las viviendas se encuentran conectadas al alcantarillado, el 12,7% utiliza pozo negro, 1,4% no tiene servicio higiénico y el resto usa fosa séptica.

- **Tenencia de la vivienda y hogares**

A nivel regional, el censo 2002 señala que de 65.581 viviendas particulares ocupadas, prima con un 54,2% la Propia (pagada totalmente); mientras que son menos las viviendas que tienen la condición de Gratuita (5,4%). Respecto de las comunas en estudio, Copiapó tiene 52,4% de viviendas particulares ocupadas Propia (pagada totalmente) y un 4,2% en condición gratuita Vallenar, es una comuna que tiene un 5,4% de viviendas gratuitas y un 61,07% de viviendas en condición de Propia (pagada totalmente), y es comparativamente superior a la región e inferior a la comuna de Alto del Carmen. En esta última comuna el 72,16% tiene vivienda propia, en tanto que existe un 1,6% de viviendas en condición de Propia (pagada a plazo). Por su parte Freirina presentan un 72,8% de viviendas propias pagadas totalmente, un 3,6% de viviendas que se encuentran en proceso de pago, un porcentaje de 6,5% corresponde a viviendas arrendadas, cedida por trabajo un 6,2% y gratuita un 10,9%. En Huasco un 66,8% corresponde a viviendas propias y solo un 9,6% son viviendas propias en proceso de pago, las viviendas arrendadas son un 9,9% y las cedidas 7,0%, un 6,7% corresponde a viviendas gratuitas. [57]

En la región de Atacama y en las comunas de Alto del Carmen, Vallenar y Copiapó, prima la modalidad de un hogar por vivienda: 90,93%, 95,66%, 90,93% y 95,7% respectivamente. En Freirina y Huasco se repite dicha modalidad, con 98,4% y 97,6%. Comparativamente, el mayor porcentaje de aquellas viviendas que tienen dos hogares, se presenta en la comuna de Vallenar y Copiapó con un 7%, Alto del Carmen con 4%, Freirina con un 3,1% y Huasco con un 3,7%.

e) Seguridad

Tradicionalmente, Atacama y sus comunas ha sido considerada como una región tranquila y ajena a los temas delictivos que caracterizan a las grandes ciudades. En efecto, atendiendo a delitos de mayor connotación social, puede apreciarse que los que allí se producen representaban en 2007 el 1,3% del total nacional que, además, es menor al 1,6% que representaban en 2001.

[57] INE. XVII Censo de Población y VI de Vivienda, 2002.

Por otra parte, del total de 5.946 delitos de mayor connotación social de la región, casi el 76% se generan en la provincia de Copiapó y, además, el 65 %, específicamente en la comuna de Copiapó y, presumiblemente, casi todos ellos en la ciudad de Copiapó. Pareciera, entonces, tener muy poca importancia el 14,5% de este tipo de delitos que se registran en la provincia de Huasco y menos aún los 35 delitos de mayor connotación de Alto del Carmen, que representan solo el 0,5% del total regional. Sin embargo, se aprecian variaciones porcentuales en las comunas del área de estudio entre 2006 y 2007 que, en todos los casos, están por sobre los promedios nacionales y, salvo la comuna de Copiapó, sobre los regionales. Ahora bien, estos resultados se relativizan, si se aprecia la baja registrada en este tipo de delitos en los años anteriores, en especial, para el lapso comprendido entre 2003 y 2006.

f) Niveles de Pobreza

- ***Población por Línea de Pobreza[58]***

El índice de pobreza de la región fue de es de 24,85% de acuerdo a la encuesta Casen 2003, porcentaje que bajó a 10,5% en la Casen 2006. Por lo tanto, el total es de 64.122 personas en condición de pobreza.

Copiapó tiene un 12,0% de pobres, donde un 8,4% es pobre no indigente y un 3,6% de indigentes. El índice en la comuna de Vallenar es de 7,8%; un 6,63% es pobre no indigente y un 1,2% es indigente. El índice de pobreza de la comuna Alto del Carmen es de un 1,4%, que considera pobreza no indigente. Freirina presenta un 3,7% de pobreza, que se reparte en 3,1% como pobreza no indigente y 0,6% de indigencia. Huasco, presenta 7,8% de pobreza, con 7,3% de pobres no indigentes y 0,6% de pobres indigentes.

- ***Perfil del Desarrollo Humano***

El desarrollo humano es entendido como el proceso de expansión de las capacidades de las personas que amplían sus opciones y oportunidades y es medido desde 1990 por el

[58] Población según línea de pobreza, corresponde a los hogares que se clasifican en indigentes o pobres no indigentes de acuerdo al método de la Línea de Pobreza, el cual consiste en un límite de acuerdo al ingreso percibido por el hogar. Si el ingreso no permite adquirir una canasta alimentaria mensual per cápita se reconoce como indigentes a las personas que residen en dichos hogares.
La línea de pobreza para las zonas urbanas se obtiene duplicando el valor de la línea de indigencia, en tanto que en las zonas rurales se calcula incrementando en 75% el presupuesto básico de alimentación. Los hogares cuyos ingresos están por debajo de estas líneas, están en condiciones de satisfacer sus necesidades alimentarias pero no el conjunto de necesidades básicas, y se definen como "pobres no indigentes".

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), a través del Índice de Desarrollo Humano (IDH[59]).

En el ranking comunal, Vallenar se encuentra en el lugar N° 67 entre 341 comunas, mientras que Alto del Carmen se encuentra ubicada en el lugar N° 205, casi en el último tercio de las comunas menos desarrolladas. El IDH para Vallenar es de 0,651, el cual se encuentra bajo los promedios regionales y nacionales. Cuenta con promedios levemente bajo en las dimensiones de salud y educación, respecto a la media regional, siendo solamente en la dimensión ingresos algunas centésimas sobre el promedio regional. El IDH para Alto del Carmen es de 0,664, muy por debajo del promedio regional, lo cual le implica ser la comuna de más bajo desarrollo humano de Atacama. Ha retrocedido 37 puestos luego de la última medición, mientras que las dimensiones educación e ingresos se encuentran también bastante bajos los promedios regionales. La comuna de Huasco, a su vez, presenta un retroceso de 11 puestos, respecto al ranking anterior, situándose en el Nº 146, un poco más arriba de Freirina que se sitúa en el número 149.El IDH de Copiapó es de 0,725, ubicada en el Nº 78 del ranking, con igual promedio al nacional.

5.13.2 Dimensiones del Medio Humano: Nivel Local

Esta sección es complementaria con la anterior y, en diversos puntos, presenta información similar. La diferencia estriba en que, en tanto que aquella aborda el área de estudio del medio humano de modo global, con datos preferentemente regionales y comunales, en ésta se privilegia la información local, más próxima a las áreas de intervención.

5.13.2.1 Dimensión Geográfica

Espacialmente, los grupos humanos vinculados directa o indirectamente al Proyecto El Morro, se organiza en los siguientes sectores:

1. ***Junta de Valeriano (Sector próximo a la implantación de obras mineras)***: corresponde al sector en el cual se encuentran los grupos humanos ubicados próximos a la zona en la cual se desarrollarán obras significativas del Proyecto (área Mina – Planta). Corresponde a territorios ocupados tradicionalmente por crianceros quienes practican una ganadería transhumante, en su mayor parte pertenecen a la localidad de Junta de Valeriano u otras próximas, donde tienen su vivienda permanente, en la comuna de Alto del Carmen.

[59] La interpretación de este indicador señala que el rango de desarrollo de una comunidad específica oscila entre 0 y 1, siendo más cercano a 1 un nivel más alto de desarrollo.

2. ***Huasco Alto (Sector camino acceso, primera fase, etapa de construcción)***: Considera a los pueblos y localidades del Huasco Alto. Se relaciona con el sector anterior, pero ocupa un lugar periférico y distante, hacia el sur del Área de Mina-Planta. Se ubica aguas arriba del pueblo Alto del Carmen, por el río Del Tránsito en dirección hacia el oriente, los cuales se indican en el Plano 5.24 de Asentamientos Humanos. Corresponde a asentamientos que se ubican en las márgenes del río Del Tránsito y camino público que comienza en Alto del Carmen y llega hasta Junta de Valeriano. El tramo de este camino ubicado entre Alto del Carmen y Chanchoquín, será utilizado para el transporte durante la primera fase de la etapa de construcción. Este sector, ubicado en la Comunidad Agrícola Estancia Huascoaltinos, pertenece a la comuna de Alto del Carmen.

3. ***Hacienda Jarillas - Totoral (Sector de emplazamiento de obras lineales y Planta Desalinizadora)***: Comprende a las localidades próximas a las obras correspondientes al emplazamiento del camino minero (operación), líneas eléctricas, tubería de agua desalinizada y concentraducto, Planta Desalinizadora y Planta de Filtros. A lo largo de estas obras se ubican unos pocos asentamientos humanos, tales como Hacienda Jarillas, Totoral y caleta Totoral, estas últimas a través del camino C-416, en la Comunidad Agrícola Totoral, comuna de Copiapó.

4. ***Freirina-Huasco (Ruta que será utilizada para el transporte de concentrados):*** Considera sectores aledaños a la ruta 5 Norte, Panamericana Norte, a partir de la Planta de Filtros que estará ubicada en el sector de Posada Algarrobal. Sigue hacia el sur, comuna de Vallenar, y desde allí continúa por la ruta C-46, hasta el puerto de Huasco, completando 101,3 km. A lo largo de esta franja de transporte, se atravesará por áreas urbanas de Freirina y Huasco, así como otras localidades de esas comunas y la de Vallenar.

- **Acerca del Junta de Valeriano (Sector próximo a la implantación de obras mineras**

En el área donde se emplazarán las obras del Proyecto El Morro (mina, depósitos, depósito de relaves, entre otros) se observa la presencia, durante la temporada estival, de grupos de crianceros, que pertenecen a la Comunidad Agrícola Estancia Huascoaltinos, muchos de ellos auto-adscritos a los diaguitas. Algunos de ellos, ocupan las vegas del sector como majadas, nombre que los crianceros dan al ganado y particularmente a la relación ganado-ruco-espacio geográfico que tiene pisos y nichos

ecológicos diversos para el desarrollo del pastoreo[60]. Los rucos corresponden a estructuras ocupadas para pernoctar que son enclaves fijos y de uso temporal característicos en las actividades transhumánticas de pastoreo estacional[61]. Los pisos ecológicos corresponden a la gradiente altitudinal y los nichos son lugares donde se concentran recursos valorados, en este caso, por los crianceros huascoaltinos.

Estos sectores conocidos como majadas albergan a pastores, sus familias y ganado, por encontrarse en ellos pastos y abrevaderos suficientes para la alimentación de sus animales y condiciones que permiten la habitabilidad temporal.

Si bien en marzo de 2006 se hizo una visita al área, en la que se identificaron familias y construcciones, es importante destacar que entre los días 1 y 4 de abril de 2008 se realizó un nuevo reconocimiento en el área de la vega de quebrada Larga, tal como se aprecia en el Cuadro 5.13-6, en la que se identificó las familias que actualmente ocupan sectores.

Cuadro 5.13-6
Hallazgos de Terreno Asociados a Crianceros que actualmente ocupan sectores en Quebrada Larga 2008

Puntos	Ubicación	Características
1	Elevación: 3.705 m s.n.m. Coordenadas: 19J0408873 UTM: 6829432	Carmen Rojas e Ibar Villegas Avelino Campillay[62]. Deshabitada al momento de visita.
2	Elevación: 3.542 m s.n.m. Coordenadas: 19J0407163 UTM: 6829140	Briceida Elba Cayo Bordones y Silvio Bordones. Deshabitada al momento de visita.
3	Elevación: 3.454 m s.n.m. Coordenadas: 19J0405809 UTM: 6828825	Carmen Rojas e Ibar Villegas. Deshabitada al momento de visita.
4	Elevación: 3455 m s.n.m. Coordenadas: 19J0403641	Carmen Rojas e Ibar Villegas. Habitada al momento de visita

[60] Véase Foto 1 del Anexo A del Apéndice 5 J.
[61] Véase Foto 2 del Anexo A del Apéndice 5 J.
[62] Dada su avanzada edad y según los informantes entrevistados, Don Avelino no se encuentra pastoreando en Quebrada Larga.

Puntos	Ubicación	Características
	UTM: 6827509	
5	Elevación: 3.262 m s.n.m. Coordenadas 19J0403568 UTM: 6826694	Briceida Elba Cayo Bordones y Silvio Bordones. Habitada al momento de visita.

Fuente: Elaboración Propia.

La forma de intervención de las vegas es variable de año en año. En efecto, depende de la abundancia, escasez y calidad de los pastos y del agua, razón por la cual es posible encontrar rucos activos y otros temporalmente abandonados.

5.13.2.2 Dimensión Demográfica y Educacional

- ***Junta de Valeriano***

Junta de Valeriano corresponde a un asentamiento humano conformado por un caserío que lleva el mismo nombre, una parcela-hijuela denominada Matancilla en la cual no se registró población y dos asentamientos correspondientes a Veranada-Majada-Aguada ellos son quebrada La Cruz y quebrada Maray, en total agrupa a 9 personas. En el caserío Junta de Valeriano, principal entidad poblada, se estimó un total de 102 personas, 50% de hombres y 50% de mujeres, repartidas en 31 viviendas[63]. La falta de trabajo permanente y los obstáculos en el acceso a la educación secundaria y superior ha llevado a la emigración de la población joven.

La población, mayoritariamente se auto adscribe a la etnia diaguita al igual que en los pueblos correspondiente a Huasco Alto.

En relación a los niveles educacionales, un 17,9% (17 personas) nunca asistió a ningún tipo de enseñanza, el 3,2% (3 personas) cursaron hasta pre-básica, 63,2% (60 personas) cursaron solamente enseñanza básica, 13,7% (13 personas) cursaron hasta enseñanza media, y sólo el 2,1% (2 personas) cursaron la enseñanza superior.

[63] Información recogida en terreno.

- ***Huasco Alto***[64]

La población total de la comuna de Alto del Carmen, para el año 2002 ha sido estimada en 4.840 personas. La población comprendida por los pueblos ubicados en torno al río Del Tránsito corresponde a 2.387 personas, lo cual equivale a un 49,32% de la población comunal (no se considera Junta de Valeriano).

En relación a diferenciaciones por sexo, es posible encontrar mayor proporción de mujeres en el grupo de menores de 0 a 14 años y en el estrato de adulto mayor de 65 años. En este último se hace evidente la mayor longevidad de las mujeres, ya que en todas las localidades se encuentran más mujeres que varones.

En relación a los niveles educacionales la Tabla 5.32 presenta información para la población de 5 años y más, donde el 4,1% (35 personas) nunca asistió a ningún tipo de enseñanza, el 7,1% (61 personas) cursaron hasta pre-básica, 0,5% (4 personas) cursaron enseñanza especial/diferencial, 53,2% (459 personas) cursaron enseñanza básica, 25,2% (217 personas) alcanzaron hasta la enseñanza media, un 3,4% (29 personas) recibieron formación técnico-profesional y 6,6% (57 personas) cursaron la enseñanza superior.

- ***Hacienda Jarillas***

En el territorio que ocupa la estancia, se encuentra la casa de la Estancia, en la cual permanece un matrimonio de cuidadores. Los dueños de la propiedad viajan los fines de semana, o bien, cuando hay pasajeros pernoctando en las dependencias de ésta.

Otros asentamientos humanos existentes dentro de la propiedad son El Donkey y Merceditas. De los cuales no se tiene información sobre la estadística poblacional. En terreno se pudo observar cuatro casas en el sector agrupadas en torno a la sede de la junta de vecinos El Donkey y luego, viviendas aisladas cercanas al camino C-455, desde su inicio en la panamericana hacia el interior.

- ***Totoral***

Las entidades pobladas, ubicadas en Totoral, insertas en el área de influencia del Proyecto, alcanzan un total de población de 123 personas. En Totoral, asentamiento que presenta mayor cantidad de población se estima una población de 69 personas, 38 hombres y 31 mujeres; quienes habitan en 15 viviendas. En Perales se contabilizan 13

[64] Corresponde, como se dijo, al sector ubicado en las riveras del Río El Tránsito, aguas arriba de "la Junta del Río El Carmen" y hasta la Junta de Valeriano.

personas, 8 de sexo masculino y 5 de sexo femenino, quienes habitan en 10 viviendas. En la Caleta Las Torres (Caleta Totoral Bajo) se contabilizaron cuatro (4) personas, en el censo del 2002. En el reconocimiento de terreno realizado, se pudo observar un número mayor de habitantes, 6 a 7 pescadores, que con sus respectivas familias alcanzan a 21 personas.

En relación a los niveles educacionales, el 9,6% (8 personas) nunca asistió a ningún tipo de enseñanza, el 1,2% (1 persona) cursó hasta pre-básica, 66,3% (55 personas) cursaron enseñanza básica, 21,7% (18 personas) alcanzaron hasta la enseñanza media, y 1,2% (1 persona) recibió formación técnico-profesional.

- ***Ruta del Transporte del Concentrado por Camiones***

La ruta de transporte se puede subdivir en tres sectores. El primero corresponde a los asentamientos ubicados a los costados de la ruta 5 Norte. Se caracterizan por su escasa población, que de acuerdo a la información del Censo 2002 es de 30 personas. La Parcela Marañón presenta mayor cantidad de personas (16). El segundo lugar lo ocupan los asentamientos de la ruta C-46, correspondiendo, en general, a asentamientos de tipo rural, salvo el área urbana de Freirina. En total, se estima que la población de esta área es de alrededor de 5.692 personas, los lugares que concentra población corresponden al pueblo Freirina, los caseríos Buena Esperanza, Maitencillo, Nicolasa; así como las aldeas Maitencillo y Vicuña Mackenna. En tercer lugar se encuentra la ciudad de Huasco, corresponde al asentamiento mayor con alrededor de 6.252 personas.

5.13.2.3 Dimensión Sociocultural

- ***Los Diaguitas***

La mayoría de la población del área de influencia del Proyecto se autoidentifica como descendiente de diaguitas del valle del río Huasco[65] y se caracterizan por el uso de los recursos naturales existentes en sus territorios, para el desarrollo de sus economías domésticas, y en donde es característico el pastoreo del ganado en la cordillera, mediante el traslado de sus animales hacia sectores donde existen campos de engorda (Ver Plano 5.25).

Existe abundante documentación de los diaguitas que arroja luz sobre el sentido de pertenencia identitaria, el cual en los años recientes viene cobrando fuerza y es conocido

[65] Como se dijo, véase el Diagnóstico Sociocultural de la Etnia Diaguita en la III Región de Atacama, Molina Otarola, R. (et Al), Grupo de Investigación TEPU, 2005

como proceso cultural de etnogénesis, cuya importancia radica en el reconocimiento de la identidad a partir de la propia comunidad[66]. El resultado de este proceso, fue la promulgación durante agosto del año 2006, de la Ley 20.117, que reconoce a la etnia diaguita como pueblo originario de Chile, lo cual permitirá que estas comunidades ejerzan los derechos que la misma contempla.

En cuanto a las características ambientales del territorio del alto valle del Huasco, segregado a inicios de la colonia del valle más fértil del dominio indígena-diaguita (El Carmen y San Félix), debió probablemente generar una readaptación de la economía, desusando la agroalfarería para dedicarse a la caza, recolección, horticultura y ganadería de subsistencia en esta inmensa soledad cordillerana, entre las profundas quebradas donde se desarrollan las vegas, aguadas y los campos de pastoreo insertos en variados ecosistemas[67].

En el área donde se emplazarán las obras de Mina-Planta del Proyecto El Morro se observa la presencia, durante la temporada estival, de grupos de crianceros, de adscripción cultural huasco altina, denominación que proviene del proceso de etnogénesis y que da cuenta de la tradición diaguita. Ellos, ocupan las vegas del sector como majadas, nombre que los crianceros dan al ganado y particularmente a la relación ganado-ruco-espacio geográfico que tiene pisos y nichos ecológicos diversos para el desarrollo del pastoreo. Los pisos ecológicos corresponden a la gradiente altitudinal y los nichos son lugares donde se concentran recursos valorados, en este caso, por los crianceros huascoaltinos. Estos sectores conocidos como majadas albergan a pastores, sus familias y ganado, por encontrarse en ellos pastos y abrevaderos suficientes para la alimentación de sus animales y condiciones que permiten la habitabilidad temporal. Los rucos corresponden a estructuras ocupadas para pernoctar que son enclaves fijos y de uso temporal característicos en las actividades transhumánticas de pastoreo estacional.

Algunas familias de crianceros, realizan "veranadas" en quebrada Larga. Estas últimas constituyen una actividad significativa no solo en términos de subsistencia, sino también cultural, que probablemente viene ejecutándose desde hace cientos de años. Responde a

[66] Voceros de la etnia han insistido en que todo Proyecto productivo, social o cultural que se instale en el área, no debe alterar el "proceso de reetnificación" experimentado recientemente por la comunidad Diaguita.

[67] Niemeyer, Hans. "Descripción de la Hoya..." Op. cit. Molina, Raúl y Martín Correa. "Informe sobre la ocupación..." Op. cit. Arroyo MTK, et. al. "La flora de la cordillera..." Op. cit. Aldunate, Carlos, J. Armesto, Victoria Castro y Carolina Villagrán. "Estudio etnobotánico en una comunidad precordillerana de antofagasta: Toconce". *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* Nº 38. Santiago. 1981. Y Castro, Milka; Carolina Villagrán y M. Kalin-Arroyo. "Estudio etnobotánico en la Precordillera y Altiplano de los Andes del Norte de Chile (18º-19º S)". *El Hombre y los Ecosistemas de Montaña*. Vol. II. MAB-6. UNESCO. Montevideo. 1982.

la eficiente ocupación de diversos pisos ecológicos. Se destaca la fuerte movilidad del patrón de residencia, que hace que miembros de la familias bajen y suban, desde y hacia la quebrada, por diversos motivos, tanto económicos como sociales y culturales.

- ***Comuneros Agrícolas de Totoral***

Tal como se dijo, en la comuna de Copiapó, se encuentra la Comunidad Agrícola Totoral que data del siglo XVII. Su territorio abarca alrededor de 47.000 hectáreas, dentro de las cuales se ubican la caleta Totoral Bajo y la caleta Pajonales. Sus antiguos habitantes desarrollaron un sistema de riego para su abastecimiento, conformándose aproximadamente 15 hectáreas con cultivos de olivos, perales y frutales en general a través de parcelas familiares.

En este pueblo, dada la tradición comunitaria, las personas tienen como práctica instaurada organizarse para el desarrollo de actividades económicas a pequeña escala, en base al uso de sus recursos. En el caso de Totoral, existe una diferenciación por género. Mientras los hombres trabajan en la agricultura, minería o pesquería en que basan la subsistencia, las mujeres se han organizado en la producción de artesanías en base a totora y cerámicas. Un importante grupo femenino se constituyó como Agrupación de Mujeres Rurales Productoras y Artesanales Flor del Desierto, contando con una sede donde exponen y venden su trabajo. La artesanía, hoy, constituye una entrada extrapredial de las economías locales y una expresión cultural de este pueblo.

Por otra parte, en terrenos de la Comunidad Agrícola Totoral, se encuentra la caleta de pescadores Totoral. Es posible identificar un reducido número de viviendas agrupadas, y hacia la costa otras adicionales y aisladas. Constituye la caleta con intervención humana –pescadores-más aislada de la región de Atacama. Este grupo ha constituido un sindicato pesquero que administra un área de manejo en la cual, además de algas, extraen lapas-erizos y locos, mediante la práctica de la pesca de peña (buceo) con arpón o pinche.

- ***Otras Organizaciones***

El siguiente Cuadro 5.13-7 resume las organizaciones comunitarias existentes en el nivel local.

Cuadro 5.13-7
Organizaciones en que participa la comunidad

Tipo de Organización	Junta de Valeriano	Totoral (Perales, Totoral Bajo, caleta)	Hacienda Jarillas	Huasco Alto
Junta de Vecinos	X	X	X	X
Grupo étnico	X			X
Regantes	X			X
Agricultores	X	X		X
Artesanos	X	X		X
ONG				X
Clubes Deportivos, de Adultos Mayores, Huasos, etc.		X		X
Productiva		X	X	X
Comunidades pastorales de base	X	X		X

Fuente: Elaboración propia.

5.13.2.4 Dimensión Socioeconómica

Todas las localidades insertas en el área de estudio son rurales, salvo las ciudades de Huasco y Freirina, periféricas a las áreas de intervención del Proyecto y que a pesar de ello no llegan adquirir un carácter urbano (en especial Freirina). En consecuencia, las actividades predominantes de la población son de tipo agrícola y ganadera; en especial en el valle Del Tránsito.

- ***Actividades Productivas***

En el sector de Totoral el 58,6% (16 personas) se ocupa en agricultura, ganadería, caza y silvicultura; el 13,8% (4 personas) en pesca; 3,4% (1 persona) en explotación de minas y canteras; 6,9% (2 personas) en construcción; 6,9% (2 personas) en comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos; 3,4% (1 persona) en actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler; 3,4% (1 persona) en enseñanza; y 3,4% (1 persona) a hogares privados con servicio doméstico.

En el sector de Junta de Valeriano, el 26,7% (8 personas) se ocupa en agricultura, ganadería, caza y silvicultura; el 3,3% (1 personas) en industrias manufactureras; 26,7% (8 personas) en construcción; 13,3% (4 personas) a comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos; 6,7% (2 personas) en hoteles y restaurantes; 6,7% (2 personas) en transporte, almacenamiento y comunicaciones; 10% (3 personas) a enseñanza; y 6,7% (2 personas) a hogares privados con servicio doméstico. No hay registro de personas que se dediquen a la explotación de minas y canteras.

En el sector de Huasco Alto el 32,1% (101 personas) se ocupa en agricultura, ganadería, caza y silvicultura; el 0,1% (3 personas) en pesca; 3,5% (11 personas) en industrias manufactureras; 0,6%(2 personas) en suministro de electricidad, gas y agua; 7,6% (24 personas) en construcción; 13,0% (41 personas) en comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos; 2,2% (7 personas) en hoteles y restaurantes; 2,2% (7 personas) en transporte, almacenamiento y comunicaciones; 2,5% (8 personas) en actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler; 11,1 (35%) en administración pública y defensa, planes de seguridad social de afiliación obligatoria; 13,7% (43 personas) en enseñanza; 6,3% (20 personas) en servicios sociales y de salud; 1,6% (5 personas) en otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales; y 3,2% (10 personas) a hogares privados con servicio doméstico.

En el tramo correspondiente a la ruta C-46 correspondiente a comunidades de Vallenar y Freirina las ramas de actividad económica de la población ocupada sobre 15 años se distribuye de la siguiente manera: 28% Agricultura, ganadería, caza y silvicultura, luego con un 11% Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos, con un 10% construcción, con un 8% enseñanza, 7% administración pública y seguridad 6% industrias manufactureras correspondientes a plantas asociadas a la producción de aceite de olivo y aceitunas y con menos de 5% pesca, suministro de electricidad, agua y gas, comercio al por mayor, hoteles y restaurantes, actividades inmobiliarias y alquiler, servicios sociales y comunitarios, servicio doméstico.

- ***Participación de la Población en Ramas de Actividad Económica***

En el sector Totoral, el 6,9% (2 personas) se ocupa como funcionarios o empleados de empresas; 6,9% (2 personas) como técnicos y profesionales de nivel medio; 6,9% (2 personas) trabajadores de los servicios y vendedores de comercios y mercados; 17,2% (5

personas) como agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros; 6,9% (2 personas) como oficiales, operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios; 51,7% (15 personas) como trabajadores no calificados; y 3,4 (1 persona) en otros.

En el sector de Junta de Valeriano, el 6,7% (2 personas) se ocupa como miembros del poder ejecutivo y de los cuerpos legislativos y personal directivo de la administración pública y de empresas; 6,7% (2 personas) como profesionales científicos e intelectuales; 13,3% (4 personas) trabajadores de los servicios y vendedores de comercios y mercados; 20,0% (6 personas) como agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros; 20,0% (6 personas) como oficiales, operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios; 3,3% (1 persona) como operadores de instalaciones y máquinas y montadores; 20,0% (6 personas) como trabajadores no calificados; y 10,0% (3 personas) en otros.

Con respecto al sector de Huasco Alto, el 6,7% (21 personas) se ocupa como miembros del poder ejecutivo y de los cuerpos legislativos y personal directivo de la administración pública y de empresas; 9,2% (29 personas) como profesionales científicos e intelectuales; 10,5% (33 personas) como técnicos y profesionales de nivel medio; 5,1% (16 personas) como empleados de oficina; 7,6% (24 personas) trabajadores de los servicios y vendedores de comercios y mercados; 14,3% (45 personas) como agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros; 4,1% (13 personas) como oficiales, operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios; 6,0% (19 personas) como operadores de instalaciones y máquinas y montadores; 30,8 (97 personas) como trabajadores no calificados; 1,9% (6 personas) en las Fuerzas Armadas y 3,8 (12 personas) en otros.

En las localidades de Vallenar en torno a la ruta 5 Norte, el 22% de su población es de 15 años y más corresponde a trabajadores de los servicios y vendedores de comercios y mercados. En igual proporción (22%) se encuentra el sector de trabajadores no calificados. Un 11% corresponde a agricultores y trabajadores calificados agropecuarios. Hay un 17% de otros, y finalmente, un 22% se ignora a que grupo de ocupación pertenecen.

En las localidades en torno a la ruta C-46 de las comunas de Freirina y Vallenar, el 31% corresponde a trabajadores no calificados, el 14% a agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros, el 12% operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios. El 9% a técnicos y profesionales de nivel medio, un 7% trabajadores

de los servicios y vendedores de comercios y mercados. Con un 6% se encuentran profesionales científicos e intelectuales, así como operadores de instalaciones y máquinas y montadores, con menos de 5% Miembros del poder ejecutivo y de los cuerpos legislativos y personal directivo de la administración pública y de empresas, así como empleados de oficina, funcionarios públicos y empleados de oficinas privadas.

5.13.2.5 Dimensión de Bienestar Social Básico

a) Vivienda y servicios

Las localidades insertas en el área de influencia directa son rurales. La mayoría cuenta con servicios básicos como electricidad y agua potable. Las viviendas son de un piso y están construidas con materiales variados. Originalmente se usó el adobe como material de construcción; sin embargo hoy en día es posible encontrar otros materiales para la construcción de las viviendas, tales como madera, cemento y zinc.

Las viviendas se encuentran agrupadas en torno al camino principal. En Alto del Carmen, lo hacen en torno al camino que une esta localidad con Junta de Valeriano, en Totoral, en torno al camino público que une la panamericana con la costa. La Hacienda Jarillas contigua al camino, que une estas localidades con Alto del Carmen, desde donde es posible dirigirse hacia Vallenar (Foto 23 del Álbum Fotográfico).

La Tabla 8.4 del Apéndice 5J se resume las características de las viviendas, en base a los registros del censo del 2002. En este sentido, en el sector de Junta de Valeriano predominan las viviendas con paredes exteriores de hormigón armado o piedra (40,5%=15 viviendas), techos de zinc (56,8%=21 viviendas) y pisos entablados o de madera (29,7%=11 viviendas). En el sector de Huasco Alto predominan las viviendas con paredes exteriores de ladrillo (25,2%=86 viviendas), techos de zinc (55,1%=188 viviendas), y pisos de linóleo, flexit (27,0%=92 viviendas), madera o entablados (20,8%=71 viviendas), y radier (20,8%=71 viviendas). En el sector de Totoral predominan las viviendas con paredes exteriores de adobe, barro y empajado (18,2%=16 viviendas) y madera o tabique forrado (13,6%=12 viviendas); techos de pizarreño (20,5%=18 viviendas) y zinc (12,5%=11viviendas); y pisos de madera (14,8%=13 viviendas) y radier (12,5%=11 viviendas).

Por la ruta 5 Norte, entre Estación Algarrobal y el cruce con la ruta C-46, predominan las viviendas con tabique forrado y piedra (69%=9 viviendas), la cubierta de techo más utilizada es zinc (77%=10 viviendas), tejuela y pizarreño se utiliza en 8% respectivamente de las viviendas. Como piso de mayor uso se encuentra el entablado de

madera (46%=6 viviendas) el baldosín cerámico y piso de plástico (15%=2 viviendas respectivamente). En las viviendas ubicadas en el tramo de la ruta C-46 predomina el uso de tabique forrado y piedra (35%=537 viviendas), en segundo lugar se utiliza paneles estructurales o bloques (28%=537 viviendas), como material predominante en la cubierta del techo se utiliza Pizarreño (49%=753 viviendas) y Zinc (48%=741 viviendas), para el piso se utiliza con mayor frecuencia entablado de madera (45%=700 viviendas), en segundo lugar plásticos (27%=421 viviendas). En Huasco, predominan las viviendas de paneles de bloques (33%=577 viviendas), madera o tabique forrado (27%=476 viviendas) y hormigón armado (21%=366 viviendas), para el techo prima el uso de pizarreño (82%=1436 viviendas) y el piso predominante corresponde a materiales plásticos como linóleo (42%=728viviendas) y entablado de madera (32%=563 viviendas).

b) Salud

El acceso a la educación y a la salud es limitado. Por un lado, se trata de localidades que hace pocos años y lentamente han contado con acceso a medios de comunicación, seguridad, programas de mejoramiento de la calidad de vida; y por otro lado, existe una condicionante en el acceso a ellas debido a la dispersión geográfica de algunas de las localidades.

El acceso a la salud es el problema más recurrente en todas las localidades que forman el área local.

El sistema de salud es público y el hospital más cercano al valle Del Tránsito se encuentra en Vallenar. Alto del Carmen cuenta con un consultorio general rural, ubicado en la localidad de Alto del Carmen, tiene cuatro postas rurales de las cuales dos se encuentran en el valle Del Tránsito (Conay y El Tránsito) y una posta médico rural. El servicio de salud es atendido por dos médicos generales, que realizan las rondas médicas en las postas. En el consultorio de Alto del Carmen hay una matrona, una nutricionista, 2 paramédicos, un dentista a media jornada y un auxiliar dental. Las postas rurales son atendidas por paramédicos y las estaciones médico rurales funcionan solo cuando va la ronda médica.

Cuentan al menos con una ronda médica semanal como es el caso de Junta de Valeriano y Totoral. No disponen de especialidades médicas y deben trasladarse con ese propósito a las ciudades de Alto del Carmen al consultorio rural o Vallenar al hospital, en el caso

de Valeriano. En el caso de Totoral, para poder realizar atenciones dentales, especialidades y maternidad, deben trasladarse a Copiapó.

Como se mencionó en el párrafo anterior, las comunidades de Junta de Valeriano, Hacienda Jarrillas y Totoral carecen de una adecuada atención médica, la cual se ve agravado por los altos costos en transportes en que deben incurrir. En Totoral funciona una ronda médica semanal, la cual atiende en una salita al costado de la iglesia, no cuenta con atención especializada. En el caso de Junta de Valeriano, la medicina tradicional fundada en el uso de diversos tipos de hierbas (plantas medicinales) para curar algunas afecciones, es utilizada permanentemente. Por ejemplo, el Poleo de campo para dolores menstruales, Hierba del Soldado para el sistema digestivo y estómago, Chachacoma para el estómago y puna. Lo usual en el sistema de salud formal es la falta de medios (medicinas, exámenes, residente, permanente), lo que constituye una preocupación permanente de los habitantes de estos sectores.

Las localidades de Huasco Alto, al igual que Junta de Valeriano, tienen rondas médicas semanales, en Conay y El Tránsito existen postas rurales, las cuales tampoco cuentan con los medios necesarios para poder dar una atención adecuada a la comunidad.

c) Educación y Capacitación

La educación es, luego de la salud, la preocupación más importante para el bienestar comunitario. A lo largo del valle Del Tránsito hay 13 escuelas, incluido un internado. Todas ellas son públicas y municipalizadas, bidocentes y unidocentes. Entregan educación básica, alcanzando la mayoría hasta 6º básico, y con jornada completa. En la localidad de El Tránsito se encuentra la mayor oferta educacional, con un establecimiento que llega hasta octavo básico y un internado. Para continuar la educación, los jóvenes se trasladan a Vallenar, Freirina, Huasco, Copiapó o La Serena. Esta situación complica a las familias de este valle, la mayoría de escasos recursos, ya que deben contar con los medios para financiar no solo los estudios, sino que también la estadía de los jóvenes. Una forma de solventar estos gastos se logra mediante becas y subsidios otorgados por el Estado y los gobiernos municipales, pero que no alcanzan a cubrir todas las necesidades.

Actualmente el municipio ha habilitado una escuela en San Félix, en el Valle de El Carmen, para impartir enseñanza secundaria. Esto sería momentáneo, ya que de acuerdo a los planes del municipio, uno de sus proyectos emblemáticos es la construcción, de un

liceo técnico en Alto del Carmen, el que podría atender la demanda de toda la población escolar secundaria de la comuna.

En Totoral existe una escuela básica que actualmente cuenta con seis alumnos.

5.14 MEDIO CONSTRUIDO

La presente sección se estructuró de acuerdo a lo estipulado en el D.S. 95/01 del MINSEGPRES, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, en su artículo Nº 12, letra f.4, y contempla el equipamiento comunitario, los servicios públicos de saneamiento y seguridad, infraestructura vial y deportiva y otros elementos construidos de importancia en el área de estudio en relación a los diferentes usos del suelo

5.14.1 Infraestructura Regional, Comunal y Local

5.14.1.1 Recursos en Salud

La disponibilidad de hospitales, consultorios, postas de urgencias y centros médicos en general existentes en la provincia de Huasco con las comunas de Huasco, Vallenar, Alto del Carmen y Freirina, y la comuna de Copiapó se muestran en los Cuadros 5.14-1 y 5.14-2.

Cuadro 5.14-1
Establecimientos de Salud Consultorios y Centro de Salud Familiar

Establecimiento	Ubicación	Dependencia
Consultorio Freirían	Freirina	Publico
Consultorio Juan Verdaguer	Huasco	Publico
Consultorio Alto del Carmen	Alto del Carmen	Publico
Consultorio Estación	Vallenar	Publico
Consultorio Hermanos Carrera	Vallenar	Publico
Centro de Salud Familiar Joan Crawford Astudillo	Vallenar	Publico
Consultorio Gómez Baquedano	Vallenar	Publico
Consultorio Santa Elvira	Copiapó	Publico
Consultorio Juan Martínez	Copiapó	Publico
Centro de Salud Familiar Pedro León Gallo	Copiapó	Publico
Consultorio Dr. Armando Ossa	Copiapó	Publico
Consultorio Candelaria Rosario	Copiapó	Publico
Consultorio Manuel Rodríguez	Copiapó	Publico
Consultorio Paipote	Copiapó	Publico
Centro de Salud Familiar Dr. Bernardo Mellibovsky	Copiapó	Publico

Fuente: Ministerio de Salud, 2008.

Cuadro 5.14-2
Establecimientos de Salud Hospitales y Postas

Establecimiento	Ubicación	Dependencia
Posta Rural Carrizalillo	Freirina	Pública
Hospital Dr. Manuel Magalhaes Medling (Huasco)	Huasco	Pública
Posta de Salud Rural Carrizal Bajo	Huasco	Pública
Posta de Salud Rural Canto del Agua	Huasco	Pública
Posta de Salud Rural Jeremías Cortés	Huasco	Pública
Posta de Salud Rural San Félix	Alto del Carmen	Pública
Posta de Salud Rural El Tránsito	Alto del Carmen	Pública
Posta de Salud Rural Conay	Alto del Carmen	Pública
Posta de Salud Rural Las Breas	Alto del Carmen	Pública
Hospital Provincial del Huasco Monseñor Fernando Ariztía Ruiz (Vallenar)	Vallenar	Pública
Asociación Chilena de Seguridad	Vallenar	Pública
Posta de Salud Rural Domeyko	Vallenar	Pública
Posta de Salud Rural Hacienda Ventanas	Vallenar	Pública
Posta de Salud Rural Cachiyuyo	Vallenar	Pública
Posta de Salud Rural Incahuasi	Vallenar	Pública
Posta de Salud Rural Hacienda Compañía	Vallenar	Pública
Clínica Dental Móvil	Copiapó	Pública
Hospital San José del Carmen (Copiapó)	Copiapó	Pública
SAPU-Dr. Bernardo Mellibovsky	Copiapó	Pública

Fuente: Ministerio de Salud, 2008.

Establecimientos privados:

- Hospitales : 2
- Clínicas : 5
- Centros médicos : 7
- Centros de diálisis : 4
- Centros terapéuticos (alcohol y drogas) : 2
- Laboratorios : 16

- Ópticas : 8

Junta de Valeriano y Totoral cuentan, al menos, con una ronda médica semanal. No disponen de especialidades médicas y deben trasladarse con ese propósito al consultorio rural de Alto del Carmen o al hospital de Vallenar, en el caso de Valeriano. Los habitantes de Totoral, para realizar atenciones dentales, especialidades y maternidad, deben movilizarse a Copiapó.

Vallenar cuenta con dos clínicas, un centro médico, dos de diálisis, un centro terapéutico, tres laboratorios y una óptica. Alto del Carmen es una comuna que no tiene equipamiento privado. Copiapó tiene un hospital privado, tres clínicas, seis centros médicos, dos centros de diálisis, un centro terapéutico, diez laboratorios y seis ópticas.

El número de camas de hospitales públicos de la región alcanza a 480. La comuna de Vallenar posee el 25% de camas disponibles (114 camas). Respecto de los establecimientos privados (hospitales y clínicas), la región alcanza un total de 131 camas; de ellas, un 14% (18 camas) corresponden a la comuna de Vallenar.

No hay establecimientos privados en la comuna Alto del Carmen. En tanto, Copiapó posee un total de 280 camas disponibles en establecimientos privados.

A nivel local, el sistema de salud es público y el hospital más cercano al valle Del Tránsito se encuentra en Vallenar. La comuna de Alto del Carmen cuenta con un consultorio general rural, ubicado en la localidad de Alto del Carmen; además, tiene cuatro postas rurales de las cuales dos se encuentran en el valle Del Tránsito (Conay y El Tránsito) y una posta médico rural. El servicio de salud es atendido por dos médicos generales, que realizan las rondas médicas en las postas. En el consultorio de Alto del Carmen hay una matrona, una nutricionista, dos paramédicos, un dentista a media jornada y un auxiliar dental. Las postas rurales son atendidas por paramédicos y las estaciones médico rurales funcionan solo cuando va la ronda médica.

5.14.1.2 Establecimientos Educacionales

En las comunas de Huasco, Freirina, Alto del Carmen, Vallenar y Copiapó en 2008, hay 135 establecimientos educacionales que cubren los niveles de enseñanza parvularia, básica y media, tal como se aprecia en el Cuadro 5.14-3. El 65% son municipales, 25%

subvencionados y el 10% particualares. Las comunas de Freirina y Alto del Carmen sólo tienen establecimientos municipales.

Cuadro 5.14-3
Establecimientos Educacionales

Dependencia	Copiapó	Huasco	Freirina	Alto del Carmen	Vallenar
Municipales	32	6	6	16	28
Subvencionados	24	2	-	-	8
Particulares	10	-	-	-	3
Total Establecimientos	**66**	**8**	**6**	**16**	**39**

Fuente: Ministerio de Educación, 2008.

Copiapó cuenta dentro de sus establecimientos municipales con un Centro de Educación Integradro Adultos (CEIA), una escuela de rehabilitación Soc. Medardo Cano, dos escuelas diferenciales, 5 liceos y 23 escuelas. Para los establecimientos subvencionados, un centro de desarrollo de lenguaje, una escuela especial de trastornos de la comunicación (APIR), una escuela diferencial, una escuela hospitalaria "Hospital San José del Carmen Copiapó", tres escuelas de trastorno de lenguaje.

La comuna del Huasco, dentro de sus establecimientos municipales tiene un CEIA, una escuela de rehabilitación social, un liceo politécnico. En establecimientos subvencionados tienen cuatro escuelas de trastornos de lenguaje y de los tres establecimientos particulares, dos son jardines.

Freirina cuenta con un liceo municipal y cinco escuelas. Huasco, entre sus establecimientos municipales, posee un liceo. De los dos establecimientos subvencionados, uno es una escuela de trastornos de lenguaje.

En Totoral existe una escuela básica (sólo hasta 6º año) que actualmente cuenta con 6 alumnos.

Respecto de la enseñanza media, se contabilizan no menos de 20 liceos. Cuatro de ellos se localizan en la comuna de Vallenar, impartiendo enseñanza sobre electricidad, mecánica automotriz, mecánica industrial, construcciones metálicas, administración, ventas, contabilidad y secretariado. En la comuna de Alto del Carmen hay un liceo

técnico-profesional, ubicado en San Félix (que próximamente se trasladará a un nuevo edificio en el sector de La Huerta).

La cobertura de establecimientos educacionales de estudios superiores, está dada en gran medida por la comuna de Copiapó y en menor medida por la de Vallenar. En Alto del Carmen no existe este tipo de establecimientos.

A nivel local, a lo largo del Valle Del Tránsito, hay 13 escuelas, incluido un internado. Todas ellas son públicas, bi-docentes y uni-docentes, las que entregan educación básica, alcanzando la mayoría hasta 6º básico, y con jornada completa. En la localidad de El Tránsito se encuentra la mayor oferta educacional, con un establecimiento que llega hasta octavo básico y un internado. Para continuar la educación, los jóvenes se trasladan a Vallenar, Freirina, Huasco, Copiapó o La Serena.

Esta situación complica a las familias de este valle, la mayoría de escasos recursos, ya que deben contar con los medios para financiar no solo los estudios, sino que también la estadía de los jóvenes. Una forma de solventar estos gastos corresponde a becas y subsidios otorgados por el estado y los municipios locales, pero que no alcanzan a cubrir todas las necesidades.

Actualmente, se ha habilitado una escuela en San Félix, en el Valle de El Carmen, para impartir enseñanza secundaria, mientras se construye el nuevo liceo técnico–profesional de la comuna en el sector de La Huerta, que impartirá las especialidades de técnico agrícola y técnico en turismo, y que ha sido diseñado para atender la demanda de la población escolar secundaria de la comuna.

5.14.1.3 Infraestructura y Servicios Sanitarios

Para toda la región de Atacama el servicio de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas es prestado por la empresa Aguas Chañar.

Cuadro 5.14-4
Cobertura de Servicio de Agua Potable

Localidad	Clientes residenciales de agua potable	Inmuebles residenciales no conectados a la red de agua potable			Total de inmuebles residenciales	Población estimada	Población abastecida	Cobertura de agua potable (%)
		Frente red 1	No frente red 2	Total				
Copiapó	39.506	4	52	56	39.562	136.358	136.165	99,9
Freirina	1.382	14	0	14	1.396	4.818	4.771	99
Huasco	2.679	9	0	9	2.688	7.744	7.718	99,7
Vallenar	12.668	18	0	18	12.686	44.204	44.141	99,9
Región	71.452	151	99	250	71.702	239.563	238.714	95,6

1 La conexión se encuentra en la calle, frente a la residencia.
2 La conexión se encuentra alejada de la calle de la residencia.
Fuente: Superintendecia de Servicios Sanitarios, Informe Anual 2007.

La comuna de Copiapó junto con Vallenar, presentaron la mayor cobertura de agua potable con 99,9%, comparado a la región de Atacama que posee un 95,6%

Cuadro 5.14-5
Cobertura de Servicio de Alcantarillado

Localidad	Total clientes residenciales de alcantarillado	Inmuebles residenciales no conectados a la red de alcantarillado			Total de inmuebles residenciales	Población estimada	Población saneada	Cobertura de alcantarillado (%)
		Frente colector	No frente colector	Total				
Copiapó	38.558	76	928	1.004	39.562	136.358	132.898	97,5
Freirina	1.070	95	231	326	1.396	4.818	3.693	76,6
Huasco	2.443	172	73	245	2.688	7.744	7.038	90,9
Vallenar	12.573	37	76	113	12.686	44.204	43.810	99,1
Región	67.748	1.023	2.931	3.954	71.702	239.563	227.766	95,1

Fuente: Superintendecia de Servicios Sanitarios, Informe Anual 2007.

Freirina posee la menor cobertura de alcantarillado de la región de Atacama con 76,6% y la mayor cobertura la tiene Vallenar con una 99,1%. La región de Atacama en su totalidad posee un 95,1%.

Cuadro 5.14-6
Cobertura de Servicio Tratamiento de Aguas Servidas

Localidad	Total clientes residenciales de alcantarillado	Inmuebles residenciales no conectados a la red de alcantarillado			Total de inmuebles residenciales	Población estimada	Población saneada	Cobertura de alcantarillado (%)
		Frente colector	No frente colector	Total				
Copiapó	38.558	39.562	136.358	132.898	97,5	98,3	100	100
Freirina	1.070	1.396	4.818	36.993	76,6	88,7	100	100
Huasco	2.443	2.688	7.744	7.038	90,9	92,2	100	100
Vallenar	12.573	12.686	44.204	43.810	99,1	99,2	100	100
Región	67.748	71.072	2393563	227.766	95,1	96,7	99	100

Fuente: Superintendecia de Servicios Sanitarios, Informe Anual 2007.

Los Cuadros 5.14-7 y 5.14-8 muestra la distribución de servicio de tratamiento de aguas servidas para viviendas urbanas y rurales en la comuna de Calama, según el censo 2002. Si se compara la cobertura de aquel año con el actual, puede apreciarse un incremento del 11,6%, pasándose del 87,39% a 99%.

Cuadro 5.14-7
Cobertura de Servicio Tratamiento de Aguas Servidas de las Comunas de Alto del Carmen, Copiapó y Vallenar

Comuna	Alto del Carmen		Copiapó		Vallenar	
	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)
Urbana y Rural						
Red pública (Cía. Agua Potable)	1.002	66,4	31.467	98,05	12.053	95,72
Pozo o noria	65	4,3	393	1,22	195	1,5
Río, vertiente	442	29,3	232	0,73	345	2,78
Total	1.509	100	32.092	100	12.593	100
Urbana						
Red pública (Cía. Agua Potable)	0	0	31.143	98,9	11.260	98,8
Pozo o noria	0	0	148	0,5	29	0,25
Río, vertiente	0	0	173	0,6	107	0,95
Total	0	0	31.464	100	11.396	100

Comuna	Alto del Carmen		Copiapó		Vallenar	
	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)
Rural						
Red pública (Cía. Agua Potable)	1.002	66,4	324	51,59	793	66.25
Pozo o noria	65	4,3	245	39,01	166	13,87
Río, vertiente	442	29,3	59	9,4	238	23,88
Total	1.509	100	628	100	1.197	100

Fuente: INE, censo 2002

Cuadro 5.14-8
Cobertura de Servicio Tratamiento de Aguas Servidas de las Comunas de Huasco y Freirina

Comuna	Huasco		Freirina	
	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)
Urbana y Rural				
Red pública (Cía. Agua Potable)	2.128	94,92	1.508	93,78
Pozo o noria	90	4,01	68	4,23
Río, vertiente	24	98,93	32	1,99
Total	2.242	100	1.608	100
Urbana				
Red pública (Cía. Agua Potable)	1707	98,1	905	99,12
Pozo o noria	19	1,09	2	0,22
Río, vertiente	14	0,81	6	0,66
Total	1740	100	913	100
Rural				
Red pública (Cía. Agua Potable)	421	83,86	603	86,76
Pozo o noria	71	14,14	66	9,5
Río, vertiente	10	2	26	3,74
Total	502	100	695	100

Fuente: INE, censo 2002

Cuadro 5.14-9
Viviendas Urbanas y Rurales Según Sistema de Eliminación de Aguas Servidas, Comunas de Alto del Carmen, Copiapó y Vallenar, 2002

Comuna	Alto del Carmen		Copiapó		Vallenar	
	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)
Urbana y Rural						
Conectado al alcantarillado	479	31,74	30.885	96,24	11.607	92,17
Conectado a fosa séptica	11	0,73	87	0,27	45	0,36
Cajón sobre pozo negro	855	56,66	918	2,86	776	6,16
Cajón sobre acequia	2	0,13	1	0,002	6	0,048
Químico	1	0,07	6	0,018	11	0,087
No tiene servicio higiénico (WC)	161	10,67	195	0,61	148	1,175
Total	1.509		32.092		12.593	
Urbana						
Conectado al alcantarillado	0	0	30.670	97,48	11.225	98,5
Conectado a fosa séptica	0	0	352	1,12	21	0,18
Cajón sobre pozo negro	0	0	595	1,89	98	0,9
Cajón sobre acequia	0	0	0	0	3	0,02
Químico	0	0	5	0,001	1	0,0001
No tiene servicio higiénico (WC)	0	0	142	0.45	48	0,42
Total	0		31.464		11.396	
Rural						
Conectado al alcantarillado	0	0	215	34,24	382	31,91
Conectado a fosa séptica	0	0	35	5,57	24	2
Cajón sobre pozo negro	0	0	323	51,43	678	56,64
Cajón sobre acequia	0	0	1	0,16	3	0,26
Químico	0	0	1	0,16	10	0,84

Comuna	Alto del Carmen		Copiapó		Vallenar	
	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)
No tiene servicio higiénico (WC)	0	0	53	8,44	100	8,35
Total	0	0	628	100	1.197	100

Fuente: INE, censo 2002.

Cuadro 5.14-10
Cobertura de Servicio Tratamiento de Aguas Servidas de la Comuna de Huasco y Freirina

Comuna	Huasco		Freirina	
	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)
Urbana y Rural				
Conectado al alcantarillado	1.900	84.75	1.084	67,41
Conectado a fosa séptica	24	1,07	28	1,74
Cajón sobre pozo negro	285	12,71	434	26,99
Cajón sobre acequia	0	0	0	0
Químico	2	0,09	1	0,07
No tiene servicio higiénico (WC)	31	1,38	61	3,79
Total	2.242	100	1.608	100
Urbana				
Conectado al alcantarillado	1657	95,23	801	87,73
Conectado a fosa séptica	10	0,57	2	0,22
Cajón sobre pozo negro	63	3,62	90	9,86
Cajón sobre acequia	0	0	0	0
Químico	0	0	0	0
No tiene servicio higiénico (WC)	10	0,57	20	2,19

Comuna	Huasco		Freirina	
	Viviendas	**Porcentaje (%)**	**Viviendas**	**Porcentaje (%)**
Total	1.740		913	
Rural				
Conectado al alcantarillado	243	48,4	283	40,72
Conectado a fosa séptica	14	2,79	26	3,74
Cajón sobre pozo negro	222	43,96	344	49,49
Cajón sobre acequia	0	0	0	0
Químico	2	0,67	1	0,15
No tiene servicio higiénico (WC)	21	4,18	41	5,9
Total	502	100	695	100

Fuente: INE, censo 2002

De acuerdo a las últimas estadísticas en la región (Censo 2002), el total de viviendas asciende a 96.012. De ellas, existe un 85% en calidad de ocupadas. La comuna de Alto del Carmen tiene un 74,91% de viviendas ocupadas, en tanto que Vallenar tiene 90,90% y Copiapó 91,4% de viviendas ocupadas.

Un 95,7% de las viviendas regionales están conectadas a la red pública de agua potable y poseen energía eléctrica. De las viviendas conectadas a la red de agua potable, un 3,44% no tiene energía eléctrica. Un 4,17% de las viviendas en la región, no tienen agua potable y de ellas, un 41,12% no tienen electricidad. Respecto a la eliminación de excretas, la región tiene un 92,3% de viviendas conectadas a alcantarillado, y solo un 6,7% con cajón sobre pozo negro. Un 1,2% de las viviendas de la región no tiene servicio higiénico. En Copiapó, un 97,2% de las viviendas están conectadas a alcantarillado y un 2,7% están conectadas con cajón sobre pozo negro, todas las viviendas disponen de sistema de servicio higiénico. En Vallenar los indicadores de saneamiento se aproximan a los regionales, con un 91,8% de viviendas con alcantarillado, un 6,5% con cajón sobre pozo negro y un 0,9% son viviendas que aún no tienen servicio higiénico. En contraste, en Alto del Carmen hay 50,5% de viviendas con cajón sobre pozo negro y solo un 34,6% con alcantarillado, en tanto que un 4,1% no tiene servicio higiénico.

El la III Región de Atacama y en las comunas de estudio de Alto del Carmen, Vallenar y Copiapó, prima la modalidad de un hogar por vivienda: 90,93%, 95,66%, 90,93% y 95,7% respectivamente. Comparativamente, el mayor porcentaje de aquellas viviendas que tienen dos hogares, se presenta en la comuna de Vallenar y Copiapó con un 7%, la comuna de Alto del Carmen 4% y la región de Atacama, en su conjunto, un 6% y y Alto del Carmen 4%[68].

A nivel local, las características de las viviendas, en base a los registros del censo del 2002, manifiestan que en el sector de Junta de Valeriano predominan las viviendas con paredes exteriores de hormigón armado o piedra (40,5%=15 viviendas), techos de zinc (56,8%=21 viviendas) y pisos entablados o de madera (29,7%=11 viviendas). En el sector de Huasco Alto predominan las viviendas con paredes exteriores de ladrillo (25,2%=86 viviendas), techos de zinc (55,1%=188 viviendas), y pisos de linóleo, flexit (27,0%=92 viviendas), madera o entablados (20,8%=71 viviendas), y radier (20,8%=71 viviendas). En el sector de Totoral predominan las viviendas con paredes exteriores de adobe, barro y empajado (18,2%=16 viviendas) y madera o tabique forrado (13,6%=12 viviendas); techos de pizarreño (20,5%=18 viviendas) y zinc (12,5%=11viviendas); y pisos de madera (14,8%=13 viviendas) y radier (12,5%=11 viviendas).

5.14.1.4 Recolección y Disposición de Residuos Sólidos

En la actualidad los vertederos autorizados de la región de Atacama están mayoritariamente bajo la administración de los municipios, con excepción de los vertederos de Copiapó, Caldera, Vallenar y Alto del Carmen que están en manos privadas. De los vertederos ilegales no se cuenta con registros.

Cuadro 5.14-11
Vertederos de la región de Atacama

Nombre	Comuna de distribución	Tipos de residuos	Autorización	t/mes
Viñita Azul	Copiapó y Paipote	RSD y asimilables, industriales y hospitalarios	Nº 1236 del 11/11/92	5.000

[68] INE. XVII Censo de Población y VI de Vivienda, 2002.

Nombre	Comuna de distribución	Tipos de residuos	Autorización	t/mes
Sin Nombre	Huasco y localidades	RSD, comerciales industriales y hospitalarios	No	90
Sin Nombre	Freirina y localidades	RSD, comerciales, industriales	No	80
Vertedero Municipal	Vallenar, Domeyko y Cachiyuyo	RSD, comerciales industriales y hospitalarios	Res. Exenta N 81 28/11/01	1.560
Ramadilla	Alto del Carmen y localidades San Felix y El Tránsito	RSD, comerciales industriales y hospitalarios	No	3,5

Fuente: Síntesis Regional, Ministerio de Obras Públicas, 2008.

5.14.2 Suministro Eléctrico

La región de Antofagasta es abastecida por el Sistema Interconectado Central (SIC).

El SIC es el principal sistema eléctrico del país, entregando suministro eléctrico a más del 90% de la población de Chile. El SIC se extiende desde la ciudad de Tal Tal por el norte, hasta la Isla Grande de Chiloé por el sur.

A diferencia del SING, el SIC abastece un consumo destinado mayoritariamente a clientes regulados (60% del total).

El SIC tiene una capacidad instalada de 6.732,9 MW a diciembre de 2002, perteneciente a un total de 20 empresas de generación que junto a algunas empresas de transmisión, conforman el Centro de Despacho Económico de Carga del SIC (CDEC-SIC).

El parque generador está constituido en un 60,13% por centrales hidráulicas de embalse y pasada, y en un 39,87% por centrales térmicas a carbón, fuel, diesel y de ciclo combinado a gas natural.

Durante el año 2002, la demanda máxima alcanzó los 4.878 MW, mientras que la generación bruta de energía se ubicó en torno a los 31.971,3 GWh.

El sistema de transmisión está constituido, principalmente, por las líneas eléctricas de propiedad de las empresas de generación más las líneas de las empresas cuyo giro es la transmisión de energía eléctrica.

Operan en el SIC 31 empresas de distribución de energía, que en conjunto atienden un total cercano a los 3.850.000 clientes.

Cuadro 5.14-12
Viviendas Urbanas y Rurales, Según Origen de Electricidad,
Comuna de, 2002

Comuna	Alto del Carmen		Copiapó		Vallenar	
	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)
Urbana y Rural						
Red Pública (Cía. de electricidad)	1.248	82,71	31.403	97,85	12.065	95,81
Generador propio o comunitario	7	0,46	112	0,35	73	0,58
Placa Solar	29	1,92	17	0,053	19	0,151
No tiene alumbrado eléctrico	225	14,91	560	1,74	436	3,46
Total	1.509	100	32.092	100	12.593	100
Urbana						
Red Pública (Cía. de electricidad)	0	0	30.982	98,47	11.221	98,46
Generador propio o comunitario	0	0	81	0,26	26	0,23
Placa Solar	0	0	1	0,003	0	0
No tiene alumbrado eléctrico	0	0	400	1,27	149	10,67
Total	0	0	31.464	100	11.396	100
Rural						
Red Pública (Cía. de electricidad)	1.248	82,7	421	67,04	844	70,51
Generador propio o comunitario	7	0,46	31	4,94	47	3,93
Placa Solar	29	1,92	16	2,55	19	1,59

Comuna	Alto del Carmen		Copiapó		Vallenar	
	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)
No tiene alumbrado eléctrico	225	14,91	160	25,48	287	23,98
Total	1.509	100	628	100	1.197	100

Fuente: INE, censo 2002.

Cuadro 5.14-13
Vivienda Urbanas y Rurales, Según Origen de Electricidad, 2002

Comuna	Huasco		Freirina	
	Viviendas	Porcentaje (%)	Viviendas	Porcentaje (%)
Urbana y Rural				
Red Pública (Cía. de electricidad)	2.023	90,23	1.382	85,95
Generador propio o comunitario	53	2,36	4	0,25
Placa Solar	27	1,2	10	0,62
No tiene alumbrado eléctrico	139	6,12	212	13,18
Total	2.242	100	1.608	100
Urbana				
Red Pública (Cía. de electricidad)	1687	96,95	867	94,96
Generador propio o comunitario	9	0.52	1	0,11
Placa Solar	0	0	0	0
No tiene alumbrado eléctrico	44	2,53	45	4,93
Total	1740	100	913	100
Rural				
Red Pública (Cía. de electricidad)	336	66,93	515	74,1
Generador propio o comunitario	44	8,76	3	0,43
Placa Solar	27	5,38	10	1,44
No tiene alumbrado eléctrico	95	18,92	167	24,03
Total	502	100	695	100

Fuente: INE, censo 2002.

5.14.3 Equipamiento de Seguridad y Emergencias

5.14.3.1 Carabineros de Chile

La región de Atacama cuenta con tres comisarías, dos de las cuales se ubican en la comuna de Copiapó. Se trata de la 2da comisaría y, en Vallenar, la 3ra comisaría. Además, la comuna del Huasco posee una subcomisaría. Freirina y Alto del Carmen tienen tenencia de carabineros, y existen retenes de carabineros en San Felíx, El Tránsito y Conay.

5.14.3.2 Bomberos

En la región de Atacama existen tres compañías de bomberos en la comuna Copiapó.

5.14.4 Infraestructura y Servicios de Transporte Terrestre

5.14.4.1 Infraestructura Vial

Las vías, caminos de la región de Atacama se resumen en el Cuadro 5.14-14.

Cuadro 5.14-14
Caminos de la Región de Atacama

Camino	Nombre	Longitud Km	Carpeta
Ruta 5	Longitudinal Norte, sector: Punta Colorada – Portezuelo Las Bombas	483,80	Asfalto
Ruta 31 Ch	Copiapó- Chulo- Paso San Francisco	24	Asfalto
C-46	Vallenar- Huasco	45,48	Asfalto
C-363	Acceso Aeropuerto de Chamonate	1,07	Asfalto
C-485	Vallenar-Alto del Carmen	45,86	Asfalto
C-495	Alto del Carmen - Juntas Valeriano	69	Asfalto/Ripio
C-527	Acceso Norte a Vallenar	1,64	Asfalto
C-489	Alto del Carmen-El Corral	54	Asfalto
C-468	Huasco-Guacolda	4,30	Asfalto
C-541	Acceso al Observatorio La Silla	14,08	Asfalto
D-130	Acceso Mina Los Cristales	9,96	Asfalto
C-314	Cruce Longiudinal- EL Faro	7,44	Asfalto
C-491	Cruce Ruta C-485- Aeródromo de Vallenar	2,78	Asfalto

Fuente: MOP, Dirección de Vialidad. 2007

La vialidad estructurante que incorpora caminos de diferentes jerarquías (existentes y propuestos) para mejorar la accesibilidad de las distintas zonas de la región.

Ejes longitudinales

• Ruta 5 Norte

Cumple un rol central en la conectividad de la región con el resto del país. Este rol se mantendrá en el tiempo, ya que no existe ninguna otra ruta con una conectividad similar. En un escenario futuro la existencia de la Ruta Costera permitirá separar los flujos de carga de los turísticos, manteniendo la ruta 5 la especialización en el transporte de carga, al ofrecer un trazado eficiente, sin atravesar zonas pobladas y con escasa fricción con otros caminos. Mantendrá también el tránsito de los buses que se dirigen a las ciudades de las regiones de Tarapacá y Antofagasta.

• Ruta Interior Valle del Transito – Valle del Copiapó

Eje propuesto en la precordillera que facilita la creación de un corredor turístico, al conectar atractivos paisajísticos situados en la sección alta de las Cuencas de Huasco y de Copiapó. Además de prestar servicios a la gran minería ubicada en ese sector. La conectividad se consigue a través de la unión de caminos existentes y el trazado de una sección faltante. Esta ruta permite incorporar a la red estructurante regional territorios que en la actualidad no cuentan con ninguna accesibilidad, y permite la comunicación de dos cuencas que sólo se conectan mediante la ruta 5, en su tramo central.

Ejes transversales

• Eje Valle de Copiapó.

Corresponde a un eje transversal de gran continuidad, mediante la unión de caminos existentes. En el tramo cordillerano incorpora la ruta C-35, que une Copiapó con la localidad de Las Juntas, pasando por Tierra Amarilla, Los Loros y Tranque Lautaro. Desde Copiapó al poniente incluye el actual trazado de la ruta 5, hasta llegar al acceso a Puerto Viejo, en donde empalma con la ruta C-358 que conecta con esa localidad. A lo largo de este Corredor se suceden las actividades productivas, predominando la agricultura en los espacios adyacentes, puesto que requiere una localización en el interior del valle. La minería, en cambio, que también es abundante está más dispersa y se vincula con esta ruta para el transporte de los minerales hacia lugares de acopio o a la fundición.

• Eje Totoral – Ruta 5

Al igual que el anterior corresponde a un eje turístico y de servicios que permite fortalecer la conectividad entre la costa y el centro de la región. Conecta la Caleta Totoral Bajo, con la Localidad de Totoral, Hacienda Castilla y la ruta 5. Este trazado favorece la accesibilidad de la zona costera, a condición de mejorar el estándar actual del camino.

• Eje Valle del Huasco

En un importante eje transversal que une las localidades de Huasco, Freirina y Vallenar, a través de la actual ruta C-46, y se continúa desde Vallenar a Alto del Carmen por la ruta C-485, bordeando el embalse Santa Juana. Desde Alto del Carmen al oriente se bifurca hacia los valles de San Félix y El Tránsito. En el primero sigue el trazado de la ruta C-489 que une las localidades de Alto del Carmen, San Félix y El Corral. En el segundo se unen las localidades de Alto del Carmen, El Tránsito, Conay y Junta Valeriano, a través de la ruta C-495. Este eje constituye un corredor productivo ya que a lo largo se suceden las actividades agrícolas, de servicios, mineras, industriales y los poblados de diferentes dimensiones. El desarrollo turístico que se promueve en las distintas secciones del valle, deberá ser acompañado por la complementación del camino con servicios para el turismo y reseñas acerca de los hitos geográficos y urbanos más importantes.

En el área de influencia del Proyecto El Morro se identificaron las vías significativas. Es decir, aquellas que serán utilizadas para el transporte de materiales exclusivamente durante la etapa de construcción, y las que se utilizarán para el traslado de productos, insumos y personal durante la etapa de operación. Se trata de las siguientes:

- Ruta C-455 por quebrada Algarrobal hacia El Donkey,
- Ruta 5 Norte entre Vallenar y quebrada Algarrobal,
- Variante El Jilguero entre ruta 5 Norte y ruta C-485,
- Ruta C-485 entre Vallenar y Alto del Carmen,
- Ruta C-487 entre Alto del Carmen y Chanchoquín Chico,
- Camino sin rol entre Chanchoquín Chico y Proyecto El Morro,
- Camino sin rol entre Chanchoquín Chico y Junta de Valeriano,
- Acceso Norte a Vallenar hasta comienzo ruta C-485,
- Acceso Sur a Vallenar hasta comienzo ruta C-485,
- Ruta C-439 entre ruta 5 Norte y Totoral,

- Camino C-495 entre Juntas del Carmen y Juntas de Valeriano, y
- Ruta C-46 de Vallenar al puerto de Huasco.

Cabe señalar que, desde el punto de vista vial, la ciudad de Vallenar ha sido favorecida desde hace unos ocho años, con un camino alternativo al paso por el centro de la ciudad, denominado Variante El Jilguero, lo cual evita la circulación de vehículos, que provienen de la ruta 5 Norte y cuyo destino es el interior del valle del río Huasco. El by-pass tiene características de carretera de alto estándar, con calzada bidireccional simple, de 7 m de ancho y una longitud total de 6 km de inicio a fin.

Con el fin de conocer los volúmenes de tránsito habituales del sector, se ejecutaron mediciones de flujos vehiculares los días 26 y 27 de julio de 2006 y el 21 de noviembre de 2007, en 30 intersecciones relevantes comprendidas en el área de influencia directa ya definida[69]. Los conteos se realizaron durante 12 horas continuas; de 7:00 a 19:00 horas, dividiendo cada hora en lapsos de 15 minutos, a fin de conocer las variaciones de flujos dentro de la hora y así acotar de manera más exacta los períodos punta a lo largo del día.

La clasificación por tipo de vehículo fue:
VL : Vehículos livianos (autos, stations y camionetas).
C2E : Camiones de 2 ejes.
C+2E: Camiones de más de 2 ejes.
BTB : Buses y taxi buses.

El Apéndice 5K presenta las planillas de medición de tránsito correspondientes. La Tabla 5.34 resume los resultados de flujos vehiculares. En ella se indica que los mayores volúmenes de tránsito se encuentran en las calles de la ciudad de Vallenar,

[69] Los puntos censados fueron los siguientes: Intersección Nº 1: ruta 5 / ruta C-46 (Acceso Sur Vallenar); Intersección Nº 2: Acceso Sur Vallenar / Puente Brasil; Intersección Nº 3: Sargento Aldea / Brasil; Intersección Nº 4: Colchagua / Arturo Prat; Intersección Nº 5: Carlos Cardani / Costanera ; Intersección Nº 6: Costanera / ruta C-485; Intersección Nº 7: Algarrobilla / Serrano; Intersección Nº 8: Brasil / Serrano; Intersección Nº 9: Av. Guillermo Matta / Sargento Aldea; Intersección Nº 10: Av. Guillermo Matta / Serrano; Intersección Nº 11: Av. Guillermo Matta / Miraflores; Intersección Nº 12: Honorio Pérez / Miraflores; Intersección Nº 13: ruta 5 / Acceso Norte Vallenar; Intersección Nº 14: Av. Pedro León Gallo / Gabriela Mistral ; Intersección Nº 15: Av. Pedro León Gallo / Providencia; Intersección Nº 16: Av. Perú / Teniente Merino; Intersección Nº 17: ruta C-485 / ruta C-495 (Alto del Carmen); Intersección Nº 18: ruta C-495 / ruta C-487 (Chanchoquín Chico); Intersección Nº 19: Variante El Jilguero / ruta C-485; Intersección Nº 20: Variante El Jilguero / ruta-5; Intersección Nº 21: ruta-5 / ruta (C-455 (El Algarrobal); Intersección Nº 22: Calle Santiago Zavala / Calle O'Higgins (Freirina); Intersección Nº 23: Prat / Latorre (Freirina); Intersección Nº 24: Río de Janeiro / Latorre (Freirina); Intersección Nº 25: Río de Janeiro / Condell (Freirina); Intersección Nº 26: Río de Janeiro / Thompson (Freirina); Intersección Nº 27: Río de Janeiro / Maipú (Freirina); Intersección Nº 28: O'Higgins / Camino Costero (Huasco); Intersección Nº 29: Av. Lautaro / Craig (Huasco); Intersección Nº 30: Directo ruta C-468 (Huasco).

seguido por los tramos de la ruta 5 Norte entre la ciudad de Vallenar y el acceso al poblado de Totoral. Por otro lado, las restantes vías de circulación a utilizar por el Proyecto presentan volúmenes de tránsito mucho menores que la ruta 5 Norte y la ciudad de Vallenar.

Por lo general, los caminos, exceptuando los principales que cuentan con plazas de peajes o instrumentos automáticos de conteo continuo, presentan volúmenes de tránsito con características especiales y diferentes a lo largo del año debido a la estacionalidad de cada zona, la que está íntimamente relacionada con la productividad y otros aspectos relevantes, como fiestas religiosas u otras, que provocan mayor o menor generación y atracción vehicular. La estacionalidad del tránsito puede estar fuertemente marcada por las cosechas y por el turismo y en especial en la ruta C-485 por el movimiento vehicular que generan las cosechas de parronales y olivos existentes en el sector, cuya faena se efectúa a partir del mes de noviembre de cada año.

Con el fin de realizar un análisis estacional que involucre el comportamiento de los flujos vehiculares en la ruta 5 Norte, ruta C–485 y ruta C-495, (principales vías de acceso al Proyecto), se estimaron los flujos vehiculares en los períodos de verano y primavera tomando como base los volúmenes de tránsito registrados por Vialidad en el año 2004.

Los volúmenes de tránsito que entrega la Dirección de Vialidad a través del PNC (Plan Nacional de Censos), son clasificados según tipo de vehículo, de la siguiente manera:

AS	:	Autos, Taxis, Stations-Wagons y Jeeps.
CTAS	:	Camionetas y Furgones inferiores a 1.000 kg.
C2E	:	Camiones simples de 2 ejes.
C+2E	:	Camiones demás de 2 ejes.
SR	:	Semi Remolque.
R	:	Remolque.
BTB	:	Buses y Taxi Buses.

Los puntos analizados se ubican dentro del área de influencia directa del Proyecto y corresponden al PNC año 2004 –Región de Atacama:

- PNC Nº 8, sector “Cruce Huasco”, intersección ruta 5 Norte/ ruta C-46 (Acceso Sur a Vallenar).
- PNC Nº 24, sector “Viveros Fiscales”, intersección ruta C-485 / ruta C-479.
- PNC Nº 26, sector “Alto del Carmen”, intersección ruta C-485 / ruta C-495.

Los siguientes Cuadros muestran los volúmenes de tránsito registrados el año 2004 en los puntos de control antes mencionados, clasificados por tipo de vehículo y en las ramas involucradas.

Cuadro 5.14-15
PNC Nº8 A
Cruce Huayco
Intersección ruta 5 Norte/ ruta C – 48
Tránsito de/a Copiapó (ruta 5 Norte)

Año	Estación	Tipo de Vehículo							Total 24 Horas
		AS	CTAS	C2E	C+2E	SR	R	BTB	
2004	Verano	2.019	1.081	485	167	464	157	386	4.759
	Invierno	1.054	876	268	188	313	260	834	3.793
	Primavera	1.102	1.013	374	104	446	248	376	3.663

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 5.14-16
PNC Nº8 B
Cruce Huayco
Intersección ruta 5 Norte/ ruta C – 48
Tránsito de/a Vallenar (ruta C-46)

Año	Estación	Tipo de Vehículo							Total 24 Horas
		AS	CTAS	C2E	C+2E	SR	R	BTB	
2004	Verano	2.641	1.400	509	58	38	24	336	5.006
	Invierno	1.067	722	126	40	29	52	184	2.220
	Primavera	1.260	1.172	194	42	21	7	176	2.872

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 5.14-17
PNC Nº24
Cruce Vivero Fiscal
Intersección ruta C - 485 / ruta C – 479
Tránsito de/a Alto del Carmen (ruta C-485)

Año	Estación	Tipo de Vehículo							Total 24 Horas
		AS	CTAS	C2E	C+2E	SR	R	BTB	
2004	Verano	889	734	62	32	5	3	21	1.746
	Invierno	422	369	95	3	3	1	21	914
	Primavera	454	409	97	6	14	7	27	1.014

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 5.14-18
PNC Nº26 A
Junta del Carmen
Intersección ruta C - 485 / ruta C – 495
Tránsito de/a Vallenar (ruta C-485)

Año	Estación	Tipo de Vehículo							Total 24 Horas
		AS	CTAS	C2E	C+2E	SR	R	BTB	
2004	Verano	318	350	66	9	3	0	14	760
	Invierno	110	125	18	4	2	1	20	280
	Primavera	118	157	35	6	14	4	29	363

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 5.14-19
PNC Nº26 B
Junta del Carmen
Intersección ruta C - 485 / ruta C – 495
Tránsito de/a Conay (ruta C-495)

Año	Estación	TIPO DE VEHÍCULO							Total 24 hr
		AS	CTAS	C2E	C+2E	SR	R	BTB	
2004	Verano	138	240	71	28	5	0	20	502
	Invierno	51	74	21	6	1	0	13	166

Año	Estación	TIPO DE VEHÍCULO							Total 24 hr
		AS	CTAS	C2E	C+2E	SR	R	BTB	
	Primavera	85	154	25	3	8	3	16	294

Fuente: Elaboración Propia.

El Cuadro 5.14-20 muestra los coeficientes de corrección estacional asociados a cada ruta, clasificados por tipo de vehículo:

Cuadro 5.14-20
Coeficientes de Corrección Estacional Asociados a Cada Ruta

Ruta	Estación	Coeficiente de Corrección Estacional (Año 2004)						
		AS	CTAS	C2E	C+2E	SR	R	BTB
5	VERANO	**1,92**	**1,23**	**1,81**	0,89	**1,48**	0,60	0,46
	INVIERNO	1,00	1,00	1,00	**1,00**	1,00	**1,00**	**1,00**
	PRIMAVERA	1,05	1,16	1,40	0,55	1,42	0,95	0,45
C-485	VERANO	**2,89**	**2,80**	**3,67**	**2,25**	1,50	0,00	0,70
	INVIERNO	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	PRIMAVERA	1,07	1,26	1,94	1,50	**7,00**	**4,00**	**1,45**
C-495	VERANO	**2,71**	**3,24**	**3,38**	**4,67**	5,00	1,00	1,54
	INVIERNO	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	PRIMAVERA	1,67	2,08	1,19	0,50	**8,00**	**1,00**	**1,23**

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar, tanto en la ruta 5 Norte como en la ruta C–485 y ruta C-495, los coeficientes de corrección estacional representan de buena forma las variaciones que normalmente experimentan los sectores con actividad agrícola, en este caso generada al interior del valle del Huasco, donde en las estaciones de primavera y verano se aprecian los mayores factores, debido a que en esas temporadas se realizan las cosechas de parronales del sector, con el consiguiente aumento en los flujos vehiculares.

5.14.5 Servicios de Transporte

5.14.5.1 Transporte Terrestre

El parque vehicular[70] en la provincia del Huasco asciende, en 2007, a 13.979, con la siguiente distribución por comuna: Vallenar 8.207, Alto del Carmen 1.771, Freirina 585, Huasco 3.416 y Copiapó 24.682 vehículos.

Para cubrir sus necesidades de transporte terrestre de pasajeros, la comuna de Vallenar cuenta con los servicios nacionales, regionales e intercomunales, a través de diez líneas de buses. Ésta se resume en el cuadro a continuación:

Cuadro 5.14-21
Transportes Interregionales e Interprovinciales

Empresa	Salidas
Transportes interregionales	
Tur Bus	Diarias todo el país
Pullman Bus	Diarias todo el país
Cóndor Bus	Diarias todo el país
Buses Libac	Santiago- Copiapó e Intermedios
Buses Carmelita	Santiago- Arica e Intermedios
Buses Expreso Norte	Santiago- Calama en Intermedios
Transportes interprovinciales	
Buses Pallauta	Interior del Valle del Huasco
Buses Vallenar	Huasco e Intermedios
Colectivos Vía mar	Huasco e Intermedios Domeyko-Alto del Carmen
Colectivos Los Huasquinos	Huasco e Intermedios Copiapó

Fuente: Municipalidad de Alto del Carmen y Vallenar; 2006.

En el caso de Totoral, no existe ningún tipo de movilización pública, debiendo realizar traslados en forma privada. El costo por transporte desde el sector hasta Copiapó es de aproximadamente $10.000.

En Copiapó existen empresas con terminales propios, como Tur Bus, Pullman Bus y Flota Barrios que permiten el transporte desde Copiapó a gran parte del país. La ciudad cuenta también con el teminal municipal de buses "Capitán Rafael Torreblanca Dolarea" que alberga a las demás empresas de buses que conectan a la capital regional con el resto del territorio nacional.

[70] Parque de Vehículos, 2007.

También existen empresas de buses locales con terminales propios como Casther y Bahia Express que tienen recorridos diarios al puerto de Caldera y hacia el interior del Valle de Copiapó.

Copiapó cuenta con diversos medios de trasporte que comunican el centro de la ciudad con los barrios periféricos (Paipote, El Palomar, El Chañar), tales como, taxis colectivos, taxis y microbuses en diferentes recorridos asociados a cada línea y como también recorridos diarios hacia las comunas de Caldera, y Diego de Almagro.

5.14.5.2 Infraestructura y Servicios de Transporte Aéreo

La región de Atacama cuenta con un aeropuerto regional en la comuna de Vallenar dispone de un aeródromo, pero sólo la comuna de Copiapó cuenta con un Aeropuerto: "Desierto de Atacama", sus características de pista son: largo real es de 2.200 m, con una pista de ancho de 45 m, berma de 75 m. , la calle rodaje paralela es de 498 m de largo, con 46 m de ancho y una berma de 7,5 m y la plataforma tiene 140 m de ancho con 231 m de largo. En él, operan permanente y periódicamente durante todo el año diversos tipos de aeronaves con diversas frecuencias diarias entre Calama, Antofagasta, Santiago y, a través de este último destino, con la red de vuelos internacionales. Además cuentan con aeródromos.

Cuadro 5.14-22
Aeródromos de la Provincia de Huasco y comuna de Copiapó

Aeródromo	comuna	Adm.	Uso	Características de la Pista		
				Largo M	Ancho M	Material
Chamonte	Copiapó	DGAC	Publico	1.660	28	Asfalto
Vallenar	Vallenar	DGAC	Público	1.400	30	Asfalto
Perales	Copiapó	Privada	Pvt	2.250	29	Tierra
Tres Quebradas	Alto del Carmen	Privada	Pvt	870	18	Tierra
Freierina	Freirina	Privada	Pvt	700	20	Tierra
Gran Cañon	Huasco	Privada	Pvt	700	18	Tierra
San Félix	Alto del Carmen	Armada	Militar	2.000	30	Asfalto

Fuente: Informe Síntesis Regional 2008, MOP.

5.14.5.3 Ferrocarril

En las décadas pasadas el ferrocarril jugó un papel muy importante en la región Atacama. Una de las primeras líneas de América del Sur se instaló 1851 entre Copiapó y Caldera. El trayecto total tenía 81 km de longitud hasta Copiapó. En junio de 1851 llegó la primera locomotora, en julio del mismo año la línea funcionó hasta Monte Amargo. En diciembre de 1851 todo el trayecto era transitable. Después (alrededor 1914) se cambió la trocha original de 1.435 mm (Norma Europea o Stephenson) a 1.000 mm.

Por la minería rápidamente se aumentó la red. Después del tramo Caldera - Copiapó se prolongaron el trayecto hasta Potrero Seco (1855) y Chañarcillo (1858). La conexión del valle Copiapó hasta Los Loros y San Antonio (70 km) se realizaron en 1867. A Puquios (60 km de Copiapó) llegó el tren en el año 1871.
Un gran número de líneas siguen: Chañaral - El Salado, Carrizal Bajo - Carrizal Alto, Caldera - Algarrobal, Huasco - Vallenar entre otros. Hasta empezaron con la planificación de una conexión hasta Argentina en prolongación el tramo de Puquios. Este proyecto no se realizó a causa de problemas financieras y técnicas.

La actual infraestructura ferroviaria de la región pertenece a FERRONOR empresa privada que administra la red ferroviaria del norte del país. Esta empresa se ha encargado de la logística de los transportes mineros.
Esta infraestructura consta de:
• Ramal Chañaral: conexión entre Potrerillos y el puerto de Barquito, (157 km.)
para el transporte de material producido por CODELCO. Nota: 65 km De propiedad de FERRONOR y 92 km propiedad CODELCO)
• Ramal Huasco: conexión entre la Mina Los Colorados y Huasco (109,1 km), para
el transporte de concentrado de fierro de la Compañía Minera del Pacifico (CMP).

5.14.5.4 Puertos

El sistema portuario de Atacama cuenta con tres puertos, correspondiendo a cada uno de ellos a cada provincia de la región: Puerto de Chañaral, Provincia de Chañaral; Puerto de Caldera, Provincia de Copiapó; Puerto de Huasco, Provincia de Huasco los que se clasifican según su infraestructura, movimiento de mercadería y tráfico comercial con la categoría de puerto menor y los tres son administrados por empresas privadas. El movimiento marítimo de la III Región está dedicado exclusivamente al traslado de carga, no existiendo movimiento de pasajeros por esta vía de transporte. La carga

movilizada está destinada tanto a movimiento de cabotaje (fletes nacionales) como de comercio exterior (exportaciones e importaciones)

Cuadro 5.14-23
Infraestructura Portuaria

Infraestructura			
Comuna	**Facilidad Portuaria**	**Propiedad**	**Uso Principal**
Huasco	Muelle	Fiscal	Pasajeros
Huasco	Muelles Guacolda I y II	Privado	Pellets de Fe
Huasco	Muelle Santa Bárbara	Privado	Desuso

Cuadro 5.14-24
Puentes[71]

Infraestructura de Puentes						
Provincia	**Nº Puentes Red Básica**	**Long. Ptes Red Básica (ml)**	**Long. Ptes. Red Comunal**	**Long. Ptes Red Comunal (ml)**	**Nº Total Puentes**	**Long Total Puentes (ml)**
Copiapó	8	229,7	19	220,3	27	450
Huasco	12	431,9	3	154,2	15	586,1

Cuadro 5.14-25
Embalses[72]

Provincia	**Comuna**	**Nombre**	**Capacidad Millones m^3**	**Superficie m^3**	**Altura m**	**Estado de conservación**	**Administración**
Huasco	Vallenar	Santa Juana	160	12.000	113.4	Bueno	Fiscal
Huasco	Alto del Carmen	Lagunas del Huasco	10	10.000	15	Regular	Privada

[71] Sintesís región de Atacama 2008.
[72] Sintesís región de Atacama 2008.

5.14.6 Medios de Comunicación

En Copiapó están ubicadas las antenas de todos los canales de difusión nacional Mega (frec 9), Televisión Nacional de Chile (frec 7), Telecanal (frec 5), UCV Televisión (frec 14 vtr), canal 13 (frec 11), Chilevisión (frec 2), Red TV (frec 13), y además cuenta con una red de TVN regional, denominada "TVN Red Atacama" y un canal local en la frecuencia 4 denominado Holvoet tv . Las antenas se concentran en la cumbre del cerro Capis, ubicado en está.

Huasco posee su propio canal de televisión, *Huasco Televisión* canal 24, que emite noticias, videos musicales, cobertura de eventos a Huasco, Huasco Bajo y Freirina, todo a través de la señal de *Cable Huasco S.A.* Además cuenta con una radio Karina FM.

En Vallenar posee radios locales como radio XQA-5, Vallenar, Profeta, Panorama, Marcela, Estrella del Norte, Amiga y el canal regional de Vallenar, canal 2 de la televisión abierta.

5.14.6.1 Medios escritos

Se editan los diarios Chañarcillo y Atacama, ambos de cobertura regional, que salen diariamente a toda la región.

5.14.7 Actividad Económica e Infraestructura

La principal actividad economica que se desarrolla en la región de Atacama es la minería. El hierro el principal producto, generado por la Compañía Minera del Pacífico (CMP) ubicada en Vallenar en Brasil 1050 y Santa Bárbara. También destaca la producción del cobre con CODELCO Salvador y ENAMI.

En la agricultura, el 75% de la región del suelo de la región es estéril de acuerdo al VI censo Agropecuario. En el cuadro 5.14-26 se señala superficie de explotaciones agropecuarias.

Cuadro 5.14-26
Superficie de explotaciones agropecuarias

Comuna	Plantaciones Forestales há	Comuna			
		Total há	Cultivos anuales y permanentes há	Praderas sembradas permanentes y de rotación há	En barbecho y descanso há
Copiapó	20	7.142	2.819	119	4.204
Huasco	58	1.669	903	23	743
Freirina	170	309.432	1.708	501	939
Alto del Carmen	52	3.566	1.385	304	1.876
Vallenar	263	6.116	1.269	656	4.192

Fuente: VI Censo Agropecuario.

La agricultura sólo se cultiva en los valles de los ríos Copiapó y Huasco. La superficie plantada por comuna es la siguiente:

Cuadro 5.14-27
Superficie Plantadas

Comuna	Superficie há
Copiapó	2.033,86
Alto del Carmen	910,86
Freirina	487,39
Vallenar	487,19
Huasco	642,42

Fuente: Informe Síntesis regional 2008.

La pesca, en la región de Atacama ocupa el quinto lugar en el total de desembarque nacional de productos del mar. La pesca artesanal se materializa en 21 caletas para la región. Nueve se encuentran en la provincia de Huasco, que son caleta Agua Zorra, Angosta, Carrizal Bajo la cual posee una infraestructura de Puerto Pesquero Artesanal, Carrizalillo, Chañaral de aceituno con infraestructura básica, el Huasco también con una infraestructura de Puerto Pesquero Artesanal, Los Bronces, Los Burros Sur y Los Pozos.

5.14.8 Zonificación del Territorio

La propuesta de estructuración regional está basada en Áreas de Desarrollo, que constituyen espacios funcionales diversos, con ejes de estructuración regional, sus sistemas de centros poblados y sus lineamientos de desarrollo urbano territorial.

De este modo se pudieron determinar ocho áreas de desarrollo, que se muestran en el Plano de Zonificación Regional:

- Área de Desarrollo: Borde Costero Chañaral
- Área de Desarrollo: Desierto de Atacama
- Área de Desarrollo: Altiplano Andino
- Área de Desarrollo: Borde Costero Caldera
- Área de Desarrollo: Valle de Copiapó
- Área de Desarrollo: Borde Costero Huasco
- Área de Desarrollo: Vallenar
- Área de Desarrollo: Alto del Carmen

5.15 USOS DEL MEDIO

Objetivo:

Esta sección tiene como objetivo describir la situación de instrumentos de ordenamiento territorial en el AI del Proyecto, en relación a lo establecido en f.5 del art. 12 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, con el objetivo de descartar posibles conflictos de uso del territorio producto de la construcción y operación del Proyecto.

5.15.1 Uso del Suelo

El Proyecto se ubica fuera del límite urbano de las ciudades de Vallenar y Copiapó, por lo que puede catalogarse como área rural. Aún así, la Planta Desalinizadora se encuentra en una Zona de Apoyo a los Centros Poblados (ZUI 7), según lo establecido en el Plan Regulador Intercomunal de las Comunas Costeras de Atacama, y se deberá solicitar su calificación industrial.

5.15.2 Áreas Silvestres Protegidas

Dentro del área del Proyecto no se encuentran áreas pertenecientes al SNASPE[73] (Ver Mapa 5.8).

Un sitio perteneciente al SNASPE que se encuentra cercano al área de estudios corresponde al Parque Nacional Llanos de Challe. Este Parque Nacional con más de 45.000 hectáreas, es atravesado por el camino público C-440 que une el sector costero de Carrizal con la ruta 5 Norte (Ver Mapa 5.8) y se extiende hacia el sur. El Parque Nacional Llanos de Challe fue creado en 1994 y posee 45.708 há. La vegetación es de tipo Desierto Costero de Huasco. Por la influencia marítima, así como el escurrimiento subterráneo de aguas y otros factores adicionales, se desarrolla un ecosistema rico en flora y fauna, donde destaca su endemismo.

5.15.3 Santuarios de la Naturaleza

Tampoco hay en el área del Proyecto santuarios de la naturaleza. En la región sólo hay uno. Las efloraciones geológicas formadas por rocas de granito orbicular, ubicadas en la comuna de Caldera.

5.15.4 Sitios para Conservar la Biodiversidad

La Comisión Nacional del Medio Ambiente desarrolló la "Estrategia Nacional de la Biodiversidad (CONAMA, 2003)", la cual tiene como objetivo general conservar la

[73] Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas. Los parques nacionales Pan de Azúcar y Nevado Tres Cruces, así como la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, están fuera, incluso, del área de estudio.

biodiversidad del país, promoviendo su gestión sustentable con el objeto de resguardar su capacidad vital y garantizar el acceso a los beneficios para el bienestar de las generaciones actuales y futuras. Entre los cinco sitios identificados por la Dirección Regional de CONAMA, en el área de estudios del Proyecto, se encuentra el sitio prioritario "Desierto Florido", el cual se extiende por la planicie intermedia existente entre las ciudades de Vallenar y Copiapó y abarca una parte importante del Área Totoral y una pequeña fracción del Área quebrada Algarrobal, según se observa en el Mapa 5.8.

Además, existen otros dos sitios prioritarios cercanos al área de estudios, que corresponden al Estuario río Huasco y Laguna Carrizal, y la Laguna Huasco Altina Laguna Grande. El Estuario Río Huasco y Carrizal comienzan en el sector de Carrizal Bajo y se extiende por la ruta costera hasta Huasco (Ver Mapa 5.8). La laguna Huasco Altina Laguna Grande se ubica en la subcuenca contigua al sur del Área Mina – Planta alimenta posteriormente al río homónimo, el cual, en conjunto con el río Valeriano (proveniente de la Laguna Chica) conforman el río Conay[74].

5.15.5 Áreas de Protección Litoral

Conforme a información provista por el Servicio Nacional de Pesca Región de Atacama, en el área comprendida entre Caleta Pajonales por el norte y Caleta Matamoros por el Sur, existen cuatro Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) cuyas características se describen a continuación:

- AMERB Pajonales: Recursos Lessonia sp., lapa, loco y erizo.
- AMERB Totoral A: Establecida Mediante decreto supremo Nº 521 del 5 de octubre de 2000. Recursos: Lessonia sp., lapa, loco y erizo.
- AMERB Totoral B: Recursos Lessonia sp., lapa, loco y erizo.

[74] Durante el año 2002 la Dirección Regional de la Comisión Nacional del Medio Ambiente de la Región de Atacama, con recursos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, desarrolló en todas las regiones, el proyecto "Elaboración de una Estrategia y un Plan de Acción para la Conservación y la "Protección de la Diversidad Biológica". Conforme a lo anterior, la región de Atacama, llevó a cabo el proceso de elaboración de una estrategia y un plan de acción. Como resultado se obtuvo un total de cinco áreas con interés de conservación. Sitio 1 Desierto Florido: Este sitio es el más extenso de los identificados, y corresponde a la porción de territorio donde el fenómeno de la floración esporádica (asociado a fuertes lluvias), se presenta con mayor fuerza; Sitio 2 Lagunas Huasco Altinas y Alrededores: Corresponden a un conjunto de cuerpos de agua, conectados por corredores biológicos (ríos y quebradas), muy alejados de la presencia humana; Sitio 3 Estuario Río Huasco y Laguna Carrizal: Sin duda es el lugar de mayor presencia de avifauna en la región (en variedad); Sitio 4 Estuario Río Copiapó, Isla Cisne y el Morro Copiapó: El sector que va desde punta morro por el norte, hasta la ribera norte del río por el sur, se priorizó básicamente por su riqueza marina (Islote) y por la particularidad de el Morro Copiapó, que comprende la formación geológica de mayor antigüedad en nuestra región. La que además contiene una de las reservas paleontológicas mas grandes de Sudamérica. En la actualidad esta zona se perfila como una de las primeras Áreas Marinas Protegidas (AMP) de Chile; y Sitio 5. Salar de Pedernales y Alrededores: La selección de este lugar obedece principalmente a su aislamiento y a las difíciles condiciones climáticas que allí se presentan, que paradójicamente dan lugar a fenómenos adaptativos de un alto valor científico.

- AMERB Totoral C: Recursos Lessonia sp., lapa, loco y erizo.

El cuadro a continuación presenta las coordenadas de ubicación de las AMERB citadas. El AMERB Totoral B se encuentra relativamente alejada espacialmente de la futura planta desalinizadora, no obstante, el extremo sur de esta AMERB abarca una porción de Bahía Totoral Bajo por lo se alcanza a apreciar en el esquema sobre usos del borde costero.

Cuadro 5.15-1
Coordenadas de Ubicación de las AMERB

Vértice	AMERB Pajonales		AMERB Totoral A		AMERB Totoral B		AMERB Totoral C	
	Latitud (S)	Longitud (W)	Latitud (S)	Longitud (W)	Latitud (S)	Longitud (W)	Latitud (S)	Longitud (W)
A	27º 40' 00.00''	71º 02' 04.19''	27º 49' 31.62''	71º 05' 26.00''	27º 48' 49.94''	71º 05' 13.23''	27º 47' 49.46''	71º 05' 06.14''
B	27º 40' 00.00''	71º 02' 11.12''	27º 49' 31.62''	71º 05' 37.81''	27º 48' 49.94''	71º 05' 18,18''	27º 47' 49.46''	71º 05' 12.95''
C	27º 30' 27.08''	71º 02' 29.17''	27º 50' 55.62''	71º 06' 36.36''	27º 49' 16.08''	71º 05' 18,18''	27º 48' 06.81''	71º 05' 12.95''
D	27º 41' 24.00''	71º 02' 36.77''	27º 50' 55.62''	71º 06' 19.45''	27º 49' 16.08''	71º 05' 07.27''	27º 48' 12.65''	71º 05' 25.71''
E	27º 42' 20.27''	71º 02' 36.04''					27º 48' 12.65''	71º 05' 57.63''
F	27º 43' 00.00''	71º 02' 35.01''					27º 48' 49.94''	71º 05' 57.63''
G	27º 43' 00.00''	71º 02' 30.09''					27º 48' 49.94''	71º 05'13.23''

Fuente: Servicio Nacional de Pesca Región de Atacama

5.15.5.1 Sitios Priorizados CONAF

Finalmente, la Corporación Nacional Forestal, ha propuesto en el Libro Rojo de los Sitios Prioritarios para la Conservación, áreas con interés nacional desde el punto de vista de la biodiversidad, identifica sitios con categorías de Urgente, Importante y de Interés de acuerdo a sus características. Algunos de ellos coinciden con los sitios definidos por CONAMA, pero, en general, fuera del área del Proyecto. El único próximo corresponde a la Cuesta de Los Pajonales, considerado "Sitio de Interés"[75].

[75] Plan Regional de Desarrollo Urbano –PRDU- Región de Atacama", 2007.

5.16 PATRIMONIO CULTURAL

Objetivos:

El objetivo de la línea base de patrimonio cultural fue prospectar, identificar y caracterizar el patrimonio cultural histórico o prehistórico dentro del área donde se realizarán las obras asociadas al Proyecto, con el propósito final de protegerlos de acuerdo a la legislación chilena vigente (La Ley 17.288, sobre Monumentos Nacionales).

Para cumplir con este objetivo, se realizaron prospecciones arqueológicas en las siguientes fechas:

Cuadro 5.16-1
Campañas de Arqueología

Campaña	Fecha	Sitio a recorrer	Arqueólogo
1	enero 2006	Tramos 1 a 5	Nuriluz Hermosilla
2	marzo 2006	Tramo 6	Nuriluz Hermosilla
3	octubre 2006	Tramo 7	Carlos Carrasco
4	noviembre 2006	Torres de alta tensión líneas eléctricas y Trazado de tubería y camino	Carlos Carrasco
5	marzo 2007	Torres de alta tensión líneas eléctricas	Carlos Carrasco
6	diciembre, 2007	Modificaciones trazado obras lineales	Carlos Carrasco

Fuente: Elaboración propia

La metodología utilizada en las distintas campañas incluyó:

- Recorrido a pie, en transectas paralelas con intervalos de 50 m para cada uno de los tramos indicados;
- Registro de la posición espacial de los sitios arqueológicos o contemplados como patrimonio cultural identificados, mediante la utilización de navegador satelital (GPS en PSDA 56) y su ubicación en cartografía;
- Registro fotográfico de los hallazgos; y
- Elaboración de una ficha protocolar de identificación, previamente diseñada, con el objeto de presentar la información de manera homogénea.

Los sitios fueron registrados de acuerdo con un formato único, con el objeto de hacer comparable la información (ficha protocolar). Tal registro recogió información

correspondiente a ubicación, funcionalidad, adscripción histórico-cultural y conservación. La ubicación consignó variables de emplazamiento y coordenadas geográficas tomadas con navegador satelital (GPS) utilizando el datum PSDA 56. La funcionalidad se asignó en relación al tipo de asentamiento considerando las eventuales actividades desarrolladas. La adscripción histórico-cultural se expresó en la variable cronología relativa, y se estimó en función de las características contextuales de los hallazgos, siguiendo la propuesta de Schiffer (1990) que nota la diferencia entre Contexto Sistémico y Contexto Arqueológico. Así, las ocupaciones fueron agrupadas en tres categorías correspondientes a sitios Prehispánicos, Históricos y Etnográficos en donde las dos primeras se encontrarían en contexto arqueológico, mientras que la última en contexto sistémico.

Además, con el objeto de operacionalizar la adscripción Cronológico-Cultural se consideró la caracterización general de los hallazgos y lo referido en la Ley 17.288 como patrimonio cultural a proteger. De acuerdo con ello tal adscripción consideró lo siguiente:

- Los hallazgos Prehispánicos corresponden a restos materiales de ocupaciones humanas previas a la llegada de los españoles en el Siglo XVI.
- Los hallazgos Históricos contemplan aquellos restos de ocupaciones humanas generados con posterioridad a la llegada de los españoles hasta nuestros días, que se encuentren en estado de abandono y que no registren referencias escritas.
- Los hallazgos etnográficos consideran aquellas ocupaciones humanas actuales generadas por grupos humanos que siguen modos de vida tradicionales, con arraigo prehispánico o histórico, y que cuya continuidad es incierta.

Por otra parte, también se incluyen variables relacionadas a la conservación, la que se midió de acuerdo a rangos nominales en función de la preservación de los restos y de los procesos post depositacionales que afectan a los materiales culturales. Finalmente, se agregan características básicas de los yacimientos señaladas en la descripción y materiales asociados.

Resultados:

En total se registraron 416 sitios con restos de patrimonio cultural, los cuales se ilustran en el Mapa 5.9 y se muestran en mayor detalle en los Planos 5.26 al 5.37. La ubicación de éstos, así como las fichas arqueológicas de los mismos y el detalle de la prospección realizada se presentan en el Apéndice 5L. Los resultados resumidos por área de estudio se presentan a continuación.

5.16.1 Área Totoral

En esta ocasión se prospectaron aproximadamente 80 kilómetros correspondientes a parte de la ruta 5 Norte, Carretera Panamericana y desde ésta hasta la línea costera en el sector de Caleta Totoral y quebrada Boquerón (trazado línea eléctrica). Se reconoció un total de 108 sitios del patrimonio cultural, de los cuales 12 fueron identificados a lo largo de la ruta 5 Norte. De estos 59 son sitios arqueológicos (cronología prehispánica), 32 son sitios históricos y 17 son sitios etnográficos, las últimas dos categorías son sitios de valor patrimonial.

Estos sitios se ilustran entre los Planos 5.26 al 5.30 y se presentan en los siguientes cuadros.

Cuadro 5.16-2
Sitios Arqueológicos Área Totoral – Cronología Prehispánica

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
TO-29	6.898,038	342,775	Campamento	35 x 20 m	Prehispánico
TO-37	6.905,464	337,724	Habitacional	30x30	Prehispánico
TO-41	6.912,745	313,112	Habitacional	20x20	Prehispánico
TO-42	6.912,752	313,033	Habitacional	50x100	Prehispánico
TO-43	6.912,759	312,942	Habitacional	100x100	Prehispánico
TO-45	6.912,866	312,866	Habitacional	30x30	Prehispánico
TO-46	6.912,878	312,393	Indeterminado	80x60	Prehispánico
TO-48	6.913,032	312,250	Habitacional	50x30	Prehispánico
TO-50	6.913,316	311,945	Habitacional	10x10	Prehispánico
TO-51	6.913,332	311,885	Material disperso. Habitacional	50x40	Prehispánico
TO-53	6.913,549	311,554	Habitacional	25x25	Prehispánico
TO-54	6.913,505	311,314	Habitacional	100x60	Prehispánico
TO-55	6.913,313	311,185	Habitacional	80x60	Prehispánico
TO-57	6.912,780	310,650	Taller lítico	5x5	Prehispánico
TO-58	6.912,848	310,371	Taller lítico	20x20	Prehispánico
TO-59	6.912,960	309,812	Indeterminado	30x24	Prehispánico
TO-63	6.917,522	296,890	Habitacional	40x40	Prehispánico
TO-64	6.918,676	294,815	Conchal	6x6	Prehispánico
TO-65	6.920,000	294,500	Conchal	700x500	Prehispánico
TO-67	6.919,644	293,959	Habitacional	20x20	Prehispánico
TO-68	6.919,604	293,880	Alero o abrigo rocoso	10x10	Prehispánico
TO-69	6.919,559	293,872	Habitacional	8x8	Prehispánico
TO-70	6.919,121	293,610	Habitacional	10x10	Prehispánico
TO-71	6.919,085	293,602	Habitacional	40x30	Prehispánico
TO-72	6.919,073	293,732	Conchal	20x30	Prehispánico
TO-73	6.918,894	293,623	Conchal	30x40	Prehispánico
TO-74	6.918,883	293,606	Conchal	20 aprox.	Prehispánico

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
TO-75	6.918,845	293,519	Conchal	20x10	Prehispánico
TO-76	6.918,771	293,503	Habitacional	30x30	Prehispánico
TO-77	6.918,635	293,608	Conchal	25x25	Prehispánico
TO-78	6.918,513	293,424	Conchal	30x30	Prehispánico
TO-79	6.918,486	293,538	Conchal	10 aprox.	Prehispánico
TO-80	6.918,281	293,472	Conchal	15x15	Prehispánico
TO-82	6.918,115	293,289	Habitacional	50x50	Prehispánico
TO-83	6.918,100	293,150	Habitacional	40x40	Prehispánico
TO-84	6.918,034	293,144	Conchal	10x10	Prehispánico
TO-85	6.917,947	293,167	Conchal	45 x 45	Prehispánico
TO-86	6.917,800	293,070	Conchal	270x150	Prehispánico
TO-88	6.917,472	292,876	Conchal	80x80	Prehispánico
TO-89	6.917,352	292,947	Conchal	40x40	Prehispánico
TO-90	6.917,432	292,819	Conchal	30x30	Prehispánico
TO-91	6.917,384	292,756	Conchal	30x20	Prehispánico
TO-92	6.917,242	292,910	Conchal	60x80	Prehispánico
TO-93	6.917,259	292,687	Conchal	60x60	Prehispánico
TO-94	6.917,187	292,851	Conchal	30x30	Prehispánico
TO-95	6.917,197	292,644	Conchal	30x30	Prehispánico
TO-96	6.917,107	292,698	Conchal	40x40	Prehispánico
TO-97	6.917,030	292,853	Conchal	50x50	Prehispánico
TO-98	6.916,996	292,485	Conchal con estructuras	80x60	Prehispánico
TO-99	6.916,947	292,802	Conchal	15x20	Prehispánico
TO-100	6.916,911	292,741	Conchal	30x30	Prehispánico
TO-101	6.916,865	293,019	Conchal	120x50	Prehispánico
TO-102	6.916,810	292,799	Conchal	60x80	Prehispánico
TO-103	6.916,676	292,730	Conchal	80x60	Prehispánico
TO-104	6.916,789	293,371	Conchal	20	Prehispánico
TO-105	6.916,436	293,111	Conchal	10x10	Prehispánico
TO-106	6.916,794	293,441	Conchal	20x20	Prehispánico
TO-107	6.916,422	293,503	Conchal	8x8	Prehispánico
TO-108	6.916,793	293,596	Conchal	25 m de diámetro	Prehispánico

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.16-3
Sitios con Valor Patrimonial Área Totoral – Cronología Histórica

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
TO-14	6.902,943	346,276	Majada	8x8	Histórico
TO-15	6.887,001	338,810	Estación Algarrobal	800 x 200	Histórico
TO-16	6.887,407	339,014	Estación Algarrobal	800 x 200	Histórico
TO-17	6.887,698	338,978	Habitacional	50 x 100 m	Histórico
TO-18	6.887,853	338,866	Estructura aislada	18 x 43 m	Histórico
TO-19	6.888,131	338,479	Huellas	7 m	Histórico
TO-20	6.888,603	338,606	Campamento	90 x 20 m	Histórico
TO-21	6.892,474	339,790	Basural, estructuras aisladas	20 x 50 m	Histórico
TO-22	6.894,830	340,737	Estructura aislada	3 x 3	Histórico
TO-23	6.897,136	342,426	Estación	200 x 100	Histórico
TO-24	6.897,280	342,508	Estación	200 x 100	Histórico
TO-25	6.897,279	342,589	Estación (1 B)	70 x 100 m	Histórico
TO-26	6.897,442	342,636	Estructura aislada	10 x 10 m	Histórico
TO-27	6.897,614	342,720	Campamento, basural	30 x 20 m	Histórico
TO-28	6.897,648	342,730	Basural	50 x 20 m	Histórico
TO-30	6.898,248	342,795	Animita	10 x 10 m	Histórico
TO-31	6.899,128	342,844	Basural	15 x 15 m	Histórico
TO-32	6.900,583	342,692	Estructura aislada	1 x 1	Histórico
TO-33	6.900,745	342,975	Estación	20 x 20	Histórico
TO-34	6.902,227	343,063	Basural	20 x 20	Histórico
TO-35	6.902,361	343,067	Estructuras asociadas	25 x 25	Histórico
TO-38	6.907,459	325,892	Mina	100x100	Histórico
TO-39	6.910,405	320,099	Piscina minera	20x20	Histórico
TO-40	6.911,282	316,488	Marca	0,5x0,5	Histórico
TO-44	6.912,766	312,797	Indeterminado	15x15	Histórico
TO-47	6.912,867	312,345	Indeterminado o posible marca	20x20	Histórico
TO-49	6.913,123	311,903	Habitacional	20x20	Histórico
TO-52	6.913,396	311,779	Indeterminado	1,5x1,5	Histórico
TO-61	6.913,026	309,533	Corral	50x50	Histórico
TO-62	6.912,947	306,679	Habitacional	30x20	Histórico
TO-66	6.919,780	293,994	Conchal	10x10	Histórico
TO-81	6.918,148	293,180	Habitacional	10x10	Histórico

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.16-4
Sitios con Valor Patrimonial Área Totoral – Cronología Etnográfica

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
TO-01	6.885,304	339,415	Animita	10x10	Etnográfico
TO-02	6.885,315	339,368	Monolito	5x5	Etnográfico
TO-03	6.886,225	339,856	Animita	3x2	Etnográfico
TO-04	6.887,024	340,186	Animita	6x6	Etnográfico
TO-05	6.889,056	341,180	Animita	2x2	Etnográfico
TO-06	6.889,928	341,585	Animita	5x3	Etnográfico
TO-07	6.890,475	341,842	Animita	3x3	Etnográfico
TO-08	6.891,163	342,163	Animita	2x2	Etnográfico
TO-09	6.894,405	343,689	Animita	15x15	Etnográfico
TO-10	6.894,988	343,949	Animita	2x2	Etnográfico
TO-11	6.896,826	344,583	Animita	20x20	Etnográfico
TO-12	6.899,055	345,008	Majada	100x100	Etnográfico
TO-13	6.901,182	345,846	Animita	3x3	Etnográfico
TO-36	6.904,751	341,534	Animita	10x10	Etnográfico
TO-56	6.913,160	311,010	Habitacional	300x100	Etnográfico
TO-60	6.913,025	309,672	Corral	50x30	Etnográfico
TO-87	6.917,750	293,152	Animita	10x10	Etnográfico

Fuente: Elaboración propia.

5.16.2 Área Quebrada Algarrobal

En el área de la quebrada Algarrobal se encontraron un total de 256 sitios del patrimonio cultural, a lo largo de aproximadamente 120 km prospectados. De estos 64 son sitios arqueológicos (cronología prehispánica), 161 son sitios históricos y 31 son sitios etnográficos, las últimas dos categorías son sitios de valor patrimonial.

El total de sitios se ilustran entre los Planos 5.31-5.36 y se presentan en los Cuadros 5.16-5 a 5.16-7.

Cuadro 5.16-5
Sitios Arqueológicos Área Quebrada Algarrobal – Cronología Prehispánica

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
QA-01	6.835,959	403,379	Habitacional	80 x 80	Prehispánico
QA-07	6.838,737	396,886	Habitacional	30 x 12	Prehispánico
QA-08	6.840,275	397,275	Campamento	60 x 50	Prehispánico
QA-09	6.840,275	397,275	Taller lítico-Estructuras asociadas	25 x 25	Prehispánico
QA-10	6.840,755	397,014	Taller lítico	25 x 30	Prehispánico
QA-12	6.842,915	397,327	Taller lítico-Majada	60 x 40	Prehispánico
QA-14	6.843,989	397,238	Estructuras asociadas	20 x 10	Prehispánico
QA-15	6.844,061	397,225	Taller lítico-Majada	80 x 80	Prehispánico
QA-16	6.844,611	397,143	Hallazgo aislado	5 x 5	Prehispánico
QA-19	6.844,973	397,057	Taller lítico-Majada	30 x 30	Prehispánico
QA-21	6.845,672	396,324	Taller lítico	50 x 50	Prehispánico
QA-22	6.845,680	396,232	Taller lítico	20 x 20	Prehispánico
QA-31	6.838,936	396,000	Habitacional	50 x 30	Prehispánico
QA-32	6.839,104	395,303	Estructura aislada	10 x 10	Prehispánico
QA-34	6.839,193	394,742	Taller lítico	50 x 30	Prehispánico
QA-39	6.839,833	393,359	Habitacional	50 x 40	Prehispánico
QA-40	6.839,828	393,145	Alero	20 x 20	Prehispánico
QA-44	6.839,955	391,883	Taller lítico	100 x 40	Prehispánico
QA-53	6.842,474	388,631	Taller lítico	30 x 20	Prehispánico
QA-54	6.842,640	388,615	Taller lítico	50 x 50	Prehispánico
QA-57	6.843,873	388,460	Taller lítico	40 x 40	Prehispánico
QA-59	6.844,670	388,450	Taller lítico	70 x 30	Prehispánico
QA-60	6.845,539	387,688	Habitacional	360 x 30	Prehispánico
QA-61	6.845,705	387,137	Habitacional	100 x 100. Concentración de cerámica de 30 x 30 m. aprox.	Prehispánico
QA-62	6.846,157	386,581	Habitacional	25 x 30	Prehispánico
QA-64	6.846,428	386,478	Taller lítico	150 x 60	Prehispánico
QA-68	6.847,071	385,589	Taller lítico	70 x 30	Prehispánico
QA-74	6.847,922	382,402	Estructura aislada	20 x 20	Prehispánico
QA-99	6.855,586	369,513	Alero	15 x 15	Prehispánico
QA-101	6.855,805	368,391	Habitacional	60 x 80	Prehispánico
QA-103	6.855,826	367,185	Taller lítico, campamento	40 x 20	Prehispánico
QA-104	6.855,877	367,179	Taller lítico, campamento	40 x 40	Prehispánico
QA-105	6.856,138	367,360	Cantera-Taller lítico	140 x 30	Prehispánico
QA-106	6.856,144	367,065	Taller lítico y Campamento	80 x 60	Prehispánico

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
QA-107	6.857,102	367,585	Hallazgo aislado	30 x 30	Prehispánico
QA-108	6.857,158	367,649	Taller lítico	30 x 50	Prehispánico
QA-109	6.857,208	367,693	Taller lítico	15 x 15	Prehispánico
QA-112	6.858,683	367,448	Estructura aislada	5 x 5	Prehispánico
QA-114	6.858,648	367,053	Taller lítico	3 x 3 m	Prehispánico
QA-115	6.858,743	366,979	Estructuras asociadas	25 x 25	Prehispánico
QA-147	6.848,294	370,855	Taller lítico	10 x 20	Prehispánico
QA-165	6.851,356	367,946	Alero rocoso	20 x 10	Prehispánico
QA-172	6.851,517	366,178	Taller lítico y Campamento	25 x 25	Prehispánico
QA-173	6.851,894	365,928	Taller lítico	35 x 35	Prehispánico
QA-180	6.852,813	365,381	Alero rocoso	10 x 5	Prehispánico
QA-183	6.853,910	364,203	Taller lítico	15 x 20	Prehispánico
QA-191	6.856,012	363,935	Taller lítico	10 x 15	Prehispánico
QA-194	6.857,088	363,277	Abrigo rocoso	10 x 10	Prehispánico
QA-195	6.857,163	363,316	Alero rocoso	7 x 3	Prehispánico
QA-198	6.857,533	363,036	Alero rocoso, taller lítico, majada	50 x 30	Prehispánico
QA-199	6.857,914	362,099	Canal	10 m de largo y entre 0,80 y 1 m de ancho	Prehispánico
QA-201	6.858,543	362,189	Majada. Taller lítico	100 x 25	Prehispánico
QA-202	6.858,566	362,315	Taller lítico	100 x 40	Prehispánico
QA-203	6.858,816	361,765	Estructuras asociadas	70 x 50	Prehispánico
QA-206	6.859,349	361,894	Hallazgo aislado	área de 60 x 40	Prehispánico
QA-207	6.859,443	361,535	Abrigo bajo roca	20 x 15	Prehispánico
QA-208	6.860,609	361,254	Taller lítico	100 x 30	Prehispánico
QA-210	6.860,795	361,403	Habitacional	200 x 50	Prehispánico
QA-224	6.867,421	356,766	Alero rocoso	12 x 3	Prehispánico
QA-228	6.868,914	355,221	Taller lítico	80 x 40	Prehispánico
QA-229	6.868,958	355,050	Estructuras asociadas	100 x 100	Prehispánico
QA-230	6.868,885	354,841	Hallazgo aislado	2 x 2	Prehispánico
QA-232	6.868,731	353,272	Taller lítico	780 x 570	Prehispánico
QA-240	6.871,252	351,382	Habitacional	25 x 25	Prehispánico

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.16-6
Sitios con Valor Patrimonial Área Quebrada Algarrobal – Cronología Histórica

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
QA-03	6.837,677	404,289	Estructura aislada	1,5	Histórico
QA-04	6.837,906	403,570	Estructura aislada	4 x 4	Histórico
QA-05	6.837,585	400,801	Animita	10 x 10	Histórico
QA-11	6.842,592	397,324	Estructuras asociadas	15 x 20	Histórico
QA-13	6.843,437	397,292	Majada	25 x 25	Histórico
QA-17	6.844,851	397,066	Estructura aislada	5 x 5	Histórico
QA-20	6.845,728	396,781	Estructuras asociadas	50 x 40	Histórico
QA-26	6.846,377	390,014	Pirca transversal	20 x 1	Histórico
QA-27	6.846,292	389,511	Estructura aislada	5 x 5	Histórico
QA-28	6.846,138	388,082	Estructuras asociadas	30 x 30	Histórico
QA-29	6.846,081	387,964	Estructuras asociadas	20 x 20	Histórico
QA-30	6.838,953	396,181	Pirca	40 x 1	Histórico
QA-37	6.840,736	393,460	Majada	25 x 25	Histórico
QA-42	6.839,671	392,129	Estructura aislada	10 x 10	Histórico
QA-47	6.840,785	389,499	pirca	25 x 3	Histórico
QA-48	6.840,758	389,217	Habitacional	25 x 20	Histórico
QA-49	6.840,013	388,641	Habitacional	30 x 30	Histórico
QA-50	6.840,121	388,458	Habitacional	20 x 20	Histórico
QA-51	6.841,450	388,430	Habitacional	8 x 8	Histórico
QA-52	6.842,135	388,588	Habitacional	40 x 40	Histórico
QA-58	6.844,165	388,433	Pirca	60 x 2	Histórico
QA-63	6.846,431	386,533	Campamento	25 x 25	Histórico
QA-66	6.846,578	386,296	Estructura aislada	10	Histórico
QA-69	6.846,889	385,355	Corral	100 x 100	Histórico
QA-72	6.848,046	384,277	Corral	30 x 20	Histórico
QA-73	6.847,988	384,067	Campamento	100 x 80	Histórico
QA-75	6.847,692	381,917	Habitacional	30 x 30	Histórico
QA-76	6.847,708	381,366	Estructura aislada	25 x 25	Histórico
QA-77	6.847,857	380,592	Estructuras asociadas	25 x 15	Histórico
QA-78	6.848,403	380,117	Horno o fragua	10 x 10	Histórico
QA-79	6.849,000	379,438	Estructuras asociadas	40 x 25	Histórico
QA-80	6.849,077	379,237	Estructura aislada	20 x 25	Histórico
QA-81	6.849,123	379,065	Estructuras asociadas	20 x 20	Histórico
QA-82	6.849,690	378,163	Pirca transversal	100	Histórico
QA-83	6.849,856	377,749	Tranque	80 x 40	Histórico
QA-84	6.850,409	376,553	Canal	25 x 15	Histórico
QA-85	6.850,281	376,086	Áreas de cultivo	140 x 60	Histórico
QA-86	6.850,200	375,637	Área de cultivo	250 x 120	Histórico
QA-87	6.850,226	375,142	Acopio	20 x 20	Histórico
QA-89	6.852,164	373,766	Estructuras asociadas	40 x 40	Histórico

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
QA-90	6.852,312	373,716	Mina	80 x 60	Histórico
QA-91	6.852,243	373,440	Estructuras asociadas	20 x 20	Histórico
QA-92	6.852,712	373,062	Estructuras asociadas	30 x 20	Histórico
QA-93	6.852,794	373,088	Estructuras asociadas	20 x 20	Histórico
QA-95	6.853,949	372,270	Estructura aislada	15 x 15	Histórico
QA-96	6.853,982	372,592	Instalación minera La Bronce	150 x 100	Histórico
QA-97	6.854,584	372,073	Estructura aislada	2 x 2	Histórico
QA-100	6.855,847	368,513	Habitacional	120 x 120 m	Histórico
QA-110	6.858,041	368,161	Estructura aislada	2 x 2	Histórico
QA-111	6.858,477	367,638	Pircas	18 x 8 m	Histórico
QA-113	6.858,670	367,438	Camino antiguo	3,5 m	Histórico
QA-116	6.858,840	366,619	camino	150 x 1,5	Histórico
QA-117	6.859,440	366,397	Habitacional	12 x 12 m	Histórico
QA-118	6.859,479	365,919	Pirca	15 m	Histórico
QA-119	6.859,442	365,866	Estructuras asociadas	25 x 15	Histórico
QA-120	6.859,479	365,688	Estructuras asociadas	25 x 25	Histórico
QA-121	6.859,597	365,590	Habitacional	80 x 80 m	Histórico
QA-122	6.859,549	365,277	Estructura aislada	15 x 15	Histórico
QA-123	6.859,529	365,256	Estructura aislada	5 x 5	Histórico
QA-124	6.859,603	364,876	Estructuras asociadas	30 x 30	Histórico
QA-125	6.859,889	364,519	Estructura aislada	5 x 5	Histórico
QA-126	6.859,904	364,494	Camino antiguo	3,5 m	Histórico
QA-127	6.860,556	363,097	Cementerio	15 x 15	Histórico
QA-128	6.860,442	362,812	Campamento	150 x 100	Histórico
QA-130	6.860,650	362,096	Alero	15 x 8	Histórico
QA-131	6.860,691	362,101	Estructura aislada	3 x 3	Histórico
QA-132A	6.849,552	374,393	Estructuras aisladas y pirca transversal	1 x 1	Histórico
QA-132B	6.849,497	374,692	Estructuras aisladas y pirca transversal	1 x 2	Histórico
QA-133A	6.849,240	374,229	Pirca longitudinal	200	Histórico
QA-133B	6.849,061	373,993	Pirca longitudinal	200	Histórico
QA-134	6.849,061	373,993	Pirca transversal	150	Histórico
QA-135	6.849,134	373,910	Estructuras aisladas	Estructura1:8 x 4. Estructura:2:5 x 5	Histórico
QA-136	6.849,037	373,878	Pirca transversal	15 m. de largo	Histórico
QA-137	6.848,509	373,219	Estancia	60 x 40	Histórico
QA-138	6.848,312	372,853	Corral	8 x 8	Histórico
QA-139	6.848,335	372,408	majada	Casa:10 x 3.Sitio:60 x 60	Histórico
QA-140A	6.848,382	372,365	Canal	0,80 ancho y 200 m de largo	Histórico

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
QA-140B	6.848,241	372,110	Canal	0,80 ancho y 200 m de largo	Histórico
QA-141	6.848,320	372,262	Indeterminado	3 m Largo.0,80m ancho.0,60 m de alto	Histórico
QA-142	6.848,241	372,120	Pirca transversal	80 m de largo	Histórico
QA-143	6.848,300	371,630	Estructura aislada	8 m de largo.0, 70 m de ancho. 1,50 m de alto	Histórico
QA-144A	6.848,229	371,427	Pirca transversal	100 m de largo	Histórico
QA-144B	6.848,168	371,338	Pirca transversal	101 m de largo	Histórico
QA-145	6.847,679	371,156	Majada y/o antiguo campamento minero	100 x 80	Histórico
QA-146A	6.848,094	371,100	Pirca transversal	1 m de ancho y 1,50 m de alto	Histórico
QA-146B	6.848,094	370,416	Pirca transversal	2 m de ancho y 1,50 m de alto	Histórico
QA-148	6.848,296	370,776	Estructuras asociadas	30 x 20	Histórico
QA-149	6.848,379	370,577	Estructura aislada	15 m de diámetro	Histórico
QA-150	6.848,405	370,702	Pirca transversal	30 de largo	Histórico
QA-151	6.848,460	370,695	Estructuras asociadas	25 x 25	Histórico
QA-152	6.848,637	370,500	Corral	20 x 20	Histórico
QA-153	6.848,683	370,276	Pirca transversal	Indeterminadas	Histórico
QA-154	6.848,846	370,302	Campamento minero	80 x 60	Histórico
QA-155	6.849,530	369,849	Taller lítico y Campamento	180 x 50	Histórico
QA-156	6.850,075	369,805	Taller lítico y Campamento	200 x 60	Histórico
QA-157	6.850,163	369,791	Majada	20 x 20	Histórico
QA-158	6.850,449	369,423	Trapiche	50 x 20	Histórico
QA-159	6.850,770	369,193	Canal	30 x 2	Histórico
QA-160	6.850,823	369,163	Canal	40 m de largo	Histórico
QA-161	6.850,907	369,113	Canal	30 m de largo y 1 m de ancho	Histórico
QA-162	6.851,278	368,711	Majada. Campamento minero	80 x 40	Histórico
QA-163	6.851,407	368,455	Camino	10 x 4	Histórico
QA-164	6.851,366	368,262	Pirca transversal	50 m de largo	Histórico
QA-166A	6.851,275	367,767	Instalaciones mineras	250 x 100	Histórico
QA-166B	6.851,379	367,424	Instalaciones mineras	250 x 101	Histórico
QA-167	6.851,377	367,348	Estructuras asociadas y pirca transversal	100 x 30	Histórico
QA-168	6.851,391	367,186	Habitacional	25 x 15	Histórico
QA-169	6.851,396	367,121	Estructuras asociadas	40 x 15	Histórico

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
QA-170	6.851,632	366,744	Canal	10 m de largo	Histórico
QA-171	6.851,642	366,600	Canal	50 m de largo	Histórico
QA-174	6.852,125	366,056	Majada. Campamento minero	80 x 60	Histórico
QA-175	6.852,281	365,860	Habitacional	80 x 40	Histórico
QA-176	6.852,395	365,693	Habitacional	50 x 20	Histórico
QA-177	6.852,504	365,640	Habitacional	30 x 15	Histórico
QA-178	6.852,539	365,596	Campamento	30 x 20	Histórico
QA-179	6.852,695	365,393	Estructura aislada	15 x 5	Histórico
QA-181	6.853,241	364,813	Pirca transversal	15 x 20	Histórico
QA-182	6.853,894	364,267	Canal	20 m de largo	Histórico
QA-184	6.853,981	364,084	Majada	25 x 25	Histórico
QA-185	6.854,138	364,138	Pirca transversal	10 m de largo	Histórico
QA-186	6.854,192	364,179	Canal	10 m	Histórico
QA-187	6.854,413	364,212	Estructura aislada	10 x 10	Histórico
QA-188	6.854,513	364,164	Embalse	5 x 5	Histórico
QA-189	6.854,688	364,017	Horno	5 x 5	Histórico
QA-190	6.855,461	364,003	Estructuras aisladas	10 x 10	Histórico
QA-192	6.856,971	363,779	Campamento	40 x 40	Histórico
QA-193	6.857,047	363,312	Grafitti	10 x 10	Histórico
QA-196	6.857,398	362,979	Estructuras asociadas	20 x 20	Histórico
QA-197	6.857,480	362,747	Habitacional	60 x 40	Histórico
QA-200	6.858,426	362,329	Habitacional	20 x 30	Histórico
QA-204	6.858,801	361,373	Corral	10 x 10	Histórico
QA-205	6.858,963	361,725	Estructuras asociadas	80 x 50	Histórico
QA-209	6.860,676	361,246	hornos	10 x 10	Histórico
QA-211	6.861,324	361,094	Campamento minero	40 x 40	Histórico
QA-212	6.861,678	361,118	Corral	5 x 5	Histórico
QA-213	6.861,699	361,127	Estructuras asociadas	20 x 10	Histórico
QA-214	6.861,746	359,696	Pique minero	80 x 60	Histórico
QA-215	6.862,674	360,025	Pique minero	10 x 5	Histórico
QA-219	6.865,340	356,736	Estructura aislada	4 x 2	Histórico
QA-220	6.866,261	356,900	Habitacional	40 x 40	Histórico
QA-221	6.866,380	357,357	Campamento minero	100 x 150	Histórico
QA-222	6.866,767	357,172	Habitacional	60 x 40	Histórico
QA-223	6.866,919	356,853	Corrales	20 x 20 y 55 x 20	Histórico
QA-226	6.867,900	356,823	Estructura aislada	120 x 50	Histórico
QA-227	6.868,302	356,144	Estructuras asociadas	100 x 80	Histórico
QA-231	6.868,350	354,141	Corral	15 x 25	Histórico
QA-233	6.869,190	354,221	Estructuras asociadas	80 x 50	Histórico
QA-234	6.869,412	354,339	Estructuras asociadas	10 x 5	Histórico
QA-235	6.870,545	351,588	Hornos	15 x 10	Histórico

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
QA-236	6.870,727	352,071	Estructura aislada	5 x 5	Histórico
QA-237	6.870,781	352,033	Majada	100 x 100	Histórico
QA-238	6.871,099	351,743	Estructura aislada	20 x 20	Histórico
QA-239	6.871,237	351,520	Estructuras asociadas	80 de largo	Histórico
QA-241	6.871,589	351,444	Majada	20 x 10	Histórico
QA-242	6.872,457	350,647	Estructura aislada	15 x 10	Histórico
QA-243	6.872,984	351,164	Campamento minero	80 x 80	Histórico
QA-244	6.874,984	350,428	Estructura aislada	10 x 10	Histórico
QA-245	6.875,802	349,865	Campamento	20 x 20	Histórico
QA-246	6.878,389	348,138	Estructuras asociadas	15 x 8	Histórico
QA-247	6.878,743	347,983	Habitacional	40 x 20	Histórico
QA-251	6.859,531	366,320	Estructura aislada	10 x 5	Histórico

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 5.16-7
Sitios con Valor Patrimonial Área Quebrada Algarrobal – Cronología Etnográfica

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
QA-02	6.836,258	403,211	Animita	2 x 2	Etnográfico
QA-06	6.837,617	400,369	Estructura aislada	10 x 10	Etnográfico
QA-18	6.844,915	397,019	Hornos	30 x 30	Etnográfico
QA-23	6.845,660	395,354	Majada	40 x 40	Etnográfico
QA-24	6.846,045	392,913	Majada	25 x 30	Etnográfico
QA-25	6.848,784	390,478	Majada	50 x 30	Etnográfico
QA-33	6.839,115	395,033	Majada	25 x 25	Etnográfico
QA-35	6.839,664	394,051	Majada	50 x 50	Etnográfico
QA-36	6.839,809	393,723	Habitacional	40 x 40	Etnográfico
QA-38	6.839,883	393,359	Majada	50 x 40	Etnográfico
QA-41	6.839,814	392,563	Majada	40 x 25	Etnográfico
QA-43	6.839,589	392,066	Majada	40 x 20	Etnográfico
QA-45	6.840,531	391,176	Majada	50 x 30	Etnográfico
QA-46	6.840,789	390,483	Majada	40 x 30	Etnográfico
QA-55	6.843,067	388,606	Majada	50 x 50	Etnográfico
QA-56	6.843,233	388,644	Majada	50 x 50	Etnográfico
QA-65	6.846,454	386,380	Habitacional	30 x 20	Etnográfico
QA-67	6.846,702	386,189	Habitacional	20 x 30	Etnográfico

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
QA-70	6.847,643	385,092	Animita, habitacional	80 x 80	Etnográfico
QA-71	6.847,967	384,712	Habitacional	60 x 40	Etnográfico
QA-88	6.850,807	374,585	Estructura aislada	10 x 10	Etnográfico
QA-98	6.855,335	370,940	Majada	60 x 60	Etnográfico
QA-102	6.855,948	367,922	Horno	3 x 3	Etnográfico
QA-129	6.860,569	362,549	Hornos	20 x 5	Etnográfico
QA-216	6.862,817	359,837	Majada	100 x 100	Etnográfico
QA-217	6.863,220	359,637	Aldea y/o Campamento	200 x 200	Etnográfico
QA-218	6.864,626	358,600	Estructura aislada	4 x 3	Etnográfico
QA-225	6.867,527	356,708	Majada	100 x 80	Etnográfico
QA-248	6.883,329	343,086	Habitacional	80 x 80	Etnográfico
QA-249	6.883,406	342,948	Habitacional	50 x 50	Etnográfico
QA-250	6.884,642	340,790	Habitacional	80 x 80	Etnográfico

Fuente: Elaboración Propia.

5.16.3 Área Mina – Planta

Dentro del área Mina-Planta se hallaron 52 sitios arqueológicos y de valor patrimonial, de los cuales 33 se ubican en quebrada del Medio, y el resto en el área de yacimiento y explotación (La Fortuna), quebrada Larga y quebrada Piuquenes. De estos 26 son sitios arqueológicos (cronología prehispánica), 5 son sitios históricos y 21 son sitios etnográficos, las últimas dos categorías son sitios de valor patrimonial.

En los siguientes Cuadros 5.16-8, 5.16-9 y 5.16-10 se presenta un resumen de los sitios encontrados y su ubicación se ilustra en el Plano 5.37.

Cuadro 5.16-8
Sitios Arqueológicos Área Mina-Planta – Cronología Prehispánica

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
MP-03	6.831,080	404,614	Hallazgo aislado	20 x 10	Prehispánico
MP-04	6.831,109	404,510	Taller lítico majada	50 x 20	Prehispánico
MP-07	6.831,116	404,868	Hallazgo aislado	200 x 30	Prehispánico
MP-08	6.830,995	404,150	Habitacional	30 x 20	Prehispánico
MP-09	6.831,024	404,171	Taller lítico	15 x 40	Prehispánico
MP-12	6.830,467	403,520	Habitacional	50 x 50	Prehispánico
MP-13	6.830,393	403,543	Habitacional	150 x 30	Prehispánico
MP-14	6.830,113	403,638	Estructura aislada	6 x 6	Prehispánico
MP-15	6.830,069	403,629	Taller lítico	6 x 6	Prehispánico
MP-16	6.830,026	403,611	Taller lítico	15 x 25	Prehispánico
MP-17	6.829,797	403,559	Campamento	10 x 10	Prehispánico
MP-18	6.829,294	403,453	Taller lítico	25 x 20	Prehispánico
MP-20	6.828,137	403,039	Campamento	25 x 25	Prehispánico
MP-21	6.827,560	403,591	Taller lítico	100 x 70	Prehispánico
MP-28	6.831,009	403,936	Habitacional	50 x 40	Prehispánico
MP-29	6.831,048	404,225	Alero rocoso	20 x 25	Prehispánico
MP-32	6.831,126	404,494	Taller lítico	60 x 30	Prehispánico
MP-33	6.831,221	405,056	Taller lítico	40 x 20	Prehispánico
MP-34	6.831,286	405,176	Hallazgo aislado	10 x 10	Prehispánico
MP-35	6.831,365	405,519	Taller lítico	35 x 50	Prehispánico
MP-36	6.831,617	405,829	Hallazgo aislado	10 x 10	Prehispánico
MP-39	6.832,117	406,024	Taller lítico	40 x 40	Prehispánico
MP-40	6.831,919	405,866	Habitacional	40 x 40	Prehispánico
MP-49	6.835,066	405,925	Estructura aislada	8 x 4	Prehispánico
MP-51	6.834,823	405,838	Habitacional. Estrcturas asociadas	60 x 10	Prehispánico
MP-52	6.828,853	403,169	Hallazgo aislado	2 x 2	Prehispánico

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.16-9
Sitios con Valor Patrimonial Área Mina-Planta – Cronología Histórica

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
MP-01	6.832,706	413,642	Habitacional	25 x 30	Etnográfico
MP-05	6.828,991	406,008	Habitacional	30 x 30	Etnográfico
MP-06	6.830,365	410,758	Habitacional	15 x 15	Etnográfico
MP-30	6.831,257	404,419	Habitacional	100 x 30	Etnográfico
MP-38	6.832,240	406,094	Fogón	10 x 10	Etnográfico

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.16-10
Sitios con Valor Patrimonial Área Mina-Planta – Cronología Etnográfica

Sitio	UTM Este	UTM Norte	Categoría general	Extensión (m)	Cronología relativa
MP-02	6.832,684	413,636	Habitacional	30 x 30	Histórico
MP-10	6.830,810	403,874	Estructura aislada	5 x 5	Histórico
MP-11	6.828,593	404,815	Pirca transversal	40	Histórico
MP19	6.828,180	403,017	Pirca transversal	80	Histórico
MP-22	6.827,975	403,075	Estructura aislada	15 x 15	Histórico
MP-23	6.828,807	402,863	Estructura aislada	6 x 6	Histórico
MP-24	6.828,825	402,889	Estructura aislada	6 x 6	Histórico
MP-25	6.829,752	403,489	Campamento	10 x 8	Histórico
MP-26	6.830,222	403,544	Marca	3 x 3	Histórico
MP-27	6.830,758	403,786	Estructura aislada	10 x 10	Histórico
MP-31	6.831,174	404,446	Habitacional	30 x 15	Histórico
MP-37	6.831,807	405,944	Estructura aislada	10 x 10	Histórico
MP-41	6.836,220	408,394	Estructuras asociadas	15 x 15	Histórico
MP-42	6.835,044	407,534	Campamento minero	30 x 10	Histórico
MP-43	6.835,225	407,248	Estructuras asociadas	15 x 8	Histórico
MP-44	6.835,320	406,959	Estructuras aisladas	10 x 8	Histórico
MP-45	6.835,381	405,744	Majada	80 x 80	Histórico
MP-46	6.835,308	405,910	Estructura aislada	3 x 2	Histórico
MP-47	6.835,195	405,856	Estructura aislada	3 x 2	Histórico
MP-48	6.835,101	405,840	Habitacional. Estructuras asociadas	6 x 2	Histórico
MP-50	6.834,940	405,861	Estructura aislada	1,20 x 1,20	Histórico

Fuente: Elaboración propia.

5.17 PAISAJE

Objetivos:

La Línea Base de paisaje tiene por finalidad lo siguiente:

- Determinar el valor paisajístico del área de emplazamiento del Proyecto; y
- Determinar la vulnerabilidad paisajística del área de emplazamiento del Proyecto.

Para lo anterior, en primer lugar se realizó una recopilación de antecedentes del área de estudio en base a campañas de terreno, las cuales se desarrollaron en las fechas que se indican en el cuadro a continuación.

Cuadro 5.17-1
Resumen de Campañas de Terreno

Campaña	Fechas	Área Caracterizada
1	enero 2006	Quebrada Algarrobal y Mina – Planta
2	agosto 2006	Totoral

Fuente: Elaboración propia.

La metodología que se utilizó para la caracterización del paisaje se basa en la propuesta por el USDA Forest Service (1974)[76], y Bureau of Land Management de Estados Unidos (1980)[77], las que son utilizadas por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente de España[78]. Para el caso chileno esta metodología del gobierno español es la que recoge la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)[79] para la caracterización de este componente.

Luego, en la etapa gabinete, se llevaron a cabo los siguientes pasos metodológicos:

- Revisión de antecedentes del área de estudio.
- Caracterización de las condiciones generales de la visibilidad y las características de las cuencas visuales. Esto se realizó de acuerdo a los elementos de valoración que se presentan en el Cuadro 5.17-2:

[76] Departamento de Agricultura de EEUU (USDA). 1974. Visual Management System. Forest Service. Agriculture Handbook. 462. Washington.
[77] Oficina de Administración de Tierras (Bureau of Land Management), 1980. Visual Resource Management Program. Div. Of Recreation and Cultural Resource. Washington.
[78] Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente de España. 1995. Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico.
[79] Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). 1994. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Conceptos y Antecedentes Básicos.

Cuadro 5.17-2
Elementos de Valoración de Cuencas Visuales

Elemento de valoración
Forma de la cuenca visual
Compacidad
Fondo escénico
Tamaño de la cuenca visual

Fuente: Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Conceptos y Antecedentes Básicos, CONAMA 1994

- Caracterización de la calidad visual o valor estético del paisaje, de acuerdo a los siguientes elementos de valoración presentes en el Cuadro 5.17-3:

Cuadro 5.17-3
Elementos de Valoración de Calidad Visual

Componente Valorado
Morfología o Topografía
Presencia de Vegetación
Acción Antrópica
Variabilidad Cromática
Marcas visuales
Incidencia Visual del Fondo Escénico
Singularidad o Rareza

Fuente: Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Conceptos y Antecedentes Básicos, CONAMA 1994

- Caracterización de la fragilidad del paisaje, de acuerdo a los elementos de valoración que muestra el Cuadro5.17-4:

Cuadro 5.17-4
Elementos de Valoración de Fragilidad Visual

Elemento Valorado
Pendiente (Rasgos Morfológicos./Topográficos)
Tamaño de la Cuenca Visual
Forma de la Cuenca Visual
Compacidad

Elemento Valorado
Unicidad
Valor Tradicional
Accesibilidad Física
Accesibilidad Visual

Fuente: Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Conceptos y Antecedentes Básicos, CONAMA 1994

La calificación de cada elemento de valoración se realizará a través de métodos cualitativos que evalúan el paisaje analizando y describiendo sus componentes, considerando las categorías alto (3), medio (2) y bajo (1). La ponderación y clasificación final se realizó de acuerdo a los siguientes rangos de escala:

- Bajo : (1- 1,2)
- Bajo-Medio : (1,3-1,5)
- Medio-Bajo : (1,6-1,8)
- Medio : (1,9-2,1)
- Medio-Alto : (2,2-2,4)
- Alto-Medio : (2,5-2,7)
- Alto : (2,8-3)

Resultados:

A continuación de presentan los resultados del estudio de Línea Base de Paisaje según las áreas en estudio. En el Apéndice 5M se encuentra el estudio de paisaje completo. El Mapa 5.10 presenta las unidades y sub - unidades de paisaje identificadas y sus principales características.

5.17.1 Área Totoral

En el Área de Totoral se identificaron cuatro Unidades de Paisaje, las que se presentan y describen a continuación.

a) Unidad de Paisaje Costa de Totoral:

Corresponde esencialmente a un paisaje costero caracterizado por su alta naturalidad. Es un paisaje escasamente intervenido con una morfología característica de litoral irregular y mayoritariamente rocoso, embahiamientos con playas arenosas y de rodados, escaso desarrollo de planicies litorales y relieves montañosos costeros de alturas cercanas a los 500 m s.n.m.

La irregularidad de la costa va generando vistas cambiantes según se mueva el observador. Hacia el lado del mar las cuencas visuales son redondeadas y de gran amplitud visual. Hacia el interior en cambio, las cuencas y las visuales siguen la línea de costa enmarcándose en el ancho que presenten las planicies litorales (Ver Cuadro 5.17-5). La valoración de la calidad visual se resume en el Cuadro 5.17-6.

Cuadro 5.17-5
Caracterización General de las Cuencas Visuales. Unidad de Paisaje Costa de Totoral

Variable /Elemento	Cuencas Visuales
Forma de la cuenca visual	Cuencas redondeadas hacia el lado del mar y alargadas hacia el interior siguiendo la línea de costa y planicies litorales.
Compacidad	Posibilidad de ocultación media.
Fondo escénico	Fondo escénico importante. El paisaje circundante potencia e incrementa la calidad visual.
Tamaño de la cuenca visual	Visión sin interrupción hacia el lado marino. Visión de amplitud variable debido a las irregularidades topográficas de la costa; en general > 5.000 m.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.17-6
Valoración de la Calidad Visual. Unidad de Paisaje Costa Totoral

Componente Valorado	Descripción	Calidad Visual
Morfología o Topografía	Costa rocosa irregular.	3
Presencia de Vegetación y Fauna	Arbustiva baja y dispersa	2
Acción Antrópica	Muy escasas.	3
Variabilidad Cromática	Heterogeneidad cromática entre rocas, suelos, vegetación, mar, zona de rompientes.	3
Marcas visuales	Los hitos de significancia paisajística son importantes y frecuentes asociados con irregularidades morfológicas de la costa.	3
Incidencia Visual del Fondo Escénico	Importante. Dominio permanente de la línea de costa.	3
Singularidad o Rareza	Paisaje medianamente singular.	2
Calidad Visual Alta-Media (2,7)		

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de esta unidad de paisaje se desarrolla una sub unidad denominada Bahía y Caleta Totoral. Destacan como rasgos paisajísticos específicos de esta subunidad los rasgos

morfológicos redondeados del embahiamiento de la caleta, la dominancia de los materiales finos por sobre las irregularidades rocosas, tonalidades turquesas de las aguas marinas y también una mayor cantidad de elementos antrópicos como el caserío de pescadores de la caleta y parte de la nueva ruta costera que se está construyendo en el sector.

Cuadro 5.17-7
Valoración de la Calidad Visual. Sub Unidad de Paisaje Bahía y Caleta Totoral Bajo

Componente Valorado	Descripción	Calidad Visual
Morfología o Topografía	Morfología de bahía estrecha enmarcada por relieves costeros de baja altura	3
Presencia de Vegetación y Fauna	Arbustiva baja	2
Acción Antrópica	Caleta Totoral. Camino costero. Se mantiene una condición natural general del área	2
Variabilidad Cromática	Heterogeneidad cromática	3
Marcas visuales	Menores	2
Incidencia Visual del Fondo Escénico	Medianamente significativo	2
Singularidad o Rareza	Paisaje poco recurrente	3
Calidad Visual Media-Alta (2,4)		

Fuente: Elaboración propia.

Esta Unidad de Paisaje se califica con Fragilidad Media. Este valor indica que el área considerada presenta una combinación equilibrada entre los elementos o rasgos que le otorgan alta sensibilidad y otros que le confieren baja susceptibilidad paisajística. Su valor tradicional como área destinada a actividades de pesca y recolección artesanal le confiere una susceptibilidad importante.

b) Unidad de Paisaje Terrazas en Baja Montaña

Corresponde a una unidad de paisaje de reducido tamaño, que se desarrolla en la interface entre la Baja Montaña costera y un nivel aterrazado lateral a la quebrada Totoral. Las cuencas visuales son de gran amplitud visual por constituir un nivel topográfico superior, aspecto que define también cuencas visuales de formas redondeadas.

Cuadro 5.17-8
Caracterización General de las Cuencas Visuales.
Unidad de Paisaje Terrazas en Baja Montaña

Elemento	Cuencas Visuales
Forma de cuenca visual	Cuencas redondeadas.
Compacidad	Baja. Ausencia de zonas de sombra.
Fondo escénico	Importante. Dominio permanentemente de fondo escénico.
Tamaño de cuenca visual	Visión de carácter lejana (>10.000 m).

Fuente: Elaboración propia.

La unidad tiene una calificación de calidad Visual Media-Baja (Ver Cuadro 5.15-9). No existen elementos que aporten valor estético importante. El rasgo de mayor valor paisajístico corresponde a la morfología de terraza en altura flanqueada por relieves bajos por el margen sur y este.

Con respecto a la fragilidad visual, los elementos paisajísticos que le aportan mayor sensibilidad a la unidad están relacionados con las características visuales que definen un paisaje altamente expuesto y accesible visualmente.

Cuadro 5.17-9
Valoración Calidad Visual. Unidad de Paisaje Terraza en Baja Montaña

Componente Valorado	Descripción	Calidad Visual
Morfología o Topografía	Nivel aterrazado flanqueado por relieves bajos	3
Presencia de Vegetación y Fauna	Arbustiva baja y dispersa	2
Acción Antrópica	Caminos y huellas de vehículos	2
Variabilidad Cromática	Homogeneidad cromática dominio de los ocres y rojos	2
Marcas visuales	No existen marcas visuales significativas	1
Incidencia Visual del Fondo Escénico	Importante hacia el noroeste.	2
Singularidad o Rareza	Paisaje recurrente	1
Calidad Visual Media-Baja (1,8)		

Fuente: Elaboración propia.

c) Unidad de Paisaje Quebrada Totoral

Corresponde a un paisaje de quebrada o valle, inserto dentro de una unidad mayor que corresponde a un paisaje de baja montaña (Cordillera de la Costa). El valle es en general estrecho con laderas medianamente abruptas y escasa vegetación. Es un paisaje característico de ambientes semiáridos y áridos de la franja cordillerana costera. Se encuentra escasamente poblado, concentrándose la actividad humana en áreas con disponibilidad de agua, como es el caso de Totoral.

Tanto los tipos de cuencas visuales como las condiciones de visibilidad son característicos de quebradas o valles estrechos. Las visuales se orientan principalmente a lo largo del eje del valle para observadores que transitan por el fondo de este (Ver Cuadro 5.17-10).

Cuadro 5.17-10
Caracterización General de las Cuencas Visuales. Unidad de Paisaje Quebrada Totoral

Elemento	Cuencas Visuales
Forma de la cuenca visual	Cuencas alargadas y orientadas por el eje del valle para observadores situados sobre el fondo del valle.
Compacidad	Alta. Dominan las zonas de sombra, posibilidad de ocultación importante debido a la sinuosidad de los valles.
Fondo escénico	Escasos o nulos debido a la estrechez de los valles.
Tamaño de la cuenca visual	Visión de carácter cercanas (300 – 1.000 m).

Fuente: Elaboración propia.

Los rasgos paisajísticos son muy homogéneos a lo largo de la quebrada y no constituyen elementos de significativo valor estético. Por el contrario la Sub unidad Los Perales-Totoral, que abarca solo un tramo menor de la unidad de Paisaje Quebrada Totoral, reúne una serie de elementos de valor paisajístico importantes los que le asignan a esta subunidad una calificación Media-Alta (Ver Cuadro 5.17-11).

Cuadro 5.17-11
Valoración de la Calidad Visual. Unidad de Paisaje Quebrada Totoral

Componente Valorado	Descripción	Calidad Visual
Morfología o Topografía	Fondo de quebrada estrecho. Pendientes menores. Morfología de baja montaña.	2
Presencia de Vegetación y Fauna	Escasa como rasgo dominante tanto en laderas como en fondos de valle.	1
Acción Antrópica	En general caminos y huellas de vehículos.	1

Componente Valorado	Descripción	Calidad Visual
Variabilidad Cromática	Escasa. Homogeneidad cromática de amarillos, grises y cafés en laderas y fondos de valle.	1
Marcas visuales	Escasa significancia.	1
Incidencia Visual del Fondo Escénico	Escaso o nulo. La estrechez del valle no permite acceder a fondos escénicos.	1
Singularidad o Rareza	Paisaje recurrente.	1
Calidad Visual Baja (1,1)		

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la fragilidad visual, la unidad de Paisaje Quebrada Totoral presenta una calificación Media de Fragilidad Visual. Entre los elementos que le confieren mayor vulnerabilidad están aquellos relacionados con la facilidad de acceso y con la forma alargada y tamaño reducido de las cuencas visuales, lo que facilita la identificación de rasgos o elementos antrópicos nuevos dentro del paisaje.

La Sub Unidad Los Perales - Totoral (Ver Cuadro 5.17-12), presenta una vulnerabilidad visual mayor que la Unidad Quebrada Totoral. Los rasgos de mayor valoración que tiene esta subunidad, además de aquellos relacionados con la alta accesibilidad y con la forma y tamaño de las cuencas visuales, corresponden a su alto valor cultural y tradicional de área poblada agrícola dentro de un ambiente árido mayoritariamente despoblado y estrechamente relacionado con esto a su alto valor como singularidad paisajística.

Cuadro 5.17-12
Valoración de la Calidad Visual. Sub Unidad los Perales - Totoral

Componente Valorado	Descripción	Calidad Visual
Morfología o Topografía	Fondo de quebrada estrecho. Pendientes menores. Morfología de baja montaña.	2
Presencia de Vegetación y Fauna	Importante en el fondo de valle, alta heterogeneidad vegetacional. Importante contraste con laderas con escasa o nula vegetación.	3
Acción Antrópica	Asentamiento Totoral. Usos urbanos y agricultura.	3
Variabilidad Cromática	Heterogeneidad cromática de amarillos, grises y cafés en laderas, variedad de verdes en los fondos de valle.	3

Componente Valorado	Descripción	Calidad Visual
Marcas visuales	Solo de escasa significancia.	1
Incidencia Visual del Fondo Escénico	Escaso o nulo. La estrechez del valle no permite acceder a fondos escénicos.	1
Singularidad o Rareza	Subunidad paisajística poco recurrente.	3
Calidad Visual Medio-Alto (2,3)		

Fuente: Elaboración propia.

d) Unidad de Paisaje Llano Punta de Díaz

Corresponde a un paisaje de llano en ambiente semiárido y árido flanqueada en todas direcciones por una serie de relieves de media altura de tipo costero y andino. La intervención humana es importante como por ejemplo, carreteras (ruta 5 Norte), líneas de alta tensión, señales camineras, instalaciones de servicios, subestaciones eléctricas y otros.

Es un paisaje con predominio de la topografía plana, cuencas de tipo redondeadas y de gran amplitud visual. Los relieves se encuentran en forma periférica y distante, cerrando las visuales y enmarcando las cuencas visuales. Debido a la envergadura del llano las visuales se atenúan significativamente con la distancia. (Ver Cuadro 5.17-13).

Cuadro 5.17-13
Caracterización General de las Cuencas Visuales Unidad Llano Punta de Díaz

Elemento	Cuencas Visuales
Forma de cuenca visual	Redondeadas
Compacidad	Escasa. Morfología dominada por los planos
Fondo escénico	Sierras laterales y distantes
Tamaño de cuenca visual	Visuales a larga distancia (< 10 km)

Fuente: Elaboración propia.

Corresponde a una unidad con escasos rasgos de valor paisajístico. Es un paisaje recurrente para la zona semiárida y árida de la III Región de Atacama con elementos antrópicos sin aportes a su calidad visual.

Esta unidad presenta un valor Medio – Bajo de fragilidad visual. Los elementos que más aportan a su vulnerabilidad están relacionados a la alta accesibilidad física y visual que tiene el área y a la baja capacidad de ocultamiento visual que tiene la unidad debido a la topografía plana (Ver Cuadro 5.17-14).

Cuadro 5.17-14
Valoración de la Calidad Visual. Unidad de Paisaje Llano Punta de Díaz

Componente Valorado	Descripción	Calidad Visual
Morfología o Topografía	Dominio de los planos	1
Presencia de Vegetación y Fauna	Escasa. Achaparrada y dispersa	1
Acción Antrópica	No aportan valor estético. Líneas Eléctricas, caminos, señalética caminera, instalaciones varias	1
Variabilidad Cromática	Escasa	1
Marcas visuales	Escasas	1
Incidencia Visual del Fondo Escénico	Fondo escénico no aporta significativamente a la visual	2
Singularidad o Rareza	Paisaje Recurrente	1
Calidad Visual Baja (1,1)		

Fuente: Elaboración propia.

5.17.2 Área Quebrada Algarrobal

En el Área Quebrada Algarrobal se identificaron dos Sub Unidades de Paisaje, las que se presentan y describen a continuación.

a) Sub Unidad Quebrada Algarrobal Sección Inferior

Son paisajes existentes en la primera sección de la quebrada desde aproximadamente su cruce con la ruta 5 Norte en el sector de las depresiones y pampas semidesérticas hasta los 2.000 m s.n.m aproximadamente (Sector El Pingo), caracterizados por valles amplios, escasa vegetación y homogeneidad cromática.

En esta subunidad se presentan condiciones de visibilidad e intervisibilidad comparativamente más altas que las secciones medias y superiores del valle. La amplitud del valle es de aproximadamente 1 a 3 km por lo que las visuales son de larga distancia (>10 km) y pueden realizarse en 360°, lo que permite lograr vistas amplias en todas las orientaciones. La amplitud del valle permite lograr también fondos escénicos permanentes. Respecto a la forma, tamaño y características de las cuencas visuales de esta subunidad para observadores situados sobre el camino C-445, estas son mayoritariamente redondeadas, con amplio dominio (ángulos visuales de 360º) y gran alcance visual que en general abarca sobre 10 km (Ver Cuadro 5.17-15).

Cuadro 5.17-15
Caracterización General de las Cuencas Visuales.
Sub Unidad Quebrada Algarrobal sección Inferior

Elemento	Cuencas Visuales
Forma de la cuenca visual	Cuencas mayoritariamente redondeadas. Valle amplio
Compacidad	Baja. Escasas zonas de sombra, posibilidad de ocultación baja
Fondo escénico	Frecuente. Dominando permanentemente la escena
Tamaño de la cuenca visual	Visión de carácter lejana (>10000 m)

Fuente: Elaboración propia.

Esta unidad no presenta rasgos significativos de valor estético. La configuración de elementos paisajísticos es muy recurrente en el ambiente semiárido interior del Norte Chico del país aproximadamente el norte de La Serena hasta Copiapó. Los elementos de mayor calidad tienen una calificación media y están referidos a los rasgos morfológicos del paisaje, a la baja intervención lo que le da un carácter natural y la presencia de frentes montañosos lejanos y periféricos que le otorgan fondo escénico regular (Ver Cuadro 5.17-16).

Cuadro 5.17-16
Valoración de la Calidad Visual.
Sub Unidad de Paisaje Quebrada Algarrobal sección Inferior

Componente Valorado	Descripción	Calidad Visual
Morfología o Topografía	Fondo de quebrada amplio relleno con depósitos aluvionales de topografía plana flanqueado por cerros de baja y media altura. Formas en general suavizadas de las laderas.	2
Presencia de Vegetación	Arbustiva en baja densidad	1
Acción Antrópica	Acciones antrópicas muy localizadas referidas a caminos sin asfaltar y pirquenes	3
Variabilidad Cromática	Homogeneidad cromática. Dominio de diferentes tonos de grises y cafés	1
Marcas visuales	No hay hitos de significancia paisajística	1
Incidencia Visual del Fondo Escénico	Fondo escénico semi permanente pero distante	2
Singularidad o Rareza	Escasa. Paisaje recurrente para el área	1
Calidad Visual Baja-Media (1,4)		

Fuente: Elaboración propia.

El área presenta una calificación de fragilidad visual media-baja, es decir, no constituye un paisaje significativamente vulnerable a sufrir modificaciones producto de obras o actividades que se desarrollen en el. Todos los rasgos tienen una calificación media y baja, salvo la compacidad que tiene un valor alto debido a la baja cantidad de obstáculos visuales posibles de identificar.

b) Sub Unidad Quebrada Algarrobal Sección Media y Superior

Corresponden a paisajes posibles de observar a partir de los 2.000 m s.n.m aproximadamente, que se caracterizan entre otros aspectos por presentar valles más estrechos y sinuosos y la paulatina presencia de vegetación más densa y de mayor verdor en el fondo de valle desarrollándose microunidades de paisajes constituidas por vegas. Este tipo de paisaje se va desarrollando hasta aproximadamente los sectores de la parte alta de la cuenca (3.500-3.800 m s.n.m).

En esta subunidad se presentan condiciones de visibilidad e intervisibilidad comparativamente más bajas que la sección inferior de la quebrada. La amplitud del valle es de aproximadamente de 200 a 500 m y altamente sinuoso por lo que las visuales son de corta distancia y se orientan principalmente a lo largo del eje de la quebrada para observadores que transitan sobre el fondo del valle (Ver Cuadro 5.17-17).

Cuadro 5.17-17
Caracterización General de las Cuencas Visuales.
Sub Unidad Quebrada Algarrobal sección Media y Superior

Elemento	Cuencas Visuales
Forma de la cuenca visual	Cuencas mayoritariamente alargadas y orientadas por el eje de la quebrada para observación situada sobre el fondo del valle
Compacidad	Alta. Dominan las zonas de sombra, posibilidad de ocultación importante debido a la sinuosidad de los valles
Fondo escénico	Los fondos escénicos solo son percibido en tramos específicos del valle a través de los cuales se dominan cordones montañosos periféricos a mayores alturas
Tamaño de la cuenca visual	Visión de carácter cercanas (300 – 1.000 m)

Fuente: Elaboración propia.

Corresponde a una unidad que presenta rasgos significativos de valor estético. Corresponde a paisajes más singulares y diversos que la subunidad anterior. Los elementos de mayor calidad tienen una calificación alta y están referidos a los rasgos morfológicos del

paisaje de valles estrechos y laderas abruptas, a la baja intervención lo que le da un carácter natural, a la alta heterogeneidad y contrastes cromáticos y a la presencia de vegetación arbustiva y microunidades con vegas en los fondos de valle (Ver Cuadro 5.17-18).

Cuadro 5.17-18
Valoración de la Calidad Visual.
Sub Unidad de Paisaje Quebrada Algarrobal sección Media y Superior

Componente Valorado	Descripción	Calidad Visual
Morfología o Topografía	Fondo de quebrada estrecho. Pendientes altas y rasgos rugosos en las laderas	3
Presencia de Vegetación Y Fauna	Contrastante. Arbustiva en baja densidad en laderas. Densa y heterogénea en el fondo de la quebrada con presencia regular de vegas	3
Acción Antrópica	Acciones antrópicas muy localizadas referidas a huellas de caminos y majadas. Valor antropológico	3
Variabilidad Cromática	Heterogeneidad cromática. Dominio de diferentes tonos de grises, cafés y verdes. Cielos cambiantes	3
Marcas visuales	Los hitos de significancia paisajística son ocasionales. Están referidos a afloramientos rocosos y vegas con animales	2
Incidencia Visual del Fondo Escénico	Fondo escénico aparece cercano pero solo en ocasiones (irregularmente)	2
Singularidad o Rareza	Paisaje recurrente	2
Calidad Visual Alto-Medio (2,6)		

Fuente: Elaboración propia.

La Fragilidad Media indica que el área considerada presenta una combinación equilibrada entre los elementos o rasgos que le otorgan alta sensibilidad y otros que le confieren baja susceptibilidad. Entre los primeros se encuentran las características morfológicas de la quebrada, los aspectos visuales y su valor tradicional para el pastoreo (áreas de veranadas). Entre los segundos están aquellos rasgos que le otorgan en general alta capacidad de ocultamiento visual y aquellos relacionados con la baja accesibilidad tanto física como visual que presenta el área.

5.17.3 Área Mina - Planta

En el área Mina – Planta se identifico una sola Unidad de Paisaje denominada El Morro. Corresponde a un paisaje de tipo cordillerano andino que se desarrolla aproximadamente

entre los 3.500 - 4.500 m. Es un paisaje de topografía irregular debido principalmente a que constituye un área de la parte alta de las cuencas desde donde se genera divergencia de ejes fluviales (quebrada Piuquenes y quebrada Larga). Prevalecen los rasgos abióticos sobre las laderas y dominan en cambio los rasgos bióticos consistentes en formaciones herbáceas en los fondos de quebrada (mayoritariamente vegas). Las laderas no presentan una rugosidad importante, predominan los rasgos suavizados y las formas redondeadas. Debido a la altura en la que se desarrolla este tipo de ambiente, se manifiestan cambios estacionales que alteran o modifican sustancialmente los rasgos visuales más importantes del paisaje; durante la estación de otoño e invierno la cobertura de nieve sobre los suelos, homogeniza completamente los rasgos paisajísticos dominantes, en particular los rasgos morfológicos y topográficos, vegetacionales y cromáticos.

En esta unidad se presentan condiciones de visibilidad e intervisibilidad intermedias a las dos subunidades de paisaje caracterizadas anteriormente. La amplitud de los valles es variable (en general < 500 m), con laderas poco abruptas, son altamente sinuosos por lo que las visuales son cambiantes. La posición del observador puede ser muy variada lo que permite tener cuencas visuales diversas desde las de corta distancia que siguen el sentido de los valles hasta las de tipo panorámicas para observadores situados en niveles topográficos superiores (Ver Cuadro 5.17-19).

Cuadro 5.17-19
Caracterización General de las Cuencas Visuales. Unidad El Morro

Elemento	Cuencas Visuales
Forma de la cuenca visual	Cuencas mayoritariamente alargadas y orientadas por el eje de la quebrada.
Compacidad	Alta. Dominan las zonas de sombra, posibilidad de ocultación importante debido a la sinuosidad de los valles.
Fondo escénico	Fondo escénico permanente.
Tamaño de la cuenca visual	Variables. Dependientes de la posición del observador. Visión de carácter cercanas (300 – 1.000 m) o panorámicas (> 5.000 m).

Fuente: Elaboración propia.

Corresponde a una unidad que presenta rasgos significativos de valor estético, con elementos paisajísticos muy singulares. Los elementos de mayor calidad tienen una calificación alta y están referidos a los elementos morfológicos consistentes en relieves de formas redondeadas y laderas suavizadas con escasa rugosidad. Es un paisaje con una alta heterogeneidad cromática debido a alteraciones de los materiales constituyentes de las

laderas como al contraste que producen los cielos azules y los verdes intensos de las vegas en los fondos de valle. Ambos rasgos le otorgan también un valor de singularidad alto al paisaje del área. La singularidad cromática se ve resaltada con luz incidente de atardecer.

Las acciones antrópicas se refieren principalmente a una trama importante de huellas de caminos que se desarrollan en forma muy extendida en el área, así como también áreas específicas y localizadas donde se desarrollan faenas de explotación minera, un área de campamento y tránsito esporádico de vehículos. No obstante lo anterior esta unidad paisajística aun conserva una alta naturalidad (Ver Cuadro 5.17-20).

Cuadro 5.17-20
Valoración de la Calidad Visual. Unidad de Paisaje el Morro

Componente Valorado	Descripción	Calidad Visual
Morfología o Topografía	Irregular	3
Presencia de Vegetación Y Fauna	No obstante su escasez le otorga relevancia visual al paisaje (vegas y tonos verdes a laderas)	2
Acción Antrópica	Acciones antrópicas mayores localizadas; no quitan valor estético al área	3
Variabilidad Cromática	Heterogeneidad cromática de verdes, rojos, amarillos, naranjos, grises y cafés. Cielos cambiantes	3
Marcas visuales	Los hitos de significancia paisajística son ocasionales. Están referidos a algunos relieves singulares como el Cerro Cantarito y El Morro	2
Incidencia Visual del Fondo Escénico	Fondo escénico irregular o semipermanente	2
Singularidad o Rareza	Paisaje singular para el área	3
Calidad Visual Alto-Medio (2,6)		

Fuente: Elaboración propia.

Esta unidad presenta un valor medio de fragilidad. Los elementos que tienen mayor calificación corresponden a los de tipo morfológico, a la singularidad de los rasgos y a un valor tradicional importante por corresponder a un área donde se han desarrollado ancestralmente actividades de pastoreo. Los que le otorgan menor vulnerabilidad tienen relación con su lejanía a rutas de circulación de observadores.