

## **CAPÍTULO 4**

### **LÍNEA BASE AMBIENTAL**

#### **4.1 INTRODUCCIÓN**

El presente capítulo corresponde a la Línea de Base Ambiental del área de influencia del Proyecto **Aumento de la Capacidad de Tratamiento y Reducción de Emisiones en la Planta Cerrillos de COEMIN S.A.**

El documento ha sido elaborado con una serie de estudios específicos con información levantada en campañas de terreno y antecedentes existentes hasta la fecha en otros estudios elaborados por la empresa.

La línea base provee una caracterización de los componentes ambientales más relevantes en el área de influencia de acuerdo a las actividades y obras que contempla el Proyecto.

La información aquí presentada es la transcripción directa de los informes de los consultores ambientales. Los informes correspondientes a Línea Base Ruido e Impacto Vial son mostrados en anexos.

#### **❑ CARACTERIZACIÓN MEDIO AMBIENTE FÍSICO**

#### **4.2 CLIMA Y METEOROLOGÍA**

##### **4.2.1 Clima**

Esta Región constituye el límite norte del sistema morfológico de valles transversales, el cual se estructura desde el río Copiapó hasta el valle del río Aconcagua en la V Región de Valparaíso, y está representada en Atacama por los valles de los ríos Copiapó y Huasco.

Desde el punto de vista hidrográfico, la región se puede dividir en dos sectores: el sector occidental de clima seco desértico, con ausencia de precipitaciones, que corresponde a una zona arreica, y, al sur del paralelo 27° S se presentan precipitaciones débiles entre mayo y septiembre, configurando una zona exorreica, con solo dos ríos de régimen pluvial, los ríos Copiapó y Huasco. (Geografía de Chile. IGM, 1989).

- La Región en estudio presenta climas desérticos, pero el incremento de las precipitaciones hace que la condición de desierto no sea tan rigurosa, destacándose 3 condiciones climáticas, principalmente: una en el sector costero, con influencias marítimas, otra en la pampa intermedia y en el sector cordillerano, con incremento de las precipitaciones y régimen térmico frío.

El clima marginal desértico bajo corresponde a la mayor parte de la Región, cubriendo la zona que va desde donde comienzan las tierras altas de la cordillera hasta donde alcanza la influencia marítima intensa por el oeste. De Copiapó al norte es de una rigurosa sequedad, en cambio de

Copiapó al sur, la inexistencia de la cordillera de la Costa permite alguna forma de efecto marítimo en la humedad sin nubosidad, que atenúa las características desérticas. Las zonas con este clima se ubican bajo el nivel de la inversión de temperatura, con temperaturas moderadas y humedad suficiente para permitir la generación de algún tipo de vegetación de estepa en los sectores bajos. Las precipitaciones aumentan con la latitud y con la altura, concentrándose en los meses de invierno. Los totales anuales llegan a 12 mm en Copiapó (291 m de elevación sobre el mar), 19 mm en El Salvador (2.400 m), 32 mm en Vallenar (470 m) y 34 mm en Los Loros (948 m. s. n. m.).

#### **4.2.2 Meteorología**

Para la medición de las variables meteorológicas se consideraron los criterios y recomendaciones de la W.M.O (World Meteorological Organization) y de la US.EPA (U.S.A. Environmental Protection Agency), y se tomó como referencia lo indicado en el informe Final de CENMA preparado para CONAMA que dice relación con los Reglamentos y Protocolos de Procedimientos para el Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos.

Para las mediciones meteorológicas se utilizó una estación de monitoreo Marca Met One modelo Automet instalada en una torre autosoportada de 12 m., los sensores de velocidad y dirección de viento fueron ubicados a 10 m de altura, los demás sensores a 2 m. Para el periodo de medición se registraron en el sistema automático de adquisición de datos, promedios horarios de cada una de las variables monitoreadas.

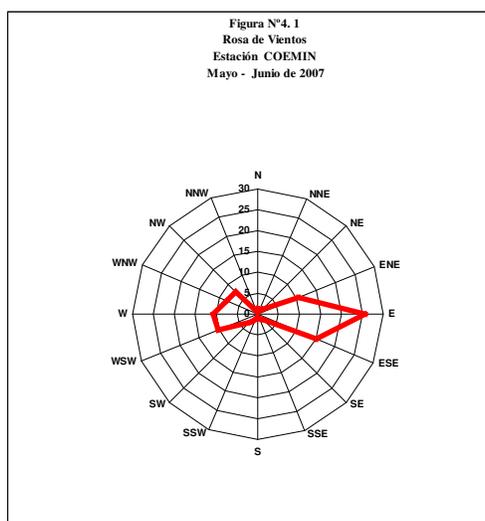
Los resultados obtenidos durante el periodo de tres meses (Mayo – Agosto 2007) se presentan en a continuación.

#### **4.2.3 Análisis de resultados**

Periodo de medición Mayo-Junio de 2007.

##### **❖ Dirección de Viento**

Para este periodo la Dirección de viento, estuvo asociada principalmente a vientos procedentes del sector ENE-ESE centrado en la dirección E, y a vientos procedentes desde el sector WSW-WNW centrado en la dirección W con un 51 % y un 26 % de ocurrencia respectivamente, durante la noche prevalecen direcciones de viento asociadas a direcciones del sector ESE-ENE, avanzado el día alrededor del medio día las direcciones predominantes cambian y se registran direcciones asociadas a vientos provenientes desde el sector SW-NW. Ver Figura 4.1.

**Tabla N° 4.1**

Frecuencia Ocurrencia Dirección-Velocidad del Viento (%)

Estación COEMIN

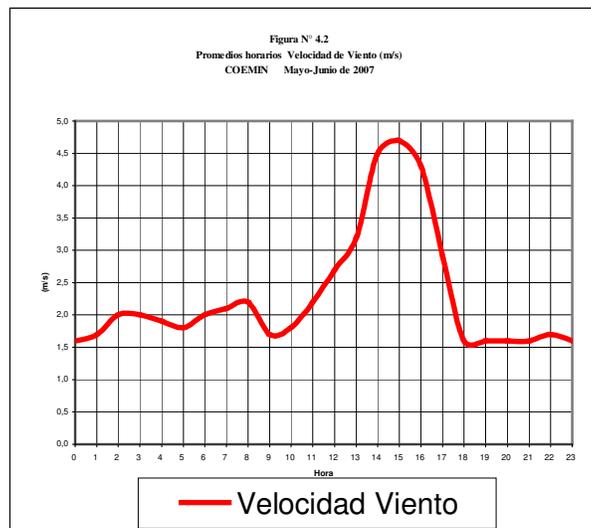
Período : Mayo-Junio de 2007

Rumbos	0,22-1,5	1,6-2,5	2,6-3,5	3,6-4,5	4,6-5,5	> 5,6	TOTAL
N	0,40	0,40	0,13	0,27	0,00	0,00	<b>1,21</b>
NNE	0,13	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,40</b>
NE	0,81	0,40	0,40	0,00	0,00	0,00	<b>1,61</b>
ENE	4,30	4,84	1,21	0,00	0,13	0,00	<b>10,48</b>
E	10,22	10,22	4,44	0,54	0,13	0,00	<b>25,54</b>
ESE	6,72	6,32	2,15	0,00	0,00	0,00	<b>15,19</b>
SE	0,81	0,81	0,13	0,13	0,00	0,00	<b>1,88</b>
SSE	0,81	0,13	0,27	0,00	0,00	0,00	<b>1,21</b>
S	0,81	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,94</b>
SSW	1,21	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>1,48</b>
SW	1,08	1,21	0,54	0,00	0,00	0,00	<b>2,82</b>
WSW	0,81	3,23	1,75	2,28	1,61	0,54	<b>10,22</b>
W	2,28	4,30	2,15	0,40	1,21	0,40	<b>10,75</b>
WNW	1,75	2,28	1,08	1,21	0,67	1,08	<b>8,06</b>
NW	1,21	2,02	1,61	0,67	1,08	0,94	<b>7,53</b>
NNW	0,40	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	<b>0,67</b>
<b>TOTAL</b>	<b>33,74</b>	<b>36,96</b>	<b>15,99</b>	<b>5,51</b>	<b>4,84</b>	<b>2,96</b>	<b>100,00</b>

### ❖ Velocidad de Viento

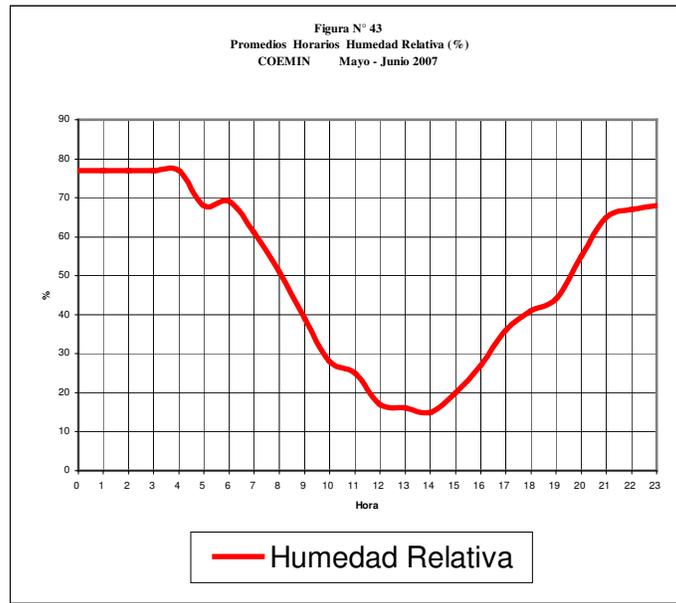
La Velocidad de viento estuvo asociada principalmente a vientos de baja intensidad (0,3 – 3,5 m/s) con 86,7% de ocurrencia, mientras que los vientos de mediana intensidad (3,6 – 4,5) y Alta intensidad (> 4,6 m/s), tuvieron un 5.5% y un 7.8% de ocurrencia respectivamente. No se registran periodos de calma, como se aprecia en la Tabla N° 4.1

En el comportamiento promedio horario mensual de la velocidad del viento, se aprecia un ciclo diario de las velocidades de viento, caracterizado por máximos entre las 13:00 y 16:00 horas. Figura N° 5.2



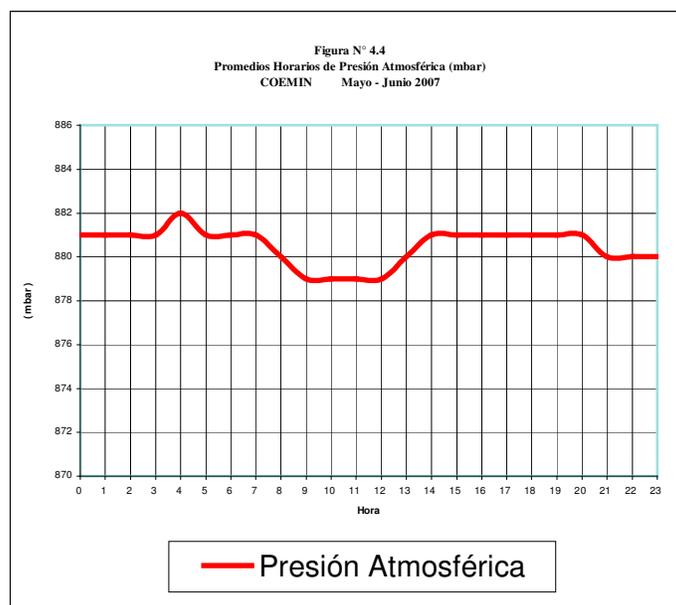
### ❖ Humedad Relativa

La Humedad Relativa para el periodo de medición registra un valor promedio de 50 %, con un valor promedio horario máximo y mínimo de 90% y 4% respectivamente. El ciclo diario de la humedad relativa registra los menores valores de humedad relativa a medio día, y en el periodo comprendido entre las 11:00 y las 15:00 horas, Figura N° 4.3



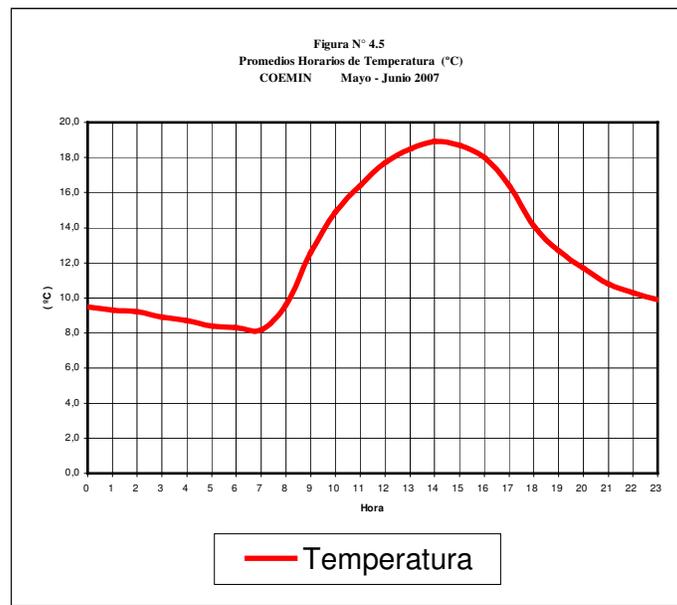
#### ❖ Presión atmosférica

La presión atmosférica en el lugar de emplazamiento de la estación meteorológica varía alrededor de 881 mbar, con un valor máximo de 884 mbar y un mínimo de 874 mbar. El ciclo diario de esta variable es estable y no se producen mayores diferencias en los promedios horarios de presión durante el día o noche, Figura N° 4.4



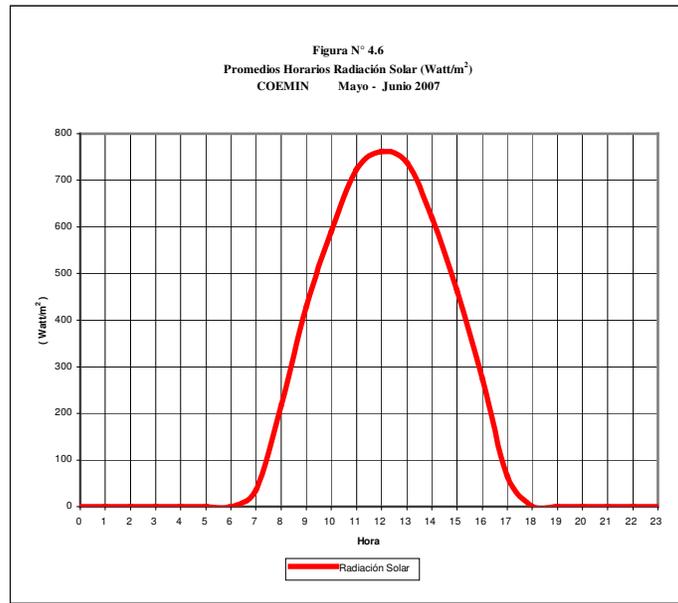
### ❖ Temperatura

Los valores promedios horarios de Temperatura variaron entre un máximo de 23 °C y un mínimo de 5 °C con un promedio para el periodo de medición de 13 °C, el ciclo diario de temperatura alcanza los mayores valores de temperaturas entre las 13:00 y las 15:00 horas. Figura N° 4.5



### ❖ Radiación Solar

El comportamiento de Radiación Solar se encuentra dentro de lo esperado para el lugar donde se emplaza la estación de monitoreo, para este periodo el flujo de radiación solar se genera entre las 7:00 y las 17:00 horas, se tiene un ciclo mensual de radiación solar que alcanza el peak máximo alrededor de las 12:00 A.M., con un valor de 850 W/m<sup>2</sup>, Figura N° 4.6



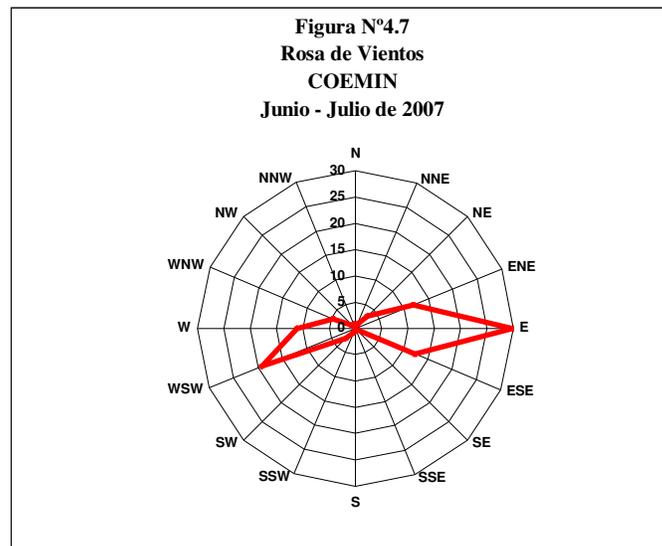
❖ Agua caída

No se registran precipitaciones en el periodo de medición.

Periodo de medición Junio-Julio de 2007.❖ Dirección de Viento

Para este periodo la Dirección de viento, estuvo asociada principalmente a vientos procedentes del sector ENE-ESE y en menor frecuencia a vientos procedentes del sector WSW-W con un 54 % y un 30 % de ocurrencia respectivamente, durante la noche prevalecen direcciones de viento asociadas principalmente a la componente Este, a medida que avanza el día en las primeras horas de la mañana se suman componentes en dirección ENE y NE, pasado medio día las direcciones de vientos cambian y están asociadas principalmente a vientos provenientes del sector SW-W .

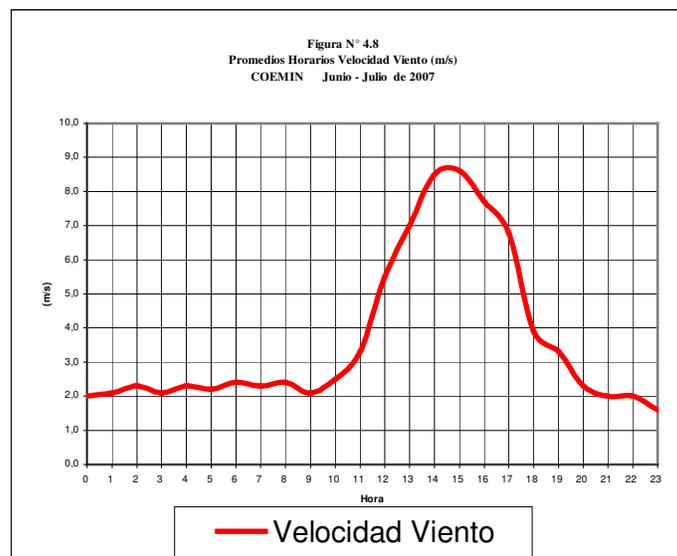
<b>Tabla N° 4.2</b>							
Frecuencia Ocurrencia Dirección-Velocidad del Viento (%)							
Estación COEMIN							
Período : Junio-Julio de 2007							
<b>Rumbos</b>	<b>0,22-1,5</b>	<b>1,6-2,5</b>	<b>2,6-3,5</b>	<b>3,6-4,5</b>	<b>4,6-5,5</b>	<b>&gt; 5,6</b>	<b>TOTAL</b>
<b>N</b>	0,00	0,41	0,41	0,14	0,00	0,00	<b>0,95</b>
<b>NNE</b>	0,00	0,27	0,27	0,41	0,00	0,00	<b>0,95</b>
<b>NE</b>	0,41	1,62	0,81	0,14	0,14	0,14	<b>3,25</b>
<b>ENE</b>	2,30	6,50	2,57	0,41	0,14	0,00	<b>11,91</b>
<b>E</b>	9,34	13,40	5,01	1,76	0,14	0,14	<b>29,77</b>
<b>ESE</b>	4,06	4,87	2,44	0,68	0,00	0,27	<b>12,31</b>
<b>SE</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	<b>0,27</b>
<b>SSE</b>	0,00	0,14	0,00	0,27	0,00	0,00	<b>0,41</b>
<b>S</b>	0,00	0,27	0,00	0,00	0,27	0,00	<b>0,54</b>
<b>SSW</b>	0,14	0,41	0,14	0,14	0,14	0,00	<b>0,95</b>
<b>SW</b>	0,27	0,27	0,41	0,54	0,14	1,08	<b>2,71</b>
<b>WSW</b>	0,68	1,62	2,98	0,95	2,03	10,83	<b>19,08</b>
<b>W</b>	0,14	1,62	1,35	1,76	1,22	5,01	<b>11,10</b>
<b>WNW</b>	0,27	1,35	0,54	0,41	0,41	1,62	<b>4,60</b>
<b>NW</b>	0,14	0,41	0,00	0,14	0,00	0,14	<b>0,81</b>
<b>NNW</b>	0,00	0,27	0,00	0,14	0,00	0,00	<b>0,41</b>
<b>TOTAL</b>	<b>17,73</b>	<b>33,42</b>	<b>16,91</b>	<b>7,85</b>	<b>4,87</b>	<b>19,22</b>	<b>100,00</b>



#### ❖ Velocidad de Viento

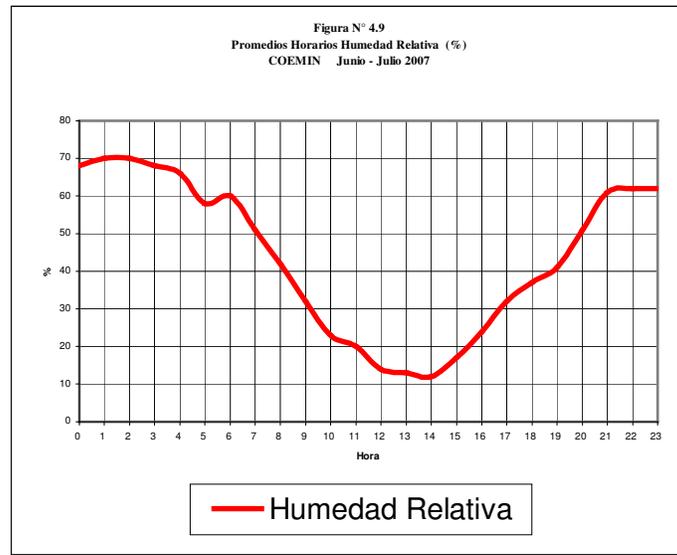
La Velocidad de viento estuvo asociada principalmente a vientos de baja intensidad (0,3 – 3,5 m/s) con 68 % de ocurrencia, mientras que los vientos de mediana intensidad (3,6 – 4,5) y Alta intensidad ( $> 4,6$  m/s), tuvieron un 8 % y un 24 % de ocurrencia respectivamente. No se registran periodos de calma, como se aprecia en la Tabla N° 4.2

En el comportamiento promedio horario mensual de la velocidad del viento, se aprecia un ciclo diario de las velocidades de viento, caracterizado por máximos entre las 12:00 y 17:00 horas. Figura N° 4.8



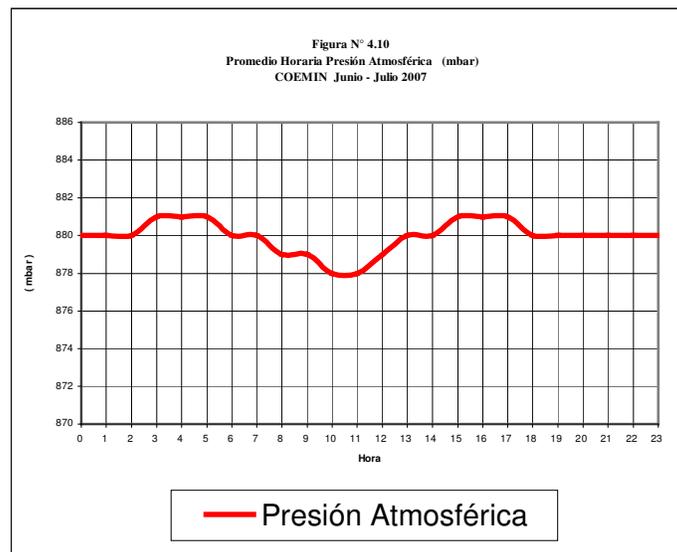
### ❖ Humedad Relativa

La Humedad Relativa para el periodo de medición registra un valor promedio de 44 %, con un valor promedio horario máximo y mínimo de 90% y 2% respectivamente. El ciclo diario de la humedad relativa registra los menores valores de humedad relativa a medio día, y en el periodo comprendido entre las 11:00 y las 16:00 horas, Figura N° 4.9



### ❖ Presión atmosférica

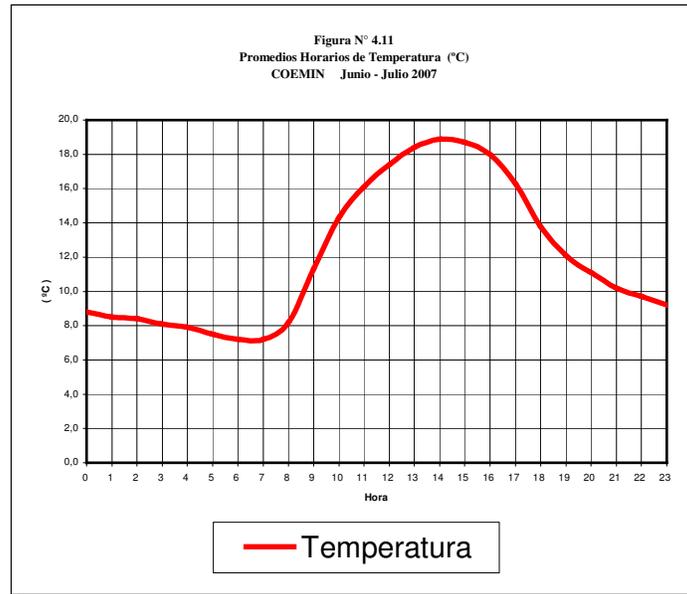
La presión atmosférica en el lugar de emplazamiento de la estación meteorológica varía alrededor de 880 mbar, con un valor máximo de 886 mbar y un mínimo de 873 mbar. El ciclo diario de esta variable es estable y no se producen mayores diferencias en los promedios horarios de presión durante el día o noche, Figura N° 4.10



### ❖ Temperatura

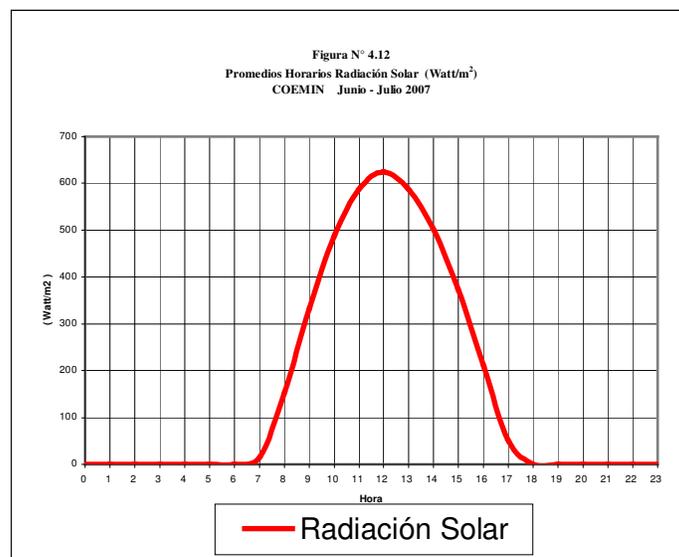
Los valores promedios horarios de Temperatura variaron entre un máximo de 26 °C y un mínimo de 2 °C con un promedio para el periodo de medición de 12 °C, el ciclo diario de temperatura alcanza los mayores valores de temperaturas entre las 12:00 y las 16:00 horas.

Figura N° 4.11



### ❖ Radiación Solar

El comportamiento de Radiación Solar se encuentra dentro de lo esperado para el lugar donde se emplaza la estación de monitoreo, para este periodo el flujo de radiación solar se genera entre las 7:00 y las 17:00 horas, se tiene un ciclo mensual de radiación solar que alcanza el peak máximo alrededor de las 12:00 A.M., con un valor de 752 W/m<sup>2</sup>, Figura N° 4.12



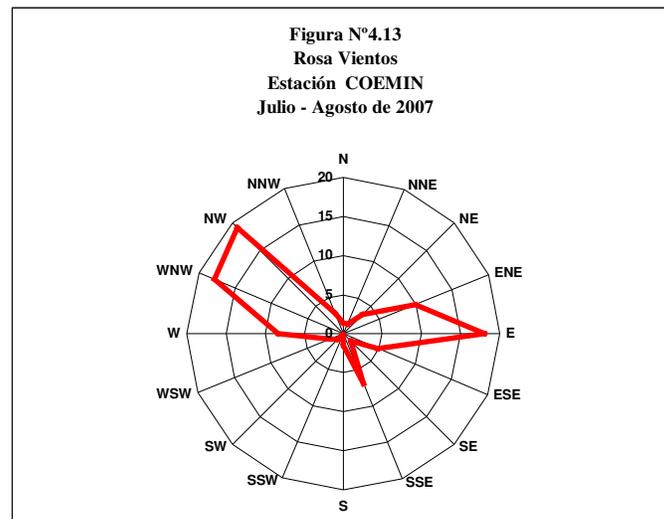
### ❖ Agua caída

No se registran precipitaciones en el periodo de medición.

Periodo de medición Julio-Agosto de 2007.❖ Dirección de Viento

Para este periodo la Dirección de viento, estuvo asociada principalmente a vientos procedentes del sector ENE-ESE y en mayor frecuencia a vientos procedentes del sector W-NW con un 39 % y un 45 % de ocurrencia respectivamente, durante la noche prevalecen direcciones de viento provenientes del sector ESE-ENE, avanzado el día alrededor de las 09:00 las direcciones predominantes cambian y se registran direcciones asociadas a vientos provenientes del sector WSW-WNW, después de medio día y durante toda la tarde las direcciones de se mantienen desde el sector W-WNW Figura N° 4.3

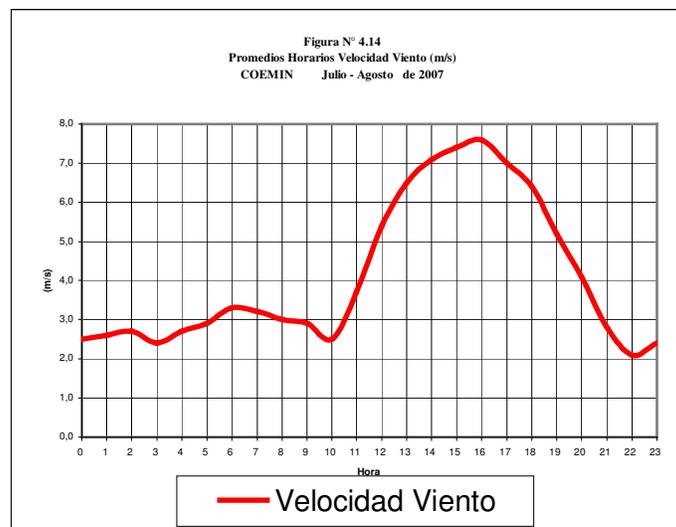
<b>Tabla N° 4.3</b>							
Frecuencia Ocurrencia Dirección-Velocidad del Viento (%)							
Estación COEMIN							
Período : Julio-Agosto de 2007							
<b>Rumbos</b>	<b>0,22-1,5</b>	<b>1,6-2,5</b>	<b>2,6-3,5</b>	<b>3,6-4,5</b>	<b>4,6-5,5</b>	<b>&gt; 5,6</b>	<b>TOTAL</b>
<b>N</b>	0,54	0,27	0,40	0,00	0,00	0,13	<b>1,34</b>
<b>NNE</b>	0,40	0,67	0,27	0,00	0,00	0,00	<b>1,34</b>
<b>NE</b>	1,34	1,61	0,40	0,00	0,13	0,00	<b>3,49</b>
<b>ENE</b>	4,30	4,17	0,94	0,40	0,00	0,13	<b>9,95</b>
<b>E</b>	2,42	6,85	3,36	2,69	0,67	2,02	<b>18,01</b>
<b>ESE</b>	1,34	1,48	0,94	0,54	0,40	0,13	<b>4,84</b>
<b>SE</b>	0,54	0,40	0,40	0,00	0,00	0,00	<b>1,34</b>
<b>SSE</b>	2,96	2,69	0,54	0,54	0,13	0,00	<b>6,85</b>
<b>S</b>	0,40	0,54	0,27	0,13	0,13	0,00	<b>1,48</b>
<b>SSW</b>	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,13</b>
<b>SW</b>	0,67	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>1,08</b>
<b>WSW</b>	0,13	0,40	0,54	0,40	0,13	0,27	<b>1,88</b>
<b>W</b>	0,13	0,13	0,67	0,81	1,48	5,11	<b>8,33</b>
<b>WNW</b>	0,27	0,40	1,61	2,42	3,23	9,95	<b>17,88</b>
<b>NW</b>	0,13	1,34	2,55	0,94	2,96	11,29	<b>19,22</b>
<b>NNW</b>	0,40	0,40	0,67	0,27	0,40	0,67	<b>2,82</b>
<b>TOTAL</b>	<b>15,99</b>	<b>21,91</b>	<b>13,58</b>	<b>9,14</b>	<b>9,68</b>	<b>29,70</b>	<b>100,00</b>



#### ❖ Velocidad de Viento

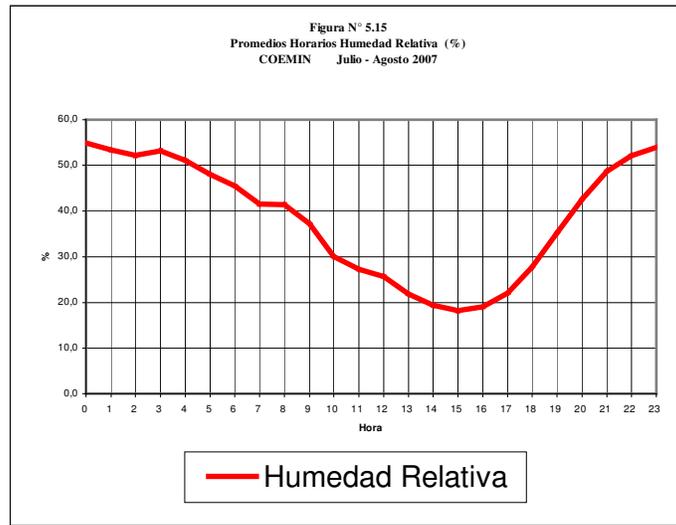
La Velocidad de viento estuvo asociada principalmente a vientos de baja intensidad (0,3 – 3,5 m/s) y de alta intensidad con un 51 % y un 39 % de ocurrencia respectivamente, mientras que los vientos de mediana intensidad (3,6 – 4,5) tuvieron solo un 9 % de ocurrencia. No se registran periodos de calma, como se aprecia en la Tabla N° 4.3

En el comportamiento promedio horario mensual de la velocidad del viento, se aprecia un ciclo diario de las velocidades de viento, caracterizado por máximos entre las 12:00 y 18:00 horas. Figura N° 4.14



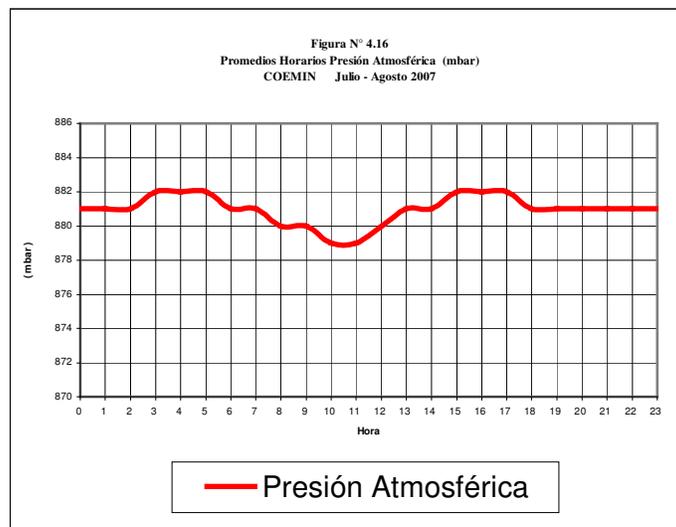
#### Humedad Relativa

La Humedad Relativa para el periodo de medición registra un valor promedio de 38 %, con un valor promedio horario máximo y mínimo de 99% y 2% respectivamente. El ciclo diario de la humedad relativa registra los menores valores de humedad relativa a medio día, y en el periodo comprendido entre las 13:00 y las 17:00 horas, Figura N° 4.15



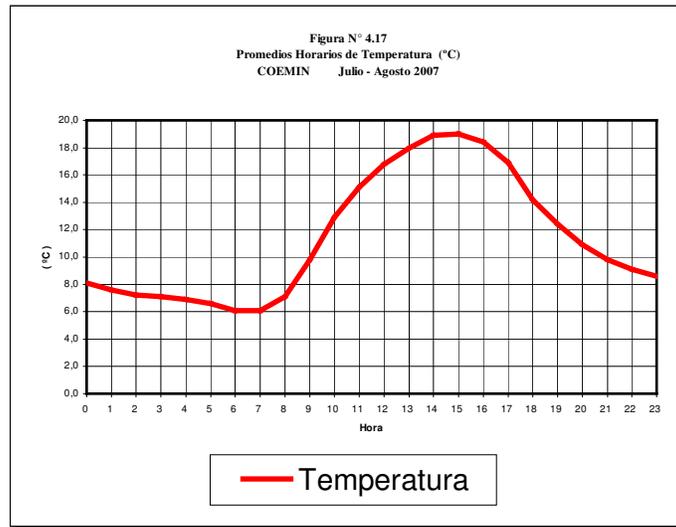
### Presión atmosférica

La presión atmosférica en el lugar de emplazamiento de la estación meteorológica varía alrededor de 881 mbar, con un valor máximo de 887 mbar y un mínimo de 874 mbar. El ciclo diario de esta variable es estable y no se producen mayores diferencias en los promedios horarios de presión durante el día o noche, Figura N° 4.16



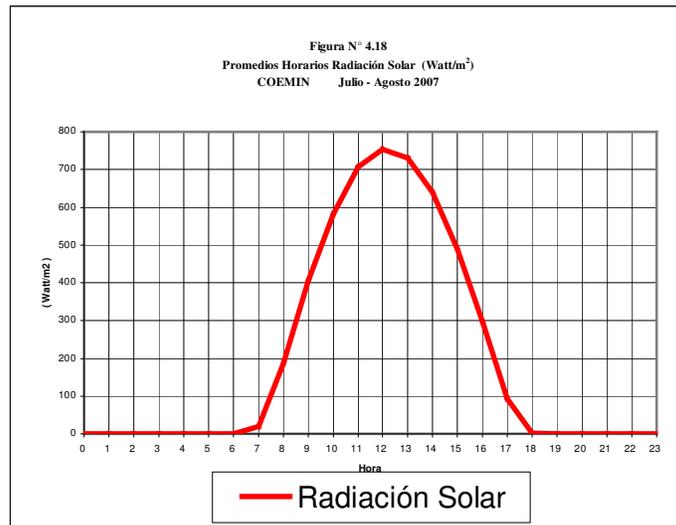
### ❖ Temperatura

Los valores promedios horarios de Temperatura variaron entre un máximo de 26 °C y un mínimo de 2 °C con un promedio para el periodo de medición de 11 °C, el ciclo diario de temperatura alcanza los mayores valores de temperaturas entre las 13:00 y las 16:00 horas. Figura N° 4.17



#### ❖ Radiación Solar

El comportamiento de Radiación Solar se encuentra dentro de lo esperado para el lugar donde se emplaza la estación de monitoreo, para este periodo el flujo de radiación solar se genera entre las 7:00 y las 17:00 horas, se tiene un ciclo mensual de radiación solar que alcanza el peak máximo alrededor de las 12:00 A.M., con un valor de  $825 \text{ W/m}^2$ , Figura N° 4.18



#### ❖ Agua caída

No se registran precipitaciones en el periodo de medición.

### 4.3 CALIDAD DEL AIRE

La calidad del aire fue determinada por dos parámetros: Material Particulado Respirable (MP 10) y Material Particulado Sedimentable (MPS).

La siguiente figura muestra esquemáticamente la ubicación de las estaciones de monitoreo. (Ver Tabla N° 4.4)

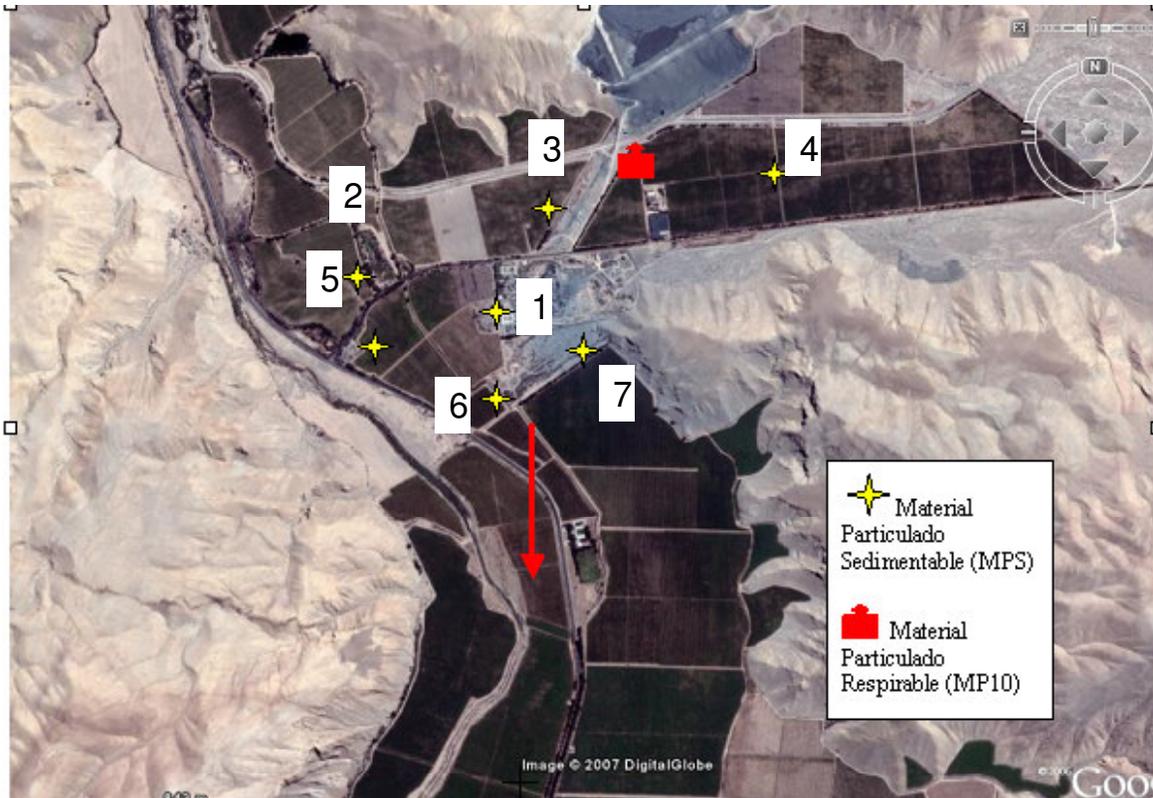


Figura N° 4.19: Ubicación de las estaciones de monitoreo.

Tabla N° 4.4: Coordenada de la Estaciones de Monitoreo.

Estación	Coordenada	Coordenada
MP 10	377343	6950122
MPS 1	376810	6949652
MPS 2	376475	6949877
MPS 3	377036	6950086
MPS 4	377731	6950173
MPS 5	376571	6949618
MPS 6	376773	6949469
MPS 7	377049	6949581

#### **4.3.1 Monitoreo de Material Particulado Respirable (MP 10)**

Para medir la concentración ambiental de material particulado respirable MP10, se consideró lo señalado en el artículo 7 del DS N° 59. Se utilizó un equipo muestreador de alto volumen marca Graseby Andersen dotado de cabezal MP10 para clasificar las partículas de diámetro aerodinámico menor que 10 micrones, el cabezal del equipo fue instalado a 5 metros de altura cumpliendo con el artículo 8 del DS N°59.

Las mediciones de MP10 se realizaron sobre la base de registros de 24 horas, cada 3 días, durante cada mes de medición. La determinación de la cantidad de partículas recolectadas en cada filtro se realizó por análisis gravimétrico y la concentración ambiental de material particulado en suspensión es referida a condiciones estándar (760 mm de Hg y 25 °C). Las muestras de mayor y menor concentración de MP10 en el mes fueron sometidas a caracterización química por cobre, hierro, arsénico, cadmio, mercurio y plomo.

La siguiente tabla N° 4.5 muestra las concentraciones de MP10 en la Estación COEMIN.

Tabla N° 4.5: Valores de concentración de MP10 medidos en COEMIN.

Fecha	PM10 ug/Nm3	Fecha	PM10 ug/Nm3	Fecha	PM10 ug/Nm3	Fecha	PM10 ug/Nm3
04-07-2006	86	20-09-06	83	04-06-07	82	04-07-07	42
07-07-2006	89	23-09-06	83	07-06-07	90	07-07-07	55
10-07-2006	71	26-09-06	135	10-06-07	89	10-07-07	82
13-07-2006	80	29-09-06	121	13-06-07	158	13-07-07	52
16-07-2006	77	02-10-06	75	16-06-07	100	18-07-07	52
19-07-2006	62	05-10-06	102	19-06-07	98	21-07-07	32
22-07-2006	123	08-10-06	123	22-06-07	S/I	24-07-07	48
25-07-2006	92	11-10-06	92	25-06-07	S/I	27-07-07	70
28-07-2006	82	14-10-06	82	28-06-07	S/I	30-07-07	109
31-07-2006	66	17-10-06	66				
<b>Promedio</b>	<b>83</b>		<b>96</b>		<b>103</b>		<b>60</b>
<b>Máximo</b>	<b>123</b>		<b>135</b>		<b>158</b>		<b>109</b>
<b>Mínimo</b>	<b>62</b>		<b>66</b>		<b>82</b>		<b>32</b>
Fecha	PM10 ug/Nm3	Fecha	PM10 ug/Nm3	Fecha	PM10 ug/Nm3	Fecha	PM10 ug/Nm3
02-08-07	33	01-09-07	65	01-Oct	47	03-11-2007	S/I
05-08-07	48	04-09-07	48	04-Oct	60	06-11-2007	55
08-08-07	41	07-09-07	51	07-Oct	39	09-11-2007	52
11-08-07	80	10-09-07	68	10-Oct	83	12-11-2007	S/I
14-08-07	42	13-09-07	28	13-Oct	36	15-11-2007	65
17-08-07	16	16-09-07	71	16-Oct	75	18-11-2007	77
20-08-07	S/I	19-09-07	90	19-Oct	61	21-11-2007	60
23-08-07	S/I	22-09-07	47	22-Oct	74	24-11-2007	42
26-08-07	58	25-09-07	42	25-Oct	87	27-11-2007	77
29-08-07	57	28-09-07	26	28-Oct	39	30-11-2007	41
				31-Oct	39		
<b>Promedio</b>	<b>47</b>		<b>54</b>		<b>58</b>		<b>59</b>
<b>Máximo</b>	<b>80</b>		<b>90</b>		<b>87</b>		<b>77</b>
<b>Mínimo</b>	<b>16</b>		<b>26</b>		<b>36</b>		<b>41</b>

Los valores sobrepasan sólo una vez la norma diaria de 150 ug/m<sup>3</sup>N. (13 de junio 2007).

En la tabla N° 4.6 y en la figura N° 4.20 se muestran los promedios mensuales y el valor máximo para cada mes.

Tabla N° 4.6 : Valores promedios mensuales y valor máximo mensual.

Mes	Promedio MP10	Máximo MP10
Jul-06	83	123
Sep-06	96	103
Jun-07	103	158
Jul-07	60	109
Ago-07	47	80
Sep-07	54	90
Oct-07	58	87
Nov-07	59	77
Concentraciones en ug/Nm3		

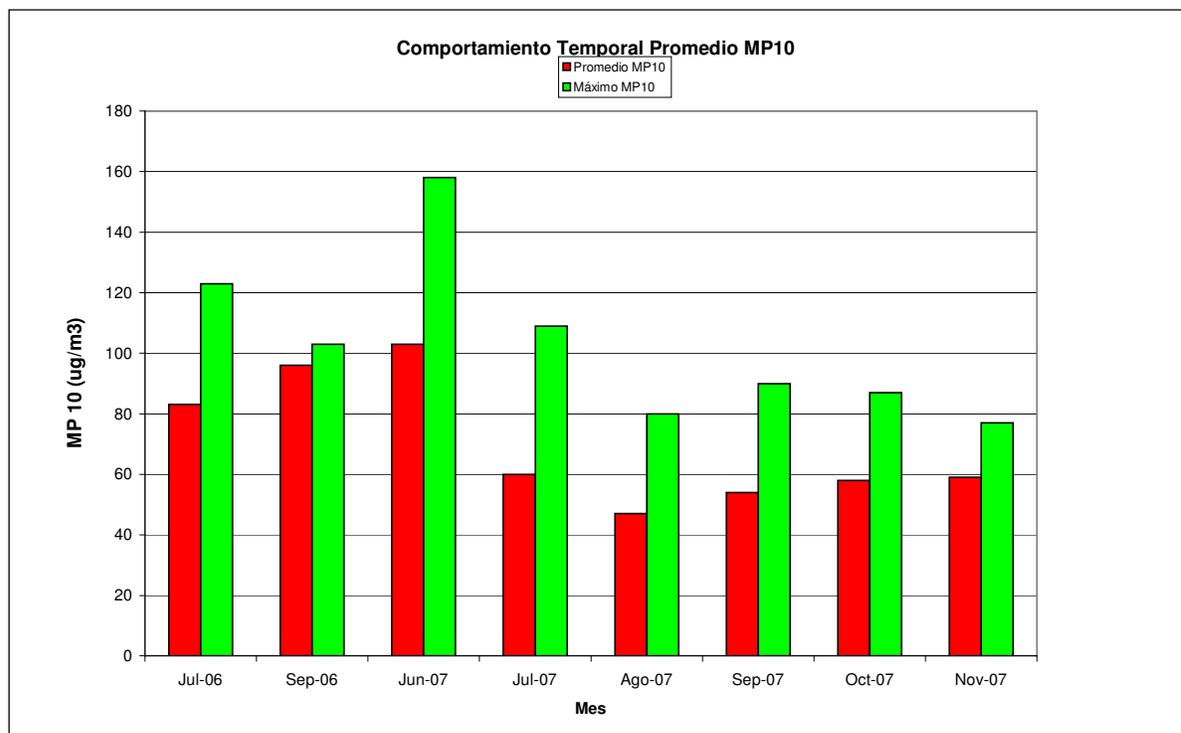


Figura N° 4.20: Comportamiento temporal de los valores máximos mensuales y promedio mensual.

Finalmente en la tabla N° 4.7 se presenta la caracterización química de los filtros de MP10 con las máximas y menores concentraciones de material particulado respirable.

Tabla N° 4.7: Caracterización química filtros MP10.

Fecha	MP 10	Cu	Fe	As	Hg	Cd	Pb
04-06-07	82	<0,0006	<0,0006	0,188	<0,0006	0,0162	0,2135
13-06-07	158	0,0013	<0,0006	0,034	<0,0006	<0,003	0,0488
21-07-07	32	0,0037	<0,0006	0,005	<0,0006	<0,003	0,0331
30-07-07	109	<0,0006	<0,0006	0,086	<0,0006	0,0063	0,0988
17-08-07	16	0,0006	<0,0006	0,005	<0,0006	<0,003	0,0207
11-08-07	80	0,0019	<0,0006	0,174	<0,0006	0,0075	0,1701
28-09-07	26	<0,0006	<0,0006	0,065	<0,0006	<0,003	0,0442
19-09-07	90	<0,0006	<0,0006	0,069	<0,0006	0,0063	0,0755

Concentraciones en ug/Nm<sup>3</sup>

#### 4.3.2 Monitoreo de Material Particulado Sedimentable (MPS)

Para medir la concentración ambiental de material particulado sedimentable MPS, se consideró lo señalado en el D.S. N° 4 del Ministerio de Agricultura. Se utilizó un equipo colector pasivo del tipo NILU modificado por el IDICTEC.

Los resultados de las campañas de monitoreo se indican en las siguientes tablas.

Tabla N° 4.8: Valores de MPS y su caracterización química durante el mes de mayo 2007.

Identificación de Muestra	MPS mg/m <sup>2</sup> x día	Cu mg/m <sup>2</sup> x día	Fe mg/m <sup>2</sup> x día	As mg/m <sup>2</sup> x día	Hg	Cd µg/m <sup>2</sup> x día	Pb µg/m <sup>2</sup> x día
MPS 1	352,3	3,98	44,64	0,0155	ND	1,409	52,845
MPS 2	161,9	1,33	17,07	0,0073	ND	0,648	25,906
MPS 3	350,5	3,40	40,13	0,0098	ND	1,052	31,547
MPS 4	153,0	1,10	15,85	0,0080	ND	0,765	27,544
MPS 5	146,6	1,32	15,70	0,0082	ND	0,733	27,848
MPS 6	157,3	1,62	18,78	0,0098	ND	0,786	26,737
MPS 7	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I

Tabla N° 4.9 : Valores de MPS y su caracterización química durante el mes de junio 2007.

Identificación de Muestra	MPS mg/m <sup>2</sup> x día	Cu mg/m <sup>2</sup> x día	Fe mg/m <sup>2</sup> x día	As mg/m <sup>2</sup> x día	Hg	Cd µg/m <sup>2</sup> x día	Pb µg/m <sup>2</sup> x día
MPS 1	387,7	4,56	40,95	0,0085	ND	1,163	32,571
MPS 2	124,7	1,45	13,08	0,0059	ND	0,748	18,576
MPS 3	261,2	3,24	32,39	0,0055	ND	0,784	20,897
MPS 4	127,9	1,20	13,73	0,0041	ND	0,639	22,376
MPS 5	Invalidado	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
MPS 6	Invalidado	S/I	S/I	S/I	ND	S/I	S/I
MPS 7	2109,5	41,79	413,88	0,0464	ND	4,219	50,628

Tabla N° 4.10: Valores de MPS y su caracterización química durante el mes de julio 2007.

Identificación de Muestra	MPS mg/m <sup>2</sup> x día	Cu mg/m <sup>2</sup> x día	Fe mg/m <sup>2</sup> x día	As mg/m <sup>2</sup> x día	Hg	Cd µg/m <sup>2</sup> x día	Pb µg/m <sup>2</sup> x día
MPS 1	295,3	4,10	38,71	0,0207	ND	0,709	33,958
MPS 2	168,6	1,96	18,27	0,0164	ND	0,438	22,084
MPS 3	211,1	2,47	24,61	0,0154	ND	0,359	21,316
MPS 4	146,7	1,06	13,39	0,0172	ND	0,411	24,498
MPS 5	Invalidado	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
MPS 6	123,1	1,37	13,77	0,0165	ND	0,357	20,684
MPS 7	1719,3	35,07	0,00	0,0671	ND	1,375	42,983

Tabla N° 4.11: Valores de MPS y su caracterización química durante el mes de agosto 2007.

Identificación de Muestra	MPS mg/m <sup>2</sup> x día	Cu mg/m <sup>2</sup> x día	Fe mg/m <sup>2</sup> x día	As mg/m <sup>2</sup> x día	Hg	Cd µg/m <sup>2</sup> x día	Pb µg/m <sup>2</sup> x día
MPS 1	251,8	3,06	31,32	ND	ND	0,705	33,743
MPS 2	Invalidado	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
MPS 3	299,9	2,40	27,91	ND	ND	0,450	27,892
MPS 4	132,1	0,89	15,22	ND	ND	0,476	22,458
MPS 5	146,8	0,79	11,11	ND	ND	0,367	22,903
MPS 6	132,6	1,12	14,10	ND	ND	0,424	21,872
MPS 7	2394,2	44,99	514,77	0,1101	ND	2,873	88,584

Tabla N°4.12: Valores de MPS y su caracterización química durante el mes de septiembre 2007.

Identificación de Muestra	MPS mg/m <sup>2</sup> x día	Cu mg/m <sup>2</sup> x día	Fe mg/m <sup>2</sup> x día	As mg/m <sup>2</sup> x día	Hg	Cd µg/m <sup>2</sup> x día	Pb µg/m <sup>2</sup> x día
MPS 1	244,1	2,68	28,24	ND	ND	1,001	36,863
MPS 2	149,1	1,13	12,81	ND	ND	0,611	22,508
MPS 3	256,4	2,47	27,57	ND	ND	0,667	30,250
MPS 4	218,2	1,38	24,20	ND	ND	0,698	28,147
MPS 5	159,2	1,12	16,26	ND	ND	0,701	24,201
MPS 6	132,9	1,01	11,60	ND	ND	0,651	19,934
MPS 7	2316,4	40,68	479,11	0,1459	ND	6,254	257,125

Tabla N°4.13: Valores de MPS y su caracterización química durante el mes de octubre 2007.

Identificación de Muestra	MPS mg/m <sup>2</sup> x día	Cu mg/m <sup>2</sup> x día	Fe mg/m <sup>2</sup> x día	As mg/m <sup>2</sup> x día	Hg	Cd µg/m <sup>2</sup> x día	Pb µg/m <sup>2</sup> x día
MPS 1	226,6	2,08	21,30	ND	ND	0,770	36,248
MPS 2	170,0	1,11	12,75	ND	ND	0,663	18,705
MPS 3	240,7	2,15	22,38	ND	ND	0,650	33,691
MPS 4	236,2	1,51	29,53	ND	ND	0,661	28,348
MPS 5	172,5	1,12	14,49	ND	ND	0,656	18,977
MPS 6	118,5	0,87	11,02	0,0179	ND	0,664	16,588
MPS 7	1461,8	31,24	315,75	0,0994	ND	9,648	350,833

Tabla N°4.14: Valores de MPS y su caracterización química durante el mes de noviembre 2007.

Identificación de Muestra	MPS mg/m <sup>2</sup> x día	Cu mg/m <sup>2</sup> x día	Fe mg/m <sup>2</sup> x día	As mg/m <sup>2</sup> x día	Hg	Cd µg/m <sup>2</sup> x día	Pb µg/m <sup>2</sup> x día
MPS 1	232,7	1,92	21,25	ND	ND	0,768	36,770
MPS 2	182,9	1,13	14,43	ND	ND	0,293	21,212
MPS 3	0,0	0,00	0,00	ND	ND	0,000	0,000
MPS 4	256,1	1,73	36,57	ND	ND	0,538	30,729
MPS 5	224,9	1,39	18,85	ND	ND	0,405	24,289
MPS 6	131,9	0,83	10,94	0,0046	ND	0,277	18,733
MPS 7	430,0	10,24	95,76	0,0163	ND	2,021	41,278

La figura N° 4.21 muestra el comportamiento temporal de la estación de monitoreo MPS N°7 (la más crítica de acuerdo a su ubicación), en donde se puede evaluar los avances en la implementación de las medidas de reducción de emisiones.

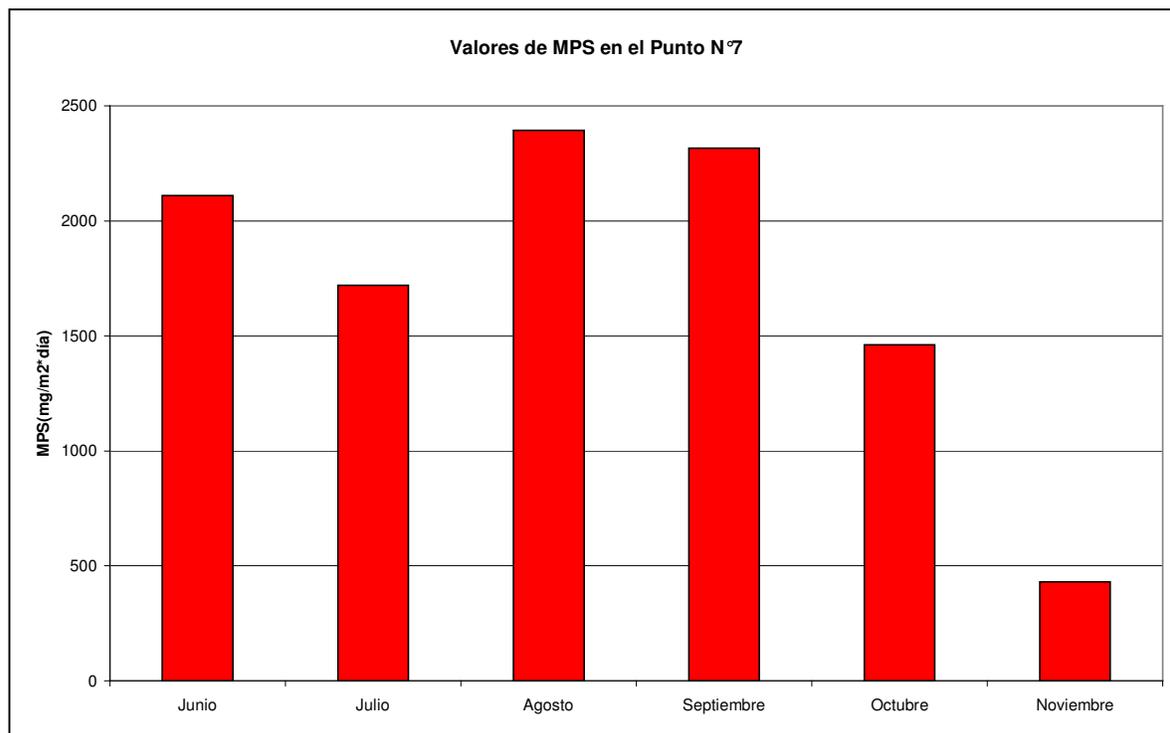


Figura N° 4.21: Comportamiento temporal de la concentración de MPS en la estación MPS N°7.

La no existencia de norma nacional, obliga al uso de referencias internacionales como la normas de la Confederación Suiza, esta establece un límite de **200 mg/m²\*día** como promedio anual.

Los resultados indican que en las estaciones vecinas a la planta de chancado se sobrepasa el límite máximo, pero también se observa claramente que la implementación de las medidas de reducción de emisiones permitirán el cumplimiento de norma según lo indicado además por los resultados de la modelación. Anexo C.

#### 4.4 RUIDOS

El estudio de la línea base de ruido y sus proyecciones se encuentra en al Anexo B.

## 4.5 LÍNEA BASE GEOLÓGICA

### 4.5.1 Introducción

Mediante el presente informe se entrega los resultados de una evaluación de la situación geológica e hidrológica-hidrogeológica general del sector Planta Coemin, Quebrada Carrizalillo. El informe incluye un análisis de eventuales riesgos geológicos para el mismo sector.

Para juntar los antecedentes necesarios se realizó una visita de terreno para conocer las condiciones geológicas y morfológicas del sector. Las observaciones de terreno fueron complementadas por estudios de mapas geológicos y topográficos del sector, imágenes satelitales y la bibliografía citada. Informaciones adicionales acerca de pozos de agua fueron facilitadas por parte de la empresa.

Las imágenes satelitales utilizados fueron obtenidas a través del Internet (programa GoogleEarth). Mapas e ilustraciones fueron confeccionadas a base de planos topográficos facilitados por la empresa y digitalizados con el programa “Surfer” por parte del autor del presente informe.

### 4.5.2 Ubicación

La entrada de la planta Coemin se encuentra en la parte sur de la desembocadura de la Quebrada Carrizalillo al Valle Copiapó (5 km al sur de Nantoco), aproximadamente 700 m al este del cruce con el camino principal del Valle Copiapó. El sector de la planta cubre una área de aproximadamente 11 ha, con una extensión norte-sur de 250 m y una extensión este-oeste de 450 m (Fig. 4.21).



Fig. 4.21:  
Imagen satelital del sector de estudio.  
1: Planta Coemin  
2: Quebrada Carrizalillo  
3: Valle Copiapó  
4: Tranque de relaves  
azul: caminos principales

Las instalaciones de la planta se ubican sobre una superficie casi plana, levemente inclinada hacia el oeste. La altura en el centro del sector es de aproximadamente 600 msnm. La diferencia de altura entre el extremo este y oeste no supera los 5 m (Fig. 4.22).



Fig. 4.22: Vista de la planta desde el sureste.

Inmediatamente al este de la planta se encuentra un cerro de 700 m de altura. En su ladera se encuentran estanques que almacenan y suministran el agua de proceso de la planta (Fig. 4.23).



Fig. 4.23: Cerro al este de la planta

Una gran parte del fondo de la quebrada y del valle (terrenos ubicados al norte, oeste y sur de la planta) corresponde a terrenos de uso agrícola (plantaciones de uva de mesa). Aproximadamente 500 m al norte de la planta, al costado norte de la Quebrada Carrizalillo, se encuentra el actual tranque de relaves de la empresa (Fig. 4.24).

## Uso de superficies

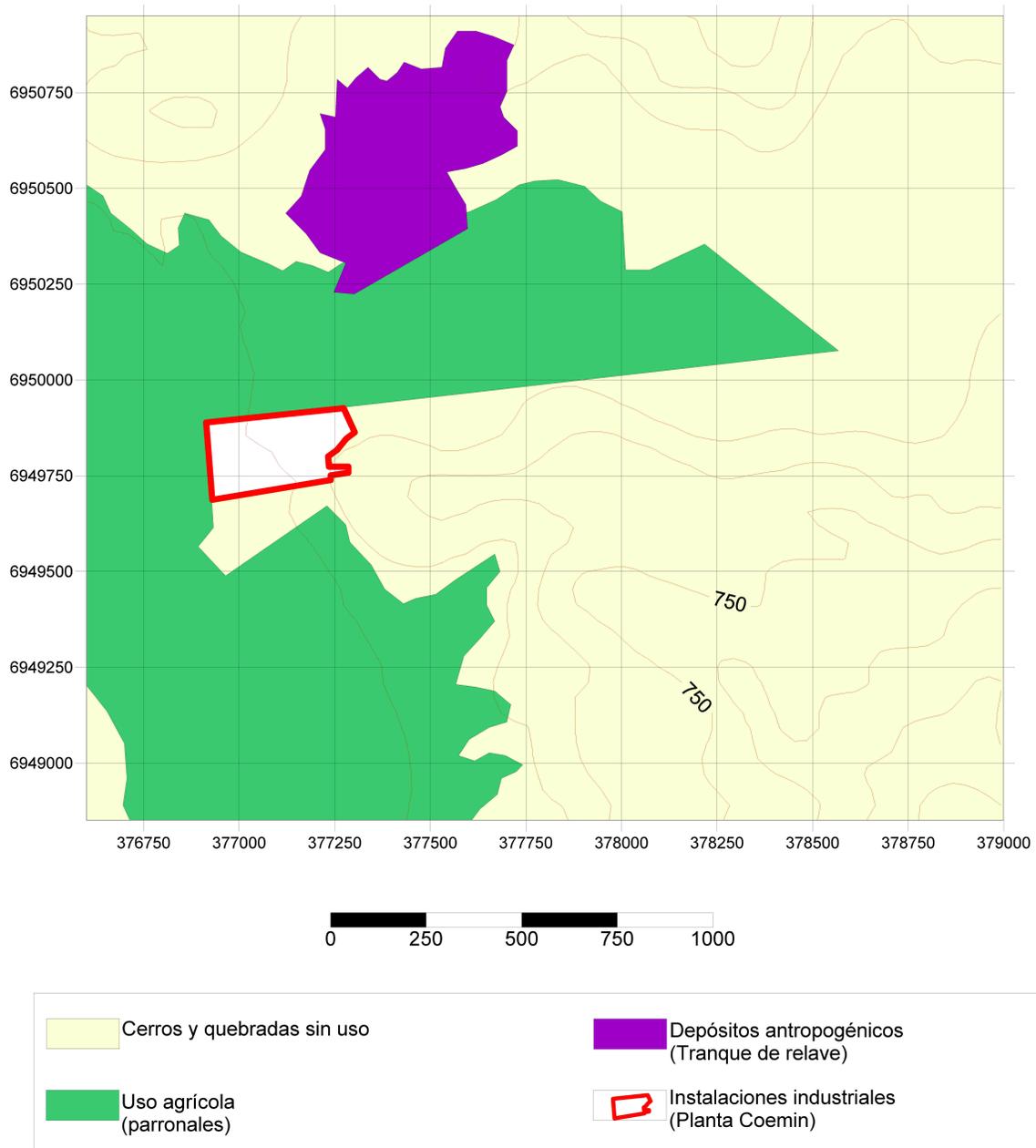


Fig. 4.24: Uso de superficies en el sector de la planta Coemin

### 4.5.3 Margen Geológico

La totalidad del sector de la planta se ubica sobre una superficie plana formada por el relleno sedimentario cuaternario (grava y arena con intercalaciones de limo y arcilla) de la Quebrada Carrizalillo y del Valle Copiapó. Las rocas sólidas al este de la planta corresponden a rocas sedimentarias clásticas de edad cretácica (Formación Nantoco). Las partes más altas del cerro al este corresponden a sedimentos sueltos de edad miocénico (Gravas de Atacama). Los cerros al oeste del valle se forman por rocas sedimentarias clásticas cretácicas de las formaciones Abundancia y Nantoco (Fig. 4.25).

Existen en la zona varias fallas de importancia regional, relacionado con el sistema de la Falla de Atacama. Algunos km al este del sector de la planta (Sector Sierra Checo de Cobre / Quebrada Descubridora), se observan fallas inversas de rumbo aproximadamente norte-sur, perteneciente al sistema de falla denominado “Cabalgamiento Cerrillos”. Más hacia el este, se encuentran fallas normales de rumbo noroeste-sureste (Sector Pampa Larga).

Sin embargo, en la cercanía inmediata del sector de la planta (cerro al este de la planta) no se observa estructuras de mayor importancia. Un estudio estructural de detalle no se realizó para el presente informe, dado que no entregará informaciones de alta incidencia en el sentido de este trabajo.

## Mapa Geológico Sector Planta Coemin

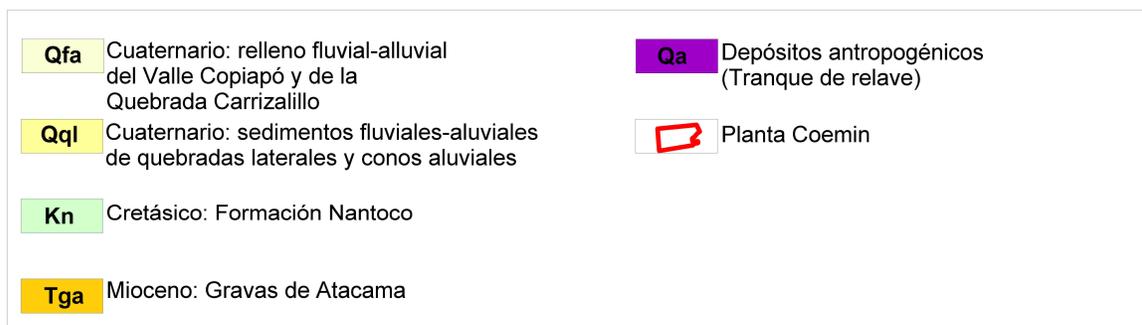
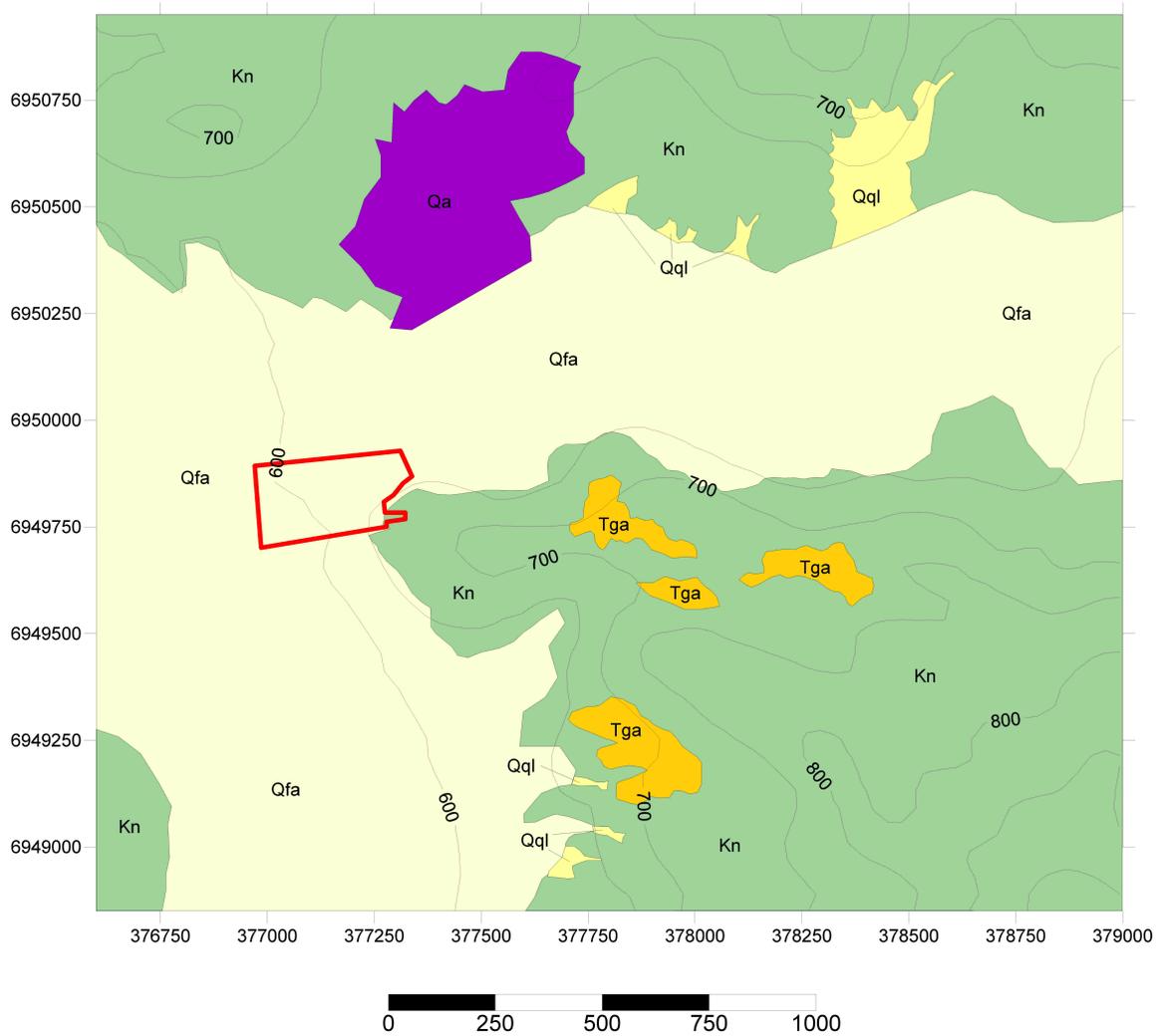


Fig. 4.25: Mapa geológico esquemático del sector.

#### 4.5.3.1 Cretácico Inferior

##### Formación Nantoco (Hauteriviano)

La Formación es formada por 800 a 1200 m de calcilitas y calcilitas limosas ('mudstones') de colores gris oscuro a gris claro, dispuestas en capas de espesor muy continuo (20-80 cm) Las rocas presentan intercalaciones de 0,3-1 m de arcosas verdes de grano medio y fino, gradadas en forma normal (AREVALO 1994).

Las rocas se formaron en un ambiente marino – submareal profundo, con influencia de sedimentación continental.

Muestras de roca obtenidas en afloramientos en la cercanía de los estanques de agua se presentan como calizas de color gris oscuro-verdoso con un leve contenido de material limoso, lo que se concluye por observar la reacción con HCl diluido (5 %). La roca es relativamente dura, con estratos de rumbo norte-sur y un manteo de alrededor de 20 grados hacia el este.

El espesor de los estratos es variable, con valores entre 10 y 50 cm observados en el afloramiento (Fig. 4.26).



Fig. 4.26:  
Afloramiento de rocas sedimentarias de la Formación Nantoco, cerro al este del sector de la planta.

### 4.5.3.2 Mioceno

#### Gravas de Atacama

Esta unidad geológica tiene una edad de 12 a 15 millones de años y es constituida por depósitos remanentes de 5 a 100 m de espesor sobre superficies de erosión antiguas.

Las Gravas de Atacama poseen bloques de mayor tamaño de litología variable (fragmentos redondeados de rocas plutónicas, volcánicas y sedimentarias) en una matriz de arena gruesa a fina, limo y arcilla. Localmente, incluyen lentes de gravas, arenas y limos bien estratificados. Depósitos de esta unidad se encuentran en extensas áreas de la región. En la cercanía del sector de estudio, las gravas de Atacama se encuentran en las partes más altas del cerro al este de la planta. Clastos redondeados de diferente tamaño se encuentra en la ladera del cerro debido a procesos de erosión (Fig. 4.27).



Fig. 4.27:  
Bloques redondeados de las Gravas de Atacama se mezclan con bloques angulares de las rocas de la Formación Nantoco en la ladera del cerro al este de la planta.

### 4.5.3.3 Cuaternario

#### Relleno fluvial-aluvial

El fondo de la Quebrada Carrizalillo y del Valle Copiapó corresponde a sedimentos no consolidados asociados a actividad cuaternaria de los cursos antecesores al río Copiapó o intermitentes episodios aluviales. Esto incluye los depósitos fluviales antiguos y actuales, y depósitos de conos aluviales en zonas de quebradas laterales. Fig. 4.28 demuestra un corte representativo por la parte superior de estos sedimentos. En el mapa adjunto se identifica solamente los más notables de los conos aluviales del sector.

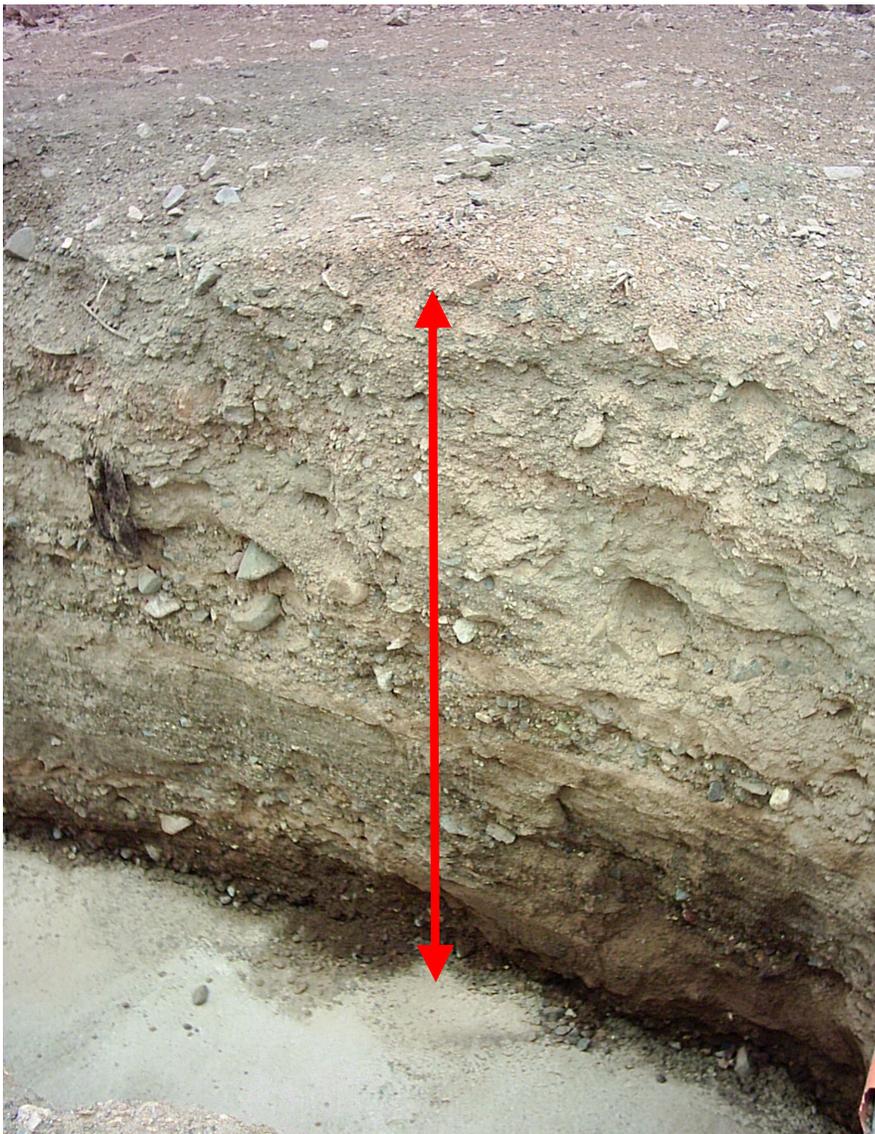


Fig. 4.28: Estratos de arena y grava del relleno cuaternario, planta Coemin (profundidad del corte 2m aprox.)

Las secuencias sedimentarias están conformadas por capas alternadas de ripio, grava, arena, limo y arcilla. Según la bibliografía, el relleno sedimentario del Valle Copiapó tiene un espesor entre 100 y 200 m (en zonas de grandes fallas hasta 350 m).

En la zona de la desembocadura de la Quebrada Carrizalillo hacía el valle, el basamento rocoso se encuentra a una profundidad de 155 – 160 m por debajo del nivel de terreno, según datos de pozos proporcionados por parte de la empresa.

### **Depósitos de laderas**

Las laderas del cerro al este de la planta presentan una delgada capa de roca meteorizada, compuesta por fragmentos de tamaño variable de rocas de la Formación Nantoco y parcialmente mezclada con clastos provenientes de las Gravas de Atacama. El espesor de este relleno no supera algunos cm. A lo largo de algunas bajadas de agua se observa una mayor acumulación de este material (Fig. 4.27).

### **Depósitos antropogénicos**

Con el término depósitos antropogénicos se refiere al tranque de relaves de la planta Coemin, ubicado en una quebrada lateral al costado norte de la Quebrada Carrizalillo.

#### 4.5.4 Hidrología

La cuenca total del Río Copiapó comprende una superficie de 18.400 km<sup>2</sup>, incluyendo las subcuencas de sus ríos tributarios y quebradas laterales (Fig. 4.29). Los recursos hidrológicos superficiales permanentes del río Copiapó provienen en su totalidad de los aportes de los tres ríos formadores Jorquera, Pulido y Manflas, los cuales forman el Río Copiapó en la localidad de La Junta, ubicado aguas arriba del Tranque Lautaro a 1230 msnm.



Fig. 4.29: Hoya Hidrográfica Río Copiapó

Entre estas subcuencas, la de mayor superficie es la del Río Jorquera, seguido por la del Río Pulido mientras la del Río Manflas es la más pequeña de ellas. Sin embargo, debido a las

condiciones climáticas y orográficas, el caudal promedio del Río Pulido supera la suma de los otros dos (Tabla N° 4.15):

Tabla N° 4.15: Subcuencas del Río Copiapó (según Balance Hidrológico Nacional, Regiones III y IV, 1984)

Subcuenca	Superficie (km <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Río Jorquera	4.193	0,65
Río Pulido	2.086	1,07
Río Manflas	990	0,29
total	7.269	2,01

La presencia de los recursos hídricos superficiales y subterráneas se debe a la presencia de la Cordillera de los Andes, donde se manifiestan dos situaciones climáticas diferentes, causantes de precipitaciones:

- por efecto orográfico, se genera un aumento de la precipitación con la altura. En la temporada de invierno, esta precipitación cae en forma de nieve, al menos en alturas sobre los 3000 m.
- por efecto de una situación climática particular de la zona, conocida comúnmente como "Invierno Boliviano", se generan precipitaciones en los meses de verano, habitualmente en forma de lluvia.

Hasta hace pocos años atrás, el régimen del Río Copiapó había que considerar como permanente desde La Junta hasta la ciudad de Copiapó. Esta situación ha cambiado radicalmente durante los últimos años. Se ha registrado una disminución del caudal, con el efecto que el Río Copiapó prácticamente ya no existe aguas abajo de la localidad de Pabellón. En otras palabras, en la zona de estudio (sector planta Coemin) el Río Copiapó no se observa una escorrentía superficial. Esta solamente se puede manifestar durante e inmediatamente después de episodios de extrema precipitación.

Las fuentes bibliográficas disponibles acerca del caudal del Río Copiapó, en su mayoría tienen una antigüedad de 10 años o mayor. Considerando la actual situación de la escorrentía superficial del Río Copiapó, estos datos no necesariamente reflejan correctamente el estado actual de su régimen. Sin embargo, si por alguna medida se logrará que se normalice la situación del cauce del río, podrían reestablecerse los valores que se menciona en adelante.

Según el Balance Hídrico de Chile (1987), el caudal medio anual del río Copiapó en la localidad La Puerta, a 4 km de Los Loros, es de 1,60 m<sup>3</sup>/s (período 1951 - 1980), mientras según ALAMOS & PERALTA (1995), el caudal medio anual en la misma localidad es de 2,4 m<sup>3</sup>/s con extremos máximos y mínimos de 10,4 m<sup>3</sup>/s en 1988, y 0,855 m<sup>3</sup>/s en 1971 (período 1947 - 1994). Según los mismos autores, el caudal del río para la ciudad de Copiapó tiene un promedio anual de 2,05 m<sup>3</sup>/s para el período 1983 - 1994. Sin considerar el caudal inusualmente alto del año 1988 de 7,87 m<sup>3</sup>/s, el promedio anual es de solamente 1,52 m<sup>3</sup>/s, con extremos entre 0,278 m<sup>3</sup>/s (1994) y 3,84 m<sup>3</sup>/s (1985).

Se destaca nuevamente, que en la actualidad no se observa ninguna escorrentía superficial a la altura de la planta Coemin, algo que no se ve reflejado en las fuentes bibliográficas utilizadas.

La Quebrada Carrizalillo se puede considerar como un afluente lateral típico del curso del Río Copiapó. Salvo casos muy excepcionales relacionados con crecidas a causa de lluvias de mayor magnitud, no lleva escurrimientos superficiales. Estas crecidas ocurren con una frecuencia baja, de una vez en 20 años (NIEMEYER 1998). No obstante, pueden ser de una magnitud alta. Por ejemplo, para la Quebrada de Paipote se registró un cauce de aproximadamente  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  en Junio de 1997. (ASTABURRUAGA 1998). La presencia de recursos hídricos menores se manifiesta por la presencia de vertientes de agua y vegas en algunas quebradas tributarias de la Quebrada Carrizalillo, varios kilómetros aguas arriba de la planta Coemin.

#### 4.5.5 Hidrogeología

Los recursos subterráneos de la zona se relacionan con el relleno sedimentario del valle del Río Copiapó. Las secuencias sedimentarias se forman por estratos alternadas de ripio, grava, arena, limo y arcilla. Este relleno es producto de la actividad cuaternaria del Río Copiapó o cursos antecesores a éste. Las unidades con importancia hidrogeológica alta y media incluyen los depósitos fluviales antiguos y modernos, y secuencias fluviales intercaladas en depósitos fluvioalacustres tanto como depósitos de episodios aluviales.

Los depósitos de conos aluviales interconectados hidráulicamente con el valle del río Copiapó, presentan un potencial hidrogeológico medio (AGUIRRE & HAUSER 2000).

Según el Mapa Hidrogeológico de Chile (1993), al Valle Copiapó se le asigna una importancia hidrogeológica relativa alta a media, con una productividad de pozos muy elevada.

Según datos de sondajes, el relleno tiene un espesor comprobado de hasta 180 m. Un espesor de 169 m es comprobado para la zona al sur de Paipote (SEGERSTROM & RUIZ FULLER 1962). Antecedentes geofísicos indican valores hasta 200 m, y espesores máximos de 250 hasta 300 m en sectores asociados a zonas de fallas.

En el sector de estudio (entre Elisa de Bordos y Paipote), la morfología del basamento impermeable es muy homogénea y subhorizontal con valores que varían entre los 108 y 265 m de profundidad (Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos del Valle del Río Copiapó, 2003)

En cambio, la Quebrada Carrizalillo no brinda un aporte significativo a los recursos subterráneos de la zona. El Mapa Hidrogeológico de Chile clasifica su importancia hidrogeológica como muy baja e incluso nula en algunos sectores.

Se puede encontrar agua subterránea en piques de minas abandonadas del sector, como fue comprobado por parte del autor del presente trabajo por ejemplo para la mina abandonada San José, ubicada en la zona de la Quebrada Descubridora, aprox. 5 km al noreste del sector de la planta. La profundidad de la napa es mayor a 20 m según una estimación por parte del autor. Una medición exacta no se pudo realizar en esta oportunidad.

Las cifras exactas disponibles para el flujo subterráneo de la Quebrada Carrizalillo indican un aporte de solamente 50 l/s. Esta cantidad se puede considerar insignificante comparado con el flujo subterráneo de 1000 l/s aguas arriba del Tranque Lautaro (Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos del Valle del Río Copiapó, 2003).

La mayoría de los acuíferos del sector tienen un carácter confinado a semiconfinado. La profundidad del nivel freático del valle es variable en función de lugar y tiempo.

Según el Mapa Hidrogeológico de Chile el nivel freático de dos pozos al sur de la ciudad de Copiapó es de 42 y 11 m respectivamente, y de 16 m para un tercer pozo al noroeste de la ciudad.

El nivel medio de la estación Pabellón es de 36,57 m, de la estación Quebrada Cerrillos 20,59 m y de la estación Hornitos 51,13 m para el período 1987 – 1999 (Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos del Valle del Río Copiapó, 2003).

El agua de proceso para la planta Coemin se obtiene mediante seis pozos en total, todos ubicados dentro del recinto o en su cercanía inmediata (Fig. 4.30). Datos proporcionados por parte de la empresa para dos de estos pozos indican una profundidad del nivel freático de 54,1 y 57,4 m.

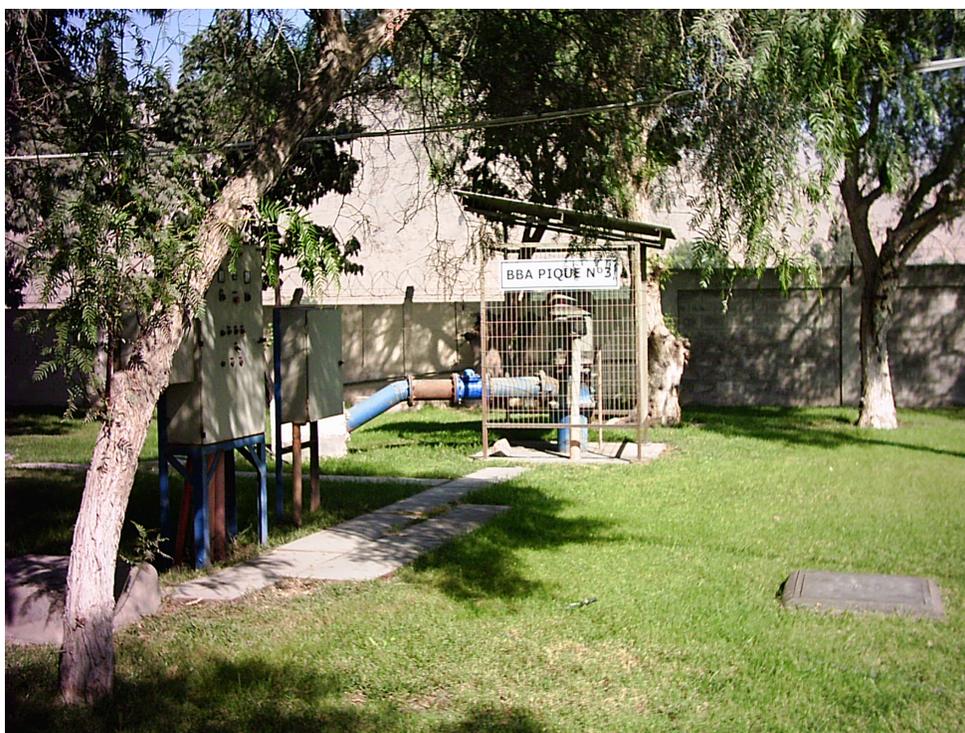


Fig. 4.30:  
Pozo dentro  
del perímetro  
de la planta  
Coemin

Paralelo a la disminución del caudal del Río Copiapó, durante los últimos años se ha manifestado un descenso del nivel freático de la zona.

Según ALAMOS & PERALTA (1995), en el año 1987 el promedio del nivel freático en el segmento del río entre Mal Paso y Copiapó alcanzó los 14,7 m bajo nivel de terreno, con un máximo de 27,7 m y un mínimo de 4,3 m. En 1995 se registró un promedio de 20,8 m, con extremos máximos y mínimos de 43,8 y 3,7 m, lo que indicó un descenso promedio del nivel freático de 6,1 m.

Según los mismos autores, los ingresos totales de agua al Valle en cabecera tanto en forma superficial como subterránea se han calculado en 3250 l/s, equivalente a 102 Mm<sup>3</sup>/año). La extracción neta alcanza un valor de 3370 l/s, equivalente a 125 Mm<sup>3</sup>/año. Los derechos de

aprovechamiento concedidos y en trámite alcanzan un total de 18.169 l/s para 281 pozos en todo el valle, un múltiple de los ingresos.

En vista de estos antecedentes, parece evidente que el descenso del nivel freático se debe a la explotación del agua subterránea para diferentes usos, aunque años de precipitación cordillerana por debajo del promedio de largo plazo pueden agravar la situación.

Según AGUIRRE & HAUSER (2000), en 1995 se utilizó un volumen de 64,65 Mm<sup>3</sup> para el riego, 27,41 Mm<sup>3</sup> para el uso minero y 17,41 Mm<sup>3</sup> como agua potable lo que llega a un total de 109,47 Mm<sup>3</sup>. Expresado en porcentajes, al uso para el riego corresponde un 59%, al uso minero un 25 % y al consumo humano un 16 %. Según un reportaje publicado en la revista “Minería Chilena” N° 310, Abril 2007 los porcentajes actuales difieren notablemente de estos valores del año 1995 (Tabla N° 4.16):

Tabla N° 4.16: Uso de recursos de agua subterránea según sector.

	Aguirre & Hauser (2000) (datos del 1995)	Seremi de Minería, citado en “Minería Chilena” N° 310, Abril 2007
Uso para riego / actividad agrícola	59 %	75 %
Uso minero	25 %	13 %
Agua potable	16 %	10 %
Otras actividades productivas	(sin información)	2 %
Cociente de los porcentajes para el uso minero y agua potable	1,5625	1,3
Cociente de los porcentajes para el uso agrícola y minero	2,36	5,77

Sin disponer de todos los valores absolutos en el momento de redactar el presente informe, la comparación de los cocientes de los porcentajes permite concluir que la ampliación de las actividades agrícolas de la zona suele ser el principal causante para el descenso de las napas subterráneas, dado que la relación entre los porcentajes de uso minero y agua potable no demuestra una mayor variación entre los datos del año 1995 y del año 2007.

En cuanto a sus características hidroquímicas, las aguas superficiales del valle Copiapó son fuertemente sulfatadas, cálcico-sódico-magnésicas, de pH neutro a ligeramente básico o básico, relativamente duras y dulces. En todo el valle superan la norma de agua potable en sulfato (SO<sub>4</sub>) y en TSD (total de sólidos disueltos) entre Nantoco y San Pedro, y superando además la norma de calidad de agua para riego en SO<sub>4</sub> en todo el valle. (AGUIRRE et al. 1997; ALAMOS Y PERALTA 1987).

Además presentan valores elevados de parámetros como Boro, Sodio, Calcio y Magnesio. En general, las aguas presentan riesgos de alcalinización y salinización medio (AGUIRRE et al. 1997).

## 4.5.6 Riesgos Naturales

### 4.5.6.1 Introducción

“Riesgos Naturales” se puede definir como riesgos naturales causados por un **tipo particular de materiales** (minerales reactivos, asbestos, etc.) o por un **tipo particular de procesos** (movimientos de masa, terremotos, etc.). Como “riesgo” se entiende peligros para salud y vida de personas y animales, y también posibles daños a edificios, caminos y la infraestructura de un sector determinado en general.

En el sentido del presente trabajo, el término “Riesgos Naturales” se refiere exclusivamente a riesgos relacionados con **procesos geológicos** de diferente tipo.

### 4.5.6.2 Volcanismo

El volcán activo más cercano es el Nevado Ojos del Salado, ubicado en la alta Cordillera de la Región de Atacama, cerca del paso fronterizo San Francisco. Debido a la distancia, el riesgo “Volcanismo” no merece ser profundizado en este informe, dado que no existe ningún tipo de peligro específico para el sector de la planta Coemin.

### 4.5.6.3 Sismos

Los Andes Centrales, comprendido como el segmento entre Lima (Peru) y Valparaíso, se considera como una de las zonas más activas a nivel mundial, con un 5% de la energía sísmica de toda la zona circunpácífica (ZEIL 1986).

Los hipocentros de los sismos están distribuidos claramente de oeste a este, con una franja de profundidad baja (0 – 60 km, zona costanera y submarina), una franja de profundidad media (60 – 300 km, zona de la precordillera y cordillera), y una tercera franja con hipocentros de profundidad alta (hasta 700 km, al este de los Andes).

Aunque los sismos pueden ocurrir casi a lo largo de todo el país, se puede diferenciar provincias de mayor actividad sísmica. Una de estas provincias corresponde a la Región de Atacama, por lo tanto hay que considerar como muy alta la probabilidad de que un sismo fuerte puede ocurrir en la cercanía de la ciudad de Copiapó. El terremoto del 18 de Abril del año 2002 (con una magnitud 6,7 en la escala de Richter) recordó en forma drástica la presencia de este riesgo, causando daños en numerosas construcciones antiguas y nuevas, y provocando pánico en partes de la población. La historia sísmica de las últimas décadas demuestra, que terremotos con un potencial destructivo aún mayor pueden ocurrir en la zona.

Un terremoto de este tipo puede causar daños estructurales en cualquier tipo de construcción. Tanto en el caso de la planta Coemín, como en otras instalaciones del mismo tipo a lo largo de la región, se puede esperar un escape accidental de concentrado o líquidos de celdas de flotación a causa de un sismo.

Para evitar que estos materiales se liberen en forma no controlada al medio ambiente, se ha tomado medidas de seguridad adecuadas con fin de captar y controlar eventuales derrames. Estas medidas consisten básicamente en la habilitación de piscinas de captación de derrames (las piscinas se encuentran terminados o en la última fase de construcción a la fecha de elaborar el presente informe) (Fig. 4.31 y 4.32).



Fig. 4.31:  
Piscina de  
captación en  
proceso de  
construcción.



Fig. 4.32:  
**Piscina de captación en proceso de construcción.**

#### 4.5.6.4 Aluviones

De punto de vista geológico, procesos de remoción en masa son acciones importantes en la evolución normal del paisaje y no pueden ser entendidos como fenómenos excepcionales. Estos procesos se caracterizan por el desplazamiento de material rocoso y/o suelo de un nivel superior a una cota inferior de un valle o una ladera.

En la mayoría de los casos el agua juega un papel clave en la generación de las remociones y en el desplazamiento del material detrítico. La estrecha relación entre remociones de masa y períodos de intensa precipitación en un ámbito desértico es de conocimiento común.

Las aguas de lluvia pueden movilizar cantidades grandes de sedimento suelto, generando corrientes de agua barrosa con sedimento en suspensión y flujos más viscosos compuestos por agua y sedimento de tamaño variable.

Estos flujos son conocidos como “aluviones” o flujos de barro y/o detritos, y son caracterizados por una pérdida completa del contacto intergranular del material movilizado. Generalmente, los flujos son relacionados con lluvias esporádicas de corta duración y gran intensidad.

En la literatura geológica chilena los términos “bajada” y “avenida” frecuentemente son utilizados como sinónimos para denominar este tipo de remoción. Los flujos se desplazan rápidamente ladera abajo, normalmente confinadas en sistemas de drenaje preexistentes. La velocidad de los flujos puede superar los 15 km/h.

En los lados limítrofes de un cono aluvial el material grueso se deposita. La carga sedimentaria transportada por el agua se reduce a fango y detritos fino. El resultado es la formación de un flujo de agua barrosa que se puede extender más lejos hacia el fondo de un valle.

Para la Ciudad de Copiapó y sus alrededores se sabe que episódicamente en la temporada del invierno se producen precipitaciones importantes. Se estima que en períodos entre 5 a 10 años hay que esperar lluvias invernales de mayor intensidad, capaces de desencadenar flujos de barro y/o aluviones.

#### **4.5.6.5 Potencial de riesgo para la planta Coemin**

Para el presente caso, el análisis geomorfológico del sector de estudio y sus alrededores permite determinar las zonas donde en un caso desfavorable se puede esperar la generación de flujos de barro y/o aluviones. Una vista panorámica permite obtener una visión general de las condiciones morfológicas (Fig. 4.33).

Basado en esta información, se puede identificar tres áreas de importancia en el sentido del presente trabajo: el cerro al sureste del sector de la planta, el Valle Copiapó y la Quebrada Carrizalillo (Fig. 4.34).

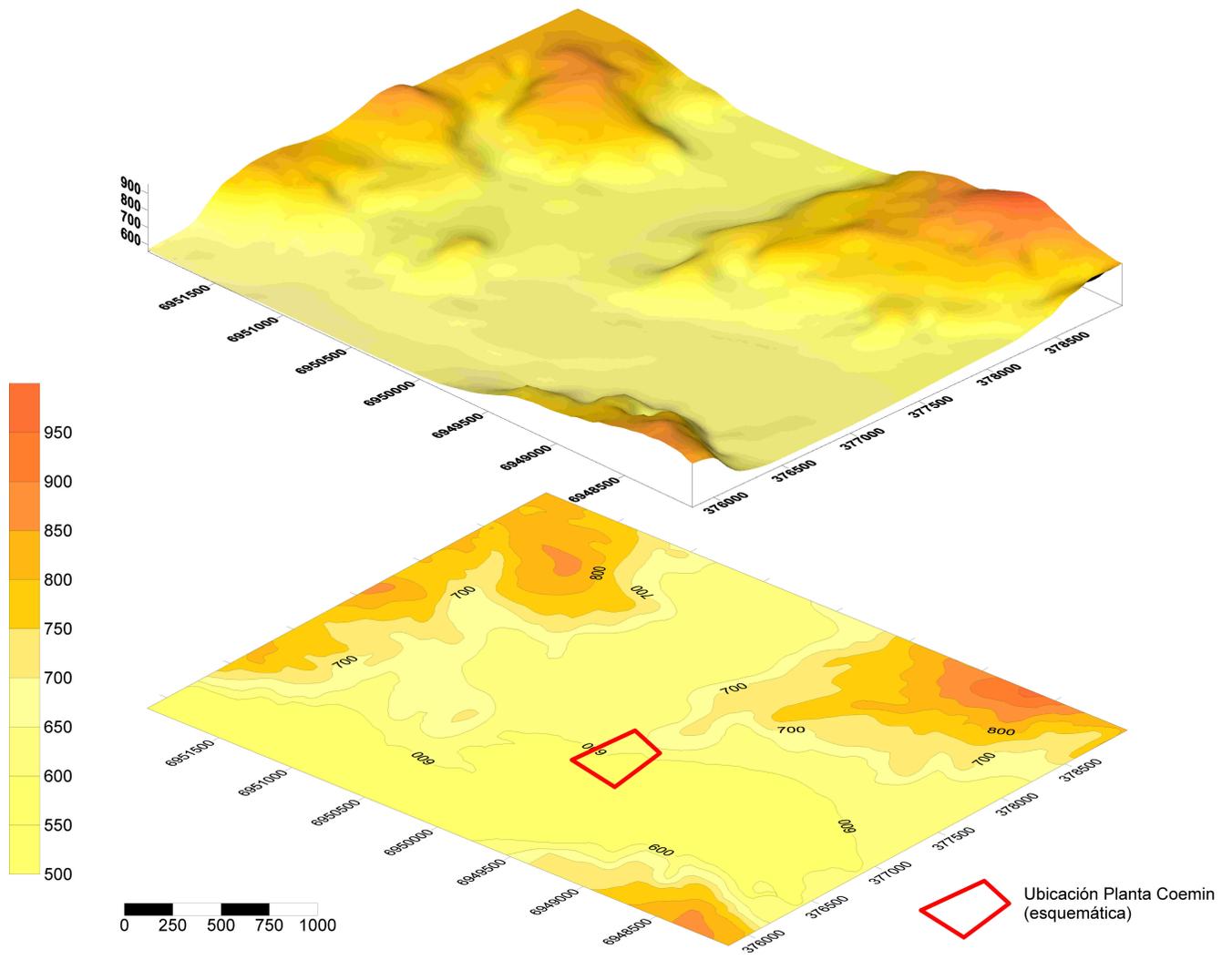


Fig. 4.33: Morfología del sector de estudio

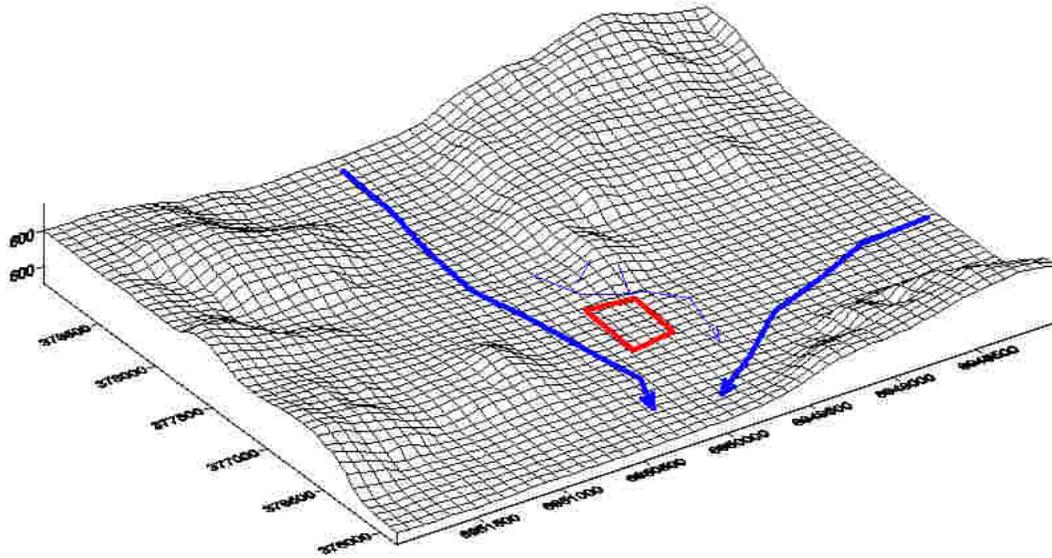


Fig. 4.34: Vista de perspectiva de las áreas de interés.

a) Cerro

Las laderas de este cerro de aproximadamente 750 m de altura tienen una pendiente de aproximadamente  $40^\circ$ , con una inclinación hacia el norte y noroeste.

Al sureste de este cerro se ubica una pequeña quebrada sinuosa de algunos cientos de metros de largo. La escorrentía superficial que puede formarse se dirige directamente hacia el cauce principal del Valle Copiapó. El sector de la planta se mantiene fuera del alcance de esta eventual escorrentía (Fig. 15).

En la cercanía de la planta, se observa dos quebradas menores con dirección hacia ella (Fig. 4.35).

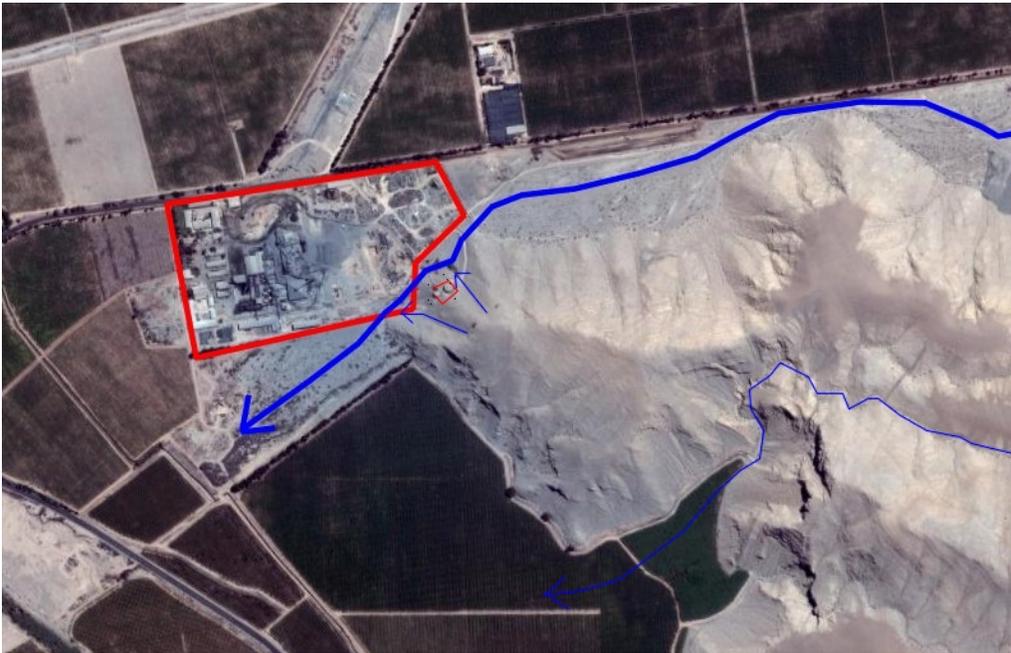


Fig. 4.35:  
Vista satelital  
del sector de  
la planta. Las  
flechas  
indican las  
principales  
direcciones de  
drenaje  
natural del  
sector.

La extensión de la hoya hidrográfica de estas dos quebradas no es suficientemente amplia para permitir la bajada de flujos aluviales. Una escorrentía superficial menor que se puede generar durante e inmediatamente después de una lluvia de mayor magnitud será captada por un canal de drenaje natural que se ubica al pie del cerro, por lo cual no existe un peligro para las instalaciones de la planta por este motivo Fig. 4.36).



Fig. 4.36:  
Quebrada lateral al este del sector de la planta. Al costado del cierre se ubica el canal de drenaje natural mencionado en el texto.

Entre ambas quebradas, a media altura de la ladera, se encuentran los estanques de agua de la planta. Debido a su ubicación sobre un lomo entre las dos quebradas mencionadas anteriormente, los estanques no pueden ser alcanzados por la escorrentía superficial de ellas (Fig. 4.37).



Fig 4.37:  
Estanques  
ubicados  
sobre un  
lomo entre  
pequeñas  
quebradas  
laterales.

#### b) Valle Copiapó

Crecidas del Río Copiapó son escasas según la bibliografía disponible. Alamos y Peralta (1987) relatan que “durante los últimos 50 años no se tiene conocimiento que el valle, del Embalse Lautaro al mar, haya sido afectado por alguna crecida proveniente de las nacientes del Río Copiapó”. Según los mismos autores, en el año 1944 y luego en el año 1987 hubo rebases en el Embalse Lautaro. Para ninguno de estos eventos se reportaron daños materiales.

Se puede concluir que un eventual aumento de la escorrentía superficial del río a causa de eventos de extrema precipitación en la cordillera será confinado dentro del cauce original del río. Debido a la distancia entre río y planta, el sector de la planta se encuentra fuera del alcance de eventuales desbordes menores del cauce principal (Fig. 4.38). En otras palabras, no existe peligro para el sector de la planta relacionado con crecidas del Río Copiapó.



Fig. 4.38:  
La línea azul en el centro de la imagen indica el cauce natural del Río Copiapó.

### c) Quebrada Carrizalillo

En el fondo de la quebrada, se puede detectar numerosos canales de drenaje, que corresponden al cauce de flujos aluviales o una escorrentía superficial que ocurren episódicamente (Fig. 4.39). Debido a las actividades humanas, especialmente el uso del fondo de la quebrada para parronales, no se puede reconstruir con exactitud las direcciones originales del cauce natural de la quebrada en la cercanía del sector de la planta.



Fig. 4.39: Las líneas azules indican los canales de drenaje natural del sector que se puede identificar en la imagen satelital y/o por observación en terreno. La flecha azul indica la probable dirección general del cauce natural de la quebrada, donde no es posible observar canales de drenaje natural.

Sin embargo, el análisis morfológico del sector permite concluir que una eventual crecida de la de la quebrada seguirá una dirección E-W aproximadamente, sin ingresar al sector de la planta. Solamente una fracción de la escorrentía superficial se dirigirá a lo largo del pie de la ladera sur de la quebrada por un canal de drenaje natural hacia el valle de río. Esta fracción cruzará el extremo sureste del sector de la planta.

Para evitar un desborde de flujos hacia el sector de la planta, se ha tomado como medida de control la canalización del cauce, manteniendo su dirección original hacia el río (Fig. 4.40a y b).



Fig. 4.40a:  
Canal de drenaje natural en el extremo sureste del sector de la planta. Se puede observar la canalización mediante tubos, que permite que eventuales flujos puedan cruzar este sector de la planta siguiendo su dirección natural sin alteraciones.



Fig. 4.40b:  
Canal de drenaje natural en el extremo sureste del sector de la planta. Se observa que el drenaje por este canal originalmente no invade el sector de la planta. El drenaje cruza el sitio eriazo al sur del terreno de la planta Coemin con dirección hacia el cauce principal del Río Copiapó

#### 4.5.7 Conclusiones

a) En la cercanía del sector de la planta no existen cursos de agua superficial permanente que pudieran ser contaminados a causa de eventuales derrames de concentrado, relave o líquidos de celdas de concentración, independiente de la causa de tal evento.

b) Para evitar que en el caso de un eventual derrame accidental de estos materiales se puede producir una contaminación del suelo y/o una infiltración de líquidos de proceso al subsuelo y las napas de agua subterránea, se ha tomado medidas de protección en forma de piscinas de captación. De este modo se logra que cualquier tipo de material liberado accidentalmente permanezca dentro del perímetro de la planta y puede ser recuperado sin causar daños al medio ambiente. Del mismo modo se logra una protección de recursos de aguas superficiales, en caso de que algún día se normaliza la situación del cauce del Río Copiapó que en este momento no cuenta con una escorrentía superficial permanente.

c) Crecidas del cauce del Río Copiapó durante e inmediatamente después de un evento de precipitación extrema no pueden afectar al sector de la planta. El cerro al sureste de la planta no cuenta con las condiciones que favorezcan la formación y bajada de flujos aluviales.

Para evitar daños a las instalaciones de la planta y una liberación de concentrado, relave o líquidos de celdas de concentración a causa de crecidas del cauce de la Quebrada Carrizalillo, se ha tomado medidas aptas que permiten que los eventuales flujos puedan seguir su dirección natural sin alteraciones y sin invadir la zona de La planta.

A modo de resumen, se puede considerar la ubicación de la planta como seguro en términos de peligros naturales.

#### Bibliografía

AGUIRRE, I. & HAUSER, A. (2000): Potencial Hidrogeológico del valle del río Copiapó, segmento Embalse Lautaro-Piedra Colgada, III. Región, Chile.- IX Congreso Geológico Chileno. Actas Vol.1, Puerto Varas

AGUIRRE, I., HAUSER, A., ESPEJO, C. & SCHWARZ, F. (1997): Hidroquímica en el Valle del Río Copiapó, III. Región, Chile. VIII Congreso Geológico Chileno. Actas Vol.1, Antofagasta

ALAMOS & PERALTA (1987): Análisis y Evaluación de los recursos Hidrogeológicos Valle del Río Copiapó, III. Región, Tomo I y II.- Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Santiago

ALAMOS & PERALTA (1995): Análisis y evaluación de los recursos hidrogeológicos del Valle del Río Copiapó, III. Región, Tomo I y II.- Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Santiago

- AREVALO, C. (1994): Mapa Geológico de la Hoja Los Loros (1:100.000).- Sernageomin, Santiago
- ASTABURUAGA, R. (1998): Estudio de Ingeniería: Proyectos complementarios para el control de quebradas en el sector urbano de Copiapó, III. Región (inédito).- Municipalidad de Copiapó, Secretaría Comunal de Planificación y Coordinación, Copiapó
- NIEMEYER, H. (1998): La Cuenca del Río Copiapó.- en: NIEMEYER, H. & CERVELLINO, M. (Ed.): Culturas Prehistoricas de Copiapó.- Museo Regional de Atacama, Copiapó
- SEGERSTROM, K. & RUIZ FULLER, C. (1962): Carta Geológica de Chile 1:50.000, Cuadrángulo Copiapó.- Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile, Santiago
- ZEIL, W. (1986): Geologie von Chile.- Enke, Stuttgart (Alemania)
- Balance Hídrico de Chile (1987). Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Santiago
- Balance Hidrológico Nacional III. y IV. Región (1984). Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas / IPLA Ingenieros Consultores, Santiago
- Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos del Valle del Río Copiapó (2003). Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Santiago
- Mapa Hidrogeológico de Chile 1: 1.000.000 (1993). Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Santiago
- Norma Chilena 1333.Of78 (1987): Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. Instituto Nacional de Normalización INN, Santiago

#### 4.6 CALIDAD DEL SUELO

En este apartado se muestra la caracterización química del suelo superficial, tomada en las distintas ubicaciones de las Estaciones de Monitoreo de MPS. Se ha agregado una muestra denominada "0" que representa suelo sin ser afectado por las emisiones de la actividad industrial. Esta fue recolectada aguas arriba de la quebrada a 5 km de la Planta.

Se tomaron dos muestras en cada punto, la primera en el perfil 0-5 cm de profundidad y la segunda 5-10 cm.

Tabla N° 4.17: Caracterización química superficie suelos.

Identificación de Muestra	Cu %	Fe %	As mg/kg	Hg mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg
Suelo 0-A	0,009	4,74	30	<63	<0,6	31
Suelo 0-B	0,008	5,19	22	<63	<0,6	33
Suelo 1-A	0,566	5,76	35	<63	2,6	87
Suelo 1-B	0,594	5,5	26	<63	2,3	109
Suelo 2-A	0,023	3,7	20	<63	<0,6	43
Suelo 2-B	0,011	4,25	14	<63	<0,6	31
Suelo 3-A	0,019	4,54	19	<63	<0,6	81
Suelo 3-B	0,017	4,26	18	<63	<0,6	103
Suelo 4-A	0,026	3,53	20	<63	<0,6	32
Suelo 4-B	0,014	3,59	23	<63	<0,6	31
Suelo 5-A	0,035	2,82	28	<63	<0,6	55
Suelo 5-B	0,025	3,32	31	<63	<0,6	54
Suelo 6-A	0,025	3,47	27	<63	<0,6	30
Suelo 6-B	0,011	4,03	22	<63	<0,6	28
Suelo 7-A	0,746	7,13	164	<63	4,3	642
Suelo 7-B	0,576	7,5	77	<63	2,9	201

A modo de comparación se presentan las siguientes referencias:

- ❑ Valores de referencia para suelos uso agrícola. **Canadian Enviromental Quality Guidelines**: Mercurio: 6,6 mg/kg, Cadmio: 1,4 mg/kg, Plomo: 70 mg/kg.
- ❑ **Informe Criterios de calidad de suelo agrícola del SAG** (marzo 2005). Cuadro 3.5.1.1 "Directivas de Kelley para la clasificación de suelos contaminados". Arsénico (mg/kg) 0-30 valor típico, 30-50 contaminación ligera, 50-100 contaminación, 100-500 contaminación alta.
- ❑ **Informe Criterios de calidad de suelo agrícola del SAG** (marzo 2005). Cuadro 7.7.2 "Concentración máxima permitida de metales pesados totales en suelo agrícola ditintos países"
  - Chile Macro zona norte pH>6,5: As = 20 mg/kg, Cd = 2 mg/kg, Cu = 0,015 %, Pb = mg/kg.
  - Chile Macro zona norte pH<6,5: As = 12,5 mg/kg, Cd = 1,25 mg/kg, Cu = 0,01 %, Pb = 50 mg/kg.

Al respecto podemos señalar que los valores observados en general pueden ser considerados típicos para suelos agrícolas.

Como era de esperarse en los puntos de muestreo vecinos a las emisiones de la planta de chancado y al interior de la Planta los valores están sobre las referencias (Muestras N° 1 y N° 7)

El cobre supera en todos los puntos vecinos los niveles de referencia, y se debe considerar que de acuerdo a la mineralización de la alimentación de la Planta, está constituida por sulfuros de cobre (cobre insoluble) y por lo tanto este elemento no se encuentra biodisponible.

En el punto 4.8 se presentan antecedentes para la clasificación del tipo de suelo.

#### 4.7 CALIDAD DEL AGUA

Se presentan a continuación los resultados de tres campañas de monitoreo realizados los pozos de abastecimiento de la Planta Cerrillos de COEMIN S.A. Los análisis químicos son comparados con la NCh 1.333. Uso para Riego.

Tabla N° 4.18: Resultado Calidad de agua mes de diciembre 2006.

ANALISIS	UNIDAD	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	Max. Permitido NCh 1333 Estandar
		POZO N°1	POZO N°2	POZO N°3	POZO N°4	
Aluminio	mg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	5,00
Arsénico	mg/L	0,046	0,049	0,047	0,091	0,10
Bario	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	4,00
Berilio	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,10
Boro	mg/L	0,86	0,80	1,10	0,64	0,75
Calcio	mg/L	271	284	225	130	.....
Cadmio	mg/L	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	0,01
Cianuro	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,20
Cloruro	mg/L	160,3	134,7	163	40,4	200
Color Verdadero	Escala Pt/Co	<5	<5	<5	5	.....
Conductividad Eléctrica	mS/cm	2,81	2,76	2,65	1,522	.....
Cobalto	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,05
Cobre	mg/L	0,006	0,009	0,008	0,010	0,20
Cromo	mg/L	0,032	0,034	0,015	0,014	0,10
Hierro	mg/L	0,27	0,72	0,34	1,29	5,00
Fluoruro	mg/L	0,548	0,610	0,518	0,575	1,00
Litio	mg/L	0,27	0,20	0,29	0,21	2,50
Magnesio	mg/L	79	72	72	44	.....
Manganeso	mg/L	0,006	0,038	0,007	0,028	0,20
Mercurio	mg/L	<0,0002	0,0004	<0,0002	<0,0002	0,001
Molibdeno	mg/L	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,01
Níquel	mg/L	0,034	0,034	0,029	<0,025	0,20
Olor	.....	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	
pH	unidad	6,95 (23,1°C)	6,96 (23,1°C)	6,92 (23,1°C)	6,89 (23,1°C)	5,5 - 9,0
Plata	mg/L	0,008	0,007	0,007	0,005	0,20
Potasio	mg/L	5,5	3,7	3,5	2,5	.....
Plomo	mg/L	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	5,00
Selenio	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,02
Sabor	.....	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	
Sodio	mg/L	159	155	243	100	.....
Sodio Porcentual	%	26	25	38	30	35
Sólidos Disueltos	mg/L	2232	2224	1994	1082	.....
Sólidos Suspendidos	mg/L	0,42	1,46	0,14	10,5	
Sulfato	mg/L	1078	1132	895,85	441,24	250
Vanadio	mg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10
Zinc	mg/L	0,010	0,152	0,056	1,348	2,00

Tabla N° 4.19: Resultado Calidad de agua mes de mayo 2007

ANALISIS	UNIDAD	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	Max. Permitido NCh 1333 Estandar
		POZO N°1	POZO N°2	POZO N°3	POZO N°4	POZO N°5	
Aluminio	mg/L	<0,10	0,17	<0,10	<0,10	<0,10	5,00
Arsénico	mg/L	0,0052	0,0128	0,0066	0,0104	0,0071	0,10
Bario	mg/L	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	4,00
Berilio	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,10
Boro	mg/L	0,54	0,65	0,84	0,62	0,38	0,75
Cadmio	mg/L	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	0,01
Calcio	mg/L	128	138	187	126	358	.....
Cianuro	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,20
Cloruro	mg/L	80,12	80,12	130	79,41	238	200
Cobalto	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,05
Cobre	mg/L	0,011	0,026	0,009	0,007	0,018	0,20
Conductividad Eléctrica	mS/cm	1,566	1,648	2,18	1,502	3,36	.....
Cromo	mg/L	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,015	0,10
Fluoruro	mg/L	0,52	0,55	0,49	0,53	0,57	1,00
Hierro	mg/L	0,093	3,090	0,074	0,620	0,086	5,00
Litio	mg/L	0,21	0,20	0,28	0,22	0,18	2,50
Magnesio	mg/L	39	36	53	40	73	.....
Manganeso	mg/L	<0,0025	0,0431	<0,0025	0,0105	<0,0025	0,20
Mercurio	mg/L	0,0075	0,0003	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,001
Molibdeno	mg/L	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,01
Níquel	mg/L	<0,025	0,025	0,031	<0,025	0,045	0,20
pH	unidad	6,89 (16°C)	7,01 (16°C)	6,95 (16°C)	7,07 (15°C)	7,45 (16°C)	5,5 - 9,0
Plata	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,008	0,20
Plomo	mg/L	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	5,00
Potasio	mg/L	4	4	5	4	6	.....
Selenio	mg/L	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,02
Sodio	mg/L	77	90	253	123	222	.....
Sodio Porcentual	%	26	28	44	36	29	35
Sólidos Disueltos	mg/L	1168	1219	1638	1084	2852	.....
Sulfato	mg/L	487	518	713	432	1472	250
Vanadio	mg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10
Zinc	mg/L	0,005	0,076	0,020	0,631	0,035	2,00

Tabla N° 4.20: Resultado Calidad de agua mes de julio 2007.

ANALISIS	UNIDAD	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	Max. Permitido NCh 1333 Estandar
		POZO N°1	POZO N°2	POZO N°3	POZO N°4	POZO N°5	
Aluminio	mg/L	<0,10	0,23	<0,10	<0,10	0,16	5,00
Arsénico	mg/L	0,0044	0,0109	0,0044	0,0046	0,0057	0,10
Bario	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	4,00
Berilio	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,10
Boro	mg/L	0,96	1,54	1,15	0,76	0,37	0,75
Cadmio	mg/L	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	0,01
Calcio	mg/L	187	139	181	139	409	.....
Cianuro	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,20
Cloruro	mg/L	142	90	139	84	269	200
Cobalto	mg/L	0,015	0,013	0,016	0,014	0,024	0,05
Cobre	mg/L	0,013	0,092	0,014	0,019	0,019	0,20
Conductividad Eléctrica	mS/cm	1,856	1,41	2,03	1,419	3,14	.....
Cromo	mg/L	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,010	0,10
Fluoruro	mg/L	0,56	0,58	0,54	0,56	0,61	1,00
Hierro	mg/L	0,075	3,27	0,044	0,213	0,070	5,00
Litio	mg/L	0,233	0,234	0,251	0,226	0,171	2,50
Magnesio	mg/L	53	42	53	43	83	.....
Manganeso	mg/L	<0,0025	0,075	<0,0025	0,0059	0,0030	0,20
Mercurio	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,001
Molibdeno	mg/L	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,01
Níquel	mg/L	0,034	0,029	0,044	0,031	0,063	0,20
pH	unidad	7,39 (18°C)	7,43 (18°C)	7,14 (18°C)	7,19 (18°C)	7,31 (18°C)	5,5 - 9,0
Plata	mg/L	0,006	0,005	0,006	0,005	0,010	0,20
Plomo	mg/L	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	5,00
Potasio	mg/L	5,65	3,75	4,75	3,80	6,60	.....
Selenio	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,02
Sodio	mg/L	103	63	133	92	219	.....
Sodio Porcentual	%	24	21	30	27	26	35
Sólidos Disueltos	mg/L	1516	1088	1488	1070	2846	.....
Sulfato	mg/L	704	439	656	445	1507	250
Vanadio	mg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,10
Zinc	mg/L	<0,0025	0,0642	0,0131	0,5065	0,0016	2,00

Se observa que la calidad de agua cumple con las características naturales presente en la cuenca y que estas no se encuentran alteradas por las actividades económicas presentes en el área.

## ❑ CARACTERIZACIÓN MEDIO BIOLÓGICO

### 4.8 ESTUDIO FLORA

#### Introducción.

A solicitud de **COEMIN S. A.** se efectuó el reconocimiento de suelos y la flora nativa existente en el sector hoy ocupado por la **Planta Cerrillos**; planta de beneficio y concentración de minerales de cobre insolubles, proyecto el cual es operado de manera ininterrumpida desde la década de 1970.

Este proyecto fue concebido por COEMIN con el propósito de beneficiar minerales provenientes de yacimientos ubicados en la Comuna de Tierra Amarilla, específicamente de la mina Carola situada en Punta de Bateas. El proyecto resultado de un sostenido proceso de operación y desarrollo ha sufrido la expansión de sus instalaciones industriales, modificaciones las cuales al ser hoy reguladas por la legislación ambiental vigente, requieren la evaluación de sus posibles impactos ambientales. Esta obligación de evaluar se focaliza, específicamente, en el recurso suelo y flora nativa.

Resultado del estudio de suelos en terreno y de la revisión de antecedentes disponibles, como el Estudio de Suelos del Río Copiapó (1968), los suelos del sitio informado se clasifican en suelos **clase VIII**. No se registró presencia de flora y fauna en el sitio, por tratarse ésta de una ocupación de tipo industrial que data de la década de 1970. Los resultados del trabajo se presentan a continuación.

#### 4.8.1 Objetivos del estudio.

Para el desarrollo del trabajo presentado en este presente informe se establecieron los siguientes objetivos:

- ❑ reconocer - de manera general - el área de suelos ocupados y su clasificación agrológica;
- ❑ describir las formaciones o tipos vegetacionales existentes en los sectores definidos, identificando y evaluando el tipo de impacto apreciable en sus recursos naturales renovables;

#### 4.8.2 Antecedentes generales del área ocupada.

##### 4.8.2.1 Del relieve del área del proyecto.

La superficie proyectada se muestra en la figura 1 presentada a continuación, en la cual se define el área ocupada por las construcciones y emplazamientos industriales que conforman el proyecto industrial. La superficie física registra en su desarrollo áreas edáficas muy bien

definidas, como los son **suelos llanos, de fondo de valle** y las **laderas** que conforman el cajón del mismo. Estas áreas indicadas presentan dos tipos de formaciones vegetacionales claramente definidas y descritas como de tipo zonal y azonal respectivamente (Squeo et al, 1994). Se aprecia que la superficie utilizada por el proyecto Planta Coemin queda fuera del área de clasificación de suelos destinados a la agricultura, por lo cual no se ajustan a la clasificación edafológica propuesta por el Estudio Agrológico del Valle del Río Copiapó desarrollado por la División de Recursos Naturales del SAG y el MINAGRI en 1968.

**Fondo de valle:** formación azonal, corresponde a una formación botánica amplia como comunidad vegetacional y está asociada a la disponibilidad del recurso hídrico. En ella es posible encontrar tanto géneros de vegetación nativa como exótica introducida, correspondiendo esta última en todos los casos a explotaciones agrícolas. Estos géneros al ser cultivados de manera intensiva han ido reemplazando paulatinamente a la flora nativa, modificando de manera permanente la composición botánica total de algunos sitios. Estas son formaciones consideradas como altamente productivas biológicamente; ellas presentan como característica un origen antrópico común, resultado de la explotación productiva del medio; presentan una baja diversidad.

**Laderas de cerros:** formación zonal, son aquellas áreas de laderas rocosas y coluvios que forman la caja del valle, donde sólo es posible encontrar vegetación nativa del tipo perenne y/o estacional. Se definen aquí formaciones vegetacionales típicas de cada sitio, las que son reguladas en su expresión y cobertura por la altura, pluviometría y exposición. Son de evidente menor productividad que la formación anterior de manera regular, situación que cambia dramáticamente en años lluviosos.



Figura N° 4.40: Vista general del área ocupada por el proyecto.

Es posible apreciar en la vista el grado de alteración que presenta el recurso vegetacional

en zonas de contacto con la ocupación agrícola y minera. Sector Nantoco.

#### 4.8.2.2 Antecedentes de flora del sector

El sector estudiado se incluye dentro de las formaciones vegetales **Región del Desierto, Sub - Región del Desierto Florido, Desierto Florido de las Serranías** (1.D.17, Gajardo 1994) y **Desierto Florido de las Llanos** (1.D.16, Gajardo 1994), las que se desarrollan recostadas sobre la vertiente occidental del macizo andino, desde el valle de Copiapó por el norte hasta el área de Ovalle en la cuarta región como límite sur.

Estas formaciones abarcan un área conformada por faldeos montañosos, llanos y fondo de quebradas donde prospera el recurso vegetal ya descrito. Estas formaciones han sido fuertemente intervenidas por la acción humana a través de la historia, de manera directa por agricultura intensiva, tala selectiva de material leñoso para producir leña o carbón, construcción y uso de caminos interiores secundarios, etc. También han sido ellas afectadas indirectamente por pastoreo de ganado menor, extracción de especies para comercialización, para uso medicinal, por contaminación, etc., acciones que han impactado progresivamente sobre el recurso flora existente en el sector en estudio.

Este recurso ve condicionada su expresividad - además del efecto modificador provocado por la altura – por la influencia de lluvias o precipitaciones estacionales, eventos que ocurren de manera cíclica, variables en cantidad y oportunidad. Cuando el volumen de precipitaciones es el adecuado **provoca el florecimiento de especies efímeras**, o fenómeno conocido como **Desierto Florido**, el cual enriquece de manera espectacular las formaciones locales tanto en volumen y composición como en diversidad. Es necesario destacar que la riqueza florística señalada sólo es posible de reconocer y ser evaluada cuando este fenómeno así ocurre.

Finalmente, es necesario destacar que el recurso vegetal disponible permite el desarrollo de fauna local asociada al mismo (vertebrado e invertebrado), la cual se expresa de manera **proporcional a la disponibilidad o cobertura** del recurso vegetal allí expresado. Es decir, las especies animales que prosperan asociadas al recurso vegetal disponible son **totalmente dependientes** del mismo, siendo para ellas **fundamentales** la presencia, conservación y expresión productiva de las diferentes formaciones vegetacionales impactadas por el proyecto.

#### 4.8.3 Algunas consideraciones metodológicas.

##### 4.8.3.1 Relacionadas con las obras.

- Según información proporcionada por personal de Coemin, el área ocupada por sus construcciones se considera como un paño o sector homogéneo, ello comprende la totalidad del área de terreno en el cual se instaló la planta y las demás estructuras productivas complementarias.

- ❑ Se recorrieron de manera detallada – en la medida que las condiciones de sitio así lo permitieron – las diferentes áreas físicas a ocupar, reconociéndose en dichas ocasiones los sitios en los cuales ocupados por las estructuras que requerían las obras y trabajos ejecutados por Coemin.
- ❑ El **área real a intervenir** físicamente de las formaciones vegetacionales mencionadas se estableció una vez definidos los puntos de instalación de las estructuras, considerándose un área de 16 Hás. como sitio de ocupación. Esta superficie total no considera el área inmediata solicitada, puesto que ella corresponderán a todos los sitios de emplazamiento de las obras construidas y los sectores usados como caminos por ocupación directa de nuevas áreas como aquellas otras usadas anteriormente (caminos antiguos).
- ❑ El trazado del proyecto ocupó en algunos sectores una faja de suelo utilizada consecuencia de una servidumbre de uso constituida, es decir, esos trabajos se desarrollaron sobre un camino de tierra ya existente trazado por sobre la cota de la carpeta de asfalto actual, de una sola vía y actualmente abandonado.

#### 4.8.3.2 Relacionadas con el estado general del área a intervenir.

- ❑ El sector en estudio **está incluido dentro de la zona de contacto** de dos importantes formaciones vegetacional de amplia representación y cobertura espacial en la región de Atacama, como lo son el **Desierto Florido de las Serranías** y el **Desierto Florido de los Llanos**.
- ❑ El impacto de los trabajos actuales desarrollados por Coemin se estimó como **poco relevantes sobre el recurso flora existente**, tanto en sitios dotados de cobertura vegetal continua como en aquellos otros aislados incluidos dentro del área de desarrollo de los trabajos.
- ❑ El sector estudiado fue categorizado según el grado de alteración o impacto del medio **previo al desarrollo** de los trabajos ya ejecutados que en ellos se han registrado. Esta alteración sobre el medio corresponde al resultado de trabajos desarrollados para la explotación agrícola de exportación que se hace hoy del entorno natural.
- ❑ Como resultado de la utilización histórica del sector por parte de personas y animales en el área ocupada por el proyecto, la vegetación que se desarrolla en forma **adyacente** al mismo se encuentra fuertemente degradada, inclusive ella fue reemplazada por cultivos agrícolas tradicionales primero en suelos de fondo de valle, para continuar luego con laderas y conos aluviales para parrones de exportación. Este reemplazo de cobertura vegetal es anterior a la instalación y operación de la planta, cuando se desarrollaba una discreta explotación agrícola no tecnificada, destinada a mercado interno la cual luego fue reemplazada por producción de exportación de uso intensivo en tecnologías, las cuales permitieron el despegue del sector en la década de 1980 en adelante.

#### 4.8.3.3 Relacionadas con el recurso Flora.

- ❑ En los sectores estudiados y dentro del área ocupada no se registra la presencia de cactáceas globulares tales como **sandillón chico** (*Eriosyces sp*, *Neoporteria sp.*) y **tunillas** (*Opuntia sp.*), como tampoco ejemplares columnares del género *Eulichnia* especies las cuales se ubican todas dentro de la categoría **vulnerable**.
- ❑ Se hace notar que ejemplares de algunas de estas especies se registran en sitios y comunidades vegetacionales próximas al área de estudio, distantes del sitio de instalación actual de estructuras y construcciones. Estos registros permiten suponer que no existe peligro para la continuidad de las especies en el sector intervenido, toda vez que éstas se desarrollan fuera del área de intervención agrícola e industrial desarrollado en el sector.
- ❑ También se identificaron en el sector, principalmente quebrada arriba y fuera de los sectores actualmente intervenidos, ejemplares aislados y renovales de vegetación nativa del tipo arbustivo tanto en laderas (varilla, retamo) como de fondo de valle tal como **algarrobo** (*Prosopis chilensis*), **chañar** (*Geoffroea decorticans*), **espino** (*Acacia caven*) y **retamos** (*Bulnesia chilensis*). Estas especies han representado de manera tradicional un recurso dendro energético importante para los habitantes del lugar, razón que impulsó su extracción sostenida como fuente de leña, faena que degrada de manera irreversible el recurso nativo. No obstante, por la amplitud de cobertura que representa esta formación vegetal en nuestra región (Anexo 1), su permanencia en el medio natural no se ve amenazada.
- ❑ Mención especial merece el registro de **especies forestales exóticas** presentes en la franja a ocupar, las que también se verán impactadas por los trabajos en desarrollo. Ellas se presentan formando pequeños rodales, cortavientos y también como componentes de espacios comunes o áreas verdes tanto dentro de la Planta Coemin como en los predios agrícolas vecinos.

#### 4.8.4 Discusión de Resultados.

##### A. Alteración a la Biodiversidad local o de sitios.

Este criterio corresponde a la extracción y eliminación de ejemplares maduros de diferentes especies vegetales - tanto nativa como exótica - los cuales resultado de los trabajos en desarrollo se pueden presumir amenazados en su continuidad en el medio de manera preliminar. Sin embargo lo reducido del área intervenida por la industria minera, contrastada con el impacto del reemplazo de vegetación nativa por cultivos agrícolas, el número de ejemplares impactados no representa una amenaza real para otorgar continuidad a la presencia de la especie en el medio natural local, ello como resultado de su gran dispersión geográfica regional y, especialmente, por aquella registrada en sectores aledaños.

Se hace notar que estas especies cuentan en el medio natural con la cantidad suficiente de individuos como fuente productora de material reproductivo o germoplasma (semillas), es

decir hay ejemplares adultos en el sector capaces de aportar para la supervivencia de su especie y sirven también de soporte, ayudan y/o facilitan el desarrollo de ciclos vitales a numerosas otras especies animales asociadas.

Esta situación registrada se aprecia tanto en las formaciones vegetacionales nativas tanto en coluvios y laderas rocosas principalmente e impacta positivamente tanto a formaciones perennes como estacionales, poblaciones de las cuales es preciso preocuparse para asegurar su permanencia en el medio ambiente.

#### **A.1 Recomendación de Manejo posterior a la alteración:**

Se recomienda efectuar el control regular de los sitios impactados – particularmente en sectores vecinos al proyecto en operación – para evaluar de manera sistemática y con mayor detención la reposición de aquellas especies **impactadas** con otros ejemplares de la misma especie. Con este esfuerzo propuesto se busca asegurar, mediante reposición o manejo de la biomasa disponible, la permanencia de estas especies en las áreas alteradas de ser ello implementado.

#### **B. Alteración de formaciones forestales existentes.**

No se registró daño significativo o de importancia biológica en las poblaciones naturales existentes, las cuales como ya se dijese resultado de un sostenido reemplazo y extracción de biomasa, es imposible de encontrar en el área ocupada por el proyecto un sitio en estado natural, esto es, inalterado. En cuanto a las plantaciones de especies exóticas, ellas por haber sido instaladas de manera posterior a la operación del proyecto (década de los 60), si pueden registrar algún impacto en el área de trabajos en desarrollo.

#### **B.1 Recomendación de Manejo posterior a la alteración:**

En el caso de registrarse un daño evidente, para las especies nativas se debe de considerar las mismas recomendaciones hechas en el punto **A, Alteración en la Biodiversidad local.**

#### **C. Impacto en flora asociada a lluvias estacionales.**

Actualmente y por la época del año en la cual se desarrollaron los reconocimientos, es imposible evaluar en el sector y en detalle, el impacto de las obras en las diferentes formaciones vegetacionales asociadas a precipitaciones estacionales, apreciándose sólo la presencia de especies perennes, arbustivas y herbáceas. En la evaluación de terreno se obtuvieron antecedentes acerca de la presencia de otras formaciones de vegetación, las cuales podrían manifestar su expresión asociada a la ocurrencia de eventos lluviosos (**desierto florido de las serranías**).

Es necesario destacar que existe una alta probabilidad de encontrar integrando formaciones vecinas a las áreas del proyecto, algunos géneros y/o especies catalogadas de interés científico, como lo es el caso del género *Alstroemeria*.

**D. Recomendación de Manejo posterior a la alteración informada:**

Para poder evaluar dichos procesos de manera objetiva es fundamental desarrollar monitoreos regulares en sectores representativos. Para ello es necesario definir sectores de interés vecinos, clasificar el grado de alteración y el estado de la vegetación disponible o presente a lo largo del tiempo como medida de compensación.

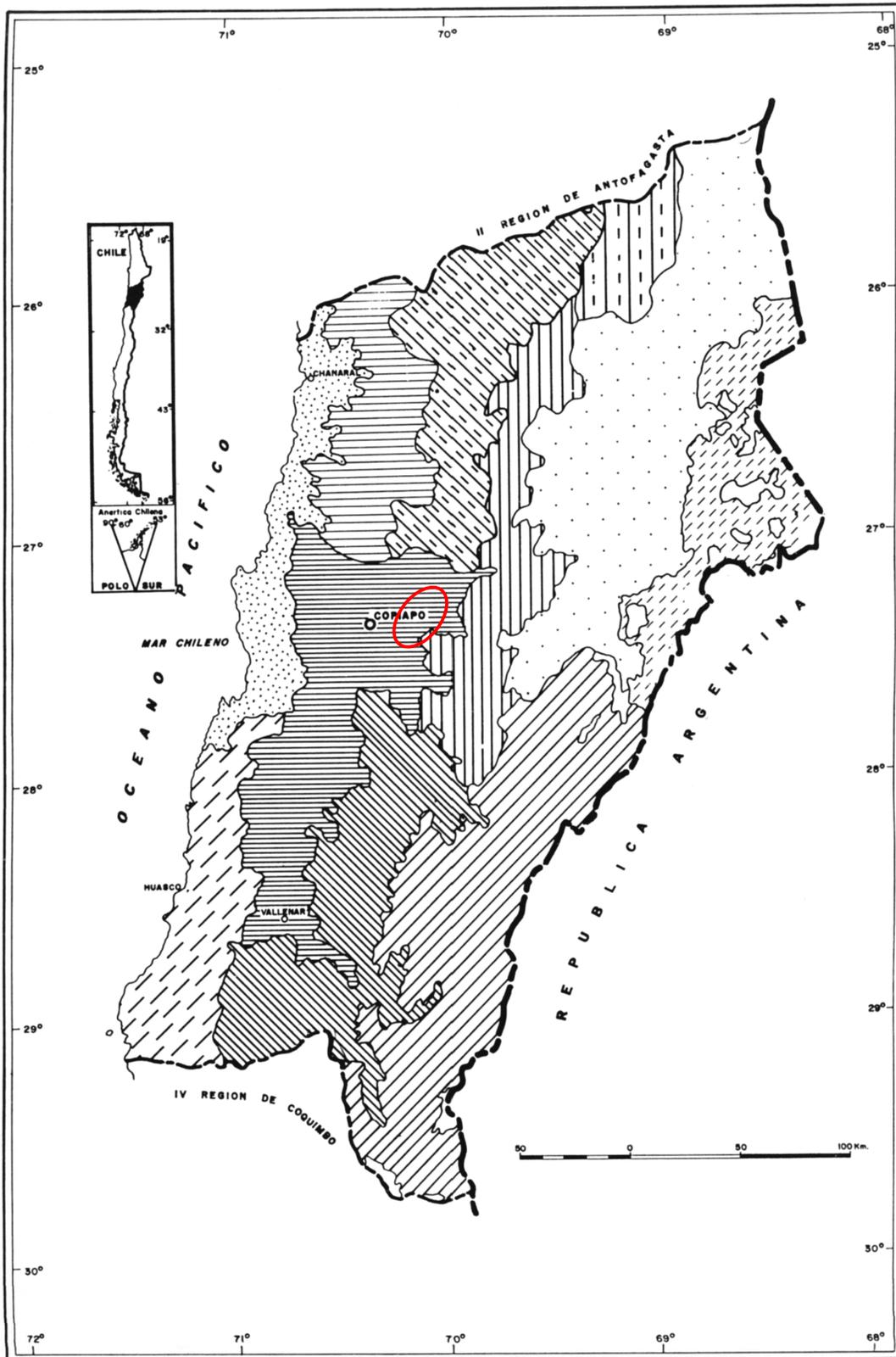


Figura N° 4.42: Área del proyecto construido.



## Tercera Región: de Atacama

### 1. REGIÓN DEL DESIERTO

#### 1.A. SUB-REGIÓN DEL DESIERTO ABSOLUTO

1.A.5. Desierto Interior de Tal-Tal



1.A.6. Desierto Estepario de las Sierras Costeras



#### 1.B. SUB-REGIÓN DEL DESIERTO ANDINO

1.B.10. Desierto Montano de la Cordillera de Domeyko



1.B.11. Desierto Estepario de El Salvador



#### 1.C. SUB-REGIÓN DEL DESIERTO COSTERO

1.C.14. Desierto Costero de Tal-Tal



1.C.15. Desierto Costero del Huasco



#### 1.D. SUB-REGIÓN DEL DESIERTO FLORIDO

1.D.16. Desierto Florido de los Llanos



1.D.17. Desierto Florido de las Serranías



### 2. REGIÓN DE LA ESTEPA ALTO-ANDINA

#### 2.A. SUB-REGIÓN DEL ALTIPLANO Y LA PUNA

2.A.6. Estepa Desértica de los Salares Andinos



2.A.7. Desierto Alto-Andino del Ojos del Salado



#### 2.B. SUB-REGIÓN DE LOS ANDES MEDITERRÁNEOS

2.B.8. Estepa Alto-Andina de Coquimbo



Altas cumbres sin vegetación



## BIBLIOGRAFÍA

- Gajardo, Rodolfo. La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile -1994
- Hoffmann, Adriana. CACTÁCEAS en la flora silvestre de Chile. Ediciones Fundación Claudio Gay. Santiago de Chile – 1989
- Imágenes Google Earth
- Manual de Suelos CIREN.
- Minagri – SAG. Estudio Agrológico del Valle del Río Copiapó. 1968.
- Nebel, Bernard; Wright, Richard. Ciencias Ambientales. Ecología y Desarrollo Sustentable. 6ta. Edición. Prentice Hall Hispanoamericana S. A. México 1999.
- Peralta, M. Uso, Clasificación y Conservación de Suelos. Servicio Agrícola y Ganadero 1976.
- SOQUIMICH. Agenda del Salitre. 11ª Edición 2001 –.
- Squeo, Francisco; Arancio, Gina; Osorio, Rodomiro. Flora de Los Andes de Coquimbo: Cordillera de Doña Ana. Ediciones Universidad de la Serena, La Serena - 1994.
- Squeo, Francisco; Arancio, Gina; Gutiérrez Julio. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo. Ediciones Universidad de la Serena, La Serena - 2001.
- Teillier, Sebastián; Zepeda, Herman. Flores del desierto de Chile. 1a. Edición. Marisa Cuneo Ediciones, Valdivia. 1998.

## ❑ CARACTERIZACIÓN MEDIO AMBIENTE HUMANO

### 4.9 LÍNEA BASE PATRIMONIO CULTURAL

#### 4.9.1 Caracterización de los componentes arqueológicos del área de estudio

El sector de estudio se ubica en el curso medio del río Copiapó, formado por los ríos tributarios, Jonquera, Pulido y Manflas. El área específica se ubica en la quebrada de Cerrillos, a un kilómetro antes que drene o caiga perpendicularmente al valle del río Copiapó, en la banda izquierda de ésta quebrada.

Esta zona ha sido desde la prehistoria, zona de tránsito de cazadores, pastores y mineros, dado los recursos vegetacionales, hídricos y mineros de la quebrada de Cerrillos. En la actualidad se ubican grupos humanos usufructuando de los tres oasis existentes y de múltiples minas explotadas por pequeños mineros o pirquineros. Además, de la ya existente Planta Cerrillos de COEMIN S.A. que data de más de tres décadas.

Respecto al Hombre y su hábitat, la zona de Copiapó se inserta en el área cultural asimilada a la región semiárida del norte de Chile, o región de los valles transversales; comprendida entre el valle de Copiapó y el valle del Aconcagua.

Los arqueólogos en Chile han utilizado el término Arcaico para referirse a un período básico del doblamiento americano, que dice relación con una economía de subsistencia, basada en la caza recolección terrestre y marina y de la pesca; asociado a cambios tecnológicos, adaptativos y de conocimientos cada vez mayor del medio ambiente. En la medida que los grupos humanos cambien, se adapten y exploten el medio, en primera instancia desde una perspectiva depredadora; estarán capacitados para comprender los primeros pasos hacia la domesticación tanto de animales como de vegetales.

A un prolongado Período Arcaico de miles de años, sigue en el devenir histórico cultural el Período Temprano del Horizonte Agroalfarero. En el Copiapó como asimismo en todo el semiárido, se identifica con el desarrollo del Complejo Cultural El Molle, concentrándose su población especialmente en los valles, zonas de interfluvio y de costa. Son ellos los primeros agricultores, ceramistas, ganaderos y quienes empiezan a conocer la minería. La dependencia a recursos dispersos e inestables limitaron el crecimiento demográfico y obligaron a las poblaciones a dispersarse en pequeñas comunidades repartidas en los distintos enclaves ecológicos entre la costa y los ambientes de altura, a lo largo del valle.

Hacia el 700 aproximadamente de la era cristiana, arriban al valle de Copiapó y se expanden por todo el territorio semiárido, grupos denominados del Complejo Cultural Las Animas, quienes explotan más intensamente el medio ambiente y relacionándose a grandes distancias a través de caravanas de llamas con grupos culturales del Noroeste de la Argentina, trocando bienes de servicios, de excedentes agrícolas y de bienes culturales. Esta cultura será básica para la formación de dos culturas hacia el 1.000 de la era cristiana, la Cultura Copiapó en los valles

de Copiapó y Huasco y la Cultura Diaguita en los valles Huasco, Elqui, Limarí y parte del Choapa.

El norte semiárido y la zona de Copiapó en particular, ofrecieron en el pasado importantes posibilidades para el desarrollo de la industria minera, basada en la explotación de afloramientos de minerales de alta ley (cobre nativo) fáciles de fundir, desde el comienzo de la era cristiana y la explotación de minerales oxidados, con procesos más complejos de fundición, llegando a formar este valle parte del Imperio Incaico donde se desarrolló una compleja fundición con más de 30 huayras u hornos, denominada hoy fundición “Viña del Cerro”.

#### **4.9.2 Antecedentes bibliográficos del área prospectada**

La documentación más temprana referente al valle de Copiapó o “Copayapu” y su gente, la tenemos con los cronistas españoles que describen la travesía de las cumbres cordilleranas, desde el actual Noroeste de la Argentina hacia Chile, por la hueste de Diego de Almagro en 1536, en su viaje de descubrimiento y conquista del actual territorio de Chile.

Jerónimo de Bibar (1558 (1966)) es el cronista de la expedición de Pedro de Valdivia, que describe con más detalles en 1540, aspectos sobre los naturales de los valles de Copiapó, Huasco y de más al sur; además de sus ritos, costumbres, economía, sociedad, cultivos, naturaleza, entre otros.

El historiador José Toribio Medina (1882), en su obra “Los Aborígenes de Chile”, dedica los capítulos XI y XII a la conquista de Chile por los incas y españoles. Es interesante ver las láminas y explicaciones de éstas, donde aparecen importantísimas piezas de oro, plata, cobre, cerámica y otras, halladas en Copiapó, Freirina e interiores de los valles de Copiapó y Huasco, que tienen relación con las culturas Diaguita e Inca.

Importantes científicos de renombre mundial estuvieron en Copiapó y cruzaron el desierto de Atacama, dejando sus impresiones respecto a ruinas arqueológicas o al camino del inca. El ingeniero y navegante francés Amadeo Frezier visitó Copiapó en 1713, entregándonos interesantes datos de poblados indígenas en el valle de Copiapó (en C.M.Sayago, 1874).

Ignacio Domeyko (1840–1850) recorre el desierto en calidad de perito mensurador, tomando notas de “antiguos laboreos mineros”.

Rodolfo Amando Philippi, en su obra viaje al Desierto de Atacama (1860); Francisco San Román, quien condensó sus investigaciones en su obra Desierto y Cordilleras de Atacama (1896) y Alejandro Bertrand, en su obra Memorias sobre las Cordilleras de Atacama (1885), todos relatan aspectos históricos sobre el desierto, vialidad y poblados mineros, “desde época incaica”, en tiempos coloniales y comienzo de la República, basándose en observaciones directas y en datos de historiadores de la época.

Luis Riso-Patrón, en 1906 publica una carta geográfica, que abarca la actual Región de Atacama y Provincias de Catamarca y La Rioja. En ella, señala nítidamente un “camino antiguo”, que no es otro que el llamado camino del inca o “Inkañan”. Esta carta coincide en el trazado y en los tambos, tambillos y chasquiuisis, hallados por los expedicionarios, siguiendo la ruta de Almagro (Cervellino, 1994, 2002). Es en la primera mitad del siglo pasado que comienza el

estudio sistemático, aunque esporádico, de las culturas prehispánicas de la Región de Atacama, tomadas como un todo referentes al Norte Chico.

Así se destacan los trabajos de Francisco Cornely, Director del Museo Arqueológico de La Serena, quién publica en 1933, 1936, 1947, 1951, 1952, 1956 y 1958, los hallazgos realizados en el valle y costa de Copiapó y Huasco.

Otro destacado arqueólogo, Ricardo Latchman, Director del Museo Nacional de Historia Natural, en 1924, 1927, 1928, 1936 y 1938 principalmente, hace una revisión de la cerámica, metalurgia y otros, vinculando las culturas del Norte Chico con las de Argentina, además de postular influencias tiwanacotas en la cerámica de ambos países.

Gualterio Looser, en 1928 describe un importante cementerio ubicado en la ribera del río Copiapó, en las inmediaciones de la ciudad capital obteniéndose más de 300 ceramios y objetos de metal en cobre, oro, bronce, de filiación Inca-Diaguita. Llama la atención entre los dibujos, un aríbalo idéntico a otro hallado en la Quebrada de Huamahuaca (R. Raffino, 1993), al igual que platos o escudillas con figuras interiores de peces (suches).

Leonardo Matus (1921) describe un cementerio en Copiapó, al oriente del cerro Chancoquín, de aculturación Inca-Diaguita, con aríbalos, tabletas de rapé, metal y otros.

Es en la década de 1940 que Jorge Iribarren, sucesor de Cornely en la Dirección del Museo Arqueológico de La Serena, inicia los trabajos de recopilación de antecedentes, de estudios sobre estilos de la cerámica, en especial la influencia incaica en la cerámica Diaguita chilena (1947). Desde esos años, Iribarren inicia expediciones a los valles de Huasco y Copiapó, que lo llevará a publicar *Arqueología en el Valle del Huasco, Provincia de Atacama* (1956) y *Arqueología en el valle de Copiapó* (1959), recogiendo en el último trabajo toda la información arqueológica a la fecha, en especial dando cuenta de los asentamientos indígenas del período tardío. Citando a Carlos Cambell (1956), Enrique Gigoux (1927), Gualterio Looser (1928, 1932, 1934, 1938); Leonardo Matus (1921), Carlos Sayago (1874) y otros; describe los cementerios y ruinas arquitectónicas del Período Tardío en el valle de Copiapó: inmediaciones de la ciudad de Copiapó (cementerio); Cerro Chancoquín (cementerio); San Fernando (cementerio); Cerrillos (cementerio y fundición); Hornitos (cementerio); Punta Brava (Pucara y poblado); Tres Puentes (poblado); La Puerta (poblado) y Viña del Cerro (fundición).

Más recientemente, en la década de 1970, Hans Niemeyer efectúa múltiples viajes por la cordillera del Copiapó. En ellos descubre y posteriormente describe (1986) numerosos sitios arqueológicos de importancia y entre ellos varios tambos e instalaciones incaicas a orillas de las vegas.

En el VI Congreso de Arqueología Chilena (1971) diversos investigadores presentaron ponencias relativas al conocimiento de la prehistoria de la Región de Atacama. Jorge Iribarren y Hans Bergholz dan cuenta del camino del Inka entre las ciudades de El Salvador y Copiapó; Jorge Iribarren da a conocer una mina de explotación incaica, cercana a El Salvador y Jorge Hidalgo se refiere a la población protohistórica del Norte Chico, que será ampliada y relacionada con la prehistoria en un artículo con Gonzalo Ampuero (1975), sobre estructura y

proceso en la prehistoria y protohistoria del Norte Chico de Chile. Acá se dan a conocer datos acerca de los “señoríos duales” que constituirían los Diaguitas o locales, a la llegada del Inka y del español posteriormente.

Johan Reinhard inicia en la década de 1990, junto a Miguel Cervellino, el ascenso a las montañas de la Región de Atacama, estudiando los “adoratorios de altura Inka”, que se dieron a conocer en varios artículos (Reinhard, 1991 – 1993; Cervellino, 1991). En este mismo año Cervellino da a conocer un artículo sobre Inferencias y relaciones culturales (Copiapó –NOA) obtenidas a través de un ceramio antropomorfo excepcional hallado en Copiapó.

Hans Niemeyer, en el 45° Congreso Internacional de Americanistas, en Bogotá, Colombia (1986) publica un artículo sobre la ocupación incaica de la cuenca alta del río Copiapó, III Región de Atacama, Chile, reuniendo información de años de prospección y trabajos en el valle de Copiapó. El mismo autor, junto al equipo conformado con Gastón Castillo y Miguel Cervellino, presentan en el XII Congreso Nacional de Arqueología Chilena (1991), un trabajo sobre estrategia del dominio inca en el valle de Copiapó, con los resultados obtenidos hasta ese momento.

En 1998, Miguel Cervellino, Hans Niemeyer y Gastón Castillo, publican el libro “Culturas Prehistóricas de Copiapó”, que resume las investigaciones hasta la fecha de todas las culturas prehispánicas desarrolladas no solo en el valle de Copiapó, sino también en toda la Región de Atacama y algunas relaciones con culturas de las Provincias de Catamarca y La Rioja.

En el área de estudio de éste trabajo, se han descubierto muy pocos vestigios arqueológicos, quizás la mayoría desaparecida por las avalanchas debido a lluvias torrenciales que se dan casi uno por década; por la actividad minera y últimamente por la actividad agrícola. Los vestigios dicen relación con algunas pinturas descubiertas para la ciencia por Hans Niemeyer en la década de los años 70 (Pintura rupestre de el pájaro verde y del tambo incaico en río Figueroa y pinturas en el río Jorquera) y por Miguel Cervellino en la década de 1980 (Tambo El Castaño en río Jonquera y pintura en quebrada El Gato). En la década de los 90, varios estudios de impacto ambiental cercano al área (río Jonquera, un pequeño tramo del río Figueroa y Quebrada de Carrizalillo), arrojaron el conocimiento de sitios arqueológicos, de época intermedio tardío y tardío de la prehistoria regional (A. Seelenfreund y F. Vilches, 1996; M. Cervellino y N. Gaete, 1997; M. Cervellino, I. Martínez y N. Gaete, 1998; M. Cervellino, N. Gaete y R. Iribarren, 1998).

#### **4.9.3 El área de estudio**

La hoya hidrográfica del río Copiapó se ubica entre las latitudes 26° 45' y 28° 30' L.S. y 69° 03' y 70° 57' Longitud Oeste; ocupando el centro de la Región de Atacama y de la Provincia de Copiapó. Es una cuenca exorreica que tiene una extensión de 18.407 km<sup>2</sup>. Limita al norte con la hoya del río Salado y con pequeñas cuencas costeras del interfluvio Copiapó-Huasco; al este, con las cuencas cerradas del salar de Maricunga y de la laguna del Negro Francisco, quedando separada por el sector más austral de la cordillera de Darwin, destacando el C° Ojo de Maricunga (4.980 m); el Vn. Copiapó (6.080 m); C° Pastillitos (4.860 m); C° Monardes 4.860 m); el C° Paredones (5.029 m); el Nevado de Jotabeche (5.880 m), entre los principales. Al

oriente, limita con las provincias argentinas de Catamarca y La Rioja. La separación la establecen las cumbres más altas andinas, sobresaliendo C° Vidal Gormáz (5.100 m); C° Norte Pircas Negras (5.180 m); C° come Caballos (5.184 m); C° Caserones (5.180 m); C° Blanco (5.350 m) y C° El Potro (5.830 m); junto a varios pasos de carácter internacional: el portezuelo Vidal Gormáz (4.900 m), Pasos de Quebrada Seca; Peñasco de Diego (4.120 m); de Pircas Negras (4.110 m), de come Caballos (4.410 m); de Peña Negra ( 4.300 m); Paso de La Ollita (4.700 m) y más al sur, el paso del Macho Muerto (4.680 m). Al sur, la hoya superior del Copiapó limita con la cuenca alta del río Huasco, más específicamente con la cuenca alta del río El Tránsito (Niemeyer, 1981).

#### 4.9.4 Localización y alcance del proyecto

El presente Informe, de carácter arqueológico, es un complemento de varios estudios conducentes para la aprobación de la COREMA Atacama del Proyecto de Aumento de la capacidad de tratamiento y reducción de emisiones de COEMIN.

Al lugar de desarrollo del proyecto se accede desde la ciudad capital por el valle del río Copiapó (Ruta C-35), que pasado la ciudad de Tierra Amarilla, se continúa por la quebrada de Cerrillos (Ruta C-401) desde su desembocadura al valle del río Copiapó, para luego acceder en un kilómetro a la Planta COEMIN S.A., que se ubica en la banda izquierda de la quebrada de Cerrillos o Carrizalillo.

Desde el punto de vista político administrativo, el Proyecto de Ampliación de Planta Cerrillos se localiza en la Región de Atacama, Provincia de Copiapó, Comuna de Tierra Amarilla. Geográficamente el Proyecto se encuentra ubicado 30 Km. al sur de la ciudad de Copiapó a la entrada de la Quebrada Cerrillos.

Las coordenadas son:

VERT	NORTE	ESTE
D	6.949.900,00	376.690,00
6	6.949.945,00	376.725,00
7	6.950.038,00	377.325,00
8	6.950.058,00	377.680,00
9	6.950.200,00	378.736,00
10	6.949.900,00	378.829,00
11	6.949.820,00	378.658,00
12	6.949.931,00	377.434,00
13	6.949.850,00	377.260,00
14	6.949.770,00	377.260,00
15	6.949.769,00	377.170,00
16	6.949.698,00	376.710,00

#### 4.9.4.1 Justificación y Objetivo

El objetivo del Proyecto es modificar la capacidad de tratamiento actual de la Planta Cerrillos de la Compañía Exploradora y Explotadora Minera Chilena – Rumana hasta alcanzar la cantidad de 240.000 toneladas por mes, por medio de cambios en la operación de la misma y con la introducción de tecnología y nuevos equipos.

#### 4.9.5 Objetivo del estudio arqueológico

La implementación de obras de inversión pública o privada, tiene como efecto colateral inevitable la interferencia con el Patrimonio Cultural y específicamente con los sitios arqueológicos o paleontológicos. Estos últimos, raramente son ruinas, sino más bien estructuras o restos materiales en apariencia insignificantes y que se encuentran sobre o bajo el suelo. Sin embargo, estos sitios tienen un valor científico y cultural muy elevado. La normativa que establece la Constitución de Chile, en cuanto al resguardo del Patrimonio Cultural y Natural, incluye tres leyes:

**La Ley de Monumentos Nacionales N° 17.288**, del 4 de febrero de 1970, con su reglamentación del 2 de abril de 1991. Esta declara que “son monumentos nacionales y quedan bajo tuición y protección del Estado, los lugares, ruinas, construcciones u objetos de carácter histórico o artístico; los enterratorios o cementerios u otros restos de los aborígenes; las piezas u objetos antropológicos, arqueológicos, paleontológicos o de formación natural, que existan bajo o sobre la superficie del territorio nacional o en la plataforma submarina de sus aguas jurisdiccionales y cuya conservación interesa a la Historia, el Arte o la Ciencia...” En sus artículos 11 y 12 se determina que “los monumentos nacionales quedan bajo el control y supervigilancia del Consejo de Monumentos Nacionales, sean de propiedad pública o privada y todo trabajo de conservación debe ser previamente autorizado”. En el caso concreto de los sitios arqueológicos, en el artículo 21 se declara que “por el solo ministerios de la Ley son monumentos arqueológicos de propiedad del Estado los lugares, ruinas, yacimientos y piezas antropológicas que existan sobre o bajo la superficie del territorio nacional”, sin declaración previa. Esta Ley establece que el Patrimonio Cultural es propiedad de la Nación, que su destrucción es penalizada, que existe la obligación de denunciar su aparición (Art. 20 y 23), y que “las autoridades civiles militares y carabineros tendrán la obligación de cooperar con el cumplimiento de las funciones y resoluciones que adopte el Consejo, con relación a la conservación, el cuidado y la vigilancia de los Monumentos Nacionales “(Art.8).

Un segundo cuerpo legal que rige los estudios, es la **Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente**, que en su Artículo 1, letra k, define Impacto Ambiental como “la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada”. En su Art.10, que enumera los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, nombra el tratamiento de aguas y sólidos. Finalmente, termina estableciendo en su Art.11 que “los proyectos o actividades enumerados en el artículo precedente requerirán la elaboración de un estudio de impacto ambiental, si generan o presentan, a lo menos, una de las siguientes características o circunstancias” y en su letra f) estipula “alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural”.

El tercer cuerpo legal es la **Ley N° 19.253, sobre Pueblos Indígenas**. Establece en su artículo 28, que “el reconocimiento, respeto y protección de las culturas e idiomas indígenas contemplará (...) la promoción de las expresiones artísticas y culturales y la protección del patrimonio arquitectónico, arqueológico, cultural e histórico indígenas”.

#### 4.9.6 Objetivo específico

Dentro del área de influencia directa del proyecto, 15.109,52 metros cuadrados de la Planta Cerrillos y de la huella vehicular desde la mencionada Planta hasta la Mina Carola, de 10 metros de ancho por 17 kilómetros de largo, se deberá entregar antecedentes generales sobre “la ausencia o presencia de sitios arqueológicos y paleontológicos”.

Lo anterior implica la caracterización de “los lugares, ruinas, construcciones u objetos de carácter histórico o artístico; los enterratorios o cementerios u otros restos de los aborígenes; las piezas u objetos antropológicos, arqueológicos, paleontológicos o de formación natural, que existan bajo o sobre la superficie del territorio nacional... y cuya conservación interesa a la Historia, el Arte o a la Ciencia...” (Ley Chilena de Monumentos Nacionales. N° 17.288).

A objeto de caracterizar el medio arqueológico, se realizó un levantamiento de la línea de base arqueológica en función de un reconocimiento visual superficial de los sitios que potencialmente pudieran verse impactados por el proyecto.

#### 4.9.7 Metodología

La metodología diseñada para esta Línea Base Arqueológica está destinada a cumplir con el objetivo básico de detectar los sitios arqueológicos, paleontológicos, históricos y antropológicos, existentes en el área de influencia del Proyecto y de proponer medidas de mitigación. En este sentido, la principal actividad estuvo centrada en desplegar una eficiente estrategia de prospección basada en una observación sistemática y directa en terreno.

##### A. Trabajo de gabinete

Realización de reuniones con personal de la Universidad de Atacama (Unidad Técnica) y de la empresa COEMIN, a fin de recabar detalles sobre el área a prospectar, sobre el carácter de las obras proyectadas y la información planimétrica disponible (planos, fotografías y documentos afines).

Análisis espacial del área a prospectar y ensayo de herramientas adecuadas para aplicar en terreno.

Revisión de cartas geográficas y antecedentes bibliográficos para el área en cuestión, esto último referido tanto a documentación impresa (incluido los textos clásicos acerca de metodología de prospección) e informes elaborados por arqueólogos que han realizado prospecciones en el territorio que hoy nos preocupa.

Planificación de la campaña y su logística.

B. Trabajo en terreno:

Realización de una prospección sistemática del 100 % del área de influencia del Proyecto, mediante transectas lineales para los caminos, siguiendo el camino existente y utilizado actualmente, de ida y vuelta; y de transectas horizontales y perpendiculares para el área de la Planta .

Uso de planos de trabajo (cartas del IGM y planos de la empresa) para orientar la prospección, chequear avance y analizar el cumplimiento de metas planificadas.

Determinación de coordenadas de sitios detectados, mediante el uso de Navegador GPS convencionales (coordenadas UTM, Datum PSAD 56, Huso 19 S).

Registro y caracterización de los sitios arqueológicos (si los hubiera) de acuerdo a una inspección visual exhaustiva de la superficie, tanto al interior, como alrededor de las estructuras, en búsqueda de material artefactual que permita situar al yacimiento en un contexto temporal y cultural preciso, evaluando también el estado de conservación y el tema de las influencias directa e indirecta respecto a obras ejecutadas (caminos, por ejemplo) y proyectadas. En el registro se combina el empleo de cuadernos de campo, fichas descriptivas generales y de detalles arquitectónicos (incluido croquis de planta) y fotografías digitales.

Registro en cuaderno de campo, de lo descrito, de dibujos y de fotos registradas. En este cuaderno se registra todo lo observado, tanto paisaje o entorno, caminos, sitios arqueológicos, paleontológicos, históricos y antropológicos.

C. Gabinete post-terreno:

Procesamiento de la información recopilada en terreno (notas de campo, informes parciales, chequeo del plano de trabajo, etc.)

Compilación de antecedentes geomorfológicos y climáticos como antecedentes de evaluación como área de asentamiento humano.

Clasificación y ordenamiento de datos (cuaderno de campo) y de fotos para presentación de resultados y edición del Informe Final.-

#### **4.9.8 Prospección arqueológica**

La prospección se realizó los días 27 de Marzo de 2007 para la zona de la Planta y el día 5 de Mayo de 2007 para los caminos, por el arqueólogo Miguel Cervellino G., en conjunto con tres funcionarios de la Universidad de Atacama, a cargo del Ingeniero Sr. Eduardo Pesenti.

La primera parte prospectada correspondió a los diferentes sectores de la Planta Cerrillos, iniciando el recorrido por la zona de oficinas, talleres y subestación eléctrica.

Seguidamente se revisó la zona de los chancadores y de molienda de la planta misma. Al llegar a la zona de acopio y de labores de los contratistas, nos dirigimos a un montículo desde el cual se domina toda la Planta, ubicado en el extremo Sureste. Desde allí, tomamos varias fotos.

A continuación se recorren las áreas de torres, de bodegas, de talleres, patios, lugares de contratistas, de acopio de material de reciclaje, de aceites usados, de casino y de oficinas.

Se cubrió así el 100% de todo el emplazamiento de la Planta Cerrillos de COEMIN. Lo mismo se prospectó un área de influencia indirecta, de 20 metros a cada lado de la huella caminera y de 50 metros alrededor del perímetro de la Planta.

#### **4.9.9 Resultado**

El terreno revisado contaba con muestras de intervención humana anteriores, debido a que las actividades de la Planta son antiguas y han sido modificadas en varias oportunidades; lo que ha llevado a una disturbación de toda el área. Por tanto, si alguna vez hubo algún sitio arqueológico o paleontológico, protegido por la Ley N° 17.288, de Monumentos Nacionales, éste o estos desaparecieron por la actividad minera subactual.

#### **4.9.10 Recomendaciones**

Si durante las actividades de ampliación aparecieran restos culturales mencionados en las leyes antes descritas (hallazgos arqueológicos o paleontológicos), se deberá inmediatamente suspender los trabajos y proceder según lo establecido en los Artículos N° 26 y 27 de la Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales y los Artículos N° 20 y 23 del Reglamento de la Ley N° 17.288, sobre excavaciones y/o prospecciones arqueológicas, antropológicas y paleontológicas. Además se deberá informar de inmediato y por escrito al Consejo de Monumentos Nacionales y al Gobernador Provincial de la jurisdicción. Para efectuar cualquier intervención, se deberá presentar en detalle un Plan de Salvataje al Consejo de Monumentos Nacionales, para su aprobación y llevado a cabo por un arqueólogo, informando al Consejo de Monumentos Nacionales de la metodología y destino de lo rescatado. Los costos de operación serán con cargo al titular del proyecto.-

#### **4.9.11 Bibliografía**

- Bibar, Jerónimo De, 1558 “Crónica y relación copiosa y verdadera de los Reynos de Chile”. Fondo Histórico J.T. Medina. Santiago.
- Campbell, Carlos, 1956 “Excavaciones practicadas en la quebrada de La Negra, Hacienda Hornitos, Valle de Copiapó”. Nota 5 del Museo de La Serena.

- Gallardo, Francisco y Luis Cornejo, 1986 "El diseño de la prospección arqueológica: un caso de estudio". Revista Chungará N° 16-17. Pp. 409-421. Universidad de Tarapacá. Arica.
- Iribarren, Jorge, 1958 "Arqueología en el valle de Copiapó". Revista Universitaria XLIII, pp 167-195. Santiago.
- Latcham, Ricardo, 1936 "Metalurgia Atacameña. Objetos de bronce y de cobre". Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, XV, pp 107-151. Santiago.
- Looser, Gualterio, 1928 "The archaeological truve of Copiapó. Valuable pottery found in Indian b ural ground". Revista Chile V, N° 29, pp. 307-309. New York.
- Matus, Leotardo, 1921 "Exploración antropológica al valle del río Copiapó". Revista de Historia Chilena de Historia Natural XXV, pp. 582-586. Santiago.
- Medina, José Toribio, 1882 "Los aborígenes de Chile" XVI, 427 páginas. Santiago.
- Niemeyer, Hans, 1986 "La ocupación incaica de la cuenca alta del río Copiapó, III Región de Atacama". Revista Comechingonia, número especial, Córdoba.
- Niemeyer, H-Rivera, Mario, 1983 " El camino del Inca en el despoblado de Atacama". Boletín de Prehistoria de Chile N° 9, pp. 91-193. Santiago.
- Niemeyer, H-Cervellino, M- Castillo, G, "Estudio del período intermedio tardío en la cuenca del río Copiapó. III Región de Atacama. Informe Final". Proyecto Fondecyt 0526-90. Santiago.
- Niemeyer, H-Cervellino M-Castillo, G, 1996" Estudio del período tardío en la cuenca del río Copiapó. III Región. Informe Final. Proyecto Fondecyt N° 1930001. Santiago.
- Niemeyer, H-Cervellino M, Castillo,G, 1998 "Culturas prehistóricas de Copiapó". Impresos Universitaria SA. 283 páginas. Santiago.
- Sayago, Carlos María, 1973 "Historia de Copiapó". Editorial Francisco de Aguirre. 629 páginas. Santiago.-
- Schiffer, M., 1986 "Formation processes of the archaeological record". University of New Mexico Press, Albuquerque.
- Stehberg, Rubén, 1995. "Instalaciones incaicas en el norte y centro semiárido de Chile". Colección de Antropología. Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos-Centro de Investigaciones Diego Barros Arana. 224 páginas. Santiago.

**C E R T I F I C A D O**

Copiapó, Mayo de 2007.

Por el presente documento el suscrito certifica que, de acuerdo a los resultados del análisis bibliográfico y de la prospección arqueológica realizada superficialmente en terreno, no se registraron monumentos nacionales en ninguna de las categorías contempladas en la Ley N° 17.288; al igual que otros sitios de carácter patrimonial indicados en la Ley N° 19.300 y su Reglamento, y de la Ley N° 19.253, en las áreas de influencia directa e indirecta del “PROYECTO AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE TRATAMIENTO Y REDUCCION DE EMISIONES EN LA PLANTA CERRILLOS DE COEMIN S.A.”, en la Comuna de Tierra Amarilla, Provincia de Copiapó, Región de Atacama.-

**Miguel V. Cervellino Giannoni**  
**RUT: 5.969.395-6**  
**Arqueólogo-Consultor**

## 4.10 CARACTERIZACIÓN DIMENSIONES GRUPO HUMANO

### 4.10.1 Antecedente de la Región de Atacama

La Región de Atacama es el tercer territorio administrativo regional de norte a sur del país. Su superficie cubre un área total de 75.573,3 km<sup>2</sup> (7,5 millones de hectáreas), correspondiente al 10% aproximadamente de la superficie del país, sin considerar el territorio antártico. La región es habitada aproximadamente por 254.336 personas que principalmente se concentran en las áreas urbanas. La capital regional es la ciudad de Copiapó, que corresponde a uno de los pocos grandes centros urbanos localizados en el interior de la zona.

La región está dividida en tres provincias: Provincia de Chañaral, Provincia de Copiapó y la Provincia de Huasco. Por otra parte, a nivel comunal la región está dividida administrativamente en nueve comunas.

La ocupación demográfica del territorio de Atacama está marcada por una fuerte concentración. En los últimos 20 años la población tuvo un aumento del 50% y las zonas que presentan mejores condiciones de habitabilidad física desde el punto de vista del clima, recursos hídricos y topografía, corresponden a la parte media e inferior de los valles de Copiapó y Huasco, en las cuales se encuentran las ciudades de Copiapó, Tierra Amarilla, Vallenar, Freirina y Huasco. Allí se concentra aproximadamente el 70% de la población regional.

La ciudad de Copiapó creció en el mismo período un 100% concentrando en la actualidad el 50% de la población regional acompañada con la principal concentración de equipamiento social, servicios públicos y privados, comercio y sistemas de transporte, lo que establece un marcado desequilibrio con el resto de la región, e incluso, al interior de los propios barrios urbanos de la capital regional.

Ese dinamismo demográfico se sustenta en el crecimiento sostenido a tasas elevadas que experimenta la economía de Atacama, que en muchos casos supera los ritmos del crecimiento de la economía nacional y convirtió a la región en un foco de atracción de población y no de expulsión. Este auge económico provoca que los empleos sean más específicos o que la mano de obra sea más especializada, generando que la población activa de la región no pueda ocupar estas plazas, ya sea por el bajo nivel técnico que la región tiene, lo cual implica -entre otras cosas- que aunque la oferta de puestos de trabajo se incremente, persiste el fenómeno del desempleo dentro de la fuerza laboral regional.

A ese dinamismo y crecimiento urbano se contraponen el tipo de vida precario de las áreas rurales pero su rica diversidad de tradiciones culturales y sus distintos niveles organizacionales, permiten proyectar una mejor calidad de vida a sus habitantes, aunque potenciando simultáneamente elementos de la propia identidad regional. Una caracterización de las actividades económicas que se desarrollan en el ámbito rural pondría en evidencia la preeminencia de determinadas actividades que se asocian con determinados espacios, originando poblados eminentemente mineros, agrícolas, pesqueros y turísticos. Esa

caracterización resulta decisiva para comprender la riqueza y las potencialidades de su desarrollo.

La integración del territorio se apoya fuertemente en la ínter conectividad que lo vincule con aquellos otros territorios cuya integración recíproca se considere conveniente. El tema de la integración territorial de la región debe ser visualizado en tres perspectivas: la integración con las regiones vecinas de Antofagasta y Coquimbo; la integración con el Noroeste argentino; y la integración provincial y comunal.

La integración con el Noroeste argentino debería contribuir al fortalecimiento de las condiciones naturales de cada una de las zonas fronterizas con el país vecino. La integración provincial y comunal debe visualizarse como una forma de mejorar las condiciones de interrelación entre las comunas y provincias que aun no tienen una conectividad óptima entre sí.

#### **4.10.1.1 Localización Geográfica**

La región de Atacama se ubica al norte de Chile, entre los 25°17' y 29°11' de latitud sur y desde los 68°17' de longitud oeste hasta el Océano Pacífico. Está conformada por tres provincias y nueve comunas, encabezada por la ciudad de Copiapó, capital regional.

Posee una superficie de 75.573.3 Km. cuadrados lo cual corresponde al 10% de la superficie del país. Limita al norte con la región de Antofagasta y al sur con la región de Coquimbo.

#### **4.10.3 Localización y definición del área de estudio**

El proyecto, se encuentra emplazado en Tierra Amarilla, comuna que se encuentra administrativamente al oriente de la provincia de Copiapó, Región de Atacama, geográficamente el Proyecto se encuentra ubicado 30 Km. al sur de la ciudad de Copiapó a la entrada de la Quebrada Cerrillos. y que fisiográficamente responde al atributo espacial de valle superior, que conlleva el río homónimo y que se orienta de Sur Este a Nor Oeste.

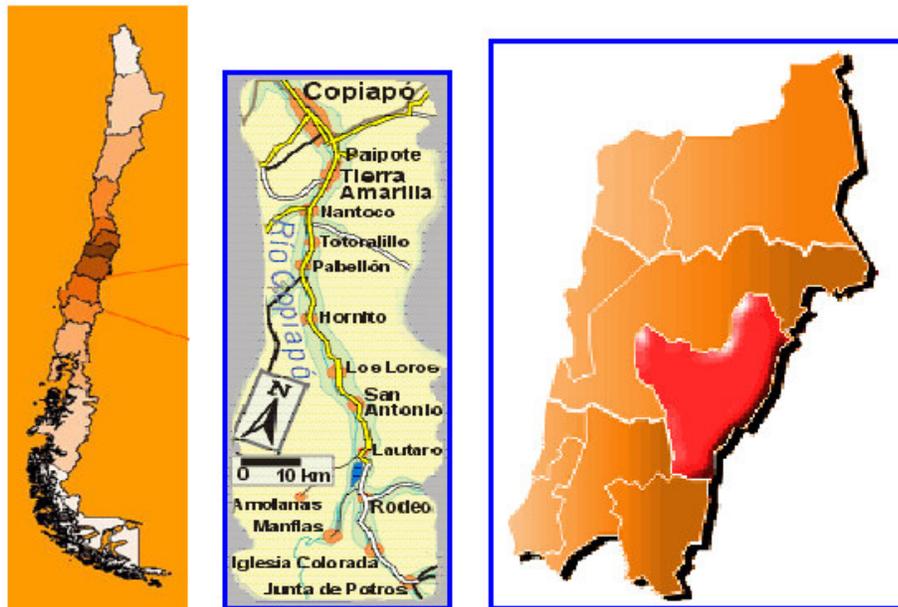


Figura N° 4.43: Localización área de estudio.

#### 4.10.1.2 Rasgos Geomorfológicos

La orografía del área de estudio se inserta en el valle central del Río Copiapó, unidad desarrollada en un manto de rocas terciarias. Sobre ella hay sectores donde existe una extensa y potente cubierta de sedimentos y gravas, con algunas intercalaciones de ignimbritas. Las formas más comunes son las grandes serranías desérticas, cerros de poca altura y pequeños valles aluviales en forma de artesa, de pequeñas dimensiones, cuyos cursos de agua son pequeñas quebradas de escaso caudal.

#### 4.10.2 Dimensión geográfica

Las formas predominantes del relieve, de mar a cordillera, son las siguientes: Planicies litorales, de origen fluvio-marino con mayor desarrollo que en las regiones anteriores, particularmente en la desembocadura de los ríos; Cordillera de la Costa; Pampa Ondulada o Austral; Pampa Transicional y Relieve Andino, donde es posible distinguir la presencia de una Cordillera de los Andes con los más importantes hitos de altura de nuestro país con el Volcán Ojos del Salado (6.893 m) y con la interesante presencia de depresiones cerradas que conforman lagunas y salares cordilleranos tales como Salar de Pedernales, Maricunga, Laguna Santa Rosa, Laguna Verde y Laguna del Negro Francisco, entre otras. Zonas que posibilitan el desarrollo de variadas actividades de producción.

La morfología regional es longitudinal, disectada e interrumpida por tres grandes valles, dos de los cuales han tenido un importante trabajo aluvial con los ríos **Copiapó y Huasco**, los cuales se relacionan con la subdivisión provincial existente en la región. Estos dos importantes valles, cuya vida se basa en la presencia de cursos de agua superficial y subterránea, que llegan al mar, y cuya principal fuente de alimentación la constituyen los deshielos de nieves cordilleranas caídas principalmente en períodos invernales. **Importante es la presencia del desierto** como forma geográfica que distingue a la Región y se ubica en los sectores entre los valles. Esta presencia del desierto le otorga importantes cualidades y beneficios a la Región con ocasión de las inusuales lluvias que ocurren **transformándose en un Desierto Florido de inusuales características ecológicas de importancia a nivel mundial**, para investigadores y amantes de la naturaleza. Son frecuentes los años sin precipitaciones de agua lluvia que permitan incrementar los caudales de ambos ríos, por lo que éstos se caracterizan por regímenes nivales. Dos embalses, el Tranque Lautaro en el valle de Copiapó, de pequeña capacidad y Santa Juana en el valle de Huasco, obra importante de ingeniería recientemente construida, permiten regular los caudales de dichos ríos con fines de regadío en períodos de menores recursos.

Es importante destacar la disponibilidad de aguas subterráneas que permiten incrementar los recursos con fines de regadío y mineros. Gracias a nuevas tecnologías de extracción y distribución (sistemas de riego por goteo) se ha incrementado fuertemente la superficie cultivada en sectores sobre cotas de canal. Con nuevas formas, se impulsan las aguas a sectores altos, dando vida a terrenos nunca antes cultivados. Esta situación se ha visto con mayor fuerza en el Valle del Río Copiapó, donde los recursos subterráneos, por las características hidrogeológicas del valle son más abundantes.

En períodos de sequía, son los recursos subterráneos los que permiten mantener superficies cultivadas de más de 4.000 hectáreas en dicho Valle, y el abastecimiento completo de agua potable para las ciudades de Copiapó, Caldera y Chañaral.

En el Valle de Huasco, aún cuando los recursos subterráneos abastecen las necesidades de agua potable de los principales centros urbanos y comunidades rurales, son menores sin embargo para fines agrícolas, compensándose esto con mayores caudales superficiales del río Huasco, al situarse ya más al sur dentro de nuestra geografía regional.

Las costas, a nivel de toda la Región son relativamente parejas, disminuyendo en altura encontrándose en su sector Norte algunos importantes farellones costeros fundamentalmente en el Parque Nacional

Pan de Azúcar, en la Provincia de Chañaral, rasgo que le imprime una notable belleza escénica a los parajes costeros de dicho parque, con su flora y fauna asociada. De Chañaral al Sur, se comienzan a observar importantes planicies costeras, que dan lugar a playas y sectores de costa reconocidos en todo el país, tales como Bahía Inglesa, Ramada - Rodillo, Flamenco,

Bahía Salado, Los Toyos, Tres Playitas y Huasco, además de innumerables otras de largo detalle. Complementando lo anterior, cabe destacar, que variados aspectos de localización e historia, pueden resultar cruciales para gatillar efectos positivos en ejes estratégicos como el turismo, por cuanto sinérgicamente a nivel inter regional se presentan oportunidades que aprovechar para un auge económico regional. Respecto a esto, cabe enfatizar la ubicación frente a la región, de islas de renombre internacional tal como la Isla de Pascua, la Isla Félix y la Isla San Ambrosio, que no obstante dependen administrativamente de la V Región de Valparaíso, representa un potencial que turísticamente podría beneficiar, en cuanto a las rutas turísticas que se podrían generar mediante alianzas estratégicas regionales.

La historia regional también constituye un aspecto trascendental para el desarrollo, puesto que aún existen variados vestigios arqueológicos de pueblos nómades que datan entre los años 7.000 y 1.000 a.C. Por su parte, la explotación minera que comenzaron los españoles, sigue siendo hasta ahora una de las principales actividades económicas, que consecuentemente han propiciado un desarrollo cultural y tecnológico de la zona. Al respecto, se destaca el monumento nacional de la Estación de Ferrocarriles que data de 1850, y que corresponde al primer ferrocarril a vapor de Sudamérica.

Como consecuencia de que los sectores productivos de la región de Atacama están determinados principalmente por variables geográficas, a continuación se presenta un cuadro resumen que detalla las actividades económicas por zonas geográficas.

<b>Actividades Económicas por Zona Geográfica</b>			
<b>Zona Geográfica</b>	<b>Sector Productivo</b>	<b>Producción / Extracción / Explotación</b>	<b>Descripción</b>
Zona Cordillerana y Precordillerana	Minería	Cobre, Plata y Oro	Cotas medianas a mayores. Los yacimientos de Hierro no están en esta zona.
Zona Costera	Agricultura / Pesca	Cultivos de Ostiones y Abalones / Recolección de Algas / Pesca Bentónica y Pelágica	Principalmente actividad acuícola. En segundo lugar recolección de algas, actividad de pesca pelágica y bentónica (áreas de manejo).
	Turismo	Atractivos turísticos costeros	Tiene lugar de forma estacionaria. Visitantes frecuentan Huasco y Caldera, la actividad de la pesca incide también.
Zona de los Valles	Agricultura	Cultivos de uvas y olivos	Permite exportación de frutas, y elaboración de pisco y aceite de oliva.

Fuente: Elaboración propia en base a información disponible en la página de Internet: [www.senado.cl](http://www.senado.cl)

#### 4.10.3 Dimensión demográfica

TIERRA AMARILLA es la sexta comuna con mayor población de la Región de Atacama. Según las cifras de la Encuesta Casen 2003, esta comuna presenta una población total de 12.888 habitantes, que corresponden al 5,07% del total de la población de la Regional, con un crecimiento ínter censal de 9,86%.

La distribución de la población según sexo es de un 56,5% hombres y un 43,5% mujeres, es decir un índice de masculinidad de 1,3.

Tabla N° 4.21: Antecedentes Demográficos Comuna de TIERRA AMARILLA año 2002

Fuente: INE. Censo 2002.

<b>Datos Demográficos</b>	<b>TIERRA AMARILLA</b>	<b>Región de Atacama</b>
Superficie (km <sup>2</sup> )	11.190,60	75.176,2
Densidad (hab/ km <sup>2</sup> )	1.15	3.38
Población total	12.888	254.336
Población Rural	4.310	21.717
Población Urbana	8.578	232.619
Hombres	7.277	129.147
Mujeres	5.611	125.189
Índice de Masculinidad	130	103

La comuna de TIERRA AMARILLA tiene 12.888 habitantes, que en un 67% se clasifican como población urbana y en un 33% es rural. En la comuna existe una densidad de la población, con un índice de 1,2 habitantes por Km<sup>2</sup>.

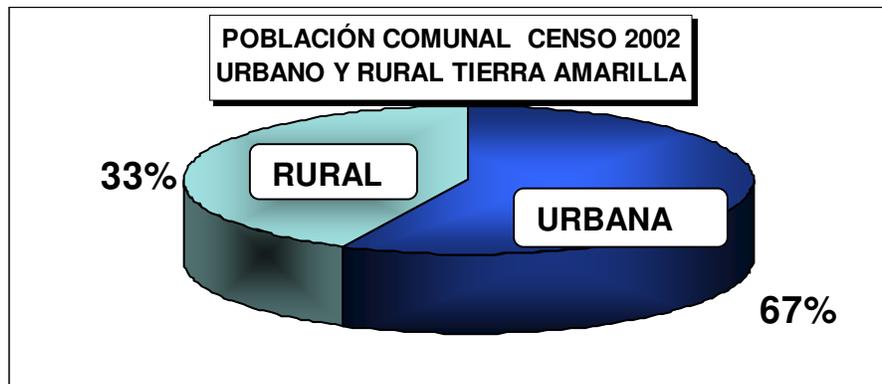


Figura 4.44: Distribución población en Tierra Amarilla. Fuente: INE. Censo 2002

Se puede señalar que en el ámbito provincial, la provincia de Chañaral registra la menor densidad de población (hab/km<sup>2</sup>) durante el período analizado, con valores de 1,5 hab/km<sup>2</sup> en 1970 y 1,3 hab/km<sup>2</sup> el 2002, inferior a los valores que presenta la región. Por otro lado, la densidad de población de la Provincia del Huasco se ha mantenido más o menos constante, sin grandes variaciones en el período analizado (ver cuadro N° 1, gráficos N° 1 y N° 2).

La menor densidad de población se presenta en la comuna de Alto del Carmen, 0,9 hab/km<sup>2</sup> en 1970 y 0,8 hab/km<sup>2</sup> en el 2002.

Las comunas que muestran una disminución en la densidad de población entre 1970 y el 2002 corresponden a Diego de Almagro, Freirina y Alto del Carmen. La comuna de Copiapó presenta el mayor aumento en la densidad poblacional en el período estudiado.

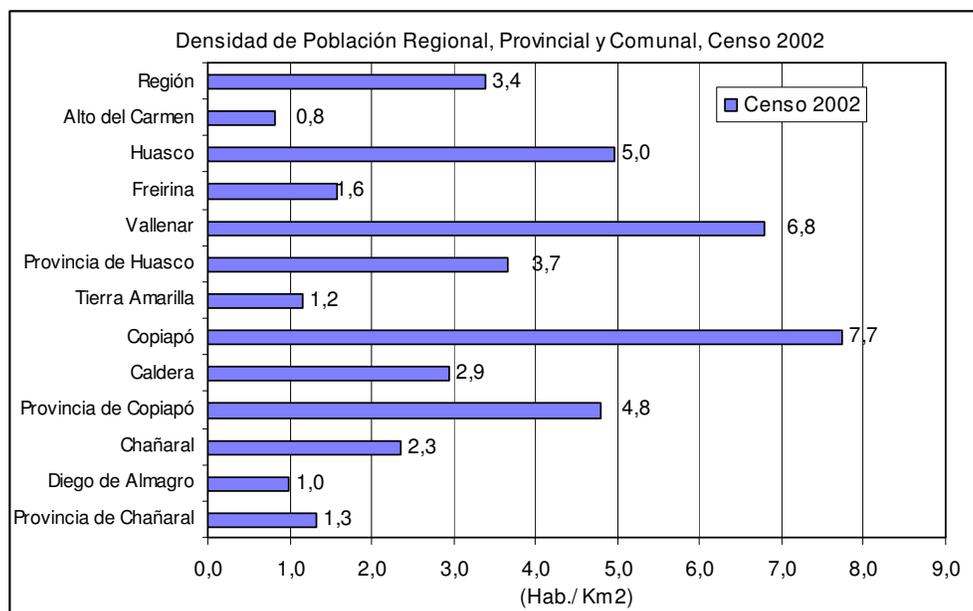


Figura N° 4.45: Densidad Poblacional año 2002

#### 4.10.3.1 Evolución de la Población

La población de la Comuna de Tierra Amarilla muestra un crecimiento intercensal en el periodo 1992 y 2002 de 16,14%, siendo el crecimiento regional en el mismo periodo de 10,55%. Lo cual implica, que Tierra Amarilla creció considerablemente en el periodo, superado por Copiapó (44,43%) y Caldera (21,15%). Con respecto al crecimiento de la población por sexo, encontramos que la población de hombres experimentó un aumento de 20,55% y de las mujeres 10,76%, siendo los promedios regionales para hombre de 10,48% y mujeres de 10,63%.

Tabla N° 4.22: Censos Poblacionales 1992-2002.

<b>Censo 1992 y 2002, Población Total por Sexo y Crecimiento Intercensal</b>									
Provincia - Comuna	CENSO 1992			CENSO 2002			Crecimiento Intercensal Total (%)		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
<b>Región de Atacama</b>	<b>258.388</b>	<b>132.377</b>	<b>126.011</b>	<b>285.656</b>	<b>146.248</b>	<b>139.408</b>	<b>10,55</b>	<b>10,48</b>	<b>10,63</b>
<b>Provincia Copiapó</b>	<b>124.692</b>	<b>64.007</b>	<b>60.685</b>	<b>174.737</b>	<b>89.436</b>	<b>85.301</b>	<b>40,13</b>	<b>39,73</b>	<b>40,56</b>
Copiapó	100.907	51.185	49.722	146.509	73.928	72.581	45,19	44,43	45,97
Caldera	12.061	6.378	5.683	14.612	7.740	6.872	21,15	21,35	20,92
Tierra Amarilla	11.724	6.444	5.280	13.616	7.768	5.848	16,14	20,55	10,76
<b>Provincia de Chañaral</b>	<b>68.966</b>	<b>36.283</b>	<b>32.683</b>	<b>43.980</b>	<b>23.719</b>	<b>20.261</b>	<b>-36,23</b>	<b>-34,63</b>	<b>-38,01</b>
Chañaral	13.936	7.199	6.737	13.410	6.961	6.449	-3,77	-3,31	-4,27
Diego de Almagro	27.515	14.542	12.973	15.285	8.379	6.906	-44,45	-42,38	-46,77
<b>Provincia Huasco</b>	<b>64.730</b>	<b>32.087</b>	<b>32.643</b>	<b>66.939</b>	<b>33.093</b>	<b>33.846</b>	<b>3,41</b>	<b>3,14</b>	<b>3,69</b>
Vallenar	47.248	23.003	24.245	48.129	23.475	24.654	1,86	2,05	1,69
Freirina	5.221	2.643	2.578	5.859	2.895	2.964	12,22	9,53	14,97
Huasco	7.516	3.844	3.672	8.081	4.065	4.016	7,52	5,75	9,37
Alto del Carmen	4.745	2.597	2.148	4.870	2.658	2.212	2,63	2,35	2,98

Fuente: Elaboración propia en base a Censo 1992 y 2002, INE

#### 4.10.3.2 Pobreza e Indigencia

Con respecto a pobreza e indigencia, la comuna presenta un 26,7% de población indigentes y pobres no indigentes, siendo mucho mayor a la media regional de 24,9% y mucho mayor a la media de país de 18,7%.

Sin embargo, el porcentaje de indigentes es significativamente menor en un 2,7% con respecto al la región (8,1%) y marginalmente mayor al país en un 0,7%.

Tabla N° 4.23: Distribución Pobreza Regional.

<b>Distribución Porcentual de la Población por Pobreza</b>			
<b>COMUNA</b>	<b>Indigente</b>	<b>Pobres no Indigentes</b>	<b>Total Pobres</b>
<b>PAIS</b>	<b>4,7</b>	<b>14,0</b>	<b>18,7</b>
Chañaral	11,8	20,3	32,1
Diego de Almagro	2,6	8,8	11,4
Copiapó	10,4	17,1	27,5
Caldera	1,8	19,1	20,9
Tierra Amarilla	5,4	21,3	26,7
Vallenar	5,9	16,2	22,1
Freirían	8,1	21,3	29,4
Huayco	3,9	16,0	19,9
Alto del Carmen	6,6	10,0	16,6
<b>REGION DE ATACAMA</b>	<b>8,1</b>	<b>16,8</b>	<b>24,9</b>

Fuente: MIDEPLAN, Casen 2003

#### 4.10.3.3 Índices de: Dependencia, Vejez y Juvenil Comunal

**Índice de Dependencia Comunal:** La estratificación de la población por estratos de edad permite identificar tres índices importantes:

Índice de Dependencia que permite aproximarse al conocimiento de la carga económica que debería soportar la población económicamente activa de la comuna, y se calcula como:

$$\text{Índice de Dependencia (ID)} = \frac{[\text{Población de 0 – 14 años} + \text{Población mayor de 65 años}]}{\text{Población entre 15 y 65 años de edad}} \times 100.$$

En el período 1992 – 2002 disminuyó el índice de dependencia, mientras en 1992 el índice era de 56,26% en el año 2002 alcanza a 51,07%, *versus* el 39,59% a nivel regional, lo que significa que cada vez es mayor la población económicamente activa, con respecto al número de jóvenes y personas de la tercera edad. Esto podría estar explicado, en parte, por la disminución de la tasa de fecundidad a nivel regional en forma mas acelerada que el envejecimiento de la población, junto con la mayor incorporación de la mujer a la fuerza laboral. Sin embargo, se espera que este índice una vez incorporada la fuerza laboral femenina, comience a aumentar, dado el menor numero de niños y el envejecimiento de la población.

**Índice de Vejez (IV)** que mide la proporción de población sobre 65 años de edad con relación a la población de 0 a 14 años, y se calcula como:

$$\text{Índice de Vejez (IV)} = (\text{Población mayor de 65 años} \div \text{Población de 0 a 14 años de edad}) \times 100$$

En el período 1992 – 2002, el índice de vejez ha aumentado desde IV=11,31% en 1992 a IV= 18,30% en el año 2002, representando la importancia de la población de la tercera edad respecto a la población juvenil (Número de personas mayores de 65 años por cada 100 personas menores de 15 años de edad. Cabe destacar que el IV regional corresponde a 24,17, lo cual implica que a nivel regional el IV es más bajo que en la comuna, es decir la Comuna presenta más personas de la tercera edad que el promedio nacional, con respecto a la población entre 0 y 14 años.

**Índice Juvenil**, que mide la población menor de hasta 14 años de edad con relación a la población de 15 y más años, y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Índice Juvenil (IJ)} = (\text{Población de 0 – 14 años} \div \text{Población mayor de 15 años de edad}) \times 100$$

El Índice Juvenil ha disminuido desde IJ= 47,81% en 1992 a IJ= 40,01% en el año 2002. Producto de la menor tasa de fecundidad. Este índice representa el número de jóvenes por cada 100 habitantes mayores de 15 años. A nivel regional se observa un IJ = 39,59, de lo cual se desprende que la población en promedio es más joven a nivel de la Comuna que el promedio nacional.

De los índices expuestos se concluye que en el tiempo la carga de la fuerza laboral con respecto a personas que no están en edad productiva, seguirá la tendencia nacional en términos de envejecimiento de la población.

Tabla N° 4.24: Índices de dependencia, vejez y juvenil 1992 y 2002.

<b>Índices de Dependencia, Vejez y Juvenil 1992 y 2002 por Comuna y Región</b>						
<b>Comuna</b>	<b>Censo 1992</b>			<b>Censo 2002</b>		
	<b>ID</b>	<b>IV</b>	<b>IJ</b>	<b>ID</b>	<b>IV</b>	<b>IJ</b>
Copiapó	55,28	16,59	43,96	52,86	22,88	39,16
Caldera	58,28	12,57	48,61	54,59	21,77	40,85
Tierra Amarilla	56,26	11,31	47,81	51,07	18,30	40,01
Chañaral	58,49	16,28	46,49	58,73	26,06	41,54
Diego de Almagro	53,63	6,57	48,71	47,37	13,68	39,42
Vallenar	62,15	18,70	47,69	58,75	29,44	40,04
Alto del Carmen	64,93	31,92	42,54	62,36	49,80	34,48
Freirían	68,96	18,85	52,30	63,24	28,74	43,04
Huayco	57,90	18,49	44,82	57,48	30,16	38,97
<b>Región Atacama</b>	<b>57,40</b>	<b>15,69</b>	<b>46,03</b>	<b>54,36</b>	<b>24,17</b>	<b>39,59</b>

Fuente: Elaboración Propia en base a Censo 1992 y 2002, INE

#### 4.10.3.3 Composición de la Población por Tramos Etáreos y Sexo

La Comuna presenta una población relativamente joven, representando el 28,58% entre 0 y 14 años y un 25,19% entre los 15 y 29 años; la población entre los 30 y 64 años corresponde al 41,00% y la población mayor, entre 65 y más llega al 5,23%. Lo cual implica que la población en edad de trabajar representa el 66,19%, siendo relativamente baja; las poblaciones de niños y mayores de edad representan el 33,61%, siendo relativamente alta.

Al comparar las poblaciones por sexo, encontramos que las mujeres representan el 43,52% de la población. Por otra parte, encontramos que en el grupo de niños (0-14 años), las mujeres representan un 4,28% superior a los hombres; en el tramo etáreo jóvenes (15-29 años) las mujeres superan a los hombres en un 0,42%; en el tramo etáreo de 30 a 64 años los hombres superan a las mujeres en un 5,03%; y en el tramo etáreo 65 y más, los mujeres superan levemente a los hombres con un 0,33%. Los datos muestran una tendencia de la mujer a emigrar de la comuna en su etapa productiva.

Tabla N° 4.25: Tramos etéreos de la comuna de Tierra Amarilla.

<b>Edades Quinquenales, Sexo y Porcentaje</b>						
<b>Edades Quinquenales</b>	<b>Sexo del Encuestado</b>					
	<b>Hombre</b>	<b>%</b>	<b>Mujer</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
0-4	641	8,81	568	10,12	1.209	9,38
5-9	637	8,75	561	10,00	1.198	9,30
10-14	666	9,15	610	10,87	1.276	9,90
15-19	496	6,82	508	9,05	1.004	7,79
20-24	648	8,90	455	8,11	1.103	8,56
25-29	676	9,29	464	8,27	1.140	8,85
30-34	702	9,65	451	8,04	1.153	8,95
35-39	683	9,39	459	8,18	1.142	8,86
40-44	574	7,89	403	7,18	977	7,58
45-49	416	5,72	312	5,56	728	5,65
50-54	316	4,34	223	3,97	539	4,18
55-59	243	3,34	161	2,87	404	3,13
60-64	209	2,87	132	2,35	341	2,65
65-69	143	1,97	113	2,01	256	1,99
70-74	106	1,46	81	1,44	187	1,45
75-79	61	0,84	53	0,94	114	0,88
80 y más	60	0,82	57	1,02	117	0,91
<b>Total</b>	<b>7.277</b>	<b>100,00</b>	<b>5.611</b>	<b>100,00</b>	<b>12.888</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia en base a Censo 2002, INE

#### 4.10.3.4 Composición de la Población por Etnias

La Comuna de Tierra Amarilla posee un 5,98% de su población que dice pertenecer a pueblos originarios o indígenas, los cuales están representados por las siguientes etnias: Alacalufe 0,02%, Atacameño 1,54%, Aymará 0,03%, Colla 1,89%, Mapuche 2,49%, y Quechua 0,01%.

Tabla N° 4.26: Composición poblacional por etnias.

<b>Pertenencia a Pueblos Originarios o Indígenas por Sexo y Porcentaje</b>						
<b>Pertenencia a Pueblos Originarios o Indígenas</b>	<b>Sexo del Encuestado</b>					
	<b>Hombre</b>	<b>%</b>	<b>Mujer</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Pertenencia a Pueblos Originarios o Indígenas</b>	<b>523</b>	<b>7,19</b>	<b>248</b>	<b>4,42</b>	<b>771</b>	<b>5,98</b>
Alacalufe (Kawashkar)	3	0,04	-		3	0,02
Atacameño	118	1,62	81	1,44	199	1,54
Aymara	3	0,04	1	0,02	4	0,03
Colla	127	1,75	116	2,07	243	1,89
Mapuche	271	3,72	50	0,89	321	2,49
Quechua	1	0,01	-		1	0,01
Rapa Nui	-		-		-	
Yámana (Yagán)	-		-		-	
Ninguno de los anteriores	6.754	92,81	5.363	95,58	12.117	94,02
<b>Total</b>	<b>7.277</b>	<b>100,00</b>	<b>5.611</b>	<b>100,00</b>	<b>12.888</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia en base a Censo 2002, INE

#### 4.10.4 Dimensión socioeconómica

##### 4.10.4.1 Situación Laboral

Según los datos obtenidos en el Censo 2002, en la Comuna de TIERRA AMARILLA el 87,19% % de la población esta ocupada y un 12,81 % busca trabajo por 1ª vez o se encuentra sin trabajo. Según el Gráfico de distribución de la situación laboral, la mayoría de la población se encuentra concentrada en las categorías de Ocupados y quehaceres del Hogar. Para entender esta situación se hace una comparación según sexo.



Figura 4.45: Situación Laboral Comuna de TIERRA AMARILLA Fuente: INE. Censo 2002

En el siguiente cuadro del empleo en la comuna de Tierra Amarilla y de la Región de la Atacama. Según la encuesta CASEN 2003, se estima que del total de la población de 15 años y más, un 12.8% se encuentra desempleada, proporción mayor al 11.2% de desempleo de la Región de la Atacama. En la actualidad se estima que los niveles de desempleo se han mantenido en estos rangos o incluso se han incrementado. En este contexto, resalta el impacto positivo que tendrá el proyecto Ampliación de La Planta cerrillos, el cual generará en forma directa 56 empleos en su fase de puesta en marcha de la obra, e incrementará en 52 operarios en la fase de operación, generando de esta forma un positivo impacto social en el desempleo comunal, tal como se observa en el gráfico N° 7 .

Tabla N° 4.27: Desempleo Comuna de Tierra Amarilla

Comuna	Región
Ocupados	
4.681	83.398
87.2%	88.8%
Desocupados	
688	10.513
12.8%	11.2%
Total	
5.369	93.911
100,0%	100,0%

Fuente: MIDEPLAN, Encuesta CASEN 2003.

#### 4.10.4.2 La Pobreza

Muy ligada a la situación de desempleo, se encuentra la situación de pobreza en la comuna. Como se aprecia en el cuadro siguiente, el 32,1% de la población de Tierra Amarilla se encuentra en una situación de pobreza, con un 5,4% de indigencia. Siendo el caso que estos indicadores son levemente menores a los regionales en donde hay un 37% de pobreza y un 8,1% de indigencia.

Tabla N° 4.28: Nivel de pobreza Comuna de Tierra Amarilla

Comuna	Región
<b>Indigente</b>	
654	20.918
5,4%	8,1%
<b>Pobre No indigente</b>	
3.236	64.306
26,7%	24,9%
<b>No Pobre</b>	
8.227	173.031
67,9%	67%
<b>Total</b>	
12.117	258.255
100%	100%

Fuente: MIDEPLAN, CASEN 2003.

El tema de la pobreza es particularmente sensible en Tierra Amarilla, toda vez que el gobierno local, sólo invierte \$42.820 por habitante (Fuente : Subdere, Sinim, 2005), y en consecuencia por si solo no es capaz de erradicar el problema social que constituye la pobreza, sumado a ello los altos índices de endeudamiento que mantiene el municipio de Tierra Amarilla, y lo ajustado de los presupuestos en la educación y salud local, donde los ingresos se utilizan en más de un 90% en financiar sólo los gastos corrientes (fundamentalmente sueldos y consumos básicos).

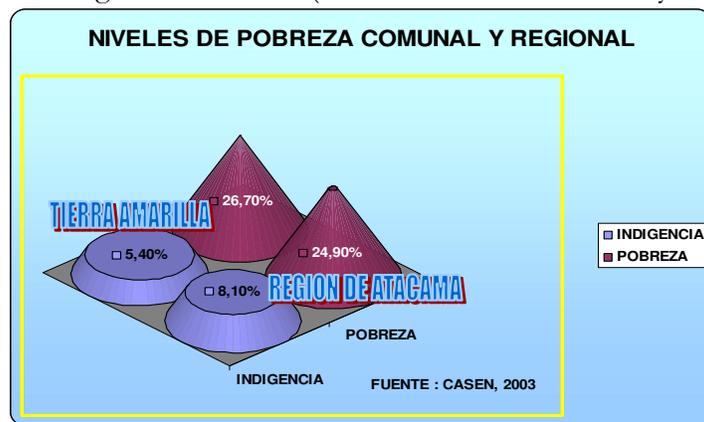


Figura N° 4.46: Niveles de Pobreza a nivel comunal y regional.

## 4.10.5 Dimensión Bienestar Social

### 4.10.5.1 Vivienda

En este sentido, el Plan de Gobierno de Atacama 2006-2010 define en su Objetivo General n°1 Igualdad de Oportunidades e Integración Social, definiciones en el área de Vivienda, específicamente, la línea ***Construyendo hogares, barrios y ciudades***:

- Eliminar el déficit habitacional en los primeros dos quintiles.
- Mejorar el entorno de barrios. Barrios amables, para otorgar una mejor calidad de vida a sus habitantes. Mejoraremos el entorno en que vivimos los atacameños, nos centraremos en construir barrios.
- A través del programa "200 barrios", mejorar las condiciones de vida para las familias que habitan en 5 barrios vulnerables en la región de Atacama, 2 en la comuna de Vallenar y 3 en la comuna de Copiapó.
- Dotar de energía alternativa a sectores aislados de 7 comunas de la región (431 soluciones).
- Lograr que la totalidad de las comunas de la región cumplan con la normativa lumínica establecida para la zona norte de nuestro país.
- Regularizar la pequeña propiedad raíz de 100 familias de Atacama.

Los indicadores de Viviendas en la Comuna de Tierra Amarilla con respecto al Censo 2002, señalan que un alto porcentaje de viviendas se encuentran en zonas urbanas, con bajo porcentaje de viviendas SERVIU y predominio de la construcción tipo casa. El déficit habitacional cualitativo se estima en 1.020 viviendas.

Tabla N° 4.29: Indicadores de Vivienda en Tierra Amarilla 2002

Indicador de Vivienda	Valor	Unidad
Área Urbana	2.018	Viviendas
Buen Estado	53,64	%
Total En Comuna	3.230,00	Viviendas
Porcentaje irrecuperables	11,39	%
Porcentaje recuperables por materialidad	31,33	%
Porcentaje recuperables por saneamiento	11,83	%
Construidas SERVIU	70	N° viviendas
N° de Viviendas tipo Casa	1.822,00	Vivienda
N° de Viviendas tipo Precarias	191	Vivienda
Fuente : Censo 2002		

Los combustibles utilizados para cocinar en las viviendas, comuna de Tierra Amarilla, mayoritariamente se relacionan con el tipo Gas Licuado con sobre un 90% de casos, tal como puede verse en la siguiente tabla.

Tabla N° 4.30: Combustibles usados.

Tipo de Combustible	% uso
Contaminante (Leña, Aserrín, carbón)	4,87
Gas Licuado	90,65
Gas Natural	2,94
Otro tipo	1,54
Fuente : Censo 2002	

#### 4.10.5.2 Salud

Los avances (Plan Regional de Gobierno, 2006-2010) en materia de infraestructura de salud pública han sido relevantes durante los últimos 12 años; se han construido nuevas postas rurales, ampliado y mejorado los consultorios de atención primaria, lo que sumado a la construcción del Hospital de Chañaral, la primera fase de normalización del Hospital Regional de Copiapó y la más reciente ejecución del Hospital de Vallenar han significado una inversión que supera los 22 mil millones de pesos, con lo cual se ha disminuido sustancialmente la deuda social generada en la década de los ochenta.

Sin embargo, es necesario enfrentar desafíos en los niveles de salud de mayor complejidad, que resultan ineludibles para entregar a los habitantes de Atacama mejores niveles de resolutivez que permitan responder a las exigencias vinculadas a los actuales niveles de desarrollo del país.

En este sentido, el Plan de Gobierno de Atacama 2006-2010 define en su Objetivo General n° 1 Igualdad de Oportunidades e Integración Social, definiciones en el área de salud, específicamente en lo concerniente a infraestructura y red asistencial:

- Desarrollar estrategias de intervención regional para reducir las desigualdades en salud y fomentar la participación social.
- Cautelar el cumplimiento de las garantías explícitas en salud (GES) y gratuidad en la atención de salud a los mayores de 60 años. El desafío es garantizar al 100% de los usuarios del sistema público de salud el acceso, oportunidad y protección financiera de las 40 patologías ingresadas al AUGE
- Mejorar la infraestructura y equipamiento de los centros de salud de mayor complejidad de la región. En este sentido, el año 2006 se terminaron las obras civiles del Hospital de Vallenar; actualización del estudio preinversional y desarrollo del diseño del Hospital de Copiapó, con el fin de avanzar hacia la normalización de la infraestructura y equipamiento del Hospital Regional.
- Adecuar la red de atención abierta regional al nuevo modelo de salud familiar.

En el caso de la comuna de Tierra Amarilla, se cuenta con registros de los siguientes establecimientos de atención pública en salud, no obstante, existen policlínicos asociados a la aplicación de la Ley 16.744: Seguro Social sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (Ministerio del Trabajo y Seguridad Social, 1968).

Tabla N° 4.31: Infraestructura de Salud.

Establecimientos de Salud Pública Tierra Amarilla			
Código MINSAL	Nombre	Dirección	Teléfonos
04-308	Consultorio Tierra Amarilla	Lorenzo Jofré s/n	052-320041
04-400	Posta de Salud Rural Los Loros	Ferrocarril s/n, Aldea Los Loros	

Fuente: [www.minsal.cl](http://www.minsal.cl)

#### 4.10.5.3 Educación

##### 4.10.5.3.1 Nivel Educación Parvularia

La región de Atacama cuenta con 71 Establecimientos y locales de atención a menores, de los cuales un 70% es administrado por la Junta Nacional de Jardines Infantiles, JUNJI en tanto que 21 establecimientos están bajo la coordinación de la Fundación Integra. No obstante, en el caso de Tierra Amarilla, la proporción es precisamente inversa, de acuerdo al cuadro más abajo indicado. A esto debe sumarse la atención otorgada en el 1er y 2do nivel de transición (Pre – Kinder), básicamente, a través de los establecimientos educacionales, principalmente municipales (Esto se contabilizará en los Establecimientos Educacionales, EE, en el nivel educación Básica).

Tabla N° 4.32: Educación Pre-escolar.

Establecimientos y locales de JUNJI e INTEGRA por tipo de programa 3ª Región de Atacama								
Total	JUNJI				INTEGRA			
	Total	Programa Clásico	Programa Presencial	Programa Semi presencial	Total	Jardines Infantiles	Jardines Comunidad Rural	Jardín sobre Ruedas
71	50	18	32	0	21	21	0	0

**Fuente:** Junta de Jardines Infantiles (JUNJI) y Fundación INTEGRA. Año 2005.

**Observaciones:** Programa Semipresencial son aquellos dirigidos fundamentalmente a la familia. No se efectúan en los establecimientos.

JARDINES INFANTILES TIERRA AMARILLA					
Nº	NOMBRE	DIRECCION		FONO	ORGANISMO
1	RAYITO DE SOL	GUILLERMO DALES	S/N	320372	INTEGRA
2	LAS ESTRELLITAS	CARLOS CONDELL	S/N	320105	INTEGRA
3	S.C. AUQUI	MANUEL MONTT	491	320010	INTEGRA
4	SALA CUNA LOS LOROS	WALTER MARTINEZ	S/N	210796 (mensajero)	JUNJI

Fuente: [www.integra.cl](http://www.integra.cl), [www.junji.cl](http://www.junji.cl)

#### 4.10.5.3.2 Nivel Educación Básica y Media

A nivel Regional, se puede encontrar la siguiente composición de **Establecimientos Educativos** según dependencia administrativa y área geográfica:

Tabla N° 4.33: Establecimientos educacionales en la región.

Establecimientos Educativos Según Dependencia Administrativa y Área Geográfica					
Región	Área Geográfica	Dependencia Administrativa			
		Total	Municipal	Particular Subvencionada	Particular Pagada
III	Total	184	121	44	19
	Urbana	136	76	42	18
	Rural	48	45	2	1

**Fuente:** Departamento de Estudios y Desarrollo, División de Planificación y Presupuesto, Ministerio de Educación. Corresponde a los establecimientos reconocidos al 30 de abril de 2005 según las Secretarías Regionales Ministeriales de Educación.

En la descomposición por comunas, se obtiene:

Tabla N° 4.34: Establecimientos educacionales de la región a nivel comunal.

Dependencia Comuna	1) Municipal			3) Particular Subvencionado			4) Particular Pagado			Total general 184
	Rural	Urbano	Total	Rural	Urbano	Total	Rural	Urbano	Total	
COPIAPÓ	2	30	32	0	20	20	1	14	15	67
CALDERA	1	4	5	0	2	2	0	0	0	7
TIERRA AMARILLA	6	4	10	1	2	3	0	0	0	13
CHAÑARAL	0	9	9	0	3	3	0	0	0	12
DIEGO DE ALMAGRO	1	4	5	0	10	10	0	0	0	15
VALLENAR	10	18	28	1	4	5	0	4	4	37
ALTO DEL CARMEN	19	1	20	0	0	0	0	0	0	20
FREIRINA	3	3	6	0	0	0	0	0	0	6
HUASCO	3	3	6	0	1	1	0	0	0	7

Fuente: Elaboración propia en base a Estadísticas MINEDUC

**Número de unidades educativas de Enseñanza Media Técnico-Profesional por sector económico  
(rama de enseñanza),**

Región	Rama de Enseñanza					
	Total	Comercial	Industrial	Técnica	Agrícola	Marítima
III	39	9	14	8	5	3

Fuente: Departamento de Estudios y Desarrollo, División de Planificación y Presupuesto, Ministerio de Educación. Corresponde a los establecimientos reconocidos al 30 de abril de 2005 según Secretaría Regional Ministerial de Educación.

En el caso de Tierra Amarilla, puede observarse la existencia de iniciativas del sector privado en Educación e incluyen el único Liceo de la comuna, como puede apreciarse en el directorio de establecimientos anexados. La matrícula corresponde a la declaración de subvenciones 2005.

Tabla N° 4.35: Establecimientos educacionales públicos de Tierra Amarilla.

<b>DEPENDENCIA : MUNICIPAL</b>				
<b>N°</b>	<b>RBD</b>	<b>NOMBRE ESTABLECIMIENTO</b>	<b>Localidad</b>	<b>Matricula</b>
1	442-1	ESCUELA. VICTOR MANUEL SANCHEZ CABAÑAS.	Tierra Amarilla	501
2	444-8	ESCUELA LUIS URIBE ORREGO	Punta del Cobre	689
3	13118-0	ESCUELA MARTA AGUILAR ZERON	Tierra Amarilla	909
4	441-3	ESCUELA CONCENTRACION FRONTERIZA	Los Loros	432
5	445-6	ESCUELA PAUL HARRIS	Nantoco	69
6	446-4	ESCUELA	Amolanas	39
7	447-2	ESCUELA	San Antonio	20
8	11027-2	ESCUELA	Hornitos	14
9	13116-4	ESC.BASICA RURAL JAIME PROHENS	Rodeo	15
10	13174-1	CENTRO EDUC. INTEGRADA DE ADULTOS	Ignacio Carrera Pinto N°136	2
			<b>Subtotal Municipal</b>	<b>2.690</b>

Tabla N° 4.36: Establecimientos educacionales particulares subvencionados de Tierra Amarilla.

<b>DEPENDENCIA : PARTICULAR SUBVENCIONADO</b>				
<b>N°</b>	<b>RBD</b>	<b>NOMBRE ESTABLECIMIENTO</b>	<b>Localidad</b>	<b>Matricula</b>
1	11034-5	LICEO JORGE ALESSANDRI RODRIGUEZ	TIERRA AMARILLA	844
2	13124-5	COLEGIO MANFLAS	TIERRA AMARILLA	57
3	13172-5	ESC. ESP. DE TRAST. DE LA COMUNIC. AMANCAY	TIERRA AMARILLA	136
			<b>Subtotal Particular</b>	<b>1.037</b>
Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes en <a href="http://www.mineduc.cl">www.mineduc.cl</a>				

Considerando ambas dependencias, cabe indicar que el total de matrícula comunal es de **3.727** estudiantes.

#### 4.10.5.3.3 Nivel Educación Superior

La existencia de estadísticas a nivel local en este tipo de estudios es un desafío mayor, no obstante, se recomienda su monitoreo permanente. Se ha podido trabajar con antecedentes diversos y construir algunos análisis que permiten inferir algunas conclusiones distintivas.

- Centros de Formación Técnica: Se puede observar la existencia casi permanente en las últimas décadas de este tipo de enseñanza y una tendencia creciente en matrícula en los últimos años.
- Institutos Profesionales: Se puede observar la existencia irregular en las últimas décadas de este tipo de enseñanza, llegando a desaparecer algunos años y una tendencia decreciente en matrícula en los últimos años.
- Universidades: Se puede observar la existencia permanente en las últimas décadas de este tipo de enseñanza y una tendencia creciente en matrícula en los últimos años.
- Universidades Privadas: Observadas en el contexto nacional, la región de Atacama es una de las últimas regiones del país en recibir este tipo de inversión privada, a contar del año 2005 comienza su aparición, con un crecimiento importante.

Desde el punto de vista de los resultados, como puede verse en la tabla siguiente, la 3ª región exhibe resultados superiores al promedio nacional, tanto en la tasa de alumnos que postulan con respecto a los que rinden cerca de un 47% (Es decir, no obstante, mas de la mitad de los que rinden la PSU no postulan), la tasa de seleccionados respecto a los que rindieron, baja a un 40%, esto es, que un 60% de los que dan la PSU, debe seguir un camino distinto al de una Universidad adscrita al Consejo de Rectores.

Tabla N°: 4.37: Resultado PSU por regiones.

<b>Resultados PSU proceso 2006 por Regiones</b>						
<b>REGIÓN</b>	<b>RINDEN</b>	<b>POSTULAN</b>	<b>%P/R</b>	<b>SELECCIÓN</b>	<b>% S/R</b>	<b>% S/P</b>
I	5.130	2.534	49,4	2.369	46,2	93,5
II	5.751	3.062	53,2	2.764	48,1	90,3
III	3.168	1.469	46,4	1.277	40,3	86,9
IV	7.174	3.588	50,0	2.631	36,7	73,3
V	20.932	9.756	46,6	7.207	34,4	73,9
VI	8.810	3.896	44,2	3.048	34,6	78,2
VII	8.828	4.586	51,9	3.459	39,2	75,4
VIII	21.832	11.327	51,9	9.087	41,6	80,2
IX	8.214	3.885	47,3	3.287	40	84,6
X	8.720	4.516	51,8	3.682	42,2	81,5
XI	939	461	49,1	377	40,1	81,8
XII	1.867	821	44,0	746	40	90,9
RM	73.587	27.820	37,8	18.362	25	66
Sin Info	1.362	44	3,2	33	2,4	75
<b>TOTAL</b>	<b>176.314</b>	<b>77.765</b>	<b>44,1</b>	<b>58.329</b>	<b>33,1</b>	<b>75</b>

Fuente: [www.demre.cl](http://www.demre.cl)

#### 4.10.5.3.4 Escolaridad por Tramo de Edad de la Población

Con respecto a la escolaridad en la población mayor a los 5 años, encontramos: un 3,75% nunca asistió a la educación formal; el 60,19% a lo más completo su educación básica; el 34,06% a lo más completo su educación media, y el 5,75% cuenta con estudios en la enseñanza superior.

Al analizar los datos en mayor profundidad, encontramos que en el tramo etáreo de 15 a 49 años, el 0,72% nunca asistió, versus el 0,77 a nivel regional. Por otra parte en el tramo etáreo de 15 a 64 años, correspondiente a la población en edad de trabajar, el 34,75% posee a lo mas la enseñanza básica completa, versus el 30,34% a nivel regional; el 10,20% posee a lo mas su educación media completa, versus el 50,90% a nivel regional y un alto porcentaje, el 28,10% posee a lo mas educación superior completa, versus 18,76% a nivel regional.

#### 4.10.5.4 Dimensión antropológica

La procedencia de la mayoría de la población que llega a la comuna de Tierra Amarilla es la cuarta región, principalmente mineros que inducidos por la productividad minera artesanal se instalaron en Tierra Amarilla buscando fuentes de trabajo más atractivas, sin embargo al producirse la industrialización de los procesos mineros y el uso de nuevas tecnologías, estos se han tenido que ir reconvirtiendo a las faenas agrícolas que llegaron para paliar la situación de cesantía, la mayoría de estos mineros no se pudieron integrar a las faenas mineras actuales por los escasos niveles de capacitación y escolaridad que poseen.

#### 4.10.5.5 Conclusiones

La Comuna de Tierra Amarilla presentó en el año 2003 un 26,7% de población indigentes y pobres no indigentes, siendo mucho mayor a la media regional de 24,9% y mucho mayor a la media de país de 18,7%.

Sin embargo, el porcentaje de indigentes es significativamente menor en un 2,7% con respecto al la región (8,1%) y marginalmente mayor al país en un 0,7%.

En el sector vivienda el déficit habitacional cualitativo se estima en 1.020 viviendas. Los indicadores de Viviendas en la Comuna de Tierra Amarilla con respecto al Censo 2002, señalan que un alto porcentaje de viviendas se encuentran en zonas urbanas, con bajo porcentaje de viviendas SERVIU y predominio de la construcción tipo casa.

Respecto al sector educación, en el tramo etáreo de 15 a 64 años, correspondiente a la población en edad de trabajar –uno de los indicadores usualmente utilizado para establecer el grado de desarrollo del capital humano- el 34,75% posee a lo más la enseñanza básica completa, versus el 30,34% a nivel regional; el 10,20% posee a lo más su educación media completa, versus el 50,90% a nivel regional y un alto porcentaje, el 28,10% posee a lo más educación superior completa, versus 18,76% a nivel regional.

Considerando el conjunto de la información señalada anteriormente, se puede destacar que en el sector educación es donde se presentarían los desafíos más importantes en el área social.

#### 4.10.6 Grupos humanos y/o actividades económicas en el desarrollo del proyecto

El área de influencia del proyecto se encuentra determinado geográficamente por la ruta del transporte de mineral y concentrado desde la mina hacia la planta y de esta hacia Paipote.

En el área de ubicación de la Planta Cerrillos, Quebrada Cerrillos, zona rural caracterizada por la existencia de grandes extensiones de plantación de vides, en la mayoría de los casos a gran escala además de residentes dedicados a la crianza y venta de ganados, estos últimos grupo minoritario en existencia y rubro respecto de la actividad económica derivada de la agricultura.

Sector además en donde se sitúa el Terminal de microbuses de recorrido local, siendo este último un territorio al cual llegan las máquinas, pero no por ello constituye lugar de residencia de trabajadores de transporte público.

Encontramos además casas habitaciones, inmuebles ocupados en calidad de cedidos en su gran mayoría por trabajadores pertenecientes a las mismas empresas exportadoras agrícolas existentes en el lugar.

A continuación y en el mismo sentido se ubica la villa Nantoco, grupo de aproximadamente 15 familias que fueron beneficiadas con subsidio rural, casas dinámicas sin deuda, aledañas a la Escuela Básica Paul Harris con una matrícula 35 alumnos y alumnas.

En el ingreso a Tierra Amarilla desde el valle, se encuentran los sectores Algarrobo, Cancha Carrera y Punta del Cobre, son poblaciones urbanas, de cierto nivel de vulnerabilidad social y urbana.

La Población Punta del Cobre ubicada en el sector aledaño a la mina Carola ciertamente es el que refiere mayor preocupación, además porque en sus alrededores se ubica la escuela básica Luis Uribe Orrego, con una matrícula que supera los 700 alumnos.

Continuando el recorrido vial encontramos la calle Margarita Rocco, ubicada paralelamente a la calle principal, que se inicia a la altura del Cristo Minero, y que ciertamente es el paso obligado de camiones de alto tonelaje.

Resumiendo las áreas o grupos sociales-territoriales que se ubican en el área de influencia del proyecto son:

- Población Sector Cerrillos (principalmente asociados a la agricultura)
- Villa Nantoco
- Población Algarrobo
- Población Cancha Carrera
- Población Punta del Cobre-Los Mineros
- Calle Margarita Rocco

#### **4.10.7 Descripción de alteraciones a los grupos en el área del proyecto.**

A continuación se resumen las observaciones al proyecto realizadas por personas, todas habitantes de los sectores antes indicados y de las principales actividades económicas existentes en el área del proyecto.

Además se entrega una descripción de estos grupos.

##### **4.10.7.1 Sector Cerrillos**

#### **Observaciones sistematizadas según universo encuestado.**

Según instrumentos aplicados el 100% de las personas encuestadas aduce una mínima alteración de los estilos y costumbres de vida, refieren básicamente alteraciones asociadas al ruido, polvo en suspensión y la velocidad, identificando esta última como una amenaza de mayor riesgo en la mayoría de las viviendas que se encuentran ubicadas a orilla de carretera.

Con una media de 3 personas por núcleo familiar, en su mayoría trabajadores agrícolas sus ingresos no superan el mínimo establecido por ley, residen en moradas o en terrenos de los cuales hacen usufructo en calidad de cedidos por tiempos superiores a los 10 años en la mayoría de los casos, por tal razón se descarta población flotante cuya estadía se supedita a trabajos de temporada.

**Circunstancias de entorno asociadas nivel de participación comunitaria, identificación de líderes representativos y reconocimiento servicios o ministerios asociados a temas medioambientales.**

Sector rural, cuya capacidad de asociarse se reduce al mínimo, inexistencia de líderes representativos en el sector, ausencia de espacios relacionales son condiciones que van reforzando la ausencia de organización vecinal, sumado a ello las distancias existentes entre casas o moradas habitadas, parcelas, extensos terrenos que sitúan al vecino en perímetros que impiden una convivencia a diario con lazos más profundos que eventualmente pudieran derivar en mayor cohesión vecinal relevando la organización y la asociatividad como un elemento importante del capital social.

**4.10.7.2 Sector Nantoco****Observaciones sistematizadas según universo encuestado.**

Según instrumento aplicado el 50% de las personas encuestadas aduce alteración del estilo de vida asociado a la alta velocidad con la cual transitan los camiones indistintamente a que empresa pertenezcan. Amenaza constante considerando que se trata de una villa con presencia de variados grupos étnicos entre ellos niños y niñas que juegan y asisten en su mayoría a la escuela aledaña Paul Harris G-44, cuyo ingreso se hace por la puerta principal ubicada a un costado de la carretera, se suma a ello el ruido proveniente del tránsito de vehículos que termina por alterar significativamente las horas de descanso de los habitantes del sector.

Con una media aproximada de 4 personas por núcleo familiar, en su mayoría trabajadores agrícolas, mineros, asesoras de hogar y estudiantes, se señala que los tramos de ingreso bordean entre los \$80.000 para el caso de pensionados (por discapacidad) o jubilados con un máxima de \$400.000.

Residentes antiguos en el sector optan a una vivienda por intermedio de los planes existentes para tal efecto, todas construidas en material mixto aceptable, emplazadas en un piso, mejoran calidad de vida en términos de habitabilidad, sitio urbanizado, alejado del radio urbano, pero conectado mediante micros y taxis de recorrido local. Moradas de tenencia propia, sin ser por ello adquirientes.

Relevante es señalar que el 50% restante que no aduce alteraciones derivadas del flujo de camiones, sí identifica como amenaza o riesgo aquellas condiciones que van en desmedro de su calidad de vida y que se asocian al proceder de actividades Agrícolas, quienes por el uso necesario de fertilizantes y otros atraen con ello básicamente plagas de moscas entre otros que constituyen a su juicio focos de infección exponiendo a enfermedades infectocontagiosas sin distinción a niños, niñas, jóvenes, adultos mayores y población en general.

**Circunstancias de entorno asociadas nivel de participación comunitaria, identificación de líderes representativos y reconocimiento servicios o ministerios asociados a temas medioambientales.**

Sector rural, cuya capacidad de asociarse es un precedente considerando que la primera meta que convoca la participación comunitaria y la asociación guarda relación con el poder acceder a la vivienda propia, objetivo cumplido que otorga mejoras considerables en la calidad de vida de las familias atendidas.

Cuentan con un espacio relacional, sede vecinal ubicada en las afueras de la villa Nantoco y cuentan además con el apoyo de la escuela y su directora lugar en donde por cierto para efectos de este estudio se reúne a la comunidad interesada.

### **Equipamiento Comunitario.**

- Escuela General Básica Paul Harris
- Sede Vecinal sector Nantoco

#### **4.10.7.3 Sector Algarrobo**

##### **Observaciones sistematizadas según universo encuestado.**

Según instrumento aplicado un porcentaje mayoritario de población encuestada refiere ruidos molestos asociados a la alta velocidad que emprenden los camiones (indistintamente de la procedencia) que transitan por la única vía disponible para tales efectos, señalan que muchos de ellos exceden la velocidad permitida en zona urbana, lo que expone en mayor grado la integridad de quienes habitan en el sector de Algarrobo, polvo en suspensión y riesgo de accidentes constituyen también circunstancias que alteran significativamente el estilo de vida de los habitantes del sector. Durante la consulta refieren además contaminantes provenientes de faenas agrícolas y sugieren mayor fiscalización por parte de funcionarios de carabineros.

Con una media aproximada de 6 personas por núcleo familiar, se releva que este sector acoge o se compone de aproximadamente 62 familias y una población de 372 habitantes en un radio que comprende 1 kilómetro aproximadamente, alejado del radio urbano deben necesariamente trasladarse haciendo uso de movilización colectiva sean estos microbuses de recorrido local así como también taxi colectivos.

En su mayoría trabajadores de faenas mineras, estudiantes, dueñas de casa y en menor número trabajadores agrícolas, Algarrobo constituye al igual que los sectores antes descritos una de las áreas afectadas por el flujo vehicular.

Los tramos de ingreso bordean entre los \$ 80.000 mensuales con una máxima de \$ 250.000, en la mayoría de los casos insuficiente considerando que en el mejor de los casos el per cápita alcanza a un total de \$ 41.000.

##### **Circunstancias de entorno asociadas nivel de participación comunitaria, identificación de líderes representativos y reconocimiento servicios o ministerios asociados a temas medioambientales.**

Sector urbano, cuya capacidad de agruparse y/o unirse en beneficio de la comunidad toda constituye una debilidad, demostrado durante el proceso de consulta que los dirigentes son sólo representativos de un porcentaje mínimo de población, con escaso capital social y deficientes resultados.

### **Equipamiento Comunitario**

Sector que adolece de un inmueble en condiciones para ser utilizado por la comunidad que reside en el sector de Algarrobo, se cuenta en la actualidad con un bus-biblioteca que literalmente obedece a un mini bus en desuso habilitado para los fines descritos, aldeaño

encontramos una cancha para ejercicio de deportes y una pieza en regular estado conservación destinada a espacio relacional para la organización vecinal.

Se menciona la existencia de un templo **Aposento Alto**, no católico, que hasta lo expresado por vecinos del sector convoca sólo a algunos constituyéndose en la minoría.

#### **4.10.7.4 Sector Los Mineros**

##### **Observaciones sistematizadas según universo encuestado.**

En relación al objeto de estudio la mayoría refiere **Contaminación Acústica asociada a la velocidad en el tránsito de camiones**, muestran claro discernimiento en cuanto a la consulta que motiva la convocatoria y pese a no ser objeto de estudio asociado también relevan las tronaduras y polvos en suspensión contaminantes que alteran significativamente la calidad de vida de los habitantes.

Con una media de 4.5 integrantes por núcleo familiar y cuya residencia es de 6 años en el sector, logran identificar como amenaza la existencia de niveles considerables de delincuencia aparentemente en sectores de alta vulnerabilidad (tomas de terreno) cercanos a su ubicación geográfica.

##### **Circunstancias de entorno asociadas nivel de participación comunitaria, identificación de líderes representativos y reconocimiento servicios o ministerios asociados a temas medioambientales.**

Población relativamente nueva, cuyo tiempo de residencia genera condiciones propicias para un sentir conjunto de desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida, lo que deriva en una alta participación social. La Junta vecinal a través de sus líderes convoca y es representativa de los vecinos del sector, cuentan con capital social importante que moviliza sus competencias y los hace más efectivos en su ejercicio diario.

##### **Equipamiento Comunitario**

Población ubicada al ingreso de la comuna de Tierra Amarilla costado derecho, viviendas básicas cuyo nivel de vulnerabilidad se ve disminuido considerando que la ubicación geográfica les permite desplazamiento oportuno y rápido hacia reten de carabineros, acceso a consultorio, jardines infantiles, Municipalidad, entre otros de importancia. Población inserta en el radio urbano cuyo espacio relacional se remite a una pieza de material ligero en óptimas condiciones otorgada por la Ilustre Municipalidad de Tierra Amarilla.

#### **4.10.7.5 Sector Cancha Carrera**

##### **Observaciones sistematizadas según universo encuestado.**

En relación al objeto de estudio la mayoría refiere **Contaminación Acústica y asociado a ello la velocidad en el tránsito de camiones**.

Señalan no contar con veredas, no tener espacios para los niños y niñas pequeños, aducen molestia y señalan claramente verse afectados por la situación vial existente.

La situación económica de grupos de sector es considerablemente deficitaria, se observa gran presencia de adultos mayores, cuyos ingresos en calidad de jubilados o pensionados no excede en la mayoría de los casos de los \$ 80.000 mensuales, la composición familiar agrupa a una media de 04 personas por familia cuya ocupación refiere labores de hogar, discapacitados, estudiante y en su gran mayoría minero y pequeños agricultores.

Baja escolaridad reflejada en el acceso a servicios, a empleos con mejor calificación laboral, población antigua con años de asentamiento.

**Circunstancias de entorno asociadas nivel de participación comunitaria, identificación de líderes representativos y reconocimiento servicios o ministerios asociados a temas medioambientales.**

Población con clara capacidad de asociarse, directiva representativa de los vecinos del sector, con alto compromiso de participación social y cuya presidenta expresa a diario su apoyo a conflictos de tipo comunitario tras implementar horarios de atención en la sede vecinal, lugar en donde atiende consultas y demandas de los vecinos del lugar.

**Equipamiento Comunitario**

Cuentan con una sede vecinal en mal estado de conservación, pieza de material ligero cuyos mobiliarios son los mínimos, el consultor refiere con ellos bancas, algunas sillas, mesas en regular estado de conservación.

**4.10.7.6 Sector Agrícola**

El sector económico de la agricultura fue especialmente convocado en el proceso de participación temprana de manera de conocer su opinión respecto de posibles alteraciones a sus actividades.

Las opiniones se refieren a alteraciones ya existentes y que se mantendrían, entre estas se destacan:

- Afecta directamente a hectáreas plantadas con vid de mesa de exportación, las cuales se contaminan con polvos de relaves en suspensión que se depositan en hojas, racimos y suelo, provocando la muerte de la plantación y la pérdida irrecuperable del recurso natural que es el suelo. En el evento de contaminación, los residuos tóxicos contenidos en el relave, son objeto de rechazo inapelable de la fruta por parte de autoridades sanitarias competentes de los países receptores de la fruta. Pérdidas económicas para el productor que influye directamente en las contrataciones de personas aumentando la tasa de cesantía. Entre otras observaciones se concluye manifestando el rechazo absoluto a la ampliación de la planta minera bajo las condiciones planteadas actualmente, considerando que el Tranque No. 1 de relaves, según la propia empresa esta pronto a su cierre desconociéndose el plan de cierre del mismo. Observaciones respaldadas en documento suscrito por el Sr. **Raúl Porcile Ronseco**.

- Afectación de hectáreas de producción con material particulado que prácticamente no son exportables y los parrones se están muriendo. Polvo en suspensión, **Sr. Timothy Taffe Rodrigo.**