

**MINERA JILGUERO S.A.  
PROYECTO DE AMPLIACIÓN MINA JILGUERO  
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**SECCIÓN 3.0 – LÍNEA DE BASE AMBIENTAL  
(Ref. No. SA202-00311/02)**

Preparado para:



***Knight Piésold S.A.***

*Av. Vitacura 4380, Piso 17  
Vitacura, Santiago, Chile  
Teléfono: (56-2) 594 6400  
Fax: (56-2) 594 6447  
E-mail: [santiago@kpsa.cl](mailto:santiago@kpsa.cl)*

***Knight Piésold***  
**CONSULTING**

**MINERA JILGUERO S.A.  
PROYECTO DE AMPLIACIÓN MINA JILGUERO  
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL  
(Ref. No. SA202-00311/02)**

**SECCIÓN 3.0 – LÍNEA DE BASE AMBIENTAL**

**CONTENIDO**

<b>SECCIÓN 3.0 – LÍNEA DE BASE AMBIENTAL</b>	3-1
3.1 INTRODUCCIÓN	3-1
3.1.1 Antecedentes Generales	3-1
3.1.2 Proyectos con Resolución de Calificación Ambiental	3-2
3.2 ÁREA DE INFLUENCIA	3-4
3.3 CLIMA Y METEOROLOGÍA	3-4
3.3.1 Clima	3-4
3.3.2 Meteorología	3-5
3.4 CALIDAD DEL AIRE	3-14
3.4.1 Análisis Monitoreo MP10	3-15
3.4.2 Nivel de Concentración de MP10 en el Área de Estudio	3-21
3.5 GEOLOGÍA	3-22
3.5.1 Marco Geológico Regional	3-22
3.5.2 Geología del Área de Estudio	3-23
3.5.3 Estructuras	3-27
3.6 GEOMORFOLOGÍA Y SUELO	3-27
3.7 ÁREAS DE RIESGO NATURAL	3-32
3.7.1 Sismicidad	3-32
3.7.2 Aluviones	3-33
3.8 HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA	3-33
3.8.1 Hidrología	3-33
3.8.2 Hidrogeología	3-51
3.9 FLORA Y VEGETACIÓN	3-52
3.9.1 Antecedentes Generales	3-52
3.9.2 Objetivos	3-53
3.9.3 Estado de Conservación	3-53
3.9.4 Planificación del Estudio	3-54

3.9.5	Metodología Utilizada	3-54
3.9.6	Metodología de Muestreo	3-55
3.9.7	Resultados	3-57
3.10	FAUNA TERRESTRE	3-61
3.10.1	Antecedentes Generales	3-62
3.10.2	Objetivos	3-62
3.10.3	Estado de Conservación	3-63
3.10.4	Planificación del Estudio	3-63
3.10.5	Metodología Utilizada	3-63
3.10.6	Métodos de Muestreo	3-64
3.10.7	Resultados	3-65
3.11	PAISAJE	3-68
3.11.1	Antecedentes Generales	3-68
3.11.2	Metodología	3-68
3.11.3	Caracterización del Paisaje del Área de Estudio	3-73
3.12	MEDIO HUMANO	3-86
3.12.1	Antecedentes Generales	3-86
3.12.2	Metodología	3-86
3.12.3	Dimensión Geográfica	3-87
3.12.4	Dimensión Demográfica	3-94
3.12.5	Dimensión Antropológica	3-95
3.12.6	Dimensión Socioeconómica	3-97
3.12.7	Dimensión Bienestar Social Básico	3-101
3.13	MEDIO CONSTRUIDO	3-102
3.14	PATRIMONIO CULTURAL	3-102
3.14.1	Antecedentes Generales	3-102
3.14.2	Metodología	3-104
3.14.3	Resultados	3-108
3.14.4	Conclusiones	3-116

## CUADROS

Cuadro 3.1-1	Proyectos con RCA Favorable, Próximos al Área de Influencia del Proyecto	3-3
Cuadro 3.3-1	Coordenadas Geográficas de Estaciones Meteorológicas	3-5
Cuadro 3.3-2	Resumen Registros Meteorológicos	3-6

Cuadro 3.4-1	Ubicación Estaciones Calidad del Aire	3-14
Cuadro 3.4-2	Resumen Registros MP10 Estación INACESA Copiapó, $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	3-16
Cuadro 3.4-3	Resumen Monitoreo Calidad del Aire MP10, en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ Estación INACESA, 2006	3-16
Cuadro 3.4-4	Resumen Monitoreo Calidad del Aire MP10, en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ Estación INACESA, 2007	3-17
Cuadro 3.4-5	Resumen Monitoreo Calidad del Aire MP10, en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ Estación INACESA, 2008	3-18
Cuadro 3.4-6	Resumen Monitoreo Calidad del Aire MP10, en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ Estación INACESA, 2009	3-19
Cuadro 3.4-7	Resumen Monitoreo Calidad del Aire MP10, en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ .	3-20
Cuadro 3.4-8	P98 de la Concentración de 24 horas de MP10, $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	3-21
Cuadro 3.4-9	Promedios Anuales y Trienales de MP10, $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	3-22
Cuadro 3.8-1	Antecedentes Estación Pluviométrica empleada	3-36
Cuadro 3.8-2	Disponibilidad de Registros de Precipitación Diaria. Estación Copiapó	3-36
Cuadro 3.8-3	Disponibilidad de Registros de Precipitación Mensual. Estación Copiapó	3-37
Cuadro 3.8-4	Estadística de Precipitaciones Mensuales y Anuales. Estación Copiapó. Período de Registro enero 1971 – junio 2009	3-38
Cuadro 3.8-5	Estadística de Precipitaciones Diarias Máximas. Estación Copiapó. Período de Registro enero 1971 – junio 2009	3-39
Cuadro 3.8-6	Variación de la Precipitación Media Mensual. Estación Copiapó. Período de Registro enero 1971 – junio 2009	3-41
Cuadro 3.8-7	Precipitación Diaria Máxima a escala Anual asociada a un período de retorno de 10 años, empleando Weibull. Estación Copiapó. Período de Registro enero 1971 – junio 2009	3-46
Cuadro 3.8-8	Valores de Precipitación Diaria Máxima asociados a diferentes períodos de retorno para la Subcuenca de Interés 1	3-48
Cuadro 3.8-9	Valores del Factor de Frecuencia para cuencas ubicadas en la Región de Atacama	3-49
Cuadro 3.8-10	Caudal Instantáneo Máximo, para diferentes períodos de retorno, estimados empleando Verni - King Modificado, en la Subcuenca de Interés 1.	3-49
Cuadro 3.8-11	Caudal Instantáneo Máximo, para diferentes períodos de retorno, estimados empleando Trasposición de Caudales, en la Subcuenca de Interés 2.	3-51
Cuadro 3.9-1	Lista de Especies de Flora Vascular	3-59
Cuadro 3.10-1	Fauna Detectada en el Área de Estudio	3-66
Cuadro 3.11-1	Calidad Visual de Paisaje: Criterios de Ordenación y Puntuación	3-72
Cuadro 3.11-2	Calidad Visual del Área de Estudio	3-75

Cuadro 3.11-3	Puntos de Observación	3-81
Cuadro 3.12-1	Red Vial Comuna de Copiapó para las Localidades de Copiapó, Tierra Amarilla y Paipote. 2008	3-92
Cuadro 3.12-2	Transporte público disponible la Región de Atacama.2009	3-93
Cuadro 3.12-3	Evolución Intercensal de la Población por División Administrativa de la Región de Atacama. 1992-2002	3-95
Cuadro 3.12-4	Índice de Actividad Económica, Región de Atacama	3-98
Cuadro 3.12-5	Fuerza de Trabajo y Tasa de Desocupación, Región de Atacama	3-99
Cuadro 3.12-6	Distribución de la Pobreza 2006, en Comunas de Copiapó, Tierra Amarilla y Región de Atacama	3-100
Cuadro 3.12-7	Distribución de de Viviendas y cobertura de Agua Potable, Alcantarillado y Servicio Eléctrico en Comunas de Copiapó y Tierra Amarilla	3-101
Cuadro 3.14-1	Puntos Registrados en Huella de Acceso (UTM 19S, PSAD 56)	3-109

### ILUSTRACIONES

Ilustración 3.3-1	Variación Diaria de Velocidad del Viento, 2008	3-8
Ilustración 3.3-2	Dirección Predominante del Viento Según Estaciones Meteorológicas	3-10
Ilustración 3.3-3	Rosa de viento Compuesta, Estación INACESA Copiapó Julio 2008 – Junio 2009	3-11
Ilustración 3.3-4	Rosa de viento Compuesta, Estación Principal de FHVL Julio 2008 – Junio 2009	3-11
Ilustración 3.3-5	Rosa de viento Compuesta, Estación Paipote Julio 2008 – Junio 2009	3-12
Ilustración 3.3-6	Rosa de viento Compuesta, Tierra Amarilla Julio 2008 – Junio 2009	3-12
Ilustración 3.3-7	Rosa de viento Compuesta, Estación Copiapó 2008 Julio 2008 – Junio 2009	3-13
Ilustración 3.4-1	Distancia del Proyecto a Centros Poblados	3-15
Ilustración 3.5-1	Relaciones estratigráficas del Grupo Chañarcillo (Mourgues 2004)	3-25
Ilustración 3.5-2	Marco Geológico del Área de Estudio	3-26
Ilustración 3.8-1	Variación de la Precipitación Media Mensual. Estación Copiapó	3-41
Ilustración 3.11-1	Cuenca Visual Agregada (PV1, PV3, PV10 y PV11)	3-84

**FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 3.6-1	Quebrada Intermitente al Norte del Actual Depósito de Desmonte	3-28
Fotografía 3.6-2	Quebrada Intermitente al Sureste de la Cantera Jilguero	3-28
Fotografía 3.6-3	Suelo Pedregoso en Quebrada Intermitente al Norte del Depósito de Desmonte Actual	3-30
Fotografía 3.6-4	Suelo Pedregoso en la Red de Quebradas Intermitentes al Sureste de la Cantera Jilguero	3-31
Fotografía 3.6-5	Suelo con Nula Aptitud Agrícola	3-31
Fotografía 3.8-1	Quebrada al Norte el Actual Depósito de Desmonte, Subcuenca de Interés 1	3-34
Fotografía 3.8-2	Quebrada al Sureste de la Cantera Jilguero, Subcuenca de Interés 2	3-35
Fotografía 3.11-1	Vista al Norte de Mina Jilguero	3-76
Fotografía 3.11-2	Vista al Oeste de Mina Jilguero	3-77
Fotografía 3.11-3	Vista al Sur de Mina Jilguero	3-78
Fotografía 3.11-4	Vista al Este de Mina Jilguero	3-78
Fotografía 3.11-5	Quebrada Intermitente al Norte del Actual Depósito de Desmonte	3-79
Fotografía 3.11-6	Red de Quebradas Intermitentes al Sureste de la Cantera Jilguero	3-80
Fotografía 3.11-7	Depósito de Desmonte Actual y Acopio de Caliza, Mina Jilguero	3-82
Fotografía 3.11-8	Instalaciones y Planta de Chancado, Mina Jilguero	3-82
Fotografía 3.11-9	Vista a Tierra Amarilla	3-85
Fotografía 3.11-10	Vista a Paipote y Extremo Sur de Copiapó	3-85
Fotografía 3.12-1	Vista desde el Cerro La Cruz y Área Céntrica de Copiapó	3-88
Fotografía 3.12-2	Viviendas e Iglesia de Paipote, ubicada frente a la plaza	3-89
Fotografía 3.12-3	Plaza y Multicancha de Paipote	3-90
Fotografía 3.12-4	Localización de Tierra Amarilla e Iglesia en Plaza de Armas	3-91
Fotografía 3.14-1	Panorámica de Quebrada Intermitente al Norte del Actual Depósito de Desmonte	3-105
Fotografía 3.14-2	Panorámica de Quebrada Intermitente al Sureste de la Cantera Jilguero	3-106
Fotografía 3.14-3	Vista del Área de Emplazamiento de Estructuras. Hallazgo 01	3-110
Fotografía 3.14-4	Lecho de Quebrada de Emplazamiento de Sitio Histórico. Hallazgo 01	3-110

Fotografía 3.14-5	Detalle Estructura Compatible con Horno. Hallazgo 01	3-111
Fotografía 3.14-6	Detalle de Aterramiento para Emplazamiento de Estructuras. Hallazgo 01	3-111
Fotografía 3.14-7	Restos de Fragmentos Óseos. Hallazgo 01	3-112
Fotografía 3.14-8	Fragmentos de Loza. Hallazgo 01	3-112
Fotografía 3.14-9	Restos de Vidrio de Botella de Fabricación Artesanal. Hallazgo 01	3-113
Fotografía 3.14-10	Monolito para Marca de Hallazgo	3-114

### **MAPAS**

Mapa 3.1	Ubicación Estaciones Meteorológicas y Calidad del Aire
Mapa 3.2	Subcuencas de Interés
Mapa 3.3	Estación Pluviométrica
Mapa 3.4	Flora Vascular en Categoría de Conservación
Mapa 3.5	Fauna Terrestre
Mapa 3.6	Fauna en Categoría de Conservación
Mapa 3.7	Cuenca Visual
Mapa 3.8	Patrimonio Cultural

### **APÉNDICES**

Apéndice 3-A	Datos Diarios de Precipitación
Apéndice 3-B	Fotografías Puntos de Observación de Paisaje
Apéndice 3-C	Documentación Fotográfica Paleontología

**MINERA JILGUERO S.A.  
PROYECTO DE AMPLIACIÓN MINA JILGUERO  
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL  
(Ref. No. SA202-00311/02)**

**SECCIÓN 3.0 – LÍNEA DE BASE AMBIENTAL**

**3.1 INTRODUCCIÓN**

**3.1.1 Antecedentes Generales**

En esta Sección se presenta la línea de base ambiental del área de estudio del Proyecto “de Ampliación Mina Jilguero” de Minera Jilguero S.A.

La información utilizada en la confección de la presente línea de base corresponde a literatura disponible de estudios realizados en la zona, información de organismos del estado competentes en las diversas materias y registros de estaciones monitoras instaladas en la zona para las componentes Meteorología y Calidad del Aire. Adicionalmente, se realizaron dos visitas a terreno en Noviembre de 2009 y mayo de 2010, con el objetivo de levantar información para las componentes ambientales del medio físico, biótico y Patrimonio Cultural. Es importante mencionar que el Proyecto se desarrollará en áreas de la actual operación de Mina Jilguero, por lo que también se dispuso de información recopilada por el titular, en fases anteriores de la operación de la mina.

La sección de línea de base presenta, en primer lugar, la definición del área de influencia del Proyecto, y luego se realiza la caracterización de las componentes ambientales, la que describe los siguientes elementos del medio ambiente estudiados en el área de influencia del Proyecto:

- Clima y Meteorología,
- Calidad del Aire
- Geología,
- Geomorfología y Suelo,
- Áreas de Riesgo Natural,
- Hidrología e Hidrogeología,
- Flora y Vegetación,
- Fauna Terrestre,
- Paisaje,



- Medio Humano,
- Medio Construido, y
- Patrimonio Cultural.

### **3.1.2 Proyectos con Resolución de Calificación Ambiental**

De conformidad a lo previsto en el Artículo 1° numeral 10 de La Ley 20.417, que dispone que los EIA deberán considerar “La descripción de la línea base, que deberá considerar todos los proyectos que cuenten con resolución de calificación ambiental, aún cuando no se encuentren operando”.

En el área de influencia del Proyecto, no se identifican proyectos con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable. No obstante, el Cuadro 3.1-1 presenta los proyectos próximos al área de influencia del Proyecto que cuentan con RCA favorable, indicando el nombre del proyecto, el titular, la forma de ingreso (DIA o EIA), el número de la resolución y la fecha de la misma.

**Cuadro 3.1-1 Proyectos con RCA Favorable, Próximos al Área de Influencia del Proyecto**

Proyecto	Titular	Forma de Ingreso	Nº Resolución	Fecha Resolución
Prospección Minero Sol Naciente	Minera Nittetsu Chile Ltda	DIA	141	13/052008
Optimización Planta Cal Copiapó	Industria Nacional de Cemento S.A. (INACESA)	EIA	97	18/05/2007
Acueducto Chamonate - Candelaria (e-seia)	Compañía Contractual Minera Candelaria	DIA	273	02/09/2008
Traslado Parcial Línea 110 kV Sector Relaves Candelaria (e-seia)	Empresa Eléctrica de Atacama (EMELAT) S.A.	DIA	87	27/03/2008
Expansión Minería Subterránea Candelaria Norte (e-seia)	Compañía Contractual Minera Candelaria	DIA	175	22/08/2007
Rampa de Exploración Minera Candelaria Sur (e-seia)	Compañía Contractual Minera Candelaria	DIA	04	26/01/2005
Minero Subterránea Candelaria Norte (e-seia)	Compañía Contractual Minera Candelaria	DIA	94	17/12/2003
Rampa de Exploración Candelaria Norte	Compañía Contractual Minera Candelaria	DIA	84	13/09/2001
Transporte de Concentrado de Cobre a Nuevos Destinos (Modificación al Proyecto Candelaria)	Compañía Contractual Minera Candelaria	DIA	26	24/04/2000
Planta Mezcladora Diesel/aceite Usado interior Mina Candelaria	Compañía Contractual Minera Candelaria	DIA	104	11/11/1998
Estación de Combustible Auxiliar Interior Mina Candelaria	Compañía Contractual Minera Candelaria	DIA	06	26/01/1998
Conducción de Relaves desde Tranque # 8 a Tranque Candelaria	Compañía Contractual Minera Ojos del Salado	DIA	48	17/12/1997
Recepción y Almacenamiento de Relaves de Compañía Contractual Minera Ojos del Salado en Tranque de Relaves de Cía Contractual Minera Candelaria	Compañía Contractual Minera Candelaria	DIA	44	09/12/1997
Segunda Fase Proyecto Candelaria	Compañía Contractual Minera Candelaria	EIA	01	10/02/1997
Candelaria Fase I	Compañía Contractual Minera Candelaria	EIA	00	06/06/1994

Fuente: [www.seia.cl](http://www.seia.cl). Mayo de 2010.

Todos estos proyectos se encuentran operativos, por lo que los resultados que se exponen en la presente línea de base, fundamentalmente los referidos a la componente calidad del

aire, dan cuenta de éstos o los incluyen, toda vez que sus efectos están comprendidos en el área de estudio de esta componente.

### **3.2 ÁREA DE INFLUENCIA**

El área de influencia (AI) de un proyecto corresponde a la porción del territorio que se verá afectada por la construcción, operación y/o cierre del proyecto, ya sea directamente por el emplazamiento de las obras y el desarrollo de actividades, o indirectamente, es decir en un área fuera del ámbito de emplazamiento directo del proyecto.

El Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, en su letra f, artículo 12, indica que: “El área de influencia del Proyecto o actividad se definirá y justificará, para cada elemento afectado del medio ambiente, tomando en consideración los impactos ambientales potenciales relevantes sobre ellos”.

Conforme a lo anterior, el área de influencia ha sido definida esencialmente en función de la componente ambiental calidad del aire. La influencia sobre la componente calidad del aire es el resultado de la interacción de las características locales de la meteorología, la topografía local, las emisiones de fuentes fijas y móviles, y de las modificaciones que se generan con el Proyecto que se somete a evaluación.

El área de influencia del Proyecto queda circunscrita a una escala local, es decir, al entorno de Mina Jilguero.

### **3.3 CLIMA Y METEOROLOGÍA**

#### **3.3.1 Clima**

El área donde se localiza Mina Jilguero, según la clasificación de Köppen<sup>1</sup>, corresponde a una zona de transición entre un clima desértico interior presente en la depresión intermedia y un clima desértico costero, que asciende desde la costa de la región hasta las proximidades de la ciudad de Copiapó.

Las zonas con este clima poseen temperaturas moderadas y humedad suficiente para permitir la generación de algún tipo de vegetación de estepa en los sectores bajos. La amplitud térmica es importante, con diferencias entre el mes más cálido y el más frío de 7° a 8°C y una amplitud térmica diaria que alcanza del orden de 13° a 15°C. Las

---

<sup>1</sup> F. di Castri, E. Hajek. Bioclimatología de Chile. Universidad Católica. 1976.

precipitaciones son escasas y se concentran en los meses de invierno, alcanzando en la ciudad de Copiapó una media de 12 mm anuales.

Uno de los aspectos característicos del clima de la III Región, lo constituye la presencia de nubosidad y niebla costera que decae hacia el interior, donde la humedad disminuye y las temperaturas se elevan, produciendo una sequedad mayor.

### 3.3.2 Meteorología

El estudio meteorológico para el área de estudio del Proyecto de Ampliación Mina Jilguero que aquí se presenta, fue desarrollado sobre la base de los registros de la estación INACESA Copiapó, desde septiembre de 2006 hasta junio de 2009. También se incluyen los registros de la estación Principal de Fundición Hernán Videla Lira (FHVL), con registros para los años 2006, 2007, 2008 y 2009. Las coordenadas de las estaciones meteorológicas cuyos registros han sido incluidos en este análisis, así como los sensores con que cuentan cada uno de ellas, se presentan en el Cuadro 3.3-1. En el Mapa 3.1 se muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas.

**Cuadro 3.3-1 Coordenadas Geográficas de Estaciones Meteorológicas**

Estación	Sensores	Norte UTM	Este UTM
INACESA Copiapó	Anemómetro, sensor de temperatura y humedad relativa, sensor de radiación solar, barómetro.	6.972.952	378.574
Principal de FHVL	Anemómetro, sensor de temperatura y humedad relativa, sensor de radiación solar, barómetro y pluviómetro.	6.966.640	375.096

Fuente: Elaboración Propia.

El Cuadro 3.3-2 resume los registros meteorológicos de la estación INACESA Copiapó y Principal de FHVL.

**Cuadro 3.3-2 Resumen Registros Meteorológicos**

Variable	Estación Principal de FHVL				Estación INACESA Copiapó			
	2006	2007	2008	2009 <sup>2</sup>	2006 <sup>1</sup>	2007	2008	2009 <sup>2</sup>
<b>Temperatura</b>								
promedio (°C)	16,2	15,5	16	17,2		15,5	16,1	17,2
máxima (°C)	29	28,4	29,1	29,7		28,1	28,8	29,4
mínima (°C)	8,1	7,6	8,1	9,5		7,2	7,1	8,8
<b>Precipitación</b>								
acumulada (mm)	0	0	0	0		-	-	-
<b>Humedad relativa</b>								
promedio (%)	73	71	73	76		55	58	62
<b>Presión atmosférica</b>								
promedio (hPa)	952	952	952	952		948	950	946
<b>Radiación solar</b>								
promedio (W/m <sup>2</sup> )	209	232	244	228		221	242	230
<b>Velocidad del Viento</b>								
promedio (m/s)	3,1	3,0	3,0	3,0	3,1	2,8	3,1	3,1
ráfaga (m/s)	11,8	12,3	11,6	-		12,9	13,5	-

Fuente: Elaboración Propia.

<sup>1</sup> Registros a partir de septiembre de 2006

<sup>2</sup> Registros hasta junio de 2009

A continuación se presenta un breve análisis de estos datos.

### 3.3.2.1 Temperatura y Humedad Relativa

Los registros de temperatura en la estación Principal de FHVL de los años 2006, 2007 y 2008, indican que la temperatura media anual en el área de estudio se sitúa en torno a los 16 °C. La temperatura media mensual presenta un ciclo anual bien definido. Las menores temperaturas medias se presentan durante los meses de invierno (mayo a julio) donde alcanzan valores en torno a los 12 °C, éstas aumentan conforme se avanza en los meses de primavera, hasta alcanzar los mayores valores en verano, donde se mantiene en torno a los 19 °C hasta fines de marzo y comienzos de abril. No se registraron temperaturas medias mensuales inferiores a 0 °C.

Los registros disponibles en la estación de INACESA Copiapó de los años 2007, 2008 y 2009, muestran que la temperatura media anual en el sector dónde se encuentra la planta industrial es en torno a los 17 °C. Al igual que los registros de la estación Principal de FHVL, la temperatura media mensual presenta un comportamiento estacional de máximo estival y mínimo invernal. Las mayores temperaturas medias mensuales alcanzaron valores entorno a los 20 °C en los meses estivales, mientras que las menores temperaturas medias mensuales se registraron en invierno, con valores entorno a los 12 °C.

Por su parte, la humedad relativa anual registrada por la estación Principal de FHVL se sitúa en torno al 72%, mientras en la estación INACESA Copiapó es de aproximadamente 59%.

### **3.3.2.2 Presión Atmosférica Local**

Los registros meteorológicos de la estación Principal de FHVL, indican que la presión atmosférica anual del área se sitúa entorno a los 952 hPa, con variaciones entre 950 y 954 hPa en el período comprendido por los años 2006, 2007, 2008 y la primera mitad de 2009.

En la estación INACESA el valor promedio registrado de la presión atmosférica fue igual a 948 hPa, con variaciones en el período de análisis (años 2007, 2008 y 2009) entre 944 y 952 hPa.

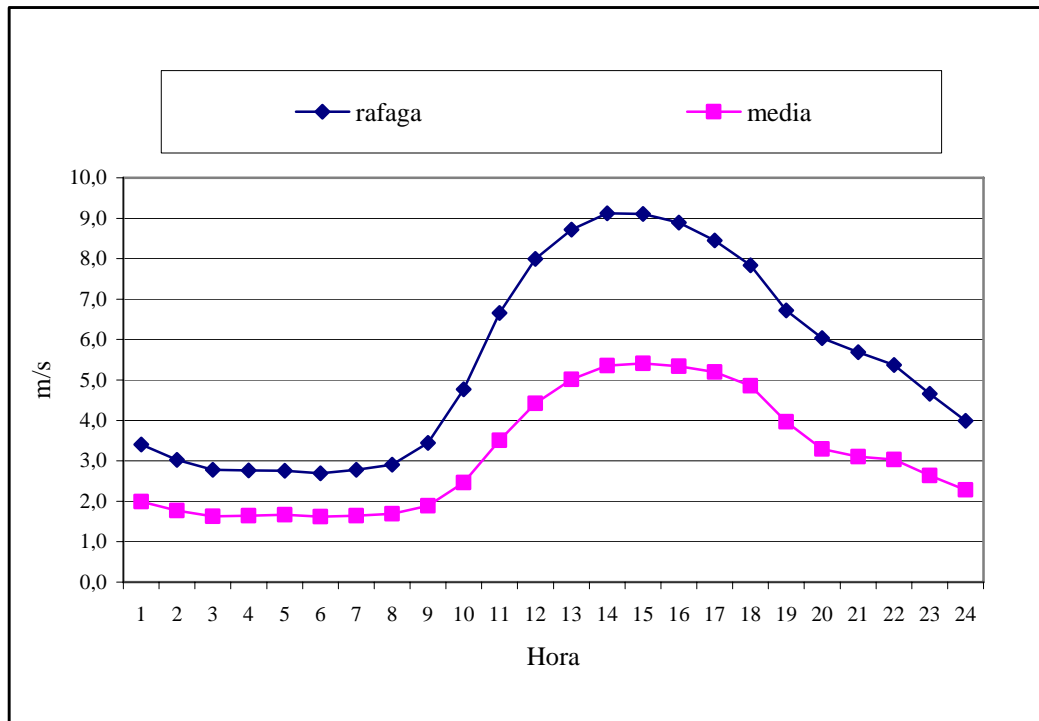
### **3.3.2.3 Radiación Solar**

No se presentan variaciones importantes en los registros de radiación solar entre ambas estaciones. En el año 2008 la radiación solar superó los 240 W/m<sup>2</sup> en ambas estaciones.

Al igual que la temperatura, la radiación solar presenta un comportamiento estacional. Las mayores radiaciones se presentan durante los meses de noviembre a febrero, mientras que las menores se presentan durante los meses de mayo a julio.

### **3.3.2.4 Régimen del Viento**

Los registros de estación INACESA Copiapó indican que la velocidad promedio de los vientos en el área (período septiembre 2006 – junio 2009) es de 3 m/s, con ráfagas que alcanzan valores de hasta 13 m/s. La representación gráfica del ciclo diario de la velocidad del viento del año 2008 se muestra en la Ilustración 3.3-1.



**Ilustración 3.3-1 Variación Diaria de Velocidad del Viento, 2008**

Como se puede observar en la Ilustración 3.3-1, la velocidad del viento presenta un ciclo diario definido, con valores constantes de velocidad media del viento entorno a los 2 m/s entre las 24 y 9 hrs, para luego aumentar hasta alcanzar el “peak” por sobre los 5 m/s alrededor de las 15 hrs. Esto indica que las mayores velocidades de viento ocurren cuando existen las mayores temperaturas, es decir, entre el mediodía y el atardecer. Las ráfagas de viento presentan un ciclo similar al promedio de las velocidades de viento.

Respecto de la dirección del viento, adicionalmente a los registros de las estaciones INACESA Copiapó y Principal de FHVL del año 2008, se contó con registros de las estaciones Paipote, Tierra Amarilla y Copiapó del mismo año. En la Ilustración 3.3-2 se presenta el patrón general de dirección del viento de las 5 estaciones monitoras consideradas en el análisis. En las Ilustraciones 3.3-3 a 3.3-7 se presentan las rosas de viento compuestas para las estaciones mencionadas.

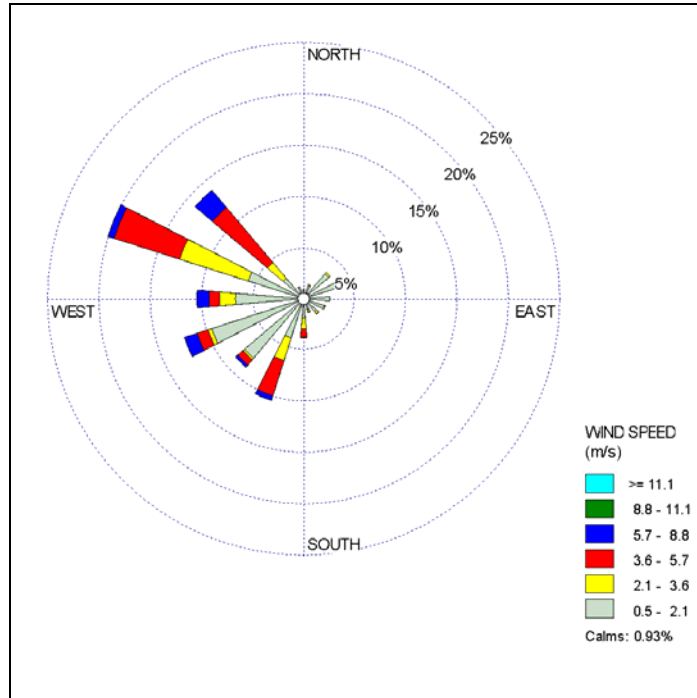
En general se observa que el patrón de viento está influenciado fuertemente por la topografía del área, ya que la dirección del viento se adecua a la orientación que presentan las quebradas por donde éste circula (Ilustración 3.3-2). Lo anterior queda en

evidencia con el patrón que presentan las distintas rosas de viento incluidas en esta línea de base.

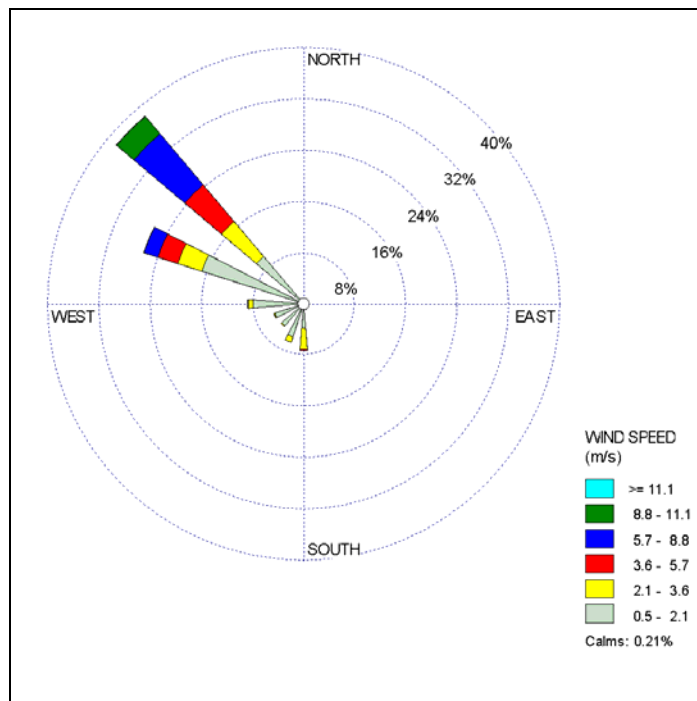




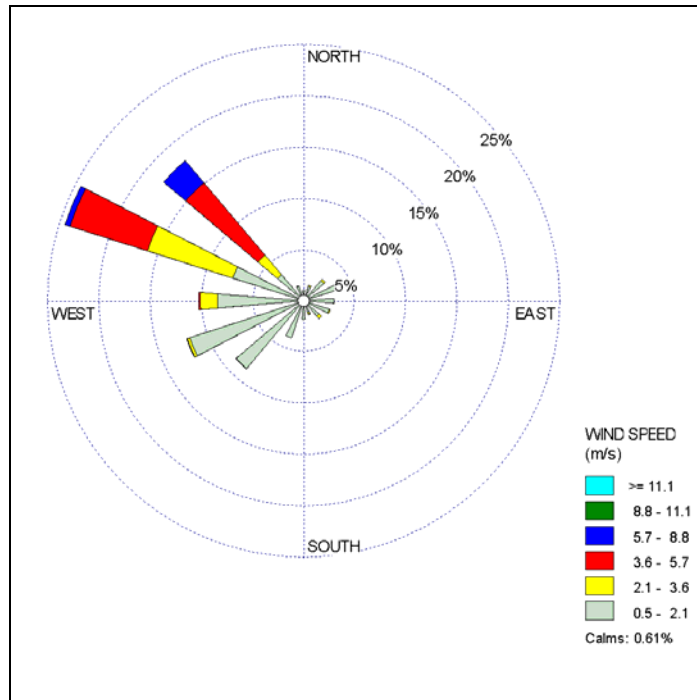
**Ilustración 3.3-2 Dirección Predominante del Viento Según Estaciones Meteorológicas**



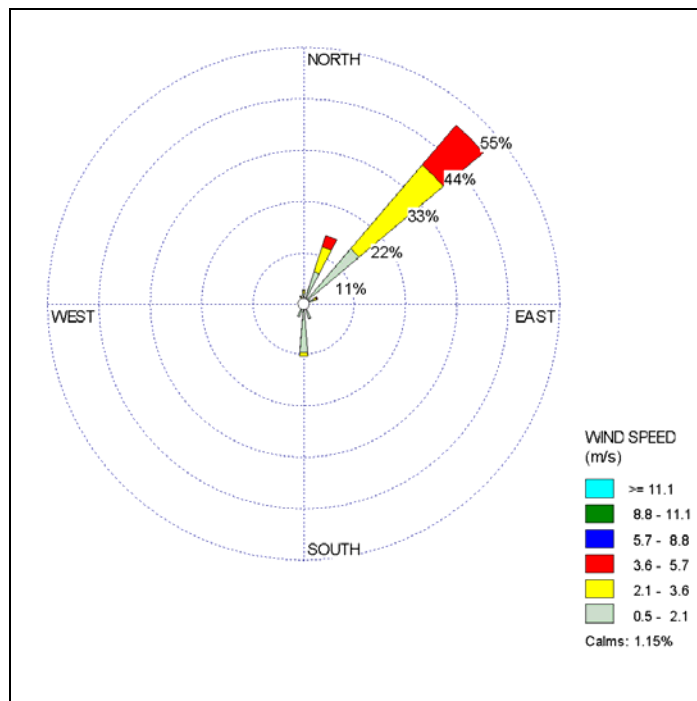
**Ilustración 3.3-3 Rosa de viento Compuesta, Estación INACESA Copiapó  
Julio 2008 – Junio 2009**



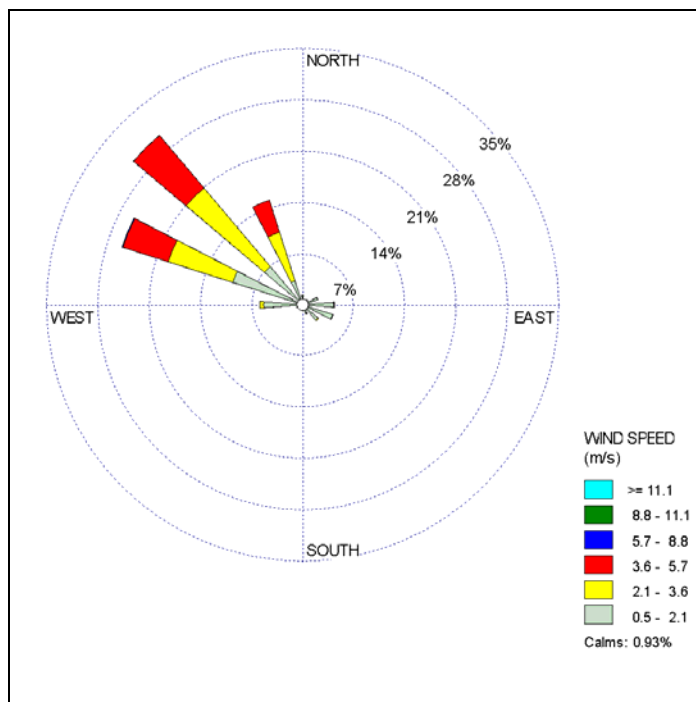
**Ilustración 3.3-4 Rosa de viento Compuesta, Estación Principal de FHVL  
Julio 2008 – Junio 2009**



**Ilustración 3.3-5 Rosa de viento Compuesta, Estación Paipote Julio 2008 – Junio 2009**



**Ilustración 3.3-6 Rosa de viento Compuesta, Tierra Amarilla Julio 2008 – Junio 2009**



**Ilustración 3.3-7 Rosa de viento Compuesta, Estación Copiapó 2008  
Julio 2008 – Junio 2009**

La dirección del viento predominante en el sector donde se ubica la planta INACESA Copiapó (Ilustración 3.3-3), corresponde a la dirección a WNW con un valor alrededor del 20% e intensidades de viento predominantes entre 3,6 y 5,7 m/s.

En la estaciones Principal de FHVL y Paipote (Ilustraciones 3.3-4 y 3.3-5 respectivamente) predominaron los vientos de dirección NW y NNW. Si bien estas estaciones son cercanas (Ilustración 3.4-2), la intensidad de vientos registrada en la estación Principal de FHVL fue mayor a la estación Paipote. En la primera se registraron vientos predominantes de dirección NW sobre el 30% con intensidades hasta el rango 8,8 – 11,1 m/s. En la estación Paipote hizo mayor influencia la componente W.

En la estación Tierra Amarilla (Ilustración 3.3-6), predominaron con cerca del 50% los vientos de dirección NE, con intensidades máximas en el rango 3,6–5,7 m/s.

En la estación Copiapó (Ilustración 3.3-7) predominaron las direcciones WNW y NW. La dirección NW presentó valores sobre el 28% con intensidades predominantes hasta el rango

3,6 - 5,7 m/s. Las direcciones WNW, NW y NNW presentaron similar distribución de intensidad del viento, aunque esta última registró menor frecuencia que las anteriores.

### 3.4 CALIDAD DEL AIRE

La caracterización de calidad del aire que aquí se presenta, se hace en términos de Material Particulado Respirable (MP10), toda vez que el mismo es el más relevante del Proyecto.

Los antecedentes utilizados para el desarrollo de esta línea de base han sido tomados de las siguientes estaciones monitoras:

- Monitoreos de calidad del aire realizados por INACESA Copiapó, en términos del material particulado respirable (MP10).
- Monitoreos de calidad del aire realizados por la Fundación Hernán Videla Lira durante los años 2006, 2007, 2008 y 2009.

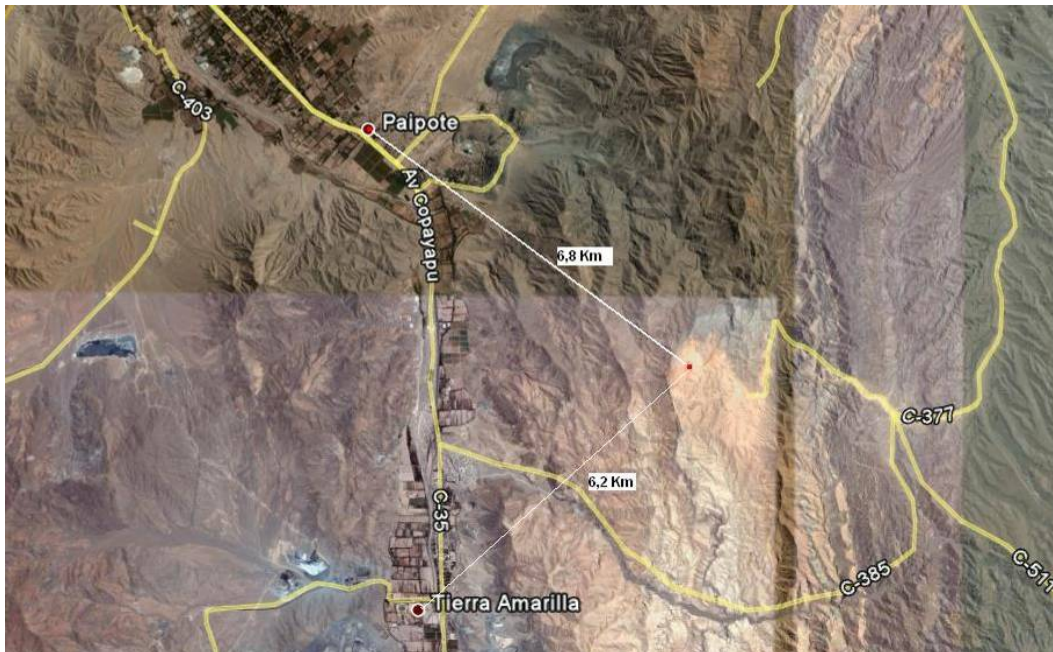
El Mapa 3.1 muestra la ubicación de las estaciones monitoras de calidad del aire incluidas en esta caracterización. El Cuadro 3.4-1 muestra la localización, parámetro medido y periodo de registro de cada estación de monitoreo.

**Cuadro 3.4-1 Ubicación Estaciones Calidad del Aire**

Estación	Norte UTM	Este UTM	Parámetro	Periodo
	m	m		
Copiapó	6.972.628	368.557	MP10	2006 – jun. 2009
Tierra Amarilla	6.960.215	374.945	MP10	2006 - jun. 2009
Paipote	6.967.090	374.356	MP10	2006 - jun. 2009
Control INACESA Copiapó	6.972.952	378.574	MP10	sep. 2006 – jun. 2009

Fuente: Elaboración Propia.

Cabe precisar que en el sector dónde se emplazan las instalaciones de Mina Jilguero, así como en su área de influencia, no existen asentamientos humanos. Los más próximos, que corresponden a Paipote (al Noroeste) y Tierra Amarilla (al Suroeste), se encuentran a más de 6 km de las instalaciones (Ilustración 3.4-1). Por lo mismo, las localidades que cubre la red de monitoreo de la Fundación Hernán Videla Lira (FHVL: Copiapó, Paipote y Tierra Amarilla), resumidas en el Cuadro 3.4-1, quedan fuera del área de influencia del Proyecto de Ampliación Mina Jilguero.



**Ilustración 3.4-1 Distancia del Proyecto a Centros Poblados**

### 3.4.1 Análisis Monitoreo MP10

#### 3.4.1.1 Estación INACESA Copiapó

En el Cuadro 3.4-2 se resumen los resultados del monitoreo de MP10, expresado en términos de la concentración promedio anual, percentil 98 ( $P_{98}$ ) y máxima diaria para cada año de registro. Los resultados muestran que la media para los años 2007 y 2008 es igual a  $78 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , y se encuentra por sobre el valor de la norma anual de MP10 ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ). Por su parte, el percentil 98 ( $P_{98}$ ) de los años 2007 y 2008 está por sobre el valor de la norma diaria ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ), alcanzando los  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  y  $179 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  respectivamente. La máxima diaria registrada en el año 2008 es de  $186 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ . Los Cuadros 3.4-3, 3.4-4, 3.4-5 y 3.4-6 muestran en detalle los resultados de monitoreo de MP10 de 24 horas del mismo período considerado, para los años 2006, 2007, 2008 y 2009.

**Cuadro 3.4-2 Resumen Registros MP10 Estación INACESA Copiapó,  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$**

Parámetro	Norma	2006 <sup>1</sup>	2007	2008	Julio 2008 – Junio 2009	2009 <sup>2</sup>
Promedio Anual	50	72	72	83	65	56
Percentil 98	150	127	160	179	130	98
Máxima Diaria	-	176	175	186	134	118

Fuente: Elaboración Propia.

<sup>1</sup> Datos tomados a partir de agosto 2006

<sup>2</sup> Datos hasta junio 2009

**Cuadro 3.4-3 Resumen Monitoreo Calidad del Aire MP10, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  Estación INACESA, 2006**

Días	Ago-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06
1		82	60		
2					
3				72	93
4		69	54		
6				127	48
7		92	44		
8					
9				100	69
10		80	61		
11					
12				54	54
13		52	36		
14					
15				42	72
16		61	85		
17					
18				80	96
19		33	59		
20	95				
21				123	38
22		52	79		
23	176				
24				64	69
25		73	60		

Días	Ago-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06
26	93				
27				68	60
28		65	68		
29	48				
30				40	
31			113		

Fuente: Elaboración Propia.

**Cuadro 3.4-4 Resumen Monitoreo Calidad del Aire MP10, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  Estación INACESA, 2007**

Días	Ene-07	Feb-07	Mar-07	Abr-07	May-07	Jun-07	Jul-07	Ago-07	Sep-07	Oct-07	Nov-07	Dic-07
1	40			102	65				84	105		
2			76									
3		52				45	103				142	56
4	82			45	91				101	113		
5			71					54				
6		50				51	75				136	54
7	53			113	37				107	77		
8			56					29				
9		70				136	65				24	
10	55			35	45				158	112		
11			108					127				
12		78				175	71				111	94
13	36			63	52				49	59		
14			44					99				
15		35				62	48				101	34
16	66			68	66				88	83		
17			75					150				
18		82				63	88				93	87
19	46			118	63				95	170		
20			73					160				
21		41				39	38				68	37
22	41			89	43				87	88		
23			72					55				
24		92				82	28				24	46
25	40			52	60				40	121		



Días	Ene-07	Feb-07	Mar-07	Abr-07	May-07	Jun-07	Jul-07	Ago-07	Sep-07	Oct-07	Nov-07	Dic-07
26			43					66				
27		43				66	46				56	49
28	71			83	44				117	27		
29			61					82				
30						77	68				28	53
31	65				34					27		

Fuente: Elaboración Propia.

**Cuadro 3.4-5 Resumen Monitoreo Calidad del Aire MP10, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  Estación INACESA, 2008**

Días	Ene-08	Feb-08	Mar-08	Abr-08	May-08	Jun-08	Jul-08	Ago-08	Sep-08	Oct-08	Nov-08	Dic-08
1	24		80					88				
2						70	134				56	20
3		51		84	130				66	32		
4	102		50					115				
5						83	117				42	73
6		71		99	127				54	130		
7	55		60					118				
8						105	130				41	25
9		74		149	146				117	126		
10	111		76					105				
11						65	72				37	42
12		128		82	112				63	51		
13	37		146					102				
14						107	63				34	37
15		97		63	147				66	110		
16	40		89					68				
17						172	106				42	49
18		63		141	107				68	108		
19	98		81					40				
20						133	100				20	23
21		94		145	185				73	36		
22	179		147					82				
23						103	74				53	46
24		131		155	59				102	31		
25	59		186					86				

Días	Ene-08	Feb-08	Mar-08	Abr-08	May-08	Jun-08	Jul-08	Ago-08	Sep-08	Oct-08	Nov-08	Dic-08
26		82				61	126				42	22
27				47	76				63	58		
28	38		78					95				
29						146	100				46	123
30				43	64				56	61		
31	29		67					89				

Fuente: Elaboración Propia.

**Cuadro 3.4-6 Resumen Monitoreo Calidad del Aire MP10, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  Estación INACESA, 2009**

Días	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09
1	41			63	59	
2			25			
3		45				52
4	31			118	57	
5			56			
6		47				45
7	35			82	58	
8			81			
9		43				46
10	56			85	52	
11			63			
12		41				63
13	23			59	95	
14			49			
15		28				116
16	33			79	98	
17			45			
18		66				98
19	41			46	60	
20			79			
21		40				92
22	69			54	77	
23			32			
24		52				78
25	37			68	89	

Días	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09
26			50			
27		28				71
28	58			71	72	
29			49			
30						99
31	33				52	

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4.1.2 Estaciones de Fundición Hernán Videla Lira

En el Cuadro 3.4-7 se resumen los registros de MP10, expresado en términos de la concentración promedio (anual y trianual) y percentil 98 (P<sub>98</sub>) de los años 2006, 2007 2008 y 2009, para las estaciones de calidad del aire que opera la Fundición Hernán Videla Lira en el sector.

**Cuadro 3.4-7 Resumen Monitoreo Calidad del Aire MP10, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ .  
Estaciones en Fundición Hernán Videla Lira (FHVL)**

Estaciones	2006		2007		2008		2009 <sup>1</sup>		Promedio	Máximo
	$\bar{X}$	P <sub>98</sub>	$\bar{X}$	P <sub>98</sub>	$\bar{X}$	P <sub>98</sub>	$\bar{X}$	P <sub>98</sub>	3 años <sup>2</sup>	Percentil 98
Copiapó	42	109	48	148	56	118	50	153	49	148
Paipote	69	172	73	191	83	131	79	259	75	259
Tierra Amarilla	65	131	80	174	75	125	65	131	73	174

1 Datos registrados hasta junio del 2009

2 Promedio considerando 2006, 2007 y 2008

Fuente: Elaboración Propia.

Si bien las localidades que cubre el monitoreo presentado en el Cuadro 3.4-1 quedan fuera del área de influencia del Proyecto, a continuación se discuten los resultados en términos de los niveles de calidad que establece el DS N° 59/1998 del Ministerio de Salud.

Los resultados del monitoreo permiten verificar que la ciudad de Copiapó presenta niveles de MP10 en el aire, inferiores a los valores primarios que establece el DS N° 59/1998 del Ministerio de Salud. En efecto, la media anual considerando los tres años (2006, 2007 y 2008) presenta un valor de  $49 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (norma primaria:  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ) y el valor máximo del Percentil 98 de la concentración en 24 horas, durante los tres años, corresponde a  $148 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (norma primaria:  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ).

Los registros en Tierra Amarilla indican que el nivel de MP10 supera la norma anual, al igual que las concentraciones de 24 horas que establece el referido decreto. En efecto, la media anual considerando los tres años presenta un valor de 73  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (norma primaria: 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ) y el valor máximo del Percentil 98 de la concentración en 24 horas, durante los tres años, corresponde a 174  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (norma primaria: 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ).

### 3.4.2 Nivel de Concentración de MP10 en el Área de Estudio

Los Cuadros 3.4-8 y 3.4-9 resumen los niveles de concentración de MP10 en las estaciones Tierra Amarilla, Paipote y Copiapó en el período 2001 – 2009.

**Cuadro 3.4-8 P98 de la Concentración de 24 horas de MP10,  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$**

Año	Tierra Amarilla	Paipote	Copiapó
2001	102	167	105
2002	84	156	91
2003	88	170	86
2004	105	172	105
2005	112	184	109
2006	130	171	101
2007	166	192	148
2008	125	180	114
2009	118	166	114

Fuente: Elaboración Propia.

**Cuadro 3.4-9 Promedios Anuales y Trianuales de MP10,  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$**

Año	Media Anual			Media Trianual		
	Tierra Amarilla	Paipote	Copiapó	Tierra Amarilla	Paipote	Copiapó
2001	50	63	39			
2002	43	61	32			
2003	48	73	38	47	65	36
2004	53	62	38	48	65	36
2005	58	66	43	53	67	40
2006	65	69	42	58	66	41
2007	83	76	48	68	70	44
2008	75	83	56	74	76	49
2009	65	76	52	74	79	52

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.5 GEOLOGÍA

#### 3.5.1 Marco Geológico Regional

El marco geológico regional del área de interés corresponde a la zona del par paleogeográfico arco y cuenca de tras arco desarrollados durante el Cretácico Inferior. En ella se exponen las raíces del arco magmático y las unidades volcánicas y sedimentarias que rellenaron la cuenca neocomiana (LEVI y AGUIRRE, 1981).

La configuración del arco y de la cuenca de tras arco estuvo controlada por un sistema extensional tipo rift, manifestado por estructuras extensionales de dirección norte-sur y por fallas de transferencia de orientación noreste - suroeste, que actuaron como zonas de traspaso de la deformación en la corteza. Este conjunto de estructuras extensionales conforman una zona de fallas, relativamente angosta, denominada Zona de Falla Atacama y que controlaría la ubicación del arco magmático neocomiano (Bonson et al., 1977). A este arco asimétrico se asocian una serie de cuencas intra arco representadas por afloramientos de lavas andesíticas en franjas norte - sur incluidas en la zona de arco, y una extensa cuenca hacia el este, dominada por potentes secuencias volcánicas, clásticas y calcáreas.

La zona que ocupaba el arco está atravesada por estructuras N20° - 30°W, oblicuas al margen, sinistral y extensionales, que en algunos casos muestran reactivaciones a fallas inversas que se asocian a cabalgamientos de carácter regional. Tales estructuras conforman una ancha zona de cizalle sinistral denominada Sistema de Falla Atacama (SFA).

Las principales unidades estratificadas corresponden a rocas sedimentarias calcáreas del Grupo Chañarcillo, definido originalmente en el sector del Valle de Copiapó por Segerstrom y Parker (1959) como la integración de las formaciones Punta El Cobre, Abundancia, Nantoco, Totoralillo y Pabellón. Sin embargo, Arévalo y Mpodozis (1991) estiman que el orden estratigráfico de la secuencia está modificado por la existencia de dos niveles de despegue de carácter regional y sugieren dividir esta secuencia en tres unidades tectónicas. La primera unidad o unidad inferior constituiría la unidad Parautóctono y estaría formada por las rocas volcánicas y volcano-clásticas de la Formación Punta El Cobre. La segunda unidad que incluye las formaciones Abundancia y Nantoco Inferior, constituida por rocas carbonatadas marinas, conforma el primer bloque alóctono o alóctono 1, despegado de la Formación Punta El Cobre. La tercera unidad corresponde a un segundo bloque alóctono o alóctono 2 y estaría constituida por rocas carbonatadas marinas de las formaciones Pabellón y Totoralillo.

Las rocas intrusivas corresponden a batolitos y stocks de composición ácida a intermedia que representan las raíces expuestas de arco magmático de Cretácico Inferior y que junto a granitoides y cuerpos subvolcánicos post neocomianos (Cretácico Superior - Paleoceno) han provocado diferentes grados de metamorfismo de contacto en las rocas intruidas. El contacto entre las rocas neocomianas y los intrusivos graníticos está marcado por una faja de metamorfismo de contacto de 1-2 Km., de ancho y que se extiende a lo largo de centenares de kilómetros, desde Copiapó hasta la Quebrada Yervas Buenas.

El metamorfismo de contacto se caracteriza por una zona interna, adyacente a los granitos, compuesta por una fase de rocas córneas de hornblenda que incluye skarn y rocas córneas calco-silicatadas. Esta fase da lugar a una zona externa de rocas corneas de albíta-epidota (Tilling, 1962).

### **3.5.2 Geología del Área de Estudio**

Según el Mapa Geológico de Chile<sup>2</sup>, el área de Mina Jilguero se encuentra ubicada sobre rocas K1m que corresponden a secuencias sedimentarias marinas litorales del cretácico inferior. Mina Jilguero se ubica específicamente en la sierra Ladrillo de Plata.

En efecto, Mina Jilguero es un yacimiento constituido esencialmente por calizas marinas de alta ley en carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>). Las calizas se asocian a un nivel de 20 a 40 m de

---

<sup>2</sup> SERNAGEOMIN, Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapa Geológico de Chile. Escala 1:1.000.000. 2002.

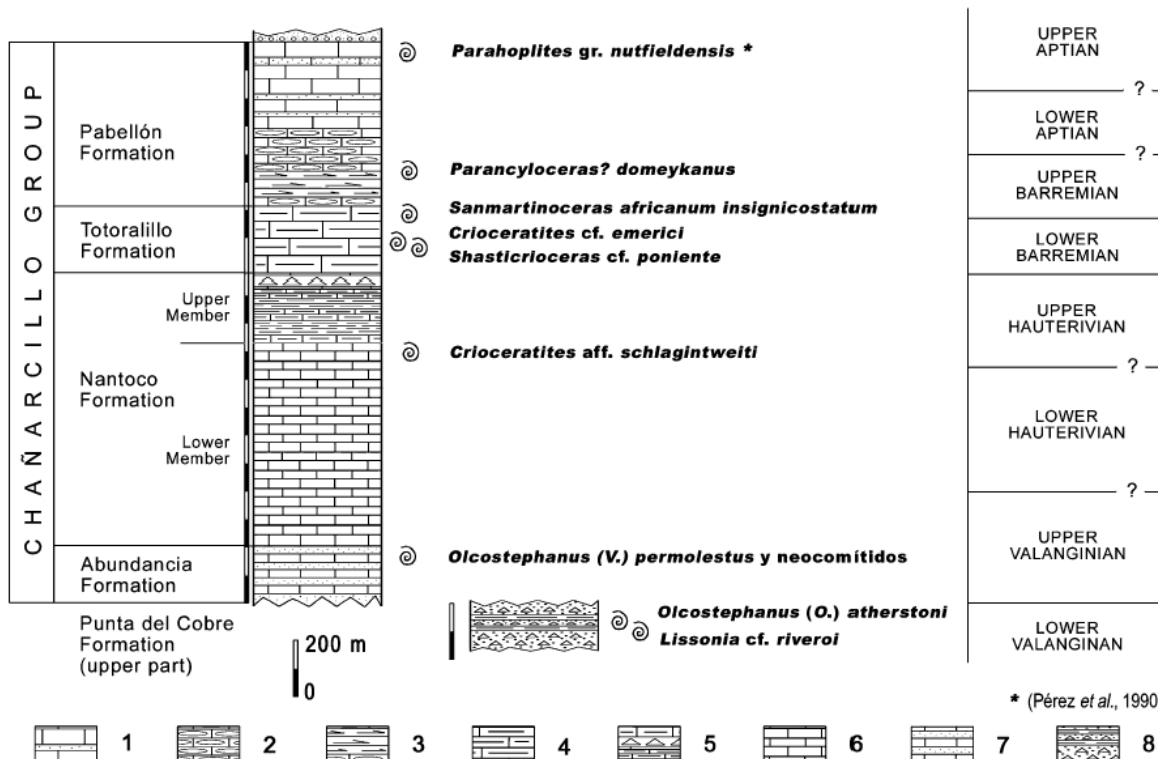
espesor, el cuál se extiende en forma meridional por más de 8 km., entre la Quebrada Cerrillo y el Cerro Ladrillo (Ilustración 3.3-1).

Este nivel carbonatado, está constituido por un conjunto de calizas negras y grises, en parte brechosas, asignadas y descritas por Biese (1942) como Miembro gama de la formación Nantoco y más tarde por Segerstrom (1962) como Miembro Superior de la formación Nantoco. Corvalan (1975) le asigna una edad comprendida entre el Hauteriviano y el Barremiano (período Cretácico).

La secuencia de estratos carbonatados de alta ley reconocidos en Mina Jilguero, aparecen regularmente estratificadas conformando un monoclinal de dirección preferencial N-S con inclinaciones entre 55° y 9° al E. La base de la secuencia corresponde a un contacto por falla con calizas del Miembro Inferior de la formación Nantoco. El límite superior viene dado por continuos escurrimientos y/o contactos concordantes, con sedimentos calcáreos de baja ley de la formación Totoralillo (Segerstrom op.cit).

Litológicamente, la formación Nantoco se compone por capas de 10 – 80 cm de calcilitas y calcilitas limosas de colores gris oscuro a gris claro de un espesor total de 750 m (Arevalo, 1995). Según el mismo autor, la parte superior de la formación, corresponde a 100 m de calizas de agua poco profundo, evaporizas y brechas calcáreas.

Las rocas de la formación Nantoco afloran en amplias partes al este y sureste de la ciudad de Copiapó. Mientras en el área de estudio, los afloramientos tienen un ancho de solamente algunos cientos de metros, en la sierra Punta del Cobre (ubicada al sur del área de estudio) ocupan superficies de una extensión de varios km<sup>2</sup>. La formación Nantoco constituye un conjunto con las formaciones Abundancia, Totoralillo y Pabellón (todos definidos por Biese, 1942) el Grupo Chañarcillo (Segerstrom y Parker, 1959, ver Ilustración 3.3-1).

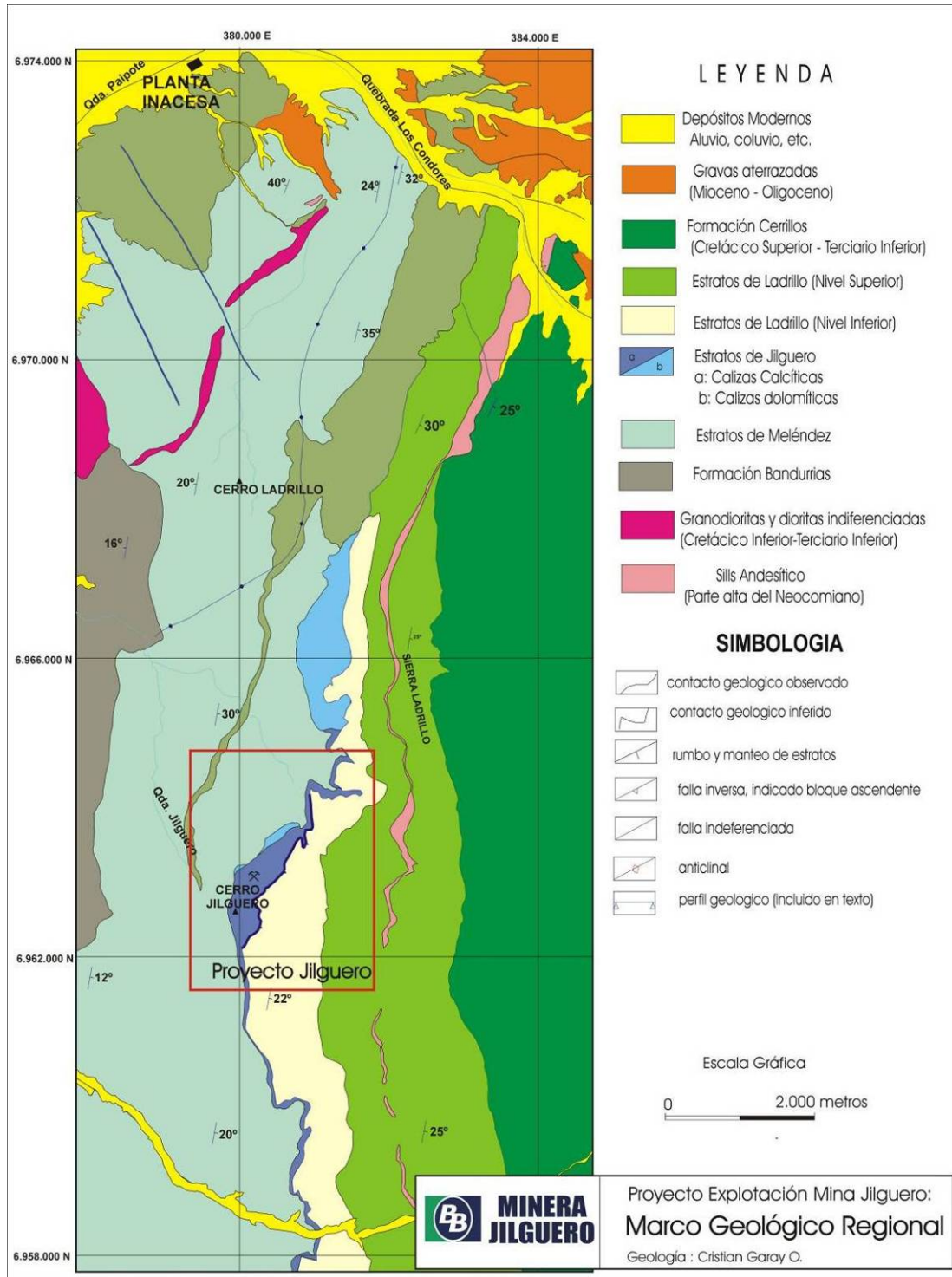


**Ilustración 3.5-1 Relaciones estratigráficas del Grupo Chañarcillo (Mourgues 2004)**

En la Ilustración 3.3-1; 1: areniscas calcáreas 2: caliza fangolítica 3: fangolita 4: margas laminadas 5: caliza y brecha calcárea con matriz evaporítica 6: calcilutitas y calcilutitas limosas 7: calcilutitas limosas con intercalaciones de arcosa 8: brecha volcanoclastica con intercalaciones sedimentarias

Localmente, una de sus características litológicas y prospectivas más importantes del área de explotación de la mina, lo constituyen por una parte sus altas leyes en  $\text{CaCO}_3$  y por otra los diversos grados de dolomitización que las afecta. Este fenómeno de enriquecimiento magnesiano ocurre a partir del extremo norte de Cerro Jilguero para culminar y acuñarse en Cerro Ladrillo, lugar donde se encuentran las más altas concentraciones de  $\text{MgO}$ .





Fuente: Proyecto "Explotación Mina Jilguero", Minera Jilguero S.A. Enero de 2009.

**Ilustración 3.5-2 Marco Geológico del Área de Estudio**

### **3.5.3 Estructuras**

Las estructuras de mayor relevancia las constituyen las fallas inversas y la presencia de algunas estructuras sedimentarias. Las fallas inversas comprenden escurrimientos de dirección NS a NNE con una inclinación promedio de 35° hacia el este.

Los pliegues están ampliamente desarrollados en el sector y corresponden a antiformes y sinformes simétricos de charnelas abiertas (120°) y ejes axiales buzando hacia el norte.

Ambos elementos estructurales originan cambios no solo en la disposición de los cuerpos calcáreos, sino también en el modelamiento topográfico del sector, que se caracteriza por abruptos cambios de pendientes.

## **3.6 GEOMORFOLOGÍA Y SUELO**

La geomorfología del área de estudio está caracterizada por dos subcuencas del río Copiapó, y en tal sentido está necesariamente limitada a sus características hidrográficas y de drenaje. Una de ellas posee una orientación Suroriente y entrega sus aguas a la quebrada de Paipote (también afluente al río Copiapó) y la segunda posee una orientación Sur y corresponde a una pequeña subcuenca que indirectamente entrega sus aguas al río Copiapó a través de la Quebrada de Meléndez (ver Apartado 3.8 Hidrología e Hidrogeología y Mapa 3.2).

El marco morfoestructural del área de estudio se inserta en la denominada provincia del Valle Longitudinal descrita por Segerstrom en 1968. El origen de esta provincia es tectónico, pero en su desarrollo han contribuido en forma más directa factores litológicos. El área de estudio presenta un relieve irregular y accidentado, predominando la alternancia de quebradas en sentido transversal con interfluvios montañosos denominados serranías.

Localmente, las instalaciones de Mina Jilguero están flanqueadas por un cordón de cerros con alturas que oscilan entre aproximadamente los 700 y 1.200 m s.n.m. El principal rasgo geomorfológico de Mina Jilguero lo constituye el hecho que la cantera Jilguero está ubicada en la cota más alta del cerro Jilguero (1.185 m s.n.m.), lo que significa estar ubicada en el inicio de las quebradas naturales que caracterizan las sierras, éstas conforman una red que confluye en una quebrada intermitente de dirección S-N (Fotografía 3.6-1) hacia el cauce principal de la quebrada Paipote, en un recorrido de aproximadamente 7,5 km desde las instalaciones de Mina Jilguero. Esta quebrada intermitente se ubica inmediatamente al Norte del actual depósito de desmonte de Mina Jilguero.



**Fotografía 3.6-1 Quebrada Intermittente al Norte del Actual Depósito de Desmonte**



**Fotografía 3.6-2 Quebrada Intermittente al Sureste de la Cantera Jilguero**

Respecto de los suelos del área de estudio, estos corresponden a Entisoles, que son suelos con una formación coluvial, delgados, poco desarrollados y conformados por material grueso, como arena, clastos tipo gravas, guijarros y piedras, y con escaso material fino correspondiente a arcilla y limos en diferentes porcentajes. Además se observan algunos suelos tipo Aridisols, caracterizados por un alto contenido de sales.

Estos suelos presentan uno o una o dos estratas, la primera está compuesta de material grueso, principalmente arenas, gravas y guijarros, la cual no presenta estructura ni textura definida. Esta estrata descansa en un horizonte compuesto de material fino, principalmente arenas mezcladas con un alto porcentaje de gravas y piedras, de color pardo rojizo oscuro. No se observa la presencia de materia orgánica.

En cuanto a pedregosidad, el suelo presenta un alto porcentaje de gravas aplanadas del tipo andesitas, filitas, dioritas, limonitas, areniscas, granitos. Se puede visualizar cerca de un 70% de piedras y guijarros en la superficie, y en profundidad se aprecian, en un alto porcentaje (30-60%), gravas tipo gruesas y medias. En cuanto a pedregosidad se puede clasificar como un suelo pedregoso (Fotografías 3.6-3 y 3.6-4).

Los suelos del área estudio son suelos clase VIII. Estos suelos tienen limitaciones muy severas y no poseen potencial para ningún fin agrícola, ganadero o forestal. Particularmente en el área de estudio, las limitaciones que presenta este suelo son; muy delgados con escasa meteorización y alto contenido de pedregosidad en profundidad, lo que no permite una adecuada retención de humedad como para realizar actividades agrícolas normales (Fotografía 3.6-5).



**Fotografía 3.6-3      Suelo Pedregoso en Quebrada Intermitente al Norte del Depósito de  
Desmante Actual**



**Fotografía 3.6-4** Suelo Pedregoso en la Red de Quebradas Intermitentes al Sureste de la Cantera Jilguero



**Fotografía 3.6-5** Suelo con Nula Aptitud Agrícola

Respecto del uso actual del suelo, la totalidad de estos están comprendidos en la concesión minera Cecilia 1 al 90, rol nacional 03203-1909-9, en la cual, en la actualidad, se encuentran las instalaciones de Mina Jilguero. En el área, al igual que en las áreas circundantes, las actividades que se han desarrollado son la exploración y explotación minera.

Según la clasificación CONAF-CONAMA<sup>3</sup>, el uso del suelo del área de estudio está catalogado como “Áreas Desprovistas de Vegetación”. Según la misma clasificación, la erodabilidad es catalogada como “moderada” en el sector de la cantera Jilguero y “baja” en el sector de la quebrada intermitente al norte del actual depósito de desmonte. Respecto de la red de quebradas intermitentes ubicada al Sureste de la cantera Jilguero, el sector Oeste de ésta presenta una erodabilidad “moderada” y el sector Este presenta una erodabilidad “baja”.

### **3.7 ÁREAS DE RIESGO NATURAL**

En el área de estudio se pueden identificar los siguientes riesgos naturales: sismicidad y aluviones.

#### **3.7.1 Sismicidad**

La ciudad de Copiapó, distante aproximadamente a 13 km de Mina Jilguero, ha sido históricamente afectada por diversos terremotos. El primer sismo del que se tienen registros ocurrió el año 1619 y el último ocurrió el año 2002, con una magnitud de 5,8° en la escala de Richter<sup>4</sup>.

El mayor sismo registrado en la zona fue de 8,3° en la escala de Richter con epicentro ubicado a aproximadamente 40 km al suroeste de la Mina<sup>5</sup>.

En términos generales, los sismos se concentran ya sea en la costa de la tercera región (interacción placa de nazca con la placa sudamericana), o en la parte cordillerana de ésta, por lo que la depresión intermedia en la que se ubica Mina Jilguero, es menos propensa a la influencia directa de sismos.

---

<sup>3</sup> Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Copiapó. 2004.

<sup>4</sup> Terremotos en Chile. Historia. <http://www.angelfire.com/nt/terremotos/chilehistoria.html>. Agosto 2006

<sup>5</sup> Servicio Sismológico Universidad de Chile. <http://ssn.dgf.uchile.cl/>. Agosto 2006.

### **3.7.2 Aluviones**

La Quebrada Paipote presenta rasgos de crecidas en toda la extensión de su cauce. En la parte alta de la Quebrada Paipote, en el sector conocido como “El Escorial” existen también signos claros de aluviones de barro.

Sin embargo, es importante destacar que no existen registros de inundación de todo el cauce de esta Quebrada. A su vez, en el área de estudio, los cauces existentes corresponden a quebradas intermitentes. De acuerdo a las características climáticas de la zona, precipitaciones invernales de importancia catastrófica, sólo comprometen los cauces activos, como es quebrada Paipote y río Copiapó, estando limitados los tributarios aledaños a bajas recargas y escaso transporte de agua, por lo que no se tienen antecedentes de inundaciones catastróficas registradas en periodos inferiores a 100 años.

## **3.8 HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA**

### **3.8.1 Hidrología**

La cuenca del Río Copiapó se encuentra situada en la región de Atacama, Chile, entre los 27 y 29 ° de latitud sur y los 69 y 71 ° de longitud oeste. Esta cuenca cuenta con una superficie de 18.540 km<sup>2</sup> y delimita por el oriente con la República Argentina. La altura promedio de la cuenca es del orden de 2.700 m s.n.m, demostrando una distribución de meseta elevada con grandes extensiones entre los 2.500 y 3.500 m s.m.m y que va perdiendo elevación de este a oeste hasta llegar al Pacífico. Entre sus elevaciones máximas se encuentran en el Nevado Jotabeche a 5.862 m s.n.m. y en el Volcán Copiapó a 6.050 m s.n.m.

Los afluentes principales del río Copiapó son los ríos Manflas, Jorquera y Pulido, los cuales aportan caudales superficiales continuos y de relativa magnitud, aunque suelen desaparecer parcial o totalmente en algunas zonas aluvionales permanentes. Otros afluentes corresponden a la quebrada de Paipote y Carrizalillo.

La quebrada Paipote intercepta el curso medio del río Copiapó a 7 km aproximadamente al Noroeste de Mina Jilguero, en el sector norte de dicha cuenca y aunque esta quebrada nace en una zona de precipitación relativamente abundante, la quebrada está generalmente seca en superficie, salvo después de las breves y escasas tormentas que se desarrollan en esta zona. La quebrada Paipote es el afluente del sector medio del río Copiapó que presenta la mayor superficie de drenaje alcanzando una extensión de aproximadamente 6.600 km<sup>2</sup>.



En la descripción de la componente Hidrología, se ha considerado como área de estudio dos subcuencas del río Copiapó; una de ellas, denominada subcuenca de interés 1, entrega sus aguas a la quebrada de Paipote (también afluente al río Copiapó) y la otra, denominada subcuenca de interés 2, corresponde a una pequeña subcuenca que indirectamente entrega sus aguas al río Copiapó a través de la Quebrada de Meléndez, ambas subcuencas se presentan en el Mapa 3.2. La primera de las subcuencas de interés (subcuenca de interés 1) posee una orientación sur oriente, una extensión de 22,92 km<sup>2</sup>, y su centro de gravedad se encuentra en las coordenadas Norte 6.965.069 m y Este 379.881 m (PSAD 56, Huso 19 Sur). La segunda de ellas (subcuenca de interés 2) posee una orientación sur, una extensión de 3,34 km<sup>2</sup>, y su centro de gravedad se encuentra en las coordenadas Norte 6.961.134 m y Este 380.066 m (PSAD 56, Huso 19 Sur)

En el área de estudio no hay presencia de cursos de agua permanentes, sólo corresponden a quebradas evacuadoras de aguas lluvias importantes (Fotografía 3.8-1 y 3.8-2).



**Fotografía 3.8-1 Quebrada al Norte el Actual Depósito de Desmonte, Subcuenca de Interés 1**



**Fotografía 3.8-2 Quebrada al Sureste de la Cantera Jilguero, Subcuenca de Interés 2**

A continuación, se presenta la caracterización del área de estudio, en función de los datos disponibles de precipitación y los análisis pluviométricos efectuados. Los antecedentes pluviométricos recopilados a nivel diario, mensual y anual fueron utilizados para caracterizar el régimen de precipitaciones en el área de estudio, y los datos de precipitaciones máximas diarias se utilizaron para la estimación de la escorrentía en las subcuencas de interés.

### **3.8.1.1 Información Pluviométrica Disponible**

Para caracterizar el régimen de precipitaciones en el área de estudio, se consideró el uso de la información pluviométrica registrada por las estaciones pluviométricas de la Dirección General de Aguas existentes en la cuenca del río Copiapó.

En la cuenca del río Copiapó existen una serie de estaciones pluviométricas, de las cuales se seleccionó la estación Copiapó para realizar este estudio. Esta estación se encuentra en la subcuenca denominada río Copiapó Bajo y es la más cercana y representativa del área de estudio (ver Mapa 3.3).

A continuación, en el Cuadro 3.8-1, se presentan las coordenadas de ubicación de la estación, su altitud y el período de registro disponible. La ubicación de la estación se presenta en el Mapa 3.3.

**Cuadro 3.8-1 Antecedentes Estación Pluviométrica empleada**

Nombre Estación	Código BNA	Coordenada N	Coordenada E	Altitud	Período de Registro
		(m)	(m)	(m s.n.m)	
Copiapó	03450004-5	6.971.037	368.392	385	1971 -2009

Nota: Coordenadas en PSAD 56 Huso 19 Sur.

Fuente: Elaboración Propia

La información registrada por la estación Copiapó corresponde a precipitación diaria. A partir de dichos registros, se generaron series mensuales y anuales de precipitación. En el Cuadro 3.8-2 y 3.8-3 se presenta la disponibilidad de información diaria y mensual registrada por la estación Copiapó.

**Cuadro 3.8-2 Disponibilidad de Registros de Precipitación Diaria. Estación Copiapó**

Año	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	C	C	C
Año	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
	C	C	NC	C	NC	C	C	C	NC	C	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	

Nota: C: Año con registro completo

NC: Año con registros diarios faltantes.

Fuente: Elaboración Propia.

**Cuadro 3.8-3 Disponibilidad de Registros de Precipitación Mensual. Estación Copiapó**

Año	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
o	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CD	C	C	C
Año	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
	C	C	NC	C	CD	C	C	C	NC	CD	C	C	C	C	C	C	C	C	NC	

Nota: C: Año con registro completo

CD: Año con meses incompletos (más de 25 días de información en meses faltantes)

NC: Año con registros mensuales faltantes.

Fuente: Elaboración Propia.

Respecto a los años con información faltante, se pueden comentar los siguientes aspectos:

- El año 2009 cuenta con registros hasta el mes de Junio.
- Sólo los años 1993 y 1999 presentan un mes sin registros, siendo enero y julio respectivamente los meses sin información.
- El resto de los años presentan registros mensuales calculados sobre la base de 25 o más registros diarios.

En el Apéndice 3-A, se presentan los datos diarios de precipitación registrados en la estación Copiapó.

### 3.8.1.2 Análisis de Precipitaciones

A partir de la serie de precipitaciones diarias de la estación Copiapó, de 38 años de extensión, se obtuvo la precipitación mensual para el período 1971 - 2009. Mediante la suma de los valores mensuales para un mismo año, se obtuvo el valor anual de la precipitación para cada año del período en estudio. En el Cuadro 3.8-4 se presenta la estadística de precipitaciones mensuales y anuales determinada para la estación Copiapó.

Adicionalmente, se determinaron las precipitaciones diarias máximas para cada uno de los meses del período de registro, comprendido entre los años 1971 y 2009. En el Cuadro 3.8-5 se presenta la estadística de precipitaciones diarias máximas determinadas para cada uno de los meses del período de estudio en la estación Copiapó.

**Cuadro 3.8-4 Estadística de Precipitaciones Mensuales y Anuales. Estación Copiapó.  
Período de Registro enero 1971 – junio 2009**

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
1971	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5
1972	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	6,5	1,6	1,4	0,0	0,0	0,0	12,5
1973	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	2,6
1975	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1979	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
1980	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	32,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,5
1981	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	2,1
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0	4,0	11,5	0,5	0,0	0,0	0,0	45,0
1984	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	4,0	17,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,7
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	0,4	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4
1987	0,0	0,0	3,5	0,0	0,3	0,0	57,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,1
1988	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,5
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,1	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	67,7
1992	0,0	0,0	5,0	0,1	25,8	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,0
1993		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,7	0,0	72,2	0,8	0,0	0,0	0,0	149,7
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7
1999	0,0	0,0	23,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	24,0
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	23,5	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2002	0,0	0,0	0,0	1,5	1,0	0,0	5,3	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,8
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9
2005	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	10,2	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	18,7
2006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	7,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	9,5
2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							

Nota: Valores sombreados en gris – mes sin información.

Valores sombreados en celeste - valor calculado con más de 25 registros diarios de precipitación.

Fuente: Elaboración Propia.

**Cuadro 3.8-5 Estadística de Precipitaciones Diarias Máximas. Estación Copiapó. Período de Registro enero 1971 – junio 2009**

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1971	0	0	0	0	0	2,5	0	2	0	0	0	0
1972	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0	1,3	1,4	0,0	0,0	0,0
1973	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0
1975	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1979	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1980	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	32,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1981	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0	4,0	11,0	0,5	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	4,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,3	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0
1987	0,0	0,0	3,5	0,0	0,3	0,0	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1988	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,7	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
1992	0,0	0,0	5,0	0,1	25,8	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1993		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,3	0,0	67,2	0,8	0,0	0,0	0,0
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1999	0,0	0,0	21,6	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	21,5	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2002	0,0	0,0	0,0	1,5	1,0	0,0	5,3	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2005	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	10,2	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0
2006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	6,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						

Nota: Valores sombreados en gris – mes sin información.

Valores sombreados en celeste - valor calculado con más de 25 registros diarios de precipitación.

Fuente: Elaboración Propia.

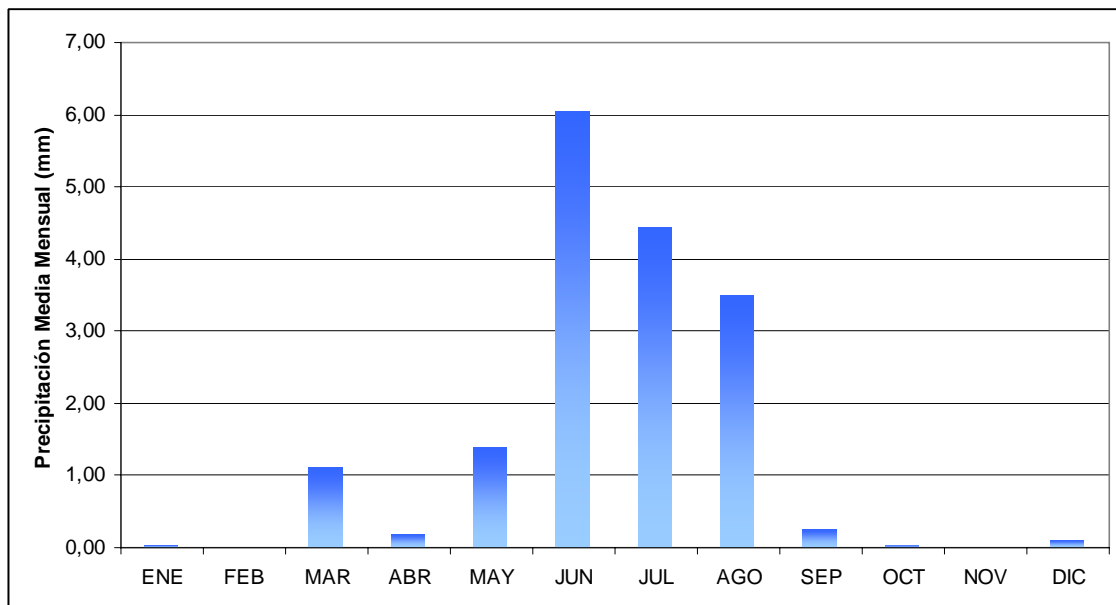
En función de los valores mensuales de precipitación calculados, se determinó el promedio mensual de la precipitación para la estación Copiapó.

En el Cuadro 3.8-6 e Ilustración 3.8-1 se presenta la variación de la precipitación media mensual de la estación Copiapó calculada para el período de registro enero 1971 – junio 2009, así como también el valor de la precipitación media anual considerando los años con registros completos (se excluyeron los años 1993, 1999 y 2009).

**Cuadro 3.8-6 Variación de la Precipitación Media Mensual. Estación Copiapó. Período de Registro enero 1971 – junio 2009**

Mes	Promedio (mm)	Porcentaje respecto al valor total anual	Meses con valores mayor a 0
Enero	0,0	0,08%	1
Febrero	0,0	0,00%	0
Marzo	1,1	6,40%	5
Abril	0,2	1,03%	4
Mayo	1,4	8,06%	9
Junio	6,0	35,06%	17
Julio	4,7	27,11%	14
Agosto	3,5	20,22%	13
Septiembre	0,2	1,42%	7
Octubre	0,0	0,15%	1
Noviembre	0,0	0,00%	0
Diciembre	0,1	0,47%	1
Anual	17,2	-	-

Fuente: Elaboración Propia.



**Ilustración 3.8-1 Variación de la Precipitación Media Mensual. Estación Copiapó**

A partir de la información presentada en el Cuadro 3.8-6 e Ilustración 3.8-1, se puede indicar que:



- La precipitación anual en la estación Copiapó, alcanza un valor de 17,2 mm anuales.
- En la cuenca, en un año promedio, puede distinguirse una estación “seca”, con casi ausencia total de precipitaciones, que dura desde octubre a febrero; y una estación “húmeda” con precipitaciones que ocurren de marzo a septiembre
- La precipitación se concentra principalmente entre los meses de marzo a septiembre, meses en los que se presenta más del 99% de la precipitación total anual.
- La precipitación máxima se registra en el mes de Junio (siendo aproximadamente el 35% del valor de la precipitación total anual).
- Es común la ocurrencia de meses sin registro de precipitaciones o con valores especialmente bajos (precipitación anual inferior a 5 mm).
- Las mayores precipitaciones, en los últimos 30 años, ocurrieron en 1997, cuando se registraron 149,7 mm anuales en la estación Copiapó.

De acuerdo a la información disponible en el estudio “Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días” de la DGA, 1991, tanto la estación pluviométrica DGA Copiapó como el centro de gravedad de las subcuencas de interés 1 y 2, se encuentran en la zona homogénea III.3 denominada Los Loros, por lo tanto el régimen de precipitaciones descrito para la subcuenca asociada a la estación Copiapó, corresponde al régimen de precipitaciones del área de estudio.

### **3.8.1.3 Análisis de Caudales Máximos**

Con el objetivo de determinar el caudal máximo pluvial en el área de estudio, área que corresponde a una subcuenca sin información fluviométrica, en primer lugar se aplicó el método empírico de Verni - King Modificado para estimar el caudal máximo pluvial en la subcuenca de interés 1 y luego, a través de trasposición de caudales, se estimó el caudal máximo pluvial en la subcuenca de interés 2.

El método empírico de Verni – King Modificado ha sido validado para las cuencas existentes entre la Región de Atacama y la Región de la Araucanía y relaciona el caudal instantáneo máximo de una crecida con la precipitación diaria máxima y el área pluvial de la cuenca, a través de una relación de potencias (Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en cuencas sin información fluviométrica, DGA, 1995).

La expresión a utilizar corresponde a la siguiente:

$$Q = C(T) * 0,00618 * (P_{24})^{1,24} * (A_p)^{0,88}$$

donde;

- Q: Caudal instantáneo máximo asociado al período de retorno T (años), expresado en m<sup>3</sup>/s.
- C(T): Coeficiente empírico de período de retorno T (años).
- P<sub>24</sub>: Precipitación diaria máxima asociada al período de retorno T (años), expresada en mm.
- A<sub>p</sub>: Área pluvial de la cuenca, expresada en km<sup>2</sup>.

Este método tiene validez para cuencas sin control fluviométrico, de régimen pluvial o nivopluvial, con áreas comprendidas entre 20 y 10.000 km<sup>2</sup> y que estén ubicadas entre la Región de Atacama y Región de la Araucanía. Su uso se limita a estimaciones de caudales para período de retorno menores a 100 años. Todas estas condiciones se cumplen para la subcuenca de interés 1, tal como se puede corroborar en los puntos siguientes.

A continuación, se presentan los valores determinados para la subcuenca de interés 1 de cada una de las variables de la fórmula de Verni - King Modificado, para su aplicación.

- Área Pluvial de la Subcuenca de Interés 1.

Se ha definido como subcuenca de interés 1, aquella presentada en el Mapa 3.2, la cual corresponde a una subcuenca del río Copiapó, que entrega sus aguas a la quebrada de Paipote (también afluente al río Copiapó) en las coordenadas Norte 6.966.944 m y Este 376.614 m (PSAD 56, Huso 19 Sur). La subcuenca de interés 1 posee una orientación sur oriente, una extensión de 22,92 km<sup>2</sup>, y su centro de gravedad se encuentra en las coordenadas Norte 6.965.069 m y Este 379.881 m (PSAD 56, Huso 19 Sur).

La subcuenca de interés 1 se encuentra aproximadamente en la latitud 27,5° Sur y para dicha latitud, la elevación promedio de la línea de nieves corresponde a la cota 2.690 m s.n.m (Peña Vidal, 1993). Sin embargo, las alturas máximas que definen los límites de la subcuenca presentan valores comprendidos entre los 1.100 y 1.150 m s.n.m, de este modo, por encontrarse toda la extensión de la subcuenca bajo la cota

2.690 m s.n.m el área total de la subcuenca corresponde al área pluvial, es decir, el área pluvial de la subcuenca de interés 1 posee una extensión de 22,92 km<sup>2</sup>.

- Precipitación Diaria Máxima asociada al período de retorno T (años).  
Para estimar la precipitación máxima en la subcuenca de interés 1, se empleó la información pluviométrica de la estación Copiapó y el plano de isoyetas, escala 1:500.000 del estudio “Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días” de la DGA, 1991.

A partir de la información pluviométrica disponible en la estación Copiapó (estación existente más cercana a la cuenca de interés), se determinaron los valores de precipitación diaria máxima para el período comprendido entre enero 1971 y junio 2009 (ver Cuadro 3.8-5). Empleando la información contenida en el Cuadro 3.8-5, se determinaron los valores de precipitación diaria máxima a nivel anual para la estación Copiapó, los cuales se presentan en el Cuadro 3.8-6.

**Cuadro 3.8-6 Precipitación Diaria Máxima a escala Anual. Estación Copiapó. Período de Registro enero 1971 – junio 2009**

Año	Pp Diaria Max - Anual (mm)	Año	Pp Diaria Max - Anual (mm)
1971	2,5	1989	11,4
1972	6,0	1990	0,0
1973	8,0	1991	32,7
1974	2,6	1992	25,8
1975	4,0	1994	0,0
1976	8,0	1995	1,5
1977	12,5	1996	0,0
1978	0,0	1997	68,3
1979	0,5	1998	2,2
1980	32,0	2000	21,5
1981	7,0	2001	0,0
1982	1,5	2002	10,0
1983	29,0	2003	1,5
1984	12,0	2004	5,3
1985	4,4	2005	10,2
1986	4,5	2006	0,0
1987	22,8	2007	0,5
1988	1,0	2008	6,0

Nota: Se descartaron los años 1993, 1999 y 2009 por no presentar información en determinados meses del año.

Fuente: Elaboración Propia

A partir de los datos de precipitación diaria máxima a escala anual (Cuadro 3.8-6), y una distribución de probabilidad del tipo Weibull, se determinó la precipitación diaria máxima asociada a un período de retorno de 10 años para la estación Copiapó (es decir, para una probabilidad de excedencia de 10% ). Dicho valor se presenta en el Cuadro 3.8-7.

**Cuadro 3.8-7 Precipitación Diaria Máxima a escala Anual asociada a un período de retorno de 10 años, empleando Weibull. Estación Copiapó. Período de Registro enero 1971 – junio 2009**

<b>Período de Retorno (años)</b>	<b>Probabilidad de Excedencia</b>	<b>Pp Diaria Máxima (mm)</b>
10	10,0%	29,9

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a lo indicado en el Cuadro 3.8-7, la precipitación máxima diaria a escala anual para un período de retorno de 10 años para la estación Copiapó corresponde a 29,9 mm.

Para relacionar la precipitación diaria máxima para un período de retorno de 10 años de la estación Copiapó con la precipitación diaria máxima para un período de retorno de 10 años en el centro de gravedad de la subcuenca de interés 1, se empleó la distribución de isoyetas en la cuenca del río Copiapó indicada en el plano de isoyetas, escala 1:500.000 del estudio “Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días” de la DGA, 1991.

Es importante destacar que tanto la estación pluviométrica DGA Copiapó como el centro de gravedad de la subcuenca de interés 1, se encuentran en la zona homogénea III.3 denominada Los Loros.

Según el plano de isoyetas, la precipitación diaria máxima para un período de retorno de 10 años en la estación Copiapó (considerando interpolación de isoyetas) corresponde a 25,5 mm, en cambio la precipitación diaria máxima para un período de retorno de 10 años en la estación Copiapó determinada empleando el análisis de precipitaciones corresponde a 29,9 mm (ver Cuadro 3.8-7). La diferencia de aproximadamente un 15% entre el valor de precipitación diaria máxima para un período de retorno de 10 años determinado a través del plano de isoyetas y el análisis de precipitaciones máximas antes indicado, radica en que los períodos de análisis son diferentes. Así, el período usado para la elaboración del plano de isoyetas (DGA, 1991) comprende información disponible entre los años 1938 a 1987 ampliada y rellenada, en cambio el empleado en este estudio comprende a información pluviométrica disponible entre los años 1971 y 2009.

Por lo tanto, se consideró más apropiado emplear el valor de precipitación diaria máxima estimado a través del análisis de precipitaciones antes mencionado (29,9 mm) en vez del indicado en el plano de isoyetas, ya que corresponde a un valor obtenido a partir de información actualizada. Adicionalmente, y dado que la diferencia es de aproximadamente 15% entre el valor estimado y el determinado a través del plano de isoyetas (DGA, 1991), se adoptó la distribución de las isoyetas indicada en el plano de isoyetas para la estimación de la precipitación diaria máxima en el centro de gravedad de la subcuenca de interés 1.

De acuerdo a lo anterior, considerando que el valor de la precipitación diaria máxima para un período de retorno de 10 años en la estación Copiapó corresponde a 29,9 mm y empleando la distribución de isoyetas indicada en el plano DGA, 1993, la precipitación diaria máxima para un período de retorno de 10 años en el centro de gravedad de la subcuenca de interés 1 corresponde a 34,9 mm.

Para conocer la precipitación máxima asociada a un período de retorno distinto a 10 años (entre 2 y 100 años) para una duración de un día, se recomienda emplear los coeficientes de frecuencia ( $CF_T$ ) indicados en el estudio “Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días” de la DGA, 1991, los cuales se presentan en el Cuadro 3.8-8. Empleando dichos coeficientes, la precipitación diaria máxima asociada a un período T corresponderá a:

$$P_{24}^T = CF_T * P_{24}^{10}$$

En el Cuadro 3.8-8 se presentan los coeficientes  $CF_T$  y los valores de precipitación diaria máxima asociados a diferentes períodos de retorno para la subcuenca de interés 1, estimados a partir del valor de la precipitación diaria máxima para un período de retorno de 10 años en el centro de gravedad de la cuenca de interés de 34,9 mm.

**Cuadro 3.8-8 Valores de Precipitación Diaria Máxima asociados a diferentes períodos de retorno para la Subcuenca de Interés 1**

Período de Retorno T (años)	CF T	Pp Diaria Máxima (mm)
2	0,352	12,285
5	0,738	25,756
10	1,000	34,900
20	1,252	43,695
50	1,575	54,968
100	1,817	63,413

Nota: Coeficientes de Frecuencia obtenidos de estudio “Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días” de la DGA, 1991, para la Zona Homogénea denominada III.3 Los Loros, en la cual se encuentra el centro de gravedad de la cuenca de interés y la estación Copiapó.

Fuente: Elaboración Propia.

- Coeficiente empírico de período de retorno T (años).

El coeficiente empírico de período de retorno T años, se obtiene a base del correspondiente coeficiente asociado a un período de retorno de T=10 años, es decir, C(T=10años). Este último coeficiente es variable de acuerdo a la región en la que se encuentra la cuenca de interés. En este caso, la subcuenca de interés 1 se encuentra en la Región de Atacama, por lo tanto C (T=10 años) es igual a 0,027.

Ahora para estimar el coeficiente C(T) para diferentes períodos de retorno, se debe calcular el valor del factor de frecuencia C(T)/C(T=10 años) y luego se debe multiplicar éste por el coeficiente asociado al período de retorno de 10 años. En el Cuadro 3.8-9 se presentan los valores del factor de frecuencias para cuencas ubicadas en la Región de Atacama.

**Cuadro 3.8-9 Valores del Factor de Frecuencia para cuencas ubicadas en la Región de Atacama**

Período de Retorno T (años)	C (T) / C(T=10)
2	0,90
5	0,95
10	1,00
20	1,10
50	1,23
100	1,32

Fuente: Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en cuencas sin información pluviométrica, DGA, 1995

- Caudal Instantáneo Máximo de Período de Retorno T.  
Determinadas las variables que definen la expresión de Verni - King Modificado, se calculó el caudal asociado a la subcuenca de interés 1, cuyos valores se presentan en el Cuadro 3.8-10.

**Cuadro 3.8-10 Caudal Instantáneo Máximo, para diferentes períodos de retorno, estimados empleando Verni - King Modificado, en la Subcuenca de Interés 1.**

Período de Retorno T (años)	C (T=10)	C (T) / C(T=10)	Pp (24) (mm)	Ap (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)
2	0,027	0,90	12,28	22,92	0,05
5	0,027	0,95	25,76	22,92	0,14
10	0,027	1,00	34,90	22,92	0,22
20	0,027	1,10	43,69	22,92	0,31
50	0,027	1,23	54,97	22,92	0,46
100	0,027	1,32	63,41	22,92	0,60

Fuente; Elaboración Propia

De acuerdo a lo indicado en el Cuadro 3.8-10, se tiene que el caudal instantáneo máximo asociado a precipitaciones diarias máximas (entre mayo – agosto) con un período de retorno de 10 años es de 0,22 m<sup>3</sup>/s, en la subcuenca de interés 1.

Determinados los caudales instantáneos máximos para diferentes períodos de retorno en la subcuenca de interés 1, empleando Verni - King Modificado, se determinaron los



caudales instantáneos máximos para diferentes períodos de retorno para la subcuenca de interés 2, empleando el método de trasposición de caudales, debido a lo siguiente:

- Tanto la subcuenca de interés 1 y 2 se encuentran en la misma zona homogénea de régimen de precipitaciones.
- La subcuenca de interés 1 y 2 se encuentran en la misma ubicación geográfica (ambas se encuentran aproximadamente en la latitud 27,5° S).
- Ambas subcuencas de interés no presentan escurrimientos permanentes.
- La isolínea de precipitación máxima diaria para un período de 10 años (DGA, 1991) que pasa por los centros de gravedad de ambas subcuencas de interés es aproximadamente 30 mm.
- La superficie de la subcuenca de interés 2 es de 3,34 km<sup>2</sup>, superficie que no permite la aplicación del método de Verni – King Modificado directamente para la estimación de los caudales instantáneos máximos para diferentes períodos de retorno.

De acuerdo a lo anterior, se realizó una trasposición de caudales en función del área pluvial de cada una de las subcuencas de interés y los caudales instantáneos máximos, para diferentes períodos de retorno, empleando la siguiente expresión:

$$Q^1 / A_p^1 = Q^2 / A_p^2$$

donde:

$Q^i$ : Caudal instantáneo máximo asociado al período de retorno T (años), expresado en m<sup>3</sup>/s, para la subcuenca de interés i.

$A_p^i$ : Área pluvial de la cuenca, expresada en km<sup>2</sup>, para la subcuenca de interés i.

De este modo, los caudales instantáneos máximos, para diferentes períodos de retorno, para la subcuenca de interés 2, se presentan en el Cuadro 3.8-11.

**Cuadro 3.8-11 Caudal Instantáneo Máximo, para diferentes períodos de retorno, estimados empleando Trasposición de Caudales, en la Subcuenca de Interés 2.**

Período de Retorno T (años)	Subcuenca de Interés 1		Subcuenca de Interés 2	
	Ap <sup>1</sup> (km <sup>2</sup> )	Q <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> /s)	Ap <sup>2</sup> (km <sup>2</sup> )	Q <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /s)
2	22,92	0,05	3,34	0,007
5	22,92	0,14	3,34	0,020
10	22,92	0,22	3,34	0,032
20	22,92	0,31	3,34	0,045
50	22,92	0,46	3,34	0,067
100	22,92	0,6	3,34	0,087

Fuente; Elaboración Propia

De acuerdo a lo indicado en el Cuadro 3.8-11, se tiene que el caudal instantáneo máximo asociado a precipitaciones diarias máximas (entre mayo – agosto) con un período de retorno de 10 años es de 0,032 m<sup>3</sup>/s para la subcuenca de interés 2.

### 3.8.2 Hidrogeología

El área de estudio se emplaza en las inmediaciones del río Copiapó, estudios hidrogeológicos del valle de Copiapó del SERNAGEOMIN y del Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania concluyen que las unidades geológicas que conforman, tanto en rellenos sedimentarios como su basamento rocoso impermeable, se clasificaron según sus potencialidades para experimentar recarga, almacenar y transmitir agua. Sus propiedades hidrogeológicas se calcularon a partir de un catastro de pozos ya existentes.

El mayor potencial hidrogeológico corresponde a las unidades sedimentarias no consolidadas y que están vinculadas con potenciales fuentes de recarga, específicamente a alternancia de ripios gravas, arenas, limos, y arcillas genéricamente asociados a la actividad cuaternaria. Las aguas subterráneas ubicadas entre Nantoco y Copiapó son dulces y salobres.

La Quebrada Paipote forma parte de un acuífero que corre paralelo a la dirección de la quebrada, en dirección SSW hasta su confluencia con el río Copiapó. Este curso de aguas escurre por un lecho de rocas del período terciario sedimentario volcánico y cretácico mixto sedimentario y volcánico de muy baja permeabilidad.

Actualmente Mina Jilguero extrae su agua industrial desde un pozo ubicado a un costado del cauce de la Quebrada Paipote<sup>6</sup>. De los datos del pozo, se puede estimar que el acuífero se encuentra a 130 m de profundidad. Los análisis de calidad de aguas realizados indican que, en comparación con la normativa chilena de riego (NCh 1.333/78), las aguas de la Quebrada Paipote se encuentran dentro de los límites de esta normativa, con excepción de los parámetros boro (2,7 mg/l), cloruros (1.420 mg/l) y sulfato (920 mg/l). La Dirección General de Aguas no posee puntos de monitoreo en Quebrada Paipote, sin embargo datos históricos de análisis de calidad de aguas en sus estaciones de monitoreo del río Copiapó, específicamente la Estación Piedra Colgada<sup>7</sup>, ubicada aguas abajo de la confluencia del Río Copiapó con la Quebrada Paipote, indican valores de boro, cloruros y sulfatos de 2,7; 130 y 850 mg/l. Estos resultados podrían indicar que las concentraciones de estos parámetros en el acuífero de Quebrada Paipote sean condiciones naturales de éste, con excepción del cloruro.

El área de estudio se ubica en quebradas de poca profundidad que sólo aporta cauces efímeros generados por lluvias esporádicas.

### **3.9 FLORA Y VEGETACIÓN**

A continuación se presenta la línea de base de flora y vegetación del presente EIA. Ésta incluye la definición del área de estudio, metodología de trabajo, revisión bibliográfica, los resultados de la prospección en el área de estudio y un listado de especies, en la cual se incluye su categoría de conservación de acuerdo a la legislación nacional.

#### **3.9.1 Antecedentes Generales**

El área de estudio se inserta en un ambiente árido de características desérticas, el cual desde un punto de vista biogeográfico a nivel continental, queda incluido en la Región Neotropical, Dominio Andino-Patagónico, Provincia del Desierto (Cabrera & Willink, 1973).

Desde el punto de vista de la vegetación el área de estudio está incluida en la formación vegetal del Desierto Florido los Llanos, formación vegetal que se caracteriza por poseer una cobertura rala de arbustos bajos, con presencia de especies geófitas y efímeras que se asocian a eventos de precipitaciones. Esta formación se extiende desde las llanuras arenosas de Vallenar por el sur hasta el norte de Copiapó, sin embargo, los sectores más altos del

---

<sup>6</sup> Este pozo se ubica en coordenadas UTM Prov 56 6.973.889N y 379.278E.

<sup>7</sup> Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Copiapó. 2004.

área de estudio poseerían características mas similares al Desierto Estepario del Salvador, a pesar de que esta formación presentaría comunidades de estepa en sectores de mayor altitud, y asociados a cursos de agua permanentes (Gajardo, 1994), situación que difiere a la registrada en el área de estudio.

Luebert & Pliscoff (2006) describen para el área de estudio, la presencia de un piso vegetacional Matorral desértico mediterráneo interior de *Skytanthus acutus* y *Atriplex desertícola*, estas especies arbustiva conforman un matorral muy abierto que es permanente, y se asocian a otros arbustos como *Encelia canescens*, *Fagonia chilensis*, *Alona rostrata* otras especies del genero *Heliotropium*, además existiría una componente herbácea asociada a precipitaciones esporádicas, especies pertenecientes a los géneros *Argilia*, *Nolana*, *Calandrinia* y *Tetragonia*.

### **3.9.2 Objetivos**

Los objetivos de la línea base de flora y vegetación son:

- Determinar la riqueza florística y vegetacional del área de estudio con el fin de analizar el valor de diversidad biológica de este componente.
- Identificar las asociaciones de las especies de plantas en el área del Proyecto, para describir las formaciones de vegetación, y
- Establecer la presencia, riqueza, composición y estado de conservación de especies de plantas vasculares presentes en el área en que se desarrollará el Proyecto.

### **3.9.3 Estado de Conservación**

Para establecer el estado de conservación de la flora local, se emplearon los listados de carácter nacional actualmente disponibles, las cuales correspondieron a las listas pertenecientes a los procesos de clasificación establecidos recientemente por CONAMA a partir del año 2005, los cuales son de carácter de oficial y el libro rojo de la Flora Amenazada de la Región de Atacama y Estrategias para su Conservación (Squeo el *al.*, 2008)<sup>8</sup>, que actualmente se considera de carácter referencial.

Las categorías de conservación dadas por las publicaciones anteriormente señaladas, se presentan a continuación ordenadas de mayor a menor relevancia:

---

<sup>8</sup> Documento usado como referencial, para las especies no consideradas en los procesos de clasificación llevados a cabo por la CONAMA.

- E: En Peligro.
- V: Vulnerable.
- R: Rara.
- I: Insuficientemente Conocida.

### **3.9.4 Planificación del Estudio**

Para realizar la línea base de flora y vegetación se realizaron dos campañas en el área de estudio (350 ha) una durante el mes de noviembre de 2009, con la finalidad de realizar una caracterización de las especies y formaciones de vegetación una vez avanzada la época de primavera, y otra en mayo de 2010, posterior a la estación más seca.

### **3.9.5 Metodología Utilizada**

Las campañas definidas consideraron la prospección en terreno del equipo de trabajo, teniendo como resultado la caracterización de la flora y la vegetación presentes en dicha área, en dos estaciones del año distintas, cada una con diferentes condiciones de humedad y temperatura. Esta metodología busca observar potenciales cambios en la estructura de esta componente en el tiempo.

La línea base de flora y vegetación del área de estudio, consideró trabajo de gabinete y en terreno.

#### **3.9.5.1 Gabinete**

Corresponde a la revisión bibliográfica sobre flora y vegetación referida al área de estudio, que incluye:

- Especies y comunidades que existan potencialmente en el sitio o en los alrededores del mismo; y
- Proximidad del sitio a áreas protegidas.

En gabinete se realizó la identificación bibliográfica de especies potenciales descritas para el área de estudio y adicionalmente se identificó las que se encuentran categoría de conservación, de acuerdo a las listas señaladas anteriormente. Esta identificación comienza en la etapa previa al trabajo en terreno, que se explica a continuación, y continúa luego de éste.

### **3.9.5.2 Terreno**

Corresponde a la identificación en terreno de los componentes locales de la flora y la vegetación. Para ello, se recorrieron los diferentes transectos, considerando:

- Sector Depósito Norte: Recorrido de una franja de 50 m de ancho a cada lado del fondo de quebrada, lo cual permitió cubrir el área de estudio con presencia de esta componente, puesto que zonas como laderas de cerros son descritas para el área con ausencia de flora o vegetación, lo que fue verificado desde puntos cercanos, siendo estas sin embargo, abordadas de todas formas en términos mas amplios.
- Sector Mina - Planta: Recorrido de toda el área.
- Sector Deposito Sur: Recorrido de una franja de 50 m de ancho a cada lado del fondo de quebrada y recorrido de laderas.

### **3.9.6 Metodología de Muestreo**

#### **3.9.6.1 Flora**

Se llevo a cabo un muestreo estratificado y un inventario de las especies, comprendiendo los diferentes tipos de hábitat, tales como por ejemplo, los fondos de quebrada.

Las plantas se identificaron en terreno sobre la base de la experiencia del investigador. Aquellas que no se pudieron identificar en terreno, se herborizaron y determinaron en gabinete, con la ayuda de la literatura pertinente.

Respecto de la flora, el muestreo tuvo por objetivo establecer:

- La composición, es decir, identificar las especies que forman la flora del área del Proyecto.
- La riqueza de especies, es decir, el número de especies de plantas vasculares que crecen en el área.
- Detectar las especies de flora en categorías de conservación y endemismos de distribución muy restringida.

Para cada especie se indicaron los siguientes atributos:

- Nombre científico: La nomenclatura de las especies sigue a Marticorena & Quezada (1989) y la literatura taxonómica más reciente, especialmente Marticorena & Rodríguez (1995, 2001, 2003 y 2005).

- Nombre o nombres vulgares: los que se obtuvieron de Gajardo (1994) y Squeo et al. (1994);
- Familia a la que pertenece.
- Formas de crecimiento:
  - Árboles: Plantas leñosas con uno o pocos troncos principales.
  - Arbustos: Plantas leñosas, ramificadas desde la base.
  - Suculentas: Plantas con tallos u hojas de consistencia suculenta.
  - Hierbas perennes: Plantas que poseen órganos de resistencia subterráneos y rebrotan en primavera.
  - Hierbas anuales: Plantas que sobreviven a la estación desfavorable sólo mediante sus semillas.
- Origen geográfico:
  - Especies nativas: son las que estaban en Chile a la llegada de los españoles.
  - Especies alóctonas asilvestradas o introducidas: son aquellas que llegaron posteriormente y que se encuentran actualmente asilvestradas.

### **3.9.6.2 Vegetación**

Respecto de la vegetación, el muestreo tuvo por objetivo:

- Clasificar la vegetación del área del Proyecto en formaciones.
- Producir una cartografía donde se represente la distribución de las formaciones en el área de Proyecto.
- Detectar particularmente aquellos tipos de vegetación (formaciones) con una distribución geográfica muy restringida.

La clasificación de las comunidades vegetales se efectuó con base en la metodología sugerida por Etienne & Prado (1982) denominada “Carta de Ocupación de Tierras” (COT). Ésta corresponde a un tipo de clasificación de comunidades vegetales que se basa en criterios de dominancia y fisonomía. El parámetro en que se basa la clasificación es la abundancia de las especies y se estima visualmente. Las unidades cartografiadas se denominan “formaciones de vegetación”.

Las formaciones se caracterizan por una combinación de formas biológicas y especies dominantes. Los tipos biológicos (fisonómicos) considerados son: “leñoso alto”, para los árboles; “leñoso bajo” (LB), para los arbustos; “suculento”, para cactáceas y bromeliáceas; y “herbáceo” (H), para las hierbas perennes y anuales.

La cobertura del tipo vegetacional se define con la siguiente escala:

- < 1%: suelo desnudo (sd)
- 1: 1-5%: muy escasa (me)
- 2: 5-10%: escasa (e)
- 3: 10-25%: muy clara (mc)
- 4: 25-50%: clara (c)
- 5: 50-75%: poco densa (pd)
- 6: 75-90%: densa (d)
- 7: 90-100%: muy densa (md)

### **3.9.7 Resultados**

A continuación se presentan los resultados correspondientes al levantamiento de información de flora y vegetación en el área de estudio del Proyecto.

#### **3.9.7.1 Flora**

Como antecedente a saber, se ha descrito que la flora para la Región de Atacama alcanza un total de 1.099 especies, de ellas 980 corresponden a especies nativas de Chile (Squeo *et al.*, 2008), sin embargo, en el área de estudio se registró un total de 20 especies de plantas vasculares, lo que representa solo un 2% de la flora nativa de la región.

Como se señala anteriormente, en términos generales, los sectores estudiados se caracterizan por poseer una nula presencia de plantas alóctonas o introducidas (Cuadro 3.9-1), dando cuenta que los ambientes zonales son de difícil colonización para ellas, esto último también se explica por la ausencia de ganado y agricultura en las áreas de estudio. En los ambientes prospectados solo se detectó la presencia de especies endémicas o nativas no endémicas.

Con respecto a la flora detectada en el área de estudio, las cuales corresponden a las zonas de expansión del área mina y de los depósitos, se identificaron 20 especies de plantas vasculares. De ellas 11 corresponden a arbustos, tres a hierbas perennes, una hierba anual y cinco a cactáceas. De todas éstas, 17 especies son endémicas. No se encuentran especies introducidas. La lista de ellas mostrando su nombre científico y vulgar, la forma de crecimiento, el origen geográfico y su estado de conservación se presenta en el Cuadro 3.9-1.



En relación a las especies de flora vascular en categoría de conservación detectadas en las zonas prospectadas, se identificaron siete especies que se listan en el Cuadro 3.9-1 y Mapa 3.4, de las cuales solo una se encuentra clasificada en la listas oficiales de la CONAMA, como Vulnerable y las restantes seis se encuentran citadas en el documento de referencia (Squeo et *al.* 2008) utilizado, de las cuales dos tienen categoría de Insuficientemente Conocidas y las otras cuatro como Vulnerable, las restantes especies están clasificadas como Fuera de Peligro.

**Cuadro 3.9-1 Lista de Especies de Flora Vascular**

Espece	Familia	Nombre Común	Forma de Crecimiento	Origen Geográfico	Estado de Conservación según Libro Rojo de la Región de Atacama <sup>1</sup>	Estado de Conservación Según Proceso de Clasificación de Especies <sup>2</sup>
<i>Tetragonia angustifolia</i> Barn.	Aizoaceae	Pasto Aguanoso	Fanerófita	Endémica	Fuera de Peligro	-----
<i>Cynanchum deserticola</i> Flores & Watson	Asclepiadaceae	Saumerio	Sufrútice	Endémica	Fuera de Peligro	-----
<i>Baccharis confertifolia</i> Bertero ex Colla	Asteraceae	Chilca	Fanerófita	Endémica	Insuficientemente Conocida (Vulnerable?)	-----
<i>Heliotropium myosotifolium</i> (DC.) Reiche	Boraginaceae	Palo negro	Fanerófita	Endémica	Fuera de Peligro	-----
<i>Heliotropium floridum</i> (DC.) Clos	Boraginaceae	Palo negro	Fanerófita	Endémica	Fuera de Peligro	-----
<i>Cumulopuntia sphaerica</i> (C.F. Först.) E.F. Anderson	Cacataceae	Gato	Cactácea	Nativa	Fuera de Peligro	-----
<i>Copiapoa aff. megarrhiza</i> Britt. & Rose	Cactaceae	S/N	Cactácea	Endémica	Vulnerable	Vulnerable
<i>Eriogyne aff. eriosyzoides</i> (F. Ritter.) Ferryman	Cactaceae	S/N	Cactácea	Endémica	Vulnerable	-----
<i>Eriogyne confinis</i> (F. Ritter) Katter.	Cactaceae	Quisco rojo	Cactácea	Endémica	Vulnerable	-----
<i>Schoenoplectus aff. pungens</i> (Vahl) Palla	Cyperaceae	Junquillo	Hierba perenne	Nativa	Fuera de Peligro	-----
<i>Atriplex clivicola</i> I. M. Johnst.	Chenopodiaceae	Sereno, Kañiwa, Payekoa	Fanerófita	Endémica	Fuera de Peligro	-----
<i>Krameria cistoidea</i> H. et A.	Krameriaceae	Panul	Fanerófita	Endémica	Fuera de Peligro	Fuera de Peligro
<i>Balbisia microphylla</i> (Phil.)	Ledocarpaceae	Copa de Oro	Fanerófita	Endémica	Insuficientemente	-----

Espece	Familia	Nombre Común	Forma de Crecimiento	Origen Geográfico	Estado de Conservación según Libro Rojo de la Región de Atacama <sup>1</sup>	Estado de Conservación Según Proceso de Clasificación de Especies <sup>2</sup>
<i>Reiche</i>					Conocida	
<i>Nolana albescens</i> Lindl.	Nolanaceae	S/N	Fanerófita	Endémica	Fuera de Peligro	-----
<i>Nolana salsoloides</i> (Lindl.) I. M. Johnst.	Nolanaceae	S/N	Fanerófita	Endémica	Fuera de Peligro	-----
<i>Nolana sedifolia</i> Poepp.	Nolanaceae	S/N	Sufrútice	Endémica	Fuera de Peligro	-----
<i>Adesmia argentea</i> Meyen	Papilionaceae	Varilla	Fanerófita	Endémica	Fuera de Peligro	-----
<i>Cortaderia aff. rudiusscula</i> Staf.	Poaceae	Cola de Zorro	Hierba perenne	Nativa	Vulnerable	-----
<i>Cistanthe longiscapa</i> (Barn.) Carolin ex Hershk.	Portulacaceae	Pata de Guanaco	Hierba perenne	Endémica	Fuera de Peligro	-----
<i>Eriosyce aurata</i> (Pfeiff.) Backeb. var. <i>spinibarbis</i> (F. Ritter) Katt.	Cacataceae	Sandillon	Cactácea	Endémica	Vulnerable	-----

1 = Estado de conservación según Squeo et al. 2008 (Flora Amenazada de la Región de Atacama y Estrategias para su Conservación)

2 = DS 50/2008, MINSEGPRES, Aprueba y oficializa nomina para el segundo proceso de clasificación de especies según su estado de conservación.

### **3.9.7.2 Vegetación**

El área de estudio presenta una fuerte alteración respecto de sus condiciones de vegetación natural. Esta fuerte intervención responde al uso minero histórico que ha tenido esta zona, a lo que se suma lo árido de la región, lo cual genera un paisaje de vegetación de escasa cobertura, con individuos que parecen estar permanentemente marchitos.

En el área prospectada, en general, se observan formaciones vegetacionales homogéneas correspondientes a una matriz arbustiva de especies bajas a muy bajas con cubrimientos que no superan el 1% de la superficie, acompañadas en la mayoría de los casos por una matriz herbácea mono específica de muy escaso cubrimiento. En el sector del Depósito Norte, la vegetación se asocia principalmente a fondos de quebrada. Esta zona al ubicarse a una altitud inferior (750 a 1.100 m s.n.m.) posee una condición de humedad particular, con nubosidad que cubre el sector en las mañanas, y que proviene desde sectores más bajos de la cuenca del río Copiapó, esto no ocurre en el sector de Depósito Sur, zona que posee escasa vegetación de cobertura inferior a la observada en el otro sector (Depósito Norte), el relieve de pequeñas quebradas y la altitud que lo ubica entre los 1.000 y 1.100 m s.n.m. aproximadamente, lo que genera un paisaje de laderas desnudas sin vegetación con algunos individuos aislados, principalmente en fondos de quebradas. A pesar de lo mencionado con anterioridad, el porcentaje señalado para fines vegetacionales es considerado como suelo desnudo o desprovisto de vegetación (<1%), situación que es observada en todos los sectores del área de estudio, lo cual finalmente no permite realizar una cartografía con formaciones vegetacionales para la zona, ya que como se indica anteriormente, el área presenta una casi nula presencia de vegetación y por ende de formaciones de ellas, sin embargo si se evidencia la presencia de individuos aislados pertenecientes a flora vascular, como se indica e le acápite anterior.

### **3.10 FAUNA TERRESTRE**

La presente caracterización corresponde a la línea base de fauna terrestre del área de estudio. En ésta se incluye la identificación de especies detectadas en el área de prospección y que se encuentran en alguna categoría de conservación, de acuerdo a la legislación nacional, la definición del área de estudio, antecedentes bibliográficos y los resultados de la prospección en las áreas de exploración del Proyecto.

### **3.10.1 Antecedentes Generales**

El área de estudio se inserta en un ambiente general árido de características desérticas, el cual desde un punto de vista biogeográfico a nivel continental, queda incluido en la Región Neotropical, Dominio Andino-Patagónico, Provincia del Desierto (Cabrera & Willink, 1973).

Desde un punto de vista zoogeográfico, la III Región de Atacama forma parte de las comunidades desérticas definidas por Mann (1960) y que se caracterizan por la presencia de un reducido grupo de animales. Aunque no hay especies de vertebrados exclusivas de esta ecorregión y todos los taxa son compartidos con la zona mediterránea central (ubicada más al sur), entre las especies de fauna más característica destacan la iguana (*Callopiastes palluma*), la lagartija de Atacama (*Liolaemus atacamensis*), el chorlo de campo (*Oreopholus ruficollis*), el minero (*Geositta cunicularia*), la bandurrilla (*Upucerthia dumetaria*) y el yal (*Phrygilus fruticeti*); entre los mamíferos el ratón oliváceo (*Abrothrix olivaceus*), el lauchón orejudo (*Phyllotis darwini*) y el zorro chilla (*Lycalopex griseus*) (Mann, 1960; Torres-Mura, 2005). Osgood (1943), usando la distribución de los mamíferos, define toda la zona desértica entre Tarapacá y Coquimbo como parte de la “Región Mastozoológica Atacameña” caracterizada por un marcado gradiente latitudinal y la presencia de especies como el murciélago oreja de ratón atacameño (*Myotis atacamensis*) y varias especies de los géneros *Abrothrix* y *Phyllotis*. Recientemente, y para los mamíferos no voladores, Contreras (2000) comprueba que la riqueza de especies aumenta de este a oeste en la zona árida mediterránea y tipifica el desierto por su baja riqueza de especies y homogeneidad media, en comparación con otras zonas del país.

### **3.10.2 Objetivos**

Los objetivos de la línea base de fauna terrestre son:

- Caracterizar la fauna de vertebrados del área de estudio del Proyecto en términos de su presencia y de su relevancia local o nacional,
- Determinar la presencia de especies de fauna en categorías de conservación,
- Reconocer hábitats de relevancia para la conservación de las especies de fauna, e
- Identificar zonas en las que el emplazamiento de las obras del Proyecto podrían ser críticas para la conservación de estas especies.

### **3.10.3 Estado de Conservación**

Para generar un catastro de las especies posibles de encontrar en el área de estudio se realizó una revisión de la literatura general sobre fauna del norte grande (III Región) y específica en relación al área en que se inserta el Proyecto.

Como parte de la información complementaria sobre la fauna del área de estudio, se consideraron las obras generales de Osgood (1943), Miller & Rottmann (1976), Mann (1978), Pine et al., (1979), Rau & Muñoz (1985), Campos (1986), Tamayo et al. (1987), Redford & Einsenberg (1992), Muñoz & Yañez (2000) sobre mamíferos; de Johnson (1965, 1967, 1972), Araya & Millie (1991), Araya et al. (1995), Fjeldsa & Krabbe (1990), Goodall, et al. (1946, 1951) y Martínez & González (2005) sobre aves y de Cej (1962), Díaz (1983), Veloso & Navarro (1988), Mella (2005) y Pincheira-Donos & Nuñez (2005) sobre anfibios y reptiles.

Se reconocen como especies en categoría de conservación, aquellos vertebrados citados en el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade 1993) y en la Cartilla de Caza del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG 1998). A partir de 2005 la clasificación de especies la realiza CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente) generando las listas con base al análisis conjunto con especialistas y al D.S. 75/2005 del MINSEGPRES, Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres. También se consideraron aquellas especies incluidas en la lista de aves amenazadas de Birdlife International (Collar et al., 1992; Birdlife, 2002) y lo propuesto por Díaz-Páez (2003) para los anfibios. El Reglamento y el Libro Rojo utilizan las categorías En Peligro, Vulnerable, Rara, Inadecuadamente Conocida y Fuera de Peligro.

### **3.10.4 Planificación del Estudio**

Para realizar la línea base de fauna terrestre se realizaron dos campañas en el área de estudio (350 ha) una durante el mes de noviembre de 2009, con la finalidad de realizar una caracterización de las especies de vertebrados terrestres, una vez avanzada la época de primavera, y otra en mayo de 2010, posterior a la estación más seca, esto con la finalidad de caracterizar los potenciales cambios estacionales de la fauna presente en el área de estudio.

### **3.10.5 Metodología Utilizada**

La campaña definida consideró el reconocimiento en terreno de toda el área de estudio. Su resultado es la caracterización de la época de primavera.

La línea base de fauna terrestre del área de estudio, consideró trabajo en gabinete y en terreno.

#### **3.10.5.1 Gabinete**

Corresponde a la revisión bibliográfica sobre fauna terrestre referida al área de estudio. En gabinete se realizó la identificación de especies potenciales para el área del Proyecto y que se encuentran en Categoría de conservación, de acuerdo con el Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade, 1993), en la Cartilla de Caza del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG, 1998) e incluyendo las establecidas recientemente por CONAMA en 2005. También se consideraron aquellas especies incluidas en la lista de aves amenazadas de Birdlife International (Collar et al., 1992, Birdlife 2002) y lo propuesto por Díaz-Páez (2003) para los anfibios. Esta identificación comenzó en la etapa previa al trabajo en terreno, que se explica a continuación y luego del trabajo en terreno, si es que ello es necesario en la medida que se realicen nuevos hallazgos no documentados en la bibliografía disponible.

#### **3.10.5.2 Terreno**

Corresponde a la identificación en terreno de los componentes locales de fauna terrestre. Para ello, se recorrieron los diferentes tramos y sectores, considerando:

- Sector Depósito Norte: Recorrido de una franja de 50 m de ancho a cada lado del fondo de quebrada y recorrido de laderas.
- Sector Mina - Planta: Recorrido de toda el área.
- Sector Depósito Sur: Recorrido de una franja de 50 m de ancho a cada lado del fondo de quebrada y recorrido de laderas.

#### **3.10.6 Métodos de Muestreo**

**Herpetozoos:** La riqueza y abundancia específica de reptiles se determinó mediante la búsqueda activa. De acuerdo al área de estudio se realizaron transectos estándares para el estudio de la fauna (en este caso transectos de 200 m de largo y de 10 m de ancho) para determinar su riqueza y abundancia relativa. La cantidad de transectos estuvo determinada por los microhabitat que se encontraron en el área de estudio. Cada vez que estos animales se observaron fuera del momento de búsqueda activa, su riqueza y abundancia también fue registrada.

**Aves:** Se realizaron censos donde se registraron todas las aves avistadas y/o escuchadas para determinar la riqueza y abundancia de este componente de la fauna. Para ello se

realizaron transectos de 200 m de largo y de ancho variable, considerando la estructura de la vegetación y la geomorfología del sitio. Los anchos variables se deben a que muchas veces las aves son escuchadas muy distantes de los puntos de registro escogidos preliminarmente y de igual manera deben ser incluidas en el censo.

Mamíferos: La riqueza y abundancia de mamíferos se registró por medio de evidencias directas (avistamiento u observación directa) e indirectas, tales como fecas, huellas, restos óseos o madrigueras.

### **3.10.7 Resultados**

En la visita a terreno fue posible observar que el área posee una alta aridez con ausencia de lluvias recientes.

En el área de estudio, no existen áreas de concentración de fauna, ni humedales, ni áreas sensibles para la biota, la presencia de fauna se remitió mayoritariamente a las evidencias indirectas, como la presencia de madrigueras de roedores y observación de fecas, solo pudiendo observarse a través de evidencia directa dos aves tales como Jote de Cabeza Negra y Mero Gaucho, y un reptil (Lagartija de Atacama), tal como se señala en el Cuadro 3.10-1 (ver Mapas 3.5 y 3.6), lo cual resulta esperable para el área, ya que casi en su totalidad se evidencia un suelo que se encuentra prácticamente desnudo muy carente de vegetación.



**Cuadro 3.10-1 Fauna Detectada en el Área de Estudio**

Espece	Nombre Común	Origen	Conservación	Forma de Detección
<b>Mamíferos</b>				
<i>Abrothrix olivaceus</i>	Ratón Oliváceo	Nativa	Caza permitida	Indirecta
<i>Lycalopex sp</i>	Zorro	Nativa		Indirecta
<i>Lama guanicoe</i>	Guanaco	Nativa	En Peligro	Indirecta
<i>Capra hircus.</i>	Cabra	Introducido	No Clasificada	Indirecta
<i>Canis familiaris</i>	Perro	Introducido	No Clasificada	Indirecta
<i>Eqqus sp</i>	Equino no determinado	Introducido	No Clasificada	Directa*
<b>Aves</b>				
<i>Agriornis montana</i>	Mero Gaucho	Nativa	No Clasificada	Directa
<i>Coragyps atratus</i>	Jote de Cabeza Negra	Nativa	No Clasificada	Directa
<i>Geositta spp</i>	Minero	Nativa	No Clasificada	Indirecta
<b>Reptiles</b>				
<i>Liolaemus atacamensis</i>	Lagartija de Atacama	Endémica	Rara	Directa

\*Restos óseos de *Eqqus sp*.

En base a los resultados de este estudio, el área de estudio corresponde a una zona de alta intervención antrópica asociada a actividad minera histórica, esta condición genera condiciones especiales para la introducción de especies domésticas, que podrían asilvestrarse.

En la región de Atacama se han registrado un total de 137 especies de vertebrados terrestres, corresponden a 17 mamíferos terrestres, 100 aves terrestres, 18 reptiles y 2 anfibios (CONAMA, 2002; Cofre & Vilina, 2008; Vidal, 2008). En este contexto en el área de estudio se registraron 3 mamíferos nativos que representan el 17% de los mamíferos terrestres de la región y 3 mamíferos introducidos, 3 aves y 1 reptil que corresponden al 3% de las aves terrestres y al 6% de los reptiles de la región, sin embargo de estas 10 especies solo 3 fueron observadas en forma directa, una de ellas correspondió a restos óseos, el resto corresponden a hallazgos y registros indirectos, como madrigueras, excrementos y huellas.

Los mamíferos presentes en el área de estudio, fueron en casi su totalidad registrados en forma indirecta como el ratón oliváceo (*Abrothrix olivaceus*). En el caso del guanaco (*Lama guanicoe*), se registraron senderos dejados por esta especie en diversas zonas dentro y fuera del área de estudio, sin embargo no correspondería a actividad actual en la zona, ya que esta especie se describe con poblaciones aisladas en esta latitud del país (Cunazza,

1992; Gonzalez et al., 2000, 2009; Iriarte, 2009); es posible que este sector constituyera en el pasado un sector de paso para esta especie hacia las zonas más bajas, con mayor fuente de alimento y agua. Los registros indirectos de zorros (*Lycalopex sp.*) se observaron en caminos y fondos de quebrada, los cuales correspondieron a excremento y huellas, en estas especies se describen grandes desplazamientos entre diversos sectores, estrategia que utilizan en la búsqueda de alimento, no han sido observado directamente en el área de estudio.

En el área de estudio se registro directa e indirectamente a perros, ganado caprino y equino, animales utilizados como compañía, fuentes de alimento y animales de transporte y carga, en el caso del equino (*Equus sp.*) se observo restos de un cadáver, en una zona del sector Deposito Sur, asociado a un pique minero de antigua data, actualmente sin actividad, huellas de cabras (*Capra hircus*) y una hembra canina con crías (*Canis familiares*), fueron observados en la zona más baja del sector Deposito Norte (ver Mapa 3.5), es importante destacar la escasa cobertura vegetal en el área de estudio en general (ver Apartado 3.9 Flora y Vegetación), lo que implica que el alimento para los herbívoros probablemente fue llevado hasta el sector, o estos se alimentaron en sectores de baja altitud, donde existe, y además hay acceso a fuentes de agua, condición que se cumple en quebrada Meléndez, sector ubicado al sur del área de estudio y fuera de los límites de ésta.

El resto de los vertebrados muestra bajas abundancias y escasos registros, el caso de las aves es notable, ya que la baja riqueza de especies en el área de estudio, puede estar relacionada con la casi nula presencia de fuentes de alimento y agua. De este grupo se puede destacar al mero gaucho (*Agriornis montana*) y el jote de cabeza negra (*Coragyps atratus*), únicas aves registradas en forma directa en el sector Depósito Norte. Es importante destacar que no hubo registros directos de aves en la zona más alta del área de estudio, sector Depósito Sur, ni en el sector de las actuales instalaciones de Mina Jilguero (sector Mina-Planta), en esta última zona podría esperarse mayores registros debido a las potenciales fuentes de alimento y agua, situación que no ocurrió en ninguna de las campañas.

Solo en la campaña de mayo 2010 y en la zona más alta se registró una especie de reptil, la lagartija de atacama (*Liolaemus atacamensis*), especie que fue observada en fondos de quebrada y zonas de pequeños roqueríos, sin embargo, la abundancia de esta especie fue muy baja con un total de un individuo observado en las 350 ha que comprende el área de estudio.

Cabe destacar que dada la condición de desierto, casi no se observaron ejemplares de fauna directamente y los signos de su presencia fueron escasos a través de la detección indirecta, considerando en consecuencia que esta es un área poco relevante en relación a la presencia de fauna y con ausencia de sitios de interés para el desarrollo de ésta.

### **3.11 PAISAJE**

#### **3.11.1 Antecedentes Generales**

El área de estudio se inserta en un clima desértico, el cual desde un punto de vista biogeográfico a nivel continental, queda incluido en la Región Neotropical, Dominio Andino-Patagónico, Provincia del Desierto (Cabrera y Willink, 1973).

Los ambientes de la Provincia del Desierto, se caracterizan por una elevada aridez, producto de precipitaciones concentradas en el período invernal (escasas y eventuales), con un marcado régimen torrencial. La vegetación presenta una estructura media a baja, y corresponde principalmente a arbustos con hojas pequeñas y caedizas o ausentes, con tallos verdosos y en muchos casos espinosos. Los grados de cubrimientos son generalmente de claros a escasos, sin llegar a cubrir el 20% de la superficie, salvo situaciones puntuales, en donde producto de un aporte particular y localizado de agua, es posible reconocer mayores cubrimientos.

A nivel nacional, de acuerdo con Gajardo (199412), el Proyecto se encuentra 27 km al Este del área emplazada como la formación del Desierto florido de los llanos, correspondiente a la región del Desierto, sub-región del Desierto florido, quedando fuera del área donde se produce el fenómeno de desierto florido.

#### **3.11.2 Metodología**

La metodología para la elaboración de la presente línea de base, se desarrolló en dos etapas, una de trabajo en terreno en el área de estudio y otra de trabajo en gabinete, que consistió en el análisis de los datos obtenidos.

##### **3.11.2.1 Etapa de Terreno**

Se realizaron dos campañas de terreno, una en noviembre de 2009 y otra en mayo de 2010. En éstas se realizó un completo recorrido del área estudio del Proyecto, la que comprende la totalidad del área en que actualmente desarrolla sus operaciones Mina Jilguero y sobre la cual desarrollará sus actividades el Proyecto.

En el área de estudio, según el “método de observación directa in situ” (Litton,1973), se efectuaron los siguientes trabajos:

**i. Definición de las Unidades de Paisaje Encontradas en el Territorio Estudiado**

Se entiende por *unidad de paisaje* las áreas o sectores homogéneos dentro del territorio. Sus límites se definen según características morfológicas, vegetacionales y espaciales en común, y según el similar tipo de respuesta visual ante posibles acciones antrópicas.

**ii. Recursos Visuales del Área de Estudio**

Se registró la presencia, si hubiese, de los siguientes elementos del paisaje:

- **Áreas de Interés Escénico:** Se definen como zonas o sectores que por sus características (formas, líneas, texturas, colores, etc.) otorgan un importante grado de valor estético al paisaje.
- **Marcas Visuales de interés:** Son elementos puntuales que aportan belleza al paisaje de forma individual, y que por su dominancia en el marco escénico, adquieren significancia para el observador.
- **Cubierta Vegetal Dominante:** Se refiere a las formaciones vegetales que son relevantes dentro del paisaje (bosques, matorrales, estepas, praderas, etc.).
- **Presencia de Fauna:** Se refiere a todas las poblaciones animales, exóticas o autóctonas, que generen una dinámica interesante y que aporten a la calidad escénica del paisaje.
- **Cuerpos de agua:** Se refiere a la presencia del agua en el paisaje en cualquiera de sus formas (mar, lagos, ríos, etc.).
- **Intervención Humana:** Son los diversos tipos de estructuras realizadas por el hombre, ya sean puntuales, extensivas o lineales. (Caminos, líneas de alta tensión, urbanización, áreas verdes, etc.).
- **Áreas de Interés Histórico:** Son todas las áreas que posean una carga histórica o patrimonial relevantes para un país, región o ciudad (zonas donde se hallan registrado batallas importantes, asentamientos de pueblos originarios, etc.).

**iii. Determinación de los Puntos de Observación**

Se seleccionaron aquellos puntos de observación que fueran habitualmente recorridos por un observador común y aquellos que pudieran considerarse posibles miradores hacia el área de estudio del Proyecto, esto por sus características panorámicas y de visibilidad.

Debido a la accesibilidad, éstos correspondieron a centros urbanos cercanos y caminos públicos en torno al área de estudio del Proyecto.

Se determinó un umbral de distancia al área de estudio de acuerdo a la condición de visibilidad basal de la zona, en función de su concentración de material particulado en el aire. Este umbral, junto a la información recogida en terreno, se utilizó como criterio en la definición de los puntos de observación.

La siguiente expresión permitió determinar el límite de visibilidad en función de la concentración de material particulado presente en el aire:

$$Lv = \frac{1,2 * 10^3}{C} [km] \quad (3.1)$$

Donde,

Lv: Límite de Visibilidad [km]

C: Concentración de MP [ $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ]

#### **iv. Elección de la Cuenca Visual para Cada Punto de Observación**

La cuenca visual de un punto de observación, se define como la superficie de terreno que es visible desde ese punto. Éstas se registraron a través de toma fotográfica y se identificó su orientación según su punto cardinal.

#### **3.11.2.2 Etapa de Gabinete**

Luego de la etapa de terreno y a partir de la información recogida en ambas campañas, se desarrollaron las siguientes actividades:

##### **i. Caracterización de Cada Unidad de Paisaje Influenciada por el Proyecto**

En virtud de sus Características Visuales Básicas: colores, formas, líneas, texturas y espacio (Smardon, 1979).

##### **ii. Definición de la Calidad Visual del Paisaje del Área de Estudio**

Para realizar esta evaluación se utilizó una adaptación del método propuesto por el USDA Forest Service y el Bureau of Land Management (BLM) de Estados Unidos (Cuadro 3.11-1).

Se entiende por calidad visual a la belleza o valor estético que posee un paisaje en un momento determinado, o previo a cualquier tipo de modificación. Los parámetros establecidos Cuadro 3.11-1, permiten establecer la calidad visual del paisaje mediante la suma de los parámetros, de acuerdo con la siguiente escala:

- CALIDAD ALTA: 28 a 38 puntos.
- CALIDAD MEDIA: 17 a 27 puntos.
- CALIDAD BAJA: 6 a 16 puntos.

**Cuadro 3.11-1 Calidad Visual de Paisaje: Criterios de Ordenación y Puntuación**

Factores	Calidad Visual	Calidad Visual	Calidad Visual
	Alta	Media	Baja
Morfología y Topografía	Relieve muy montañoso, marcado y prominente (acantilados, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistema de dunas; o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante. (ej: glaciar)  5	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma.  Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.  3	Colinas suaves, fondos de valle planos, poco o ningún detalle singular.  1
Vegetación	Gran variedad de formaciones vegetales, con formas, texturas y distribución interesantes.  5	Alguna variedad en la vegetación, pero sólo uno o dos tipos.  3	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación.  1
Fauna	Presencia de fauna permanente en el lugar, o especies llamativas, o alta riqueza de especies.  5	Presencia esporádica en el lugar, o especies poco vistosas, o baja riqueza de especies.  3	Ausencia de fauna de importancia paisajística.  1
Agua	Factor dominante en el paisaje, apariencia limpia y clara, aguas blancas (rápidos, cascadas), láminas de agua en reposo, grandes masas de agua.  5	Agua en movimiento o en reposo, pero no dominante en el paisaje.  3	Ausente o inapreciable.  1
Color	Combinaciones de color intensas y variadas, o contrastes agradables entre suelo, cielo, vegetación, roca, agua y nieve.  5	Alguna variedad e intensidad en los colores y contraste del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante.  3	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados.  1

Factores	Calidad Visual	Calidad Visual	Calidad Visual
	Alta	Media	Baja
Fondo Escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual. 5	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual del conjunto. 3	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto. 1
Rareza o Singularidad	Paisaje único o poco corriente, o muy raro en la región; posibilidad real de contemplar fauna y vegetación excepcional. 6	Característico, pero similar a otros en la región. 2	Bastante común en la región. 0
Actuaciones Humanas	Libre de intervenciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual. 2	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual. 1	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica. 0

Fuente: USDA Forest Service y el Bureau of Land Management (BLM) de Estados Unidos

### iii. Proyección de la Cuenca Visual de cada Punto de Observación y Análisis de Intervisibilidad

La cuenca visual de un punto de observación se define como la superficie de terreno que es visible desde ese punto.

Las cuencas visuales de cada punto de observación fueron proyectadas sobre el área actual en que se emplaza Mina Jilguero, dentro de la cual se desarrollará el Proyecto de Ampliación Mina Jilguero, es decir, se determinó el acceso visual actual a Mina Jilguero desde los puntos de observación definidos en terreno.

Las cuencas visuales de cada punto de observación fueron proyectadas con el uso de herramientas SIG, a partir de éstas se desarrollo el análisis de Intervisibilidad, para el cual se construyó la cuenca visual agregada del Proyecto.

#### 3.11.3 Caracterización del Paisaje del Área de Estudio

A continuación se expone la caracterización del paisaje del área de estudio. Primero se presenta la caracterización de la unidad de paisaje, luego la determinación de la calidad



visual del paisaje del área de estudio y, finalmente, la determinación de la cuenca visual y el análisis de Intervisibilidad.

### **3.11.3.1 Caracterización de la Unidad de Paisaje**

El área de estudio corresponde a un paisaje de serranías semidesértico, en el cual dominan cerros, quebradas y grandes llanuras aluviales. Producto de la actual operación de Mina Jilguero, en el área de estudio se observa un grado de alteración antrópico de importancia, al igual que en el área circundante por efecto de los proyectos mineros cercanos.

El área de estudio constituye en si misma una unidad de paisaje, debido a que ésta es homogénea respecto a sus características morfológicas, vegetacionales y espaciales, al igual que respecto de sus características visuales básicas, en las que predominan colores opacos con ausencia de contrastes y texturas dadas por la falta de desarrollo edáfico, presentándose laderas con exposición de roca y suelos poco evolucionados con nula vegetación, a excepción y de manera eventual, de los fondos de valle.

La geomorfología del área de estudio se caracteriza por un relieve irregular y accidentado, con altas pendientes, en el que predomina la alternancia de los valles en sentido transversal con interfluvios montañosos de limitado campo visual.

A continuación se listan los recursos visuales del área de estudio, de acuerdo al inventario de recursos del paisaje realizado en terreno:

- Áreas de Interés Escénico: El valor estético al paisaje está dado por un sistema de serranías homogéneo en toda su extensión dentro del área de estudio.
- Marcas Visuales de interés: No hay presencia de elementos puntuales dominantes para el marco escénico.
- Cubierta Vegetal Dominante: No hay presencia de formaciones vegetales relevantes para el paisaje.
- Presencia de Fauna: No hay presencia de poblaciones animales, exóticas o autóctonas, que generen una dinámica interesante y que aporten a la calidad escénica del paisaje.
- Cuerpos de agua: No hay presencia de recursos hídricos.
- Intervención Humana: Presencia de la operación actual de Mina Jilguero, la que comprende: cantera Jilguero, instalaciones (Taller de mantenimiento, casino y oficina

entre otros), planta de chancado, caminos interiores, acopios de caliza y depósito de desmonte actual.

- Áreas de Interés Histórico: No hay presencia de áreas que posean una carga histórica o patrimonial relevantes para el país, región o ciudades cercanas.

### 3.11.3.2 Calidad Visual del Paisaje del Área de Estudio

A continuación se exponen los resultados de la valoración de la calidad visual del paisaje en el área de estudio. En Cuadro 3.11-2 se presenta la ponderación para cada factor, de acuerdo a los ponderadores por factor presentados en el Cuadro 3.11-1.

**Cuadro 3.11-2 Calidad Visual del Área de Estudio**

<b>Factores</b>	<b>Calidad Visual</b>	<b>Ponderación</b>
Morfología y Topografía	(Media) Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	3
Vegetación	(Baja) Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación.	1
Fauna	(Baja) Ausencia de fauna de importancia paisajística	1
Agua	(Baja) Ausente o inapreciable.	1
Color	(Baja) Muy poca variación de color o contraste, colores apagados	1
Fondo Escénico	(Media) El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual del conjunto.	3
Rareza o Singularidad	(Baja) Bastante común en la región.	0

Factores	Calidad Visual	Ponderación
Actuaciones Humanas	(Baja) Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.	0
<b>PONDERACIÓN FINAL</b>	<b>BAJA</b>	<b>10</b>

Fuente: Elaboración propia

La calidad visual de paisaje es baja (ponderación = 10), lo que se explica por su baja ponderación en casi la totalidad de los factores, a excepción de morfología y topografía, y el fondo escénico, cuyas ponderaciones son medias (3).

Las Fotografías 3.11-1 a 3.11-4 muestran el área adyacente al Proyecto y a las actuales operaciones de Mina Jilguero.



**Fotografía 3.11-1 Vista al Norte de Mina Jilguero**

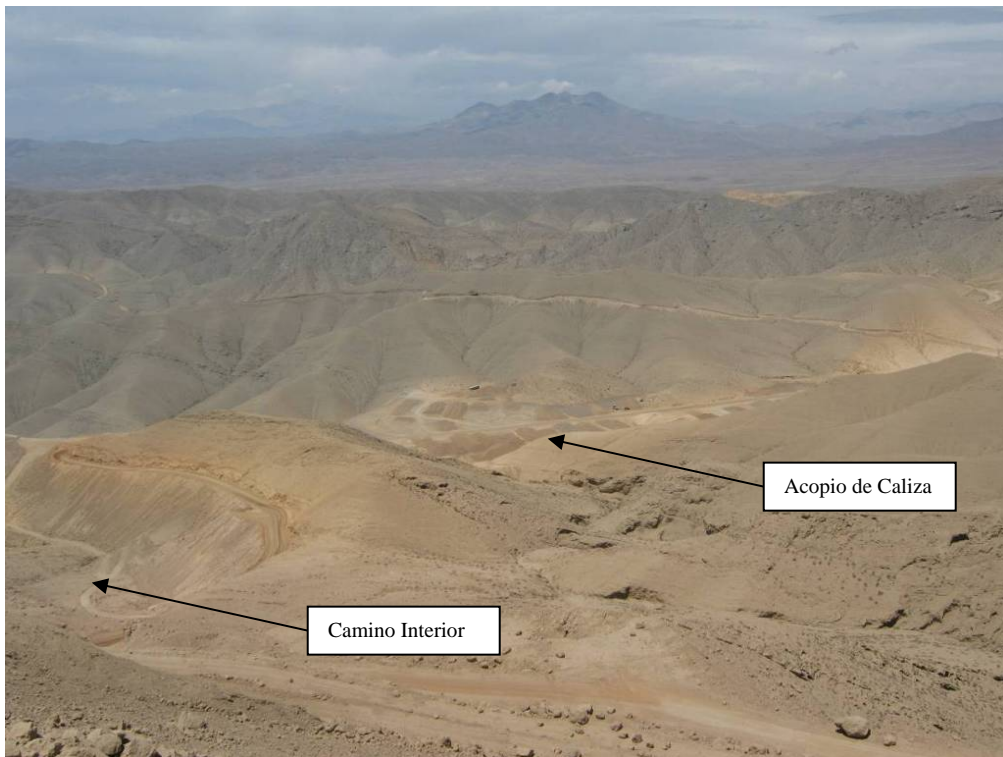
En la fotografía 3.11-1, se puede apreciar en primer plano la actual explotación de la cantera Jilguero.



**Fotografía 3.11-2 Vista al Oeste de Mina Jilguero**



**Fotografía 3.11-3 Vista al Sur de Mina Jilguero**



**Fotografía 3.11-4 Vista al Este de Mina Jilguero**

En la Fotografía 3.11-4 se pueden apreciar caminos interiores y el acopio de caliza de la operación actual de Mina Jilguero.

En la Fotografía 3.11-5 se presenta una vista hacia el Norte de la quebrada intermitente ubicada al Norte del actual depósito de desmonte. En ella destaca la accidentada geografía (altas pendientes y roca expuesta), así como la homogeneidad de color y la ausencia de cursos permanentes de agua y cubierta vegetal. La Fotografía 3.11-6 presenta la red de quebradas intermitentes ubicada al Sureste de la cantera Jilguero, la cual también presenta altas pendientes, homogeneidad de color y ausencia de cursos permanentes de agua y cubierta vegetal.



**Fotografía 3.11-5 Quebrada Intermitente al Norte del Actual Depósito de Desmonte**



**Fotografía 3.11-6 Red de Quebradas Intermitentes al Sureste de la Cantera Jilguero**

### **3.11.3.3 Cuenca Visual y Análisis de Intervisibilidad**

Para la caracterización de la accesibilidad visual del área de estudio, desde la perspectiva de observadores comunes, se definieron 9 puntos de observación, a partir de los cuales se construyeron las cuencas visuales. Para la selección de estos puntos se consideró el criterio de límite de visibilidad basal del área de estudio, estimado a partir de la Ecuación 3.1.

Tal como se describe en el Apartado 3.4 de línea de base de calidad del aire, la mínima concentración de 24 hrs registrada en la estación INACESA Copiapó es de  $118 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ . De acuerdo a la Ecuación 3.1 y considerando una concentración de MP10 de  $118 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , el límite de visibilidad en el área en que se emplaza Mina Jilguero es de 10,2 km.

Se definieron 9 puntos de observación, ubicados en los centros poblados de Tierra Amarilla y Paipote, y en los caminos públicos aledaños en el valle de Copiapó, el camino internacional 31-CH y el camino interior de acceso al área de estudio C-377.

El Cuadro 3.11-13 presenta las coordenadas (UTM 19S, PSAD 56) de los 9 puntos de observación.

**Cuadro 3.11-3 Puntos de Observación**

<b>Puntos</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
PV 01	374.082	6.967.372
PV 02	374.915	6.964.637
PV 03	375.133	6.961.072
PV 06	384.816	6.967.624
PV 07	383.006	6.971.709
PV 08	379.912	6.973.750
PV 09	377.956	6.972.966
PV 10	376.246	6.970.396
PV 11	375.159	6.968.515

Fuente: Elaboración propia

Con herramientas SIG, se construyeron las cuencas visuales de cada uno de estos puntos. La cuenca visual agregada de los 9 puntos de observación se presenta en el Mapa 3.7.

***Análisis de Intervisibilidad***

De los 9 puntos de observación, desde 4 de ellos (PV1, PV3, PV10 y PV11) es posible apreciar únicamente el sector alto del cerro Jilguero (Mapa 3.7), que corresponde a la cota máxima de la Cantera jilguero, intervenida actualmente por la explotación de Mina Jilguero. Debido a la topografía del área, sólo es visible este sector ya que el resto de las instalaciones, incluido el depósito de desmonte actual, se ubican entre los accidentes geográficos del área de estudio (Fotografías 3.11-7 y 3.11-8).

Es importante destacar que tanto la quebrada intermitente ubicada al Norte del actual depósito de desmonte, como la red de quebradas intermitentes ubicada al Sureste de la cantera Jilguero, tienen acceso visual nulo desde puntos de observación accesibles por un observador común (Mapa 3.7).

El Apéndice 3-B presenta las fotografías tomadas desde los puntos de observación hacia el área de estudio del Proyecto, en ellas se indica la orientación de la fotografía.



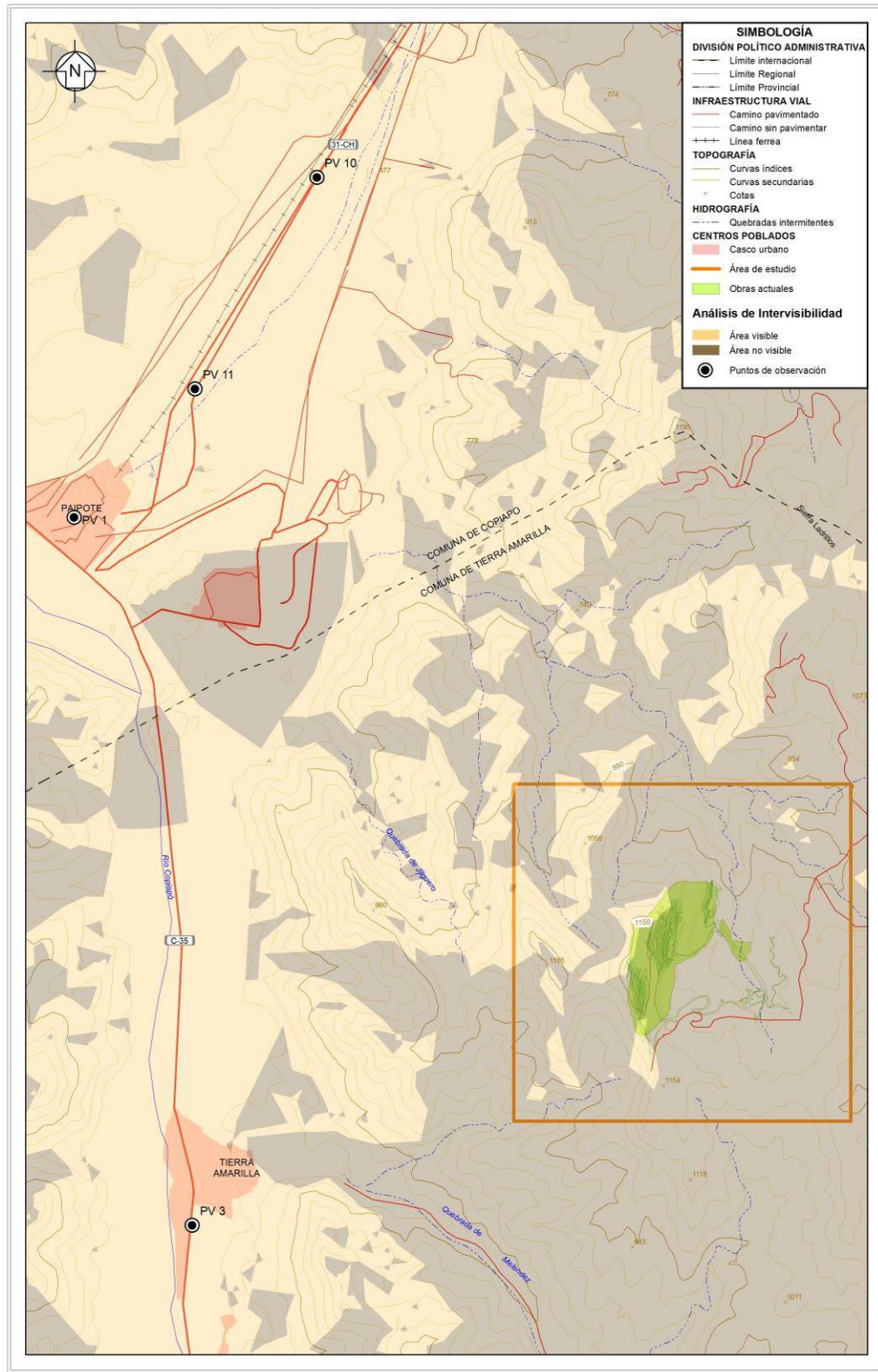


**Fotografía 3.11-7 Depósito de Desmonte Actual y Acopio de Caliza, Mina Jilguero**

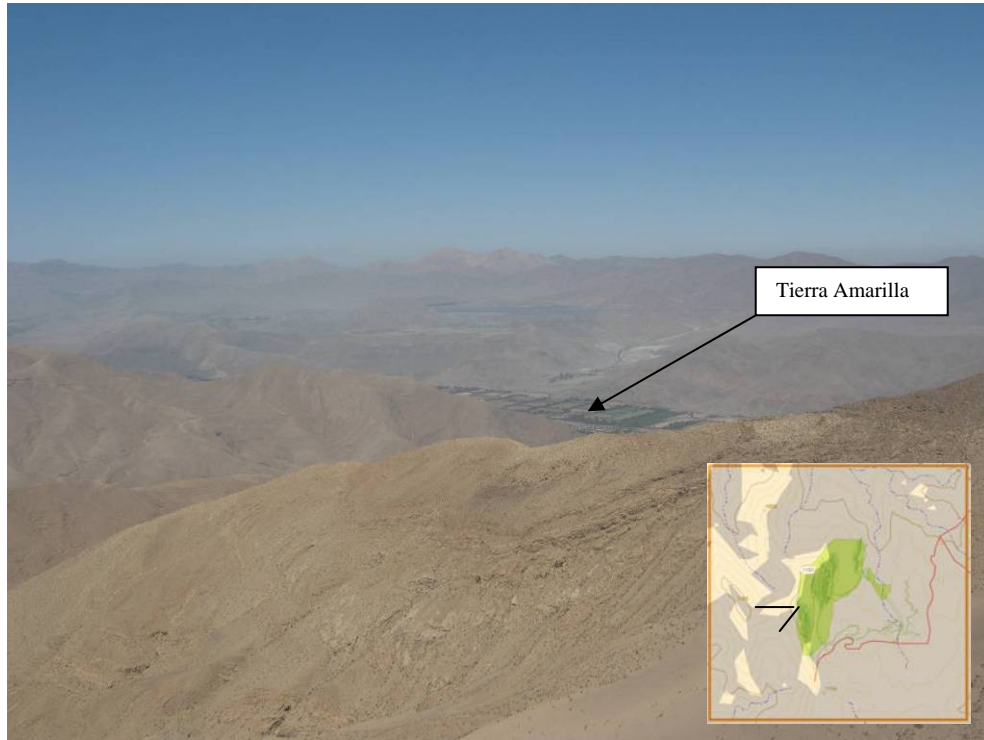


**Fotografía 3.11-8 Instalaciones y Planta de Chancado, Mina Jilguero**

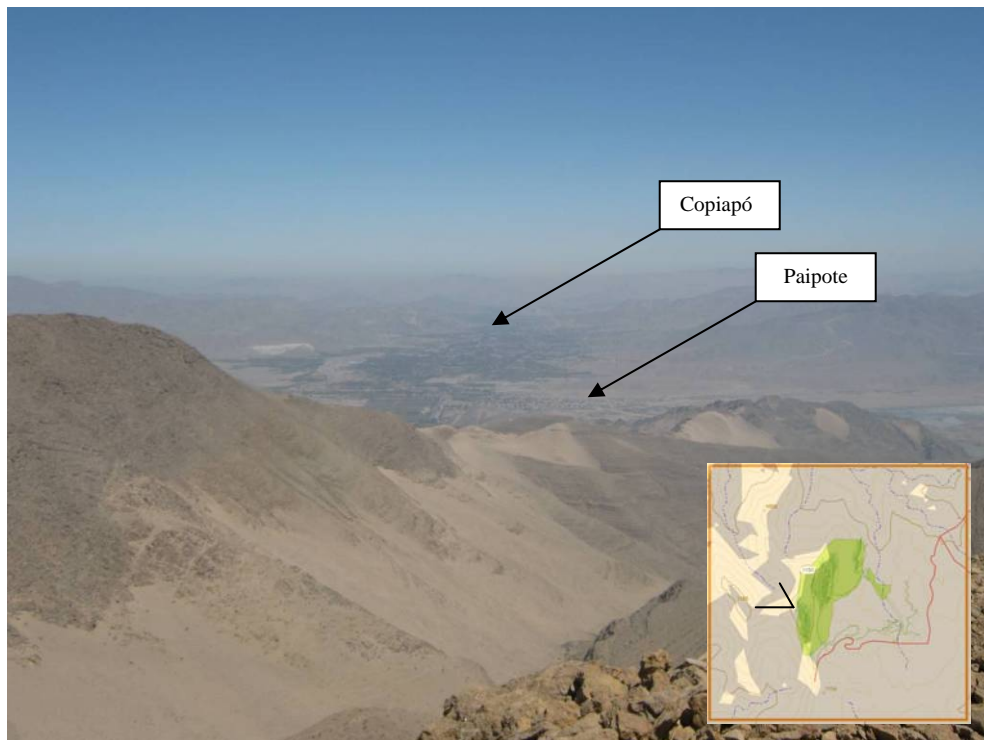
La Ilustración 3.11-1 presenta la cuenca visual agregada de los puntos de observación PV1, PV3, PV10 y PV11. Las Fotografías 3.11-9 y 3.11-10 presentan vistas a Tierra Amarilla y a Paipote (y extremo Sur de Copiapó) respectivamente, desde la cota máxima del Proyecto, correspondiente al límite superior de la cantera Jilguero. En las mismas Fotografías se puede apreciar la disminución de visibilidad por efecto de la concentración de gases y material particulado.



**Ilustración 3.11-1 Cuenca Visual Agregada (PV1, PV3, PV10 y PV11)**



**Fotografía 3.11-9 Vista a Tierra Amarilla**



**Fotografía 3.11-10 Vista a Paipote y Extremo Sur de Copiapó**

## **3.12 MEDIO HUMANO**

### **3.12.1 Antecedentes Generales**

Aun cuando no se prevén efectos del Proyecto sobre el medio humano, toda vez que el mismo se desarrollará íntegramente en sus instalaciones, se ha incluido el presente Apartado, el cual tiene por objetivo formular la línea de base del medio humano del entorno del Proyecto de Ampliación Mina Jilguero.

Los antecedentes de la línea de base que aquí se exponen, proporcionan los fundamentos suficientes que permiten verificar la no aplicabilidad de los artículos 8 y 9 del Reglamento del SEIA (D.S. N°95/2001).

### **3.12.2 Metodología**

Para elaborar la sección, además de las indicaciones del artículo 8 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental – SEIA-, se consideraron las orientaciones dadas por CONAMA en la “Guía de Criterios para Evaluar la alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos en proyectos que ingresen al SEIA”<sup>9</sup>.

El enfoque empleado para formular la línea de base del medio humano se fundamenta en el uso de orientaciones metodológicas cuantitativas y cualitativas.

El área de estudio del Proyecto no presenta asentamientos humanos; y las localidades más próximas, ubicadas en las comunas de Copiapó y Tierra Amarilla, se localizan a aproximadamente 25 km o más, vía terrestre. La información que aquí se expone para las localidades más próximas, fue recogida entre junio y octubre de 2009.

Como fuentes primarias documentales, se utilizó información proveniente de: Instituto Nacional de Estadística –INE, Estadísticas Demográficas y Vitales, Informe Económico Regional –INACER-. I. Municipalidades de Copiapó y Tierra Amarilla, y otros organismos e instituciones públicas.

En este marco, la presente línea de base hará una descripción del medio humano de los sectores o localidades que se ubican más próximas a las instalaciones del Proyecto, a saber:

- Copiapó y

---

<sup>9</sup> Véase CONAMA, “Guía de Criterios para evaluar la alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos en proyectos o actividades que ingresan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)”, 2006.

- Sector Paipote.

La ciudad de Copiapó se ubica a aproximadamente 30 km por carretera, mientras el sector de Paipote a 25 km.

Además, como parte de esta caracterización, también se ha incluido la localidad de Tierra Amarilla, la que se encuentra a aproximadamente 35 km vía terrestre de Mina Jilguero.

### **3.12.3 Dimensión Geográfica**

Las localidades, cuya línea de base es expuesta en este EIA, se encuentran en las comunas de Copiapó y Tierra Amarilla, las que se ubican en la Región de Atacama, Chile. La región se localiza 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. Posee una superficie de 75.573,3 km<sup>2</sup> y limita con la región de Coquimbo por el Sur, con la región de Antofagasta por el Norte; las provincias de San Juan y La Rioja de Argentina por el Este y el Océano Pacífico por el Oeste. Está dividida en tres provincias: Chañaral, Copiapó y Huasco. Además, está dividida administrativamente en nueve comunas.

En este contexto, la comuna de Copiapó forma parte de la provincia de Copiapó, Región de Atacama. Además cuenta con 16.681 km<sup>2</sup> y una población total de 129.091 personas aproximadamente<sup>10</sup>. Copiapó es la única ciudad, Paipote constituye un sector de Copiapó ubicado entre las rutas C-35 y 31-CH.

Tierra Amarilla es una comuna que limita al norte y noreste con Copiapó y al sur y suroeste con las comunas de Vallenar y Alto del Carmen.

#### **3.12.3.1 Copiapó**

Es capital de la comuna de Copiapó y el principal centro urbano de esta, constituyendo el polo nodal más importante, por su condición de oferente de bienes, servicios y comercio minorista<sup>11</sup> (véase Fotografía 3.12-1).

La ciudad cuenta con espacios públicos que congregan a sus habitantes, como es la plaza de armas, sector en torno al cual se ubica instituciones y algunos importantes servicios públicos y privados. Además cuenta con diversidad de hoteles y casino.

---

<sup>10</sup> Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas 2002.



**Fotografía 3.12-1 Vista desde el Cerro La Cruz y Área Céntrica de Copiapó**

El casco antiguo de Copiapó, congrega la mayor parte de servicios públicos comunales, donde se pueden encontrar la municipalidad, plaza de armas, bancos, hoteles, entre otros. Constituye el punto neurálgico de la ciudad, donde están los principales equipamientos con que cuenta la comuna.

Por su parte, el sector de Norte es una zona predominantemente residencial, con una zona industrial donde se localizan algunas fábricas.

### **3.12.3.2 Sector Paipote**

Originalmente constituyó una estación de ferrocarril. En la actualidad es un sector de Copiapó, unido a esta ciudad a través del área de parcelas.

El tipo de vivienda corresponde a construcción de material sólido y formal, de adobe para las viviendas más antiguas y de concreto para las más nuevas. En materia de infraestructura y servicios, el sector cuenta con una escuela básica, dos jardines infantiles de la JUNJI, un retén de carabineros, un consultorio (SAPU) y un cuerpo de bomberos, junto con una iglesia católica mas tres templos de otras religiones (véase Fotografía 3.12-2).

---

<sup>11</sup> Fuente: I. Municipalidad de Aysén, <http://www.puertoaysen.cl>, 2008.



**Fotografía 3.12-2 Viviendas e Iglesia de Paipote, ubicada frente a la plaza**

En cuanto a la población de Paipote, está constituida por unos 15.000 habitantes aproximadamente. El sector cuenta con servicios básicos de luz, agua potable, alcantarillado y teléfono. Por otra parte, a través de organizaciones funcionales y de las juntas de vecinos se desarrollan proyectos comunitarios.



Como lugares de recreación existe actualmente en Paipote una pequeña plaza, junto con varias plazoletas y multicanchas (Véase Fotografías 3.12-3)



**Fotografía 3.12-3 Plaza y Multicancha de Paipote**

### **3.12.3.3 Tierra Amarilla**

Tierra Amarilla se ubica alrededor de 20 km hacia al sureste de Copiapó (véase Fotografía 3.12-4). Es una ciudad con una larga historia minera, ubicada en el valle del río Copiapó cerca de varios yacimientos importantes de cobre, actualmente: Mina Candelaria, Punta de Cobre y Ojos del Salado<sup>12</sup>. Un paseo por Tierra Amarilla es posiblemente la mejor manera para entender el comienzo de la época de la industrialización en Atacama.

La ciudad de Tierra Amarilla, por jerarquía y proximidad geográfica, es complementaria a la ciudad de Copiapó, de la que depende en servicios públicos y privados.



<sup>12</sup> Fuente: [www.geovirtual.cl](http://www.geovirtual.cl)

### **Fotografía 3.12-4 Localización de Tierra Amarilla e Iglesia en Plaza de Armas**

Tierra Amarilla cuenta con una iglesia neogótica construida en 1904. Se ubica en el centro, frente a la plaza.

#### **3.12.3.4 Conectividad y vialidad**

El Plan de Infraestructura para la Competitividad 2007-2010 de la Región de Atacama<sup>13</sup> plantea una ampliación y mejora de la ruta 5 Norte y acceso al aeropuerto. La conexión por vía marítima se realiza principalmente por Caldera, donde se contempla una ampliación y mejora del puerto.

El transporte de pasajeros se lleva a cabo a través de distintas líneas de buses, así como también líneas aéreas.

La red vial de la Región de Atacama tiene una longitud de 7.021 km. De ella, 3.936 km son no pavimentados, de los cuales 687 km son de ripio y los 3.249 km restantes de tierra. Los restantes 3.085 km de red vial pavimentada se componen de 4 km de hormigón, 991 km de asfalto y 2.090 de capa de protección y granular estabilizado<sup>14</sup>.

La red vial<sup>15</sup> está estructurada por la Ruta 5 Norte, la cual recorre de extremo a extremo la región de Atacama. El detalle se puede apreciar en el Cuadro 3.12-1.

---

<sup>13</sup> El Plan de Infraestructura fue desarrollado por el Ministerio de Obras Públicas.

<sup>14</sup> Red Vial Nacional 2006. Dirección de Vialidad MOPTT, 2006.

<sup>15</sup> Véase mapa de medio humano y la red vial en la línea de base de medio construido.

**Cuadro 3.12-1 Red Vial Comuna de Copiapó para las Localidades de Copiapó, Tierra Amarilla y Paipote. 2008**

Nombre ruta	Tramo	Descripción
Ruta 5 Norte	Norte-Sur	Vía pavimentada de asfalto y hormigón. Alcanza a recorrer aproximadamente 23 km desde el extremo Norte hasta el extremo Sur de la Comuna de Copiapó.
Ruta 31-CH	Copiapó-Chulo-Paso San Francisco	Vía pavimentada de asfalto y hormigón. Alcanza a recorrer aproximadamente 24 km en el extremo Norte de la Comuna. Posee en total unos 255 Km entre asfalto y una carpeta granular estabilizada.
Ruta C-35	Cruce Ruta 31 Ch (Paipote)-Juntas	Vía pavimentada de asfalto y capa de protección asfáltica que une la comuna de Copiapó con Tierra Amarilla. Posee una longitud aproximada de 87 Km.
Ruta C-17	Chulo-Inca de Oro- Diego de Almagro	Vía pavimentada de asfalto, con una longitud aproximada de 123 Km.
Ruta C-379	Cruce Ruta C 35 – Fundición Paipote	Vía con carpeta de hormigón, con una longitud aproximada de 4 Km.

Fuente: Elaboración propia a partir de Red Vial Nacional 2007, Dirección de Vialidad, MOP e Información de terreno, junio 2009.

El área de estudio del Proyecto se encuentra al lado sur del sistema vial regional que conecta por vía terrestre a los centros poblados de la región y, eventualmente, con el país.

### **Transporte**

En el Cuadro 3.12-2 se observa la oferta de transporte público disponible para agosto de 2009 en la Región de Atacama tomada en su conjunto (registros digitales de la Subsecretaría de Transporte<sup>16</sup>). La oferta regional disponible es de 3.064 vehículos públicos de transporte terrestre. Si se considera que la población de la Región de Atacama es de 254.336 habitantes<sup>17</sup>, esta oferta arroja una proporción de 83 personas por cada medio de transporte público.

<sup>16</sup>Subsecretaría de Transporte y Telecomunicaciones. Estadísticas de parques vehiculares del país, <http://www.subtrans.cl/subtrans/estadisticas/estadisticas.html>, 2009.

<sup>17</sup> INE Censo 2002.

**Cuadro 3.12-2 Transporte público disponible la Región de Atacama.2009**

Tipo de Transporte	Cantidad
Buses urbanos, interurbanos y rurales	439
Mini Buses	10
Taxis y Colectivos	2.615
Total	3.064

Fuente: Registro Nacional de Servicios de Transporte de Pasajeros - Subsecretaría de Transportes.

Fecha de actualización: 31 de agosto de 2009

Para el año 2008, el parque de vehículos de la comuna de Copiapó era de 28.149, lo que representa el 50,21% del total de la Región de Atacama, que alcanza 56.061<sup>18</sup>. Para ese mismo año, la comuna contaba con una oferta comunal disponible de 2.304 vehículos públicos de transporte terrestre. De éstos, el 67,8% (1.561 vehículos) corresponden a taxis básicos, taxis colectivos y taxis de turismo, mientras que el 32,2% (743 vehículos) son buses<sup>19</sup>.

Para ese mismo año 2008, el parque de vehículos de la comuna de Tierra Amarilla era de 3.335, lo que representa el 5,94% del total de la Región de Atacama, que alcanza 56.061<sup>20</sup>. Además, contaba con una oferta comunal disponible de 338 vehículos públicos de transporte terrestre. De éstos, el 50,59% (171 vehículos), corresponden a taxis básicos, taxis colectivos y taxis de turismo, mientras que el 49,41% (167 vehículos) son buses<sup>21</sup>.

El transporte público que circula por la ruta C-35 es el que conecta la ciudad de Copiapó con la comuna de Tierra Amarilla. Existen 4 líneas de taxis colectivos que llegan a Tierra Amarilla desde Copiapó, a saber, líneas N° 3, N° 33, N° 88 y los colectivos O.M.G. Además, existen 4 empresas de buses que se dirigen hacia la comuna de Tierra Amarilla, a saber: Buses Sol del Valle (Tierra Amarilla), Buses Casther y Buses Transpuma (Rodeo y Juntas) y Buses Bahía Express (Los Loros).

El transporte aéreo de la región se focaliza en el aeropuerto Desierto de Atacama y una red de aeródromos regionales. El tráfico del aeropuerto Copiapó cuenta con dos líneas aéreas (Lan Chile y Sky Airlines), que disponen de varios vuelos diarios cada una.

<sup>18</sup> Véase Parque de Vehículos en Circulación, INE, 2008.

<sup>19</sup> INE (2007), op. cit

<sup>20</sup> Véase Parque de Vehículos en Circulación, INE, 2008.

<sup>21</sup> INE (2007), op. cit.

Finalmente, el transporte marítimo, para el sector central de la región, se materializa fundamentalmente por el puerto de Caldera.

#### **3.12.4 Dimensión Demográfica**

La región de Atacama, de acuerdo al Censo 2002, tenía una población de 254.336 habitantes. 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.

Los 254.336 habitantes representaban el 1,68% de la población total del país, que para ese año alcanzó los 15.116.435 habitantes. La densidad poblacional regional alcanzó los 3,4 hab/km<sup>2</sup>. La comuna de Copiapó, concentraba una población de 129.091 habitantes, que representaban el 50,8% del total regional. En tanto, Tierra Amarilla contaba con una población de 12.888 personas, que representaba casi el 5,1% del total regional.

De acuerdo a la distribución de población en asentamientos urbano–rurales, la Región de Atacama contaba al año 2002 con un total de 232.619 habitantes en asentamientos urbanos, mientras que sólo 21.717 habitantes pertenecían a sectores rurales, lo que arroja un índice de ruralidad de 9,3%. La proporción de población urbana de la Región de Atacama aumentó un 11,3% entre el año 1992 y 2002, en tanto el sector rural disminuyó en un 0,9% en el mismo periodo. Por otro lado, la proporción de la población según sexo muestra que la cantidad de hombres, respecto a las mujeres de la región, se presenta en ambos Censos superior, pero con clara tendencia a igualarse respecto al total de población femenina.

El Cuadro 3.12-3 muestra la evolución de la población de la Región de Atacama y las comunas del área de estudio, en relación con el país.

**Cuadro 3.12-3 Evolución Intercensal de la Población por División Administrativa de la Región de Atacama. 1992-2002**

Región y Comuna	Variación % Censo 1992-2002				
	Total	Hombre	Mujer	Rural	Urbano
Copiapó	3,53%	1,43%	5,74%	-54,70%	6,92%
Tierra Amarilla	9,93%	12,93%	6,27%	12,77%	8,55%
Región de Atacama	-0,13%	-1,16%	0,96%	-16,65%	1,76%
País	3,65%	4,04%	3,28%	-13,51%	6,93%

Fuente: Fuente: INE, Censos 1992 y 2002.

Al observar la evolución intercensal de la población 1992-2002, se verifica un leve decrecimiento regional tal como puede verse en la Cuadro 3.12-3. Sin embargo, la comuna de Copiapó presenta un porcentaje de crecimiento casi equivalente al promedio nacional y Tierra Amarilla, para ese mismo período intercensal manifiesta un crecimiento que casi triplica el nacional y regional.

### 3.12.5 Dimensión Antropológica

#### 3.12.5.1 Historia e Identidad

La historia regional se asocia a un complejo y largo proceso que se articuló en el período prehispánico, rearticulándose en las sucesivas fases colonial, republicana y contemporánea. A la población originaria se fueron superponiendo diversas culturas, entre las que destacan los Kollas, pueblo agricultor proveniente del norte argentino, que se instaló en las provincias de Chañaral y Copiapó.

La identidad “nortina” de la región de Atacama, se ha visto fuertemente signada por sus riquezas mineras. De esta manera, parte de su historia que se remonta al siglo XIX tiene relación con los descubrimientos de yacimientos mineros y con la generación de nuevas políticas administrativas territoriales. Un ejemplo de este proceso es el descubrimiento de Chañarcillo, importante yacimiento de plata, en el año 1832. En 1848 comienza el desarrollo de Tres Puntas y poco después Chimberos y Cabeza de Vaca. Todo esto generó una “fiebre de la plata”<sup>22</sup>. Estos lugares concentraron un gran movimiento de materiales, comestibles, trabajadores y migraciones atraídas por la demanda laboral. A

<sup>22</sup> Millán, Augusto: La minería metálica en Chile en el siglo XIX, Ed. Univeritaria, Chile, 2004, p.36, 59 y ss.

fines del período colonial, Copiapó tenía 5.000 pobladores, pero luego del inicio del *boom* de la plata, el censo de 1853 arrojó 32.600 habitantes. El gran auge minero basado en la plata, dio paso paulatinamente a la minería del hierro y luego el cobre y el oro<sup>23</sup>. A este importante proceso histórico minero, se asocia una compleja y larga historia indígena, que se articuló en los sucesivos períodos prehispánico, colonial, republicano y contemporáneo. Ya en el siglo XX, la identidad cultural dominante de la región de Atacama queda constituida por una población mestiza “nortina”, alrededor de la minería como actividad fundamental y la agricultura complementariamente.

En cuanto a la población del sector Paipote, su identidad se asocia al área industrial de la Fundición Paipote, con quien se asocia su destino, en un proceso que encierra tanto componentes positivos como negativos. El crecimiento y las singularidades de Paipote han derivado a que crezca el movimiento dirigido a constituirlo, en el futuro, en una comuna autónoma.

### **3.12.5.2 Festividades**

En Copiapó destaca la fiesta de la Candelaria, Patrona de los mineros, que se celebra anualmente entre el 7 y el 8 de enero y congrega a miles de fieles venidos de toda la región. La festividad se remonta a 1778, en que el arriero Mariano Caro Inca encontró la imagen en la cordillera, cerca del salar de Maricunga. El milagroso hallazgo atrajo los peregrinos, lo que motivó al párroco a construir un santuario en 1800, que fue reconstruido tras un incendio en 1922. Con el tiempo, la fiesta se ha constituido en un referente indiscutido de la religiosidad popular de la región de Atacama, y se han organizado cofradías de bailes chinos que, al igual que en Andacollo, agrupan a pequeños mineros de la zona que se preparan todo el año para festejar a su patrona.

En Tierra Amarilla, la fiesta más importante de carácter comunal, pero que de igual forma conecta a la provincia, es la conocida como Fiesta del Toro Pullay, celebrada a fines del mes de febrero. Esta corresponde a una antigua fiesta costumbrista, en la cual la comunidad realiza comparsas por las calles de Tierra Amarilla y acompañando a personajes disfrazados que generalmente caracterizan el bien y el mal. Pullay es un muñeco de tamaño natural hecho de paja que viste de forma elegante montando un burro y es acompañado por un toro, que es otro personaje de la comparsa llevando la cabeza cubierta por un capuchón negro, del mismo modo el toro es acompañado por jinetes quienes tienen la misión de frenar las embestidas de éste. Dentro del montaje se

---

<sup>23</sup> Ilustre Municipalidad de Copiapó. Información original en: [www.copiapo.cl/Comuna/Historia.asp](http://www.copiapo.cl/Comuna/Historia.asp)

representan a la viuda del Pullay y un pequeño quienes esconden sus identidades, las cuales son reveladas en el baile final, además se representan al diablo y al cura quienes se disputan el alma de Pullay.

### **3.12.5.3 Población Indígena**

De acuerdo al Censo de 2002, en la Región de Atacama 7.538 personas declararon alguna adscripción étnica, lo que representa el 1,1% de la población total.

En la comuna de Copiapó 2.789 personas, de acuerdo al Censo de 2002, se adscribieron a alguna etnia. En la comuna de Tierra Amarilla, 645 personas declararon pertenecer a alguna etnia siendo la más importante la etnia Colla con un 37,3% del total, de las cuales el 52,3% son hombres y 47,7% son mujeres.

Copiapó cuenta con tierras indígenas de una comunidad y, además, con una comunidad agrícola histórica. Idéntica situación se registra en Tierra Amarilla, pero con mayor superficie dedicada a actividades agropecuarias<sup>24</sup>.

## **3.12.6 Dimensión Socioeconómica**

### **3.12.6.1 La economía Regional**

La evolución económica de la Región de Atacama ha seguido de cerca al comportamiento de la economía nacional. Sin embargo, por ser una región esencialmente minera, la actividad está estrechamente ligada al devenir del mercado mundial del cobre.

La minería aportó en promedio más del 40% de la producción total de la región para el período 1996-2007, y no es difícil percibir que la drástica caída de la cotización del cobre que se manifestó con fuerza en 1998 y 2002 (al igual que en 2008 y 2009), afectó el nivel de actividad real regional. De hecho, la región vio decrecer su PIB en los períodos de los años antes señalados.

El Índice de Actividad Económica INACER de Atacama en el trimestre julio-septiembre de 2009 tuvo un descenso de -3,8% con respecto a igual trimestre del año anterior. Por su parte, la variación del promedio acumulado de enero a septiembre respecto a igual período de 2008, fue de -3,7% (Véase Cuadro 3.12-4).

---

<sup>24</sup> Censo Agropecuario MINAGRI, 2007.



**Cuadro 3.12-4 Índice de Actividad Económica, Región de Atacama**

Trimestre	INACER Región de Atacama	
	Variación Trimestral *	Variación Acumulada **
Abr-Jun 08	5	5,6
Jul-Sep 08	12	7,7
Oct-Dic 08	-2,8	4,8
Ene-Mar 09	-7,4	-7,4
Abr-Jun 09	0,4	-3,6
Jul-Sept 09	-3,8	-3,7

\*: Variación respecto igual trimestre año anterior

\*\* : Variación del promedio acumulado a ese trimestre respecto del promedio acumulado a igual trimestre del año anterior.

Fuente: Boletín Informativo Abril-Junio 2009, INE

Los sectores económicos que evolucionaron positivamente durante abril-junio de 2009, respecto a igual trimestre del año anterior, en orden de mayor a menor incidencia fueron: Construcción; Minería; Propiedad de Vivienda; Transporte; Almacenamiento y Comunicaciones; Industria Manufacturera; Electricidad; Gas y Agua y Servicios Financieros.

El valor de las exportaciones de la región de Atacama en el segundo trimestre de 2009 llegó a 770,6 millones de dólares corrientes, experimentando una baja de 42,8% (577,2 millones de dólares), respecto a abril-junio de 2008. El menor dinamismo de las exportaciones valoradas en el trimestre de referencia, respecto a abril-junio de 2008, se explica por la baja en los envíos de todos los sectores. En efecto, Agricultura y Pesca registró una caída en las exportaciones de 36,2%, Minería una disminución de 42,2% y el resto de las exportaciones un decrecimiento de 52,6%<sup>25</sup>.

### 3.12.6.2 Ocupación y Desocupación

En el trimestre móvil junio/agosto 2009, la estimación de la fuerza de trabajo a nivel regional alcanzó a 125.520 personas, con un crecimiento del 0,9% en igual período del año anterior. La tasa de desocupación regional para ese mismo período fue de 11,2%, registrando una disminución de 0,4 % respecto al trimestre móvil inmediatamente

<sup>25</sup> Véase exportaciones en la Región de Atacama, 2009, INE <http://www.ineatacama.cl/noticia.aspx?opc=ShowNew&id=85>

anterior y un aumento de 5,6 % respecto al trimestre móvil junio/agosto 2008<sup>26</sup> (Véase Cuadro 3.12-5).

**Cuadro 3.12-5 Fuerza de Trabajo y Tasa de Desocupación, Región de Atacama**

Nivel Geográfico de Información	Trimestre Móvil Junio-Agosto 2009				Tasas de Desocupación %	
	Fuerza de Trabajo			Tasas de Desocupación %	May-Jul 09	Jun-Ago 09
	Total	Ocupados	Desocupados			
Total Región	125.520	111.410	14.110	11,2	11,6	5,6
Ciudad de Copiapó	68.460	60.340	8.120	11,9	12,2	5,1

Fuente: Informe Laboral Trimestre Móvil junio-agosto 2009, INE.

### 3.12.6.3 Pobreza

De acuerdo a los antecedentes entregados por la Encuesta CASEN 2006, la comuna de Copiapó cuenta con un 12,0% de población en situación de pobreza. De ese total de población, un 3,6% es indigente, un 8,4% es pobre no indigente, y un 88,0% se encuentra en condición de No Pobre. En tanto que en Tierra Amarilla sólo un 0,5% se encuentra en situación de indigencia, en tanto que la población pobre no indigente asciende a 11,9%, tal como se aprecia en el Cuadro 3.12-6.

El contraste entre ambas comunas de población indigente, mucho mayor en Copiapó, es común a otros centros urbanos. Sin embargo, la pobreza no indigente no solo es mayor en Tierra Amarilla respecto a Copiapó, sino también respecto a la región de Atacama en su conjunto.

<sup>26</sup> Véase Informe Laboral Región de Atacama, 2009 INE [http://www.ineatacama.cl/archivos/files/empleo\\_junago\\_09.pdf](http://www.ineatacama.cl/archivos/files/empleo_junago_09.pdf)

**Cuadro 3.12-6 Distribución de la Pobreza 2006, en Comunas de Copiapó, Tierra Amarilla y Región de Atacama**

Área Geográfica	Población Indigente (%)	Población Pobre (%)
Copiapó	3,6	8,4
Tierra Amarilla	0,5	11,9
Región de Atacama	2,8	10,5

Fuente: Encuesta CASEN 2006, MIDEPLAN.

### 3.12.6.4 Actividades Económicas en las Comunas del Área de Estudio

El valle de Copiapó exhibe a lo largo del tiempo una permanente actividad agrícola. Aún cuando la superficie explotable para agricultura es muy limitada, confinada al estrecho valle, las características climáticas facilitan el desarrollo de una producción de alta calidad y con una temprana maduración. Los principales productos son: la uva de mesa (destinada a la exportación), cereales, primores, frutas y aceitunas. Destaca la comuna de Tierra Amarilla, colindante a Copiapó aguas arriba del valle, como la tercera comuna más productiva en el rubro frutícola a nivel nacional, sólo superada por las comunas de Curicó y Rengo en el valle central.

El 60% de la producción del valle de Copiapó – principal valle productor de la región – es exportado a través del puerto de Caldera, y el resto es llevado a Coquimbo por camiones frigoríficos (básicamente la cosecha tardía).

El sector minero en la región es la actividad productiva más importante en términos estadísticos. Significa aproximadamente el 90% de las exportaciones y más del 40% del PIB, genera 10.000 empleos directos y las inversiones en los últimos años son superiores a los US\$ 1.500 millones. En la minería metálica es el hierro el principal producto de la región y a nivel nacional constituye la mitad del mineral producido. La minería del cobre en la Región se distingue por la participación de CODELCO como productor de cobre electrolítico y de ENAMI como productor de cobre blister, y por el poder comprador que mantiene en la zona.

En la comuna de Copiapó se destaca la planta Matta y Fundición Paipote, que recibe y procesa del sector de la pequeña minería (160.000 t/mes, 1.920.000 t/año) que nace de unidades productivas de la provincia de Copiapó, las que hacen uso de la Red Vial Básica y Comunal. Por otra parte, en cátodos de cobre produce 396 t/año que son trasladadas vía camión a la Fundición Ventana, haciendo uso de 8 km de la ruta 31-CH y

223 km de la ruta 5 entre Copiapó y el límite de la IV Región. El ácido sulfúrico es abastecido mediante camión desde Copiapó (producido en fundición Paipote) a la planta de ENAMI de El Salado, a través de la ruta 31-CH - C-17 y C-13 totalizando 138 km y hacia Vallenar por la ruta C-391 (17 km) y Ruta 5 (145 km).

El turismo es una actividad que se encuentra en un nivel incipiente, pero con proyección. En este contexto, la región desarrolla tres grandes áreas: a) el sector costero y los valles agrícolas; b) el sector del desierto y la montaña; y c) el sector desierto florido. Por su parte, el valle de Copiapó ofrece visita a la capital regional, que cuenta con atractivos históricos y todos los servicios. Destaca el paseo por el valle de Copiapó visitando la mina cercana a la ciudad de Tierra Amarilla, antiguos conjuntos arquitectónicos, petroglifos y antiguas estaciones de ferrocarriles.

### 3.12.7 Dimensión Bienestar Social Básico

En materia de vivienda, el Censo 2002 indica que la comuna de Copiapó posee un total de 35.814 viviendas, en tanto que Tierra Amarilla, en tanto, cuenta con 2.703 viviendas, tal como se aprecia en el Cuadro 3.12-7.

Del total de viviendas de cada comuna, en Copiapó el 98% tiene agua potable, mientras que en Tierra Amarilla, de acuerdo al Censo 2002, el 80,4% poseía ese servicio.

De esas viviendas, en la comuna de Copiapó, más del 96% están conectadas al alcantarillado, mientras que en Tierra Amarilla ese porcentaje alcanza un 80%.

En cuanto a la cobertura de servicio eléctrico, de acuerdo al Censo 2002, en la comuna de Copiapó alcanza el 97,8%, mientras que en Tierra Amarilla es de un 91,5%.

**Cuadro 3.12-7 Distribución de de Viviendas y cobertura de Agua Potable, Alcantarillado y Servicio Eléctrico en Comunas de Copiapó y Tierra Amarilla**

Comuna	Viviendas	% con Agua Potable	% con Alcantarillado	% Servicio de electricidad
Copiapó	35.814	98	96	97,8
Tierra Amarilla	2.703	80,4	80	91,5

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2002, INE.

### **3.13 MEDIO CONSTRUIDO**

Respecto a la red vial, la ruta principal corresponde a la Ruta Internacional 31-CH, por la cual se accede a Mina Jilguero, antes de la ruta C-377. Esta ruta conecta la ciudad de Copiapó con la ciudad de Diego de Almagro y con el paso internacional San Francisco, en la frontera de Chile con Argentina.

Respecto a la infraestructura de salud, la provincia de Copiapó cuenta con un total de 5 Hospitales. El Hospital de Copiapó se ubica dentro de la comuna de Copiapó junto a 8 consultorios municipales: Paipote, Dr. Armando Ossa, Juan Martínez, Pedro León Gallo, Manuel Rodríguez, Rosario, Santa Elvira y Sectores Altos Dr. Bernardo Mellibousky.

Datos obtenidos de la página Web del Ministerio de Educación (Dic. 2008), indican que la comuna de Copiapó tiene 65 establecimientos educacionales como parte de su infraestructura educacional, de los cuales 62 son urbanos y 3 rurales.

### **3.14 PATRIMONIO CULTURAL**

Se realizó una prospección arqueológica del área de estudio, la cual se llevó a cabo en dos campañas de terreno realizadas el 06 de noviembre de 2009 y el 20 de mayo de 2010 en las cuales se recorrió la totalidad del área de estudio, cuya superficie equivale a 355 ha. El principio de estas actividades consistió en anticipar, de acuerdo con la normativa legal vigente, la presencia de restos materiales culturales patrimoniales protegidos por la Ley 17.288, que eventualmente pudiesen ser hallados en las áreas que el Proyecto intervendrá. En ambas campañas, la prospección arqueológica fue realizada por el arqueólogo Carlos Carrasco, contándose con la colaboración del Antropólogo Kenneth Jensen.

Adicionalmente, en enero de 2010, se realizó una inspección paleontológica en el área de estudio como parte del levantamiento de esta línea de base. El objetivo de esta actividad consistió en corroborar la presencia de moluscos marinos (amonites) en el sector y evaluar el valor científico de estos u otros fósiles. La prospección paleontológica fue realizada por el Geólogo Joachim Zora.

#### **3.14.1 Antecedentes Generales**

El área de estudio se enmarca al interior del tramo territorial nacional denominado Norte Chico que se extiende desde el río Salado hasta el valle del Aconcagua o Cordón de Chacabuco. La fisiografía de esta zona se compone de un relieve montañoso irregular que configura un bloque que vincula la Cordillera de los Andes y la de la Costa. Dicho bloque es cortado de oriente a poniente por valles tectónicos separados por cordones transversales

que se desprenden desde las elevaciones andinas. Junto al desaparecimiento de las llanuras altioplánicas desaparece el volcanismo, prevaleciendo únicamente los nevados Copiapó y Jotabeche. Por el litoral destaca la desaparición de la abrupta pendiente occidental de falla de la Cordillera de la Costa, dando lugar al desarrollo de terrazas marinas altas, extensas playas, bahías y terrazas fluvio-marinas en los cursos inferiores de los ríos.

El Norte Chico es cruzado por ocho sistemas hidrográficos mayores que proporcionan recursos hídricos necesarios tanto para el mantenimiento de la flora y fauna, como para la actividad humana. Estos sistemas corresponden a los ríos Salado, Copiapó, Huasco, Elqui, Limarí, Choapa, Petorca, La Ligua y Aconcagua. Además, entre los interfluvios de los sistemas principales corren valles secundarios de carácter precordillerano. Entre las cuencas preandinas más destacadas se cuentan El Algarrobal entre el Copiapó y el Huasco; Chañaral de Aceitunas y Los Choros, entre el Huasco y El Elqui; Lagunillas, al sur del El Elqui; el estero Pupio y el Quilimarí al sur del Choapa. Estas redes de drenaje son muy pródigas en tributarios y subtributarios lo que genera mayoritariamente cuencas de tipo dendrítico. Un rasgo geomorfológico importante asociado a estas características y vinculado especialmente a las ocupaciones humanas, corresponde a los conos de deyección formados en las confluencias de las quebradas laterales que caen a los cursos principales.

Las investigaciones arqueológicas en este segmento territorial han determinado que las ocupaciones humanas se extienden desde aproximadamente 11.000 años (a.p.) hasta la conquista española. Dentro de esta larga secuencia ocupacional prehispánica, destacan asentamientos de cazadores de megafauna (Sitios Quereo y Santa Julia) y de cazadores y recolectores terrestres y marinos (Complejo Huentelauquen). Estos últimos mantienen su cultura hasta aproximadamente 3.000 a.p, cuando comienza una nueva etapa de desarrollo cultural marcada por la domesticación de plantas y animales.

En este nuevo período, aparecen los primeros agroceramistas conocidos como complejo cultural Molle, caracterizados por su fina producción cerámica. Posterior a este complejo cultural, se reconoce al complejo Las Ánimas con una importante presencia tanto en el interior como en la costa, extendiéndose hasta los primeros siglos del segundo milenio después de Cristo. A partir de ese momento, destaca la “cultura Diaguita”, caracterizada por una importante producción de cerámica decorada. Las poblaciones diaguitas sufrieron el traslado a otras regiones impulsado por el Inca, quien se habría asentado en este territorio con el fin de explotar yacimientos mineros, especialmente de cobre.

Para la época colonial no hay registros sistematizados para el área de estudio, no obstante, es conocido que durante el siglo XVIII se producen traslados de población desde sectores marginales de Santiago hacia los valles transversales del Norte Chico. Entre la población trasladada figurarían tanto indígenas como españoles y criollos en extrema pobreza. A esta época correspondería la introducción de ganado caprino a la zona. Ya en la época republicana, el Norte Chico, en especial las cordilleras de Copiapó y Vallenar se hacen conocidas por los descubrimientos mineros, generándose un fuerte desarrollo de la industria minera a pequeña y gran escala, prevaleciendo hasta hoy un importante número de campamentos estacionales de pirquineros.

Actualmente en la zona se reconocen ocupaciones humanas vinculadas a economías ganaderas, agrícolas y mineras de larga tradición cultural. Así, en los últimos años esta tradición ha sido reconocida por el Estado Chileno otorgando reconocimiento legal a dos etnias de la región: Collas y Diaguitas. De este modo, la existencia legal de estas etnias trae consigo un reconocimiento especial al patrimonio cultural histórico y antropológico (etnográfico) del Norte Chico, fundamentado en el patrimonio arqueológico prehispánico.

Respecto de la estratigrafía del área de estudio, en ésta afloran rocas carbonáticas estratificadas de la formación Nantoco. Corvalan (1974) menciona la presencia de amonites del Heufteriano tardío en sus partes más altas. Según el autor, la parte superior de la formación corresponde a 100 m de calizas de agua poco profundo, evaporizas y brechas calcáreas<sup>27</sup>.

### **3.14.2 Metodología**

En el área de estudio se realizaron dos prospecciones, una arqueológica y otra paleontológica. A continuación se exponen las metodologías de ambas.

#### **3.14.2.1 Arqueología**

La prospección, en ambas campañas, fue realizada de manera pedestre cubriendo el área de estudio del Proyecto (Fotografías 3.14-1 y 3.14-2). Con el fin de cumplir con el objetivo propuesto y dado lo abrupto del paisaje, se llevó a cabo una prospección de tipo geográfica. Este tipo de prospección, también conocido como por cobertura total, consiste en recorrer el área siguiendo los accidentes topográficos de éstas. Es decir, cubriendo de acuerdo a las posibilidades de circulación cumbres, laderas y lechos de quebradas en un sentido geográfico.

---

<sup>27</sup> En el Acápite 3.3.2 de la presente línea de base se presenta la estratigrafía del área de estudio.

Ante la eventualidad de hallazgos de carácter patrimonial, se diseñó una ficha de registro “tipo” que recogería información relacionada con los siguientes ítems: ubicación del sitio en coordenadas UTM (datum PSAD 56); tipo de hallazgo, que se relaciona con la funcionalidad que éste tendría; área de influencia donde se emplazaba el hallazgo, identificándose un área de influencia directa (si el recurso patrimonial se encontraba dentro del área que será afectada por las obras del Proyecto) y una zona de impacto indirecta (si el hallazgo se encontraba cercano y no inmediatamente incluido en el área a afectar por el Proyecto); características del paisaje (vegetación, cursos de agua, geoformas); extensión y distribución de los hallazgos; el tipo de materiales y rasgos culturales; adscripción histórico-cultural; estado de preservación (indicación de procesos posdepositacionales); visibilidad, obstrusividad y la accesibilidad.



**Fotografía 3.14-1 Panorámica de Quebrada Intermitente al Norte del Actual Depósito de Desmonte**





**Fotografía 3.14-2 Panorámica de Quebrada Intermitente al Sureste de la Cantera Jilguero**

### **3.14.2.2 Paleontología**

Se realizó una visita a terreno con fin de identificar lugares con presencia de restos fósiles. Durante ésta se realizaron observaciones de superficie para identificar la presencia de restos fósiles y la identificación in-situ de estos fósiles cuando era posible, junto con su registro fotográfico. Las ubicaciones de los respectivos hallazgos se registraron mediante el uso del mapa topográfico 1:25.000 (Sierra Ladrillos), imágenes satelitales (Google Earth) y GPS (datum PSAD 56).

La inspección de terreno no contempló una recolección de especies paleontológicas u otro tipo de prospección avanzada como excavaciones, calicatas etc. Si como resultado del presente trabajo fuera necesaria la recolección de material paleontológico, se solicitará los permisos correspondientes según lo establecido el en “Reglamento sobre Excavaciones y/o Prospecciones Arqueológicas, Antropológicas y Paleontológicas”.

Para caracterizar el estado de conservación de los restos fósiles encontrados, se utilizó la siguiente terminología:

- Bueno: el fósil es entero o casi entero y se puede identificar con facilidad la especie,

- Regular: se encuentra fragmentos grandes o individuos enteros en proceso de desgaste (meteorización), pero se puede identificar todavía la especie,
- Malo: se encuentra fragmentos pequeños o individuos enteros muy desgastados. No se puede identificar la especie con seguridad,
- Muy malo: se encuentra solamente fragmentos que no permiten una identificación de la especie.

Para evaluar el eventual valor científico de fósiles encontrados se consideró lo siguiente:

a) Son monumentos nacionales que quedan bajo la tuición y protección del Estado, las piezas paleontológicas cuya conservación interesa a la ciencia (Título I, Artículo 1 Ley de Monumentos Nacionales).

b) En carencia de un sustento legal que define lo que se debe entender como interés científico, y para poder evaluar el valor científico de restos paleontológicos, es necesario acudir a una definición que tiene el carácter de un consenso científico. En este contexto se puede considerar como válido lo expresado por parte de A. Rubilar (Profesor de Paleontología, Departamento de Geología, Universidad de Chile) (Rubilar 2007, con colaboración de E. Perez d'Angelo, W. Stinnesbeck y S. Nielsen):

- Los restos fósiles suelen ser abundantes donde se encuentra y equivalen a ejemplos individuales o particulares de sistemas biológicos que en su mayoría son numerosos, variables y diversos. Además, los yacimientos paleontológicos pueden abarcar una extensión geográfica muy amplia.
- Considerando la naturaleza y características singulares del registro fósil, los materiales más relevantes (y por tanto con mayor significado patrimonial) son aquellos que representan alguna (o el conjunto) de las siguientes características:
  - Son poco abundantes en el registro fósil,
  - Tienen un grado de preservación superior a lo más frecuente,
  - Constituyen el primer hallazgo o amplían considerablemente el registro disponible de una paleo o icnoespecie nueva o ya conocida (en cuanto a su rango temporal o distribución geográfica), o
  - Porque, en general, aportan información científica novedosa en aspectos paleobiológicos y/o bioestratigráficos.

En consecuencia de lo anterior, restos fósiles que no cumplen con estos requisitos se puede considerar de bajo valor científico.

### **3.14.3 Resultados**

#### **3.14.3.1 Hallazgos Arqueológicos**

En la prospección realizada en el área de estudio del Proyecto “de Ampliación Mina Jilguero”, se registró únicamente un hallazgo de carácter patrimonial (Hallazgo 01), correspondiente a un sitio histórico. Al respecto, cabe especificar la ausencia de elementos arqueológicos prehispánicos y antropológicos. A continuación se describe el hallazgo.

##### ***Hallazgo 01***

Coordenadas UTM 19S PSAD 56:

- Estructura 1 (Sur a Norte) 379.894 E, 6.962.412 N, 1.050 m s.n.m.
- Pirquén Oeste UTM 19S 379.869 E, 6.962.452 N, 1.057 m s.n.m.

El Mapa 3.8 presenta la ubicación del Hallazgo 01.

El sitio registrado se emplaza en el sector alto de una quebrada que escurre en dirección SW-NE (015°). Corresponde a un Campamento Minero asociado a dos piques de explotación artesanal (Pirquenes).

El Campamento consta de seis recintos construidos con pircas y dos canchas de trabajo, ocupando un tramo de aproximadamente 70 m de la quebrada. Un Pirquén, una de las canchas y uno de los recintos se emplazan en una quebrada lateral que escurre desde el Noroeste. Entre los recintos registrados, dos de ellos podrían corresponder preliminarmente a recintos habitacionales, registrando al interior cinco estructuras de piedra y rellenas con sedimento, compatibles con camas. Un tercer recinto, de forma abovedada, está construido con clastos angulosos y corresponde a un horno.

El recinto constructivamente más elaborado, es la Estructura 1 que consta de una habitación de planta rectangular de aproximadamente 6 por 4 m levantada con pirca de doble hilada rellena de tierra y con una altura promedio de 1,2 m. El muro Norte presenta en su cara interior una alacena empotrada construida al mismo tiempo que el muro. Este recinto tiene un vano de acceso en el muro Oriente. En su interior se observan tres estructuras compatibles con camas de piedra y sedimento. Hacia el Sur se observa otro muro que protege una plataforma de piedra y sedimento que correspondería

a una cocina. Inmediatamente al Norte se encuentra un Pirquén y la cancha mayor del sitio, que correspondería a labores de pallaqueo.

El resto de los recintos presenta un patrón constructivo similar aunque con menor grado de elaboración y situándose en espacios planos menores, siendo los de más al norte terraplenes excavados en la ladera.

La capa de polvo fino que está impregnada en toda la superficie, determina una baja visibilidad de los vestigios culturales. No obstante, se registra presencia de:

- Vidrio: Representado por fragmentos de botellas de elaboración artesanal (pre industrial).
- Loza: Fragmentos de loza industrial con engobe vidriado.
- Cuerda: De fibras vegetales torcidas.
- Cuero: Pequeños fragmentos muy intemperizados.
- Madera: En estado natural (ramas) probablemente para leña.
- Cornamenta: Altamente intemperizada.
- Huesos: Al parecer de diversas especies domésticas.
- Huesillos: De duraznos secos.
- Huella de Acceso: Se recorrió parte de la huella de acceso al campamento. Esta huella tiene una orientación NW-SE y se dirige hacia Tierra Amarilla por la quebrada de Meléndez. Se registraron los siguientes puntos (ver Mapa 3.8):

**Cuadro 3.14-1 Puntos Registrados en Huella de Acceso (UTM 19S, PSAD 56)**

Punto	E	N
01	379.803	6.962.396
02	379.808	6.962.302
03	379.888	6.962.273
04	379.963	6.962.234
05	380.003	6.962.188
06	380.081	6.962.141

Las Fotografías 3.14-3 a 3.14-9 muestran el Hallazgo 01 y los vestigios culturales encontrados.



**Fotografía 3.14-3 Vista del Área de Emplazamiento de Estructuras. Hallazgo 01**



**Fotografía 3.14-4 Lecho de Quebrada de Emplazamiento de Sitio Histórico. Hallazgo 01**



**Fotografía 3.14-5 Detalle Estructura Compatible con Horno. Hallazgo 01**



**Fotografía 3.14-6 Detalle de Aterrazamiento para Emplazamiento de Estructuras.  
Hallazgo 01**



**Fotografía 3.14-7 Restos de Fragmentos Óseos. Hallazgo 01**



**Fotografía 3.14-8 Fragmentos de Loza. Hallazgo 01**



**Fotografía 3.14-9 Restos de Vidrio de Botella de Fabricación Artesanal. Hallazgo 01**

En las laderas en torno al hallazgo y en las quebradas intermitentes aledañas, existen diversas huellas que podrían corresponder al tránsito de animales herbívoros. También producto de la actividad de mina Jilguero se aprecian caminos rústicos excavados con maquinaria en las laderas de los cerros del área, así como huellas de orugas mecánicas. Se constata además la presencia de una postación y cableado eléctrico activo.

### **3.14.3.2 Hallazgos Paleontológicos**

Adicionalmente, en el área de estudio, se registró un hallazgo paleontológico consistente en cinco fósiles aislados de moluscos marinos. A continuación se presentan los resultados de la prospección paleontológica desarrollada en el área de estudio.

#### **i. Observaciones Paleontológicas**

En la mayor parte de las rocas a lo largo de la quebrada no se observó restos fósiles de ningún tipo. Solamente en un tramo de aproximadamente 50 m de largo se encontró 5 restos de moluscos marinos (amonites) de un tamaño variable entre 10 y 15 cm de diámetro (ver Apéndice 3-C). El Mapa 3.8 presenta la ubicación de los restos encontrados.

Los restos se encuentran incrustados en la roca, con las partes sobresalientes muy desgastadas por efectos de la meteorización. El estado de conservación varía entre muy



malo y regular. Solamente algunos de los amonites se puede identificar como restos de *Crioceratites* sp., probablemente *Crioceras andinum* Gerth y/o *Crioceratites schlagentweiti*. Además se encontró en el mismo sector de la quebrada varios otros restos de amonites que consisten en fragmentos incrustados en la roca o simplemente en impresiones (moldes) borrosas de conchas, que permiten una identificación como amonites, pero sin la posibilidad de determinar la especie (ver Apéndice 3-C).

No se encontraron restos de otras especies, excepto los amonites mencionados. Los fósiles encontrados fueron registrados mediante fotografías y marcados con monolitos de piedra erigidos a su costado, para poder encontrarlos en otra ocasión (Fotografía 3.14-10).



**Fotografía 3.14-10 Monolito para Marca de Hallazgo**

## **ii. Evaluación**

Como se indicó en el Acápite anterior, los restos fósiles a lo largo de la quebrada son escasos. Los amonites encontrados no son de un estado de conservación bueno y corresponden además a especies bien conocidas y estudiadas.

Respecto del contenido fósil de la formación Nantoco, este es suficientemente conocido, y, a su vez, han sido documentados varios lugares de hallazgos de amonites de la especie *Crioceras* y otros, especialmente en la Quebrada de Melendez, ubicada aproximadamente 4 km al sur del sector de estudio. Se puede afirmar además, que hay un conocimiento muy amplio acerca de las relaciones estratigráficas del Grupo Chañarcillo y el contenido fósil de sus respectivas formaciones.

La estratigrafía de la zona sur-oriente de la ciudad de Copiapó, y especialmente las formaciones geológicas pertenecientes al Grupo Chañarcillo, son objeto de estudio desde varias décadas. Las formaciones del Grupo Chañarcillo fueron definidas por Biese (1942). Trabajos posteriores de Tavera (1956), Segerstrom & Parker (1959), Segerstrom (1960), Corvalán (1974), Abad (1977) y publicaciones más recientes (de Arevalo (1994), Arevalo (1995), Arevalo (2005 a) y Arevalo 2005 b) completan los conocimientos estratigráficos de la zona incluyendo su contenido fósil. Las relaciones bioestratigráficas basados en amonites entre las cuencas del cretácico inferior de Atacama (Chile) y Neuquén (Argentina) son tema de las publicaciones de Aguirre-Urreta (1993), Mourgues (2004) y Aguirre-Urreta et al. (2007).

Estos trabajos representan solamente a modo de ejemplo algunas de las publicaciones más significativas relacionadas con la materia.

Considerando los criterios para evaluar el valor científico de fósiles (ver Acápite 3.14.2.2), resulta que los fósiles encontrados en el área de estudio no poseen un valor científico significativo. Finalmente, se destaca que los afloramientos de rocas de la formación Nantoco en el área de estudio cubren un área limitada respecto a la superficie total que cubre esta formación al sureste de la ciudad de Copiapó.

### **3.14.4 Conclusiones**

#### **3.14.4.1 Arqueología**

En el área de estudio del Proyecto, se registró un hallazgo cultural patrimonial, correspondiente a un sitio histórico vinculado con el desarrollo minero artesanal de la región. Cabe destacar que en el Norte Chico, en especial las cordilleras de Copiapó y Vallenar se hacen conocidas por los descubrimientos mineros, generado por un fuerte desarrollo de la industria minera, de pequeña y gran escala, prevaleciendo hasta hoy un importante número de campamentos estacionales de pirquineros similares a este.

Cabe señalar que este tipo de restos se encuentran protegidos por la Ley 17.288 sobre monumentos nacionales.

#### **3.14.4.2 Paleontología**

La formación Nantoco, su contenido fósil y sus relaciones estratigráficas han sido objeto de estudio durante décadas. El conocimiento científico (petrográfico, estratigráfico y paleontológico) de esta unidad es amplio y completo. Ésta formación cubre áreas muy extensas al sureste de la ciudad de Copiapó, mientras que el área de estudio corresponde a una superficie limitada de la formación Nantoco.

Los fósiles encontrados en terreno son de un estado de conservación regular, malo o muy malo. Fósiles en buen estado de conservación han sido encontrados en diferentes lugares de la zona, especialmente en la Quebrada de Melendez. En consecuencia, se concluye que los fósiles encontrados en el área de estudio no poseen un valor científico significativo.