

Todas las estaciones presentan valores de coliformes fecales bajo la norma. La estación Pajaritos (Quebrada Los Chacras) tiene el valor más alto, coincidiendo con ser aquella zona muestreada que esta relacionada a mayor actividad humana (escuela, huerto).

En general, el agua del acuífero puede clasificarse con efectos perjudiciales en cultivos sensibles. Solo en la parte la parte mas alta muestreada del acuífero se tiende a observar una disminución de la calidad en este sentido, sin que los valores sean tan notoriamente diferentes.

Los valores medidos, así como la interpretación de los mismos, corresponden al periodo de muestreo. Se establecerá un programa de monitoreo al menos de un año para estudiar las Variaciones estacionales y analizar variaciones en ciclos mayores, en relación a la pluviometría.

Dentro de los compromisos del Estudio de Impacto Ambiental, se considerará el iniciar el monitoreo apenas este sea aprobado y antes del comienzo de las faenas de construcción.

Para el proyecto se contempla la captación de agua en un pozo ubicado en la quebrada Los Choros, en el sector denominado Punta del Viento, y un sistema de impulsión de la misma para elevarla hasta el sector del proyecto. El pozo esta ubicado en las coordenadas 299.500 W 6.750.500 N justo al oeste de la Ruta 5 Norte y al suroeste de la intersección de Punta Colorada. Los parámetros fisicoquímicos medidos se encuentran en el Anexo 6 "Caracterización fisicoquímica del agua", y se encuentran dentro de los estándares.

C.10. Áreas de riesgo

C.10.1. Antecedentes Generales

Las interacciones producidas entre el medio natural y el medio humano pueden generar condiciones poco favorables en la constitución de actividades humanas, más aún si no se comprende que el sistema natural es dinámico, es decir, que los diferentes componentes que le integran puedan modificar sus estados originales, reconfigurando el sistema inicial. En este sentido, la definición y análisis de las áreas de riesgo tiene por objeto incluir en la planificación y desarrollo de variados proyectos las características del sistema natural.

Chile por su posición geográfica (al margen de la zona de subducción de placas tectónicas) y por las características del medio natural definidas por su extensión latitudinal y montañoso relieve, es un país constantemente afectado por fenómenos naturales extremos, tanto en intensidad como en magnitud, los que pueden suceder por un incremento excepcional e inusitado de energía en el sistema natural, o por la liberación de ésta sobre algún componente sistémico (Brignardello 1997), causando adversos efectos sobre los elementos humanos, culturales y económicos. Por lo tanto, la prevención de estos fenómenos requiere de un tratamiento donde se puedan identificar las áreas con probabilidades de ocurrencia de este tipo de manifestaciones catastróficas, siendo éstos clasificados como riesgos de origen natural, o específicamente como riesgos geofísicos.

Dentro de este capítulo se analizarán riesgos asociados a fenómenos geofísicos peligrosos, los que pueden ser clasificados según su origen y características en procesos morfodinámicos (producidos por agentes externos) y en procesos geodinámicos (generados por agentes internos).

Por otra parte, las actividades humanas también pueden generar condiciones de riesgo alterando los sistemas naturales y antrópicos, estableciendo áreas de vulnerabilidad, con consecuencias significativas para el desarrollo socioeconómico de regiones, perturbaciones en el paisaje e, inclusive, alterando los ciclos ecológicos.

En este sentido, la determinación de la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales y humanos catastróficos, es definida como riesgo, el cual es el producto de la peligrosidad y la vulnerabilidad del área.

Dado que la ocurrencia de estos fenómenos actúan aleatoriamente, los análisis predictivos realizados sobre la superficie sólo buscan establecer riesgos potenciales, de forma de adoptar pertinentes medidas de prevención.

C.10.2. Metodología

Con el fin de identificar y caracterizar las áreas de bajo riesgo natural geofísico, en primer lugar, se realizó una revisión y recopilación de antecedentes en relación a la descripción y tipificación de los procesos identificados como riesgosos. Así también, se reunieron los antecedentes respecto de la morfología del área del Proyecto.

C.10.3. Riesgos Naturales

La Quebrada Los Choros tiene una hoya hidrográfica de 4.058 km², la cual es reconocida por captar las aguas lluvias de su sector montañoso (quebradas: Las Breas, Pedernales, Tabaco, Pelicano, Carrizo, Grande, Las Chacras, Breas de Junta y Puquíos entre las principales, además de otras menores). Sus crecidas de aluviones de barro y agua en años lluviosos (por ejemplo asociados a fenómeno del niño; 1957 – 1965 – 1972 – 1982 – 1992) son sucesos violentos, muy destructivos, que socavan y remueven el lecho de la quebrada eje destruyendo los caminos en el fondo del lecho.

En la cordillera media, o sea en el cordón montañoso sobre los 2500 mts. son frecuentes las precipitaciones de nieve invernal, pero no sobrepasan el medio metro y dura solo el periodo invernal. No hay registros estadísticos por ser una zona sin centros permanentes habitados, salvo población menor de ganaderos caprinos o de pequeña minería. No existen registros de riesgos por avalanchas de nieve; sin embargo su probabilidad de ocurrencia es muy baja.

En sectores donde el terreno presente mayores pendientes, pueden ocurrir deslizamientos o movimientos de masas de terrenos en la cubierta de escombros de faldas, pero su ocurrencia está sujeta a factores como precipitación excesiva, o que se realicen trabajos de corte en laderas con taludes subverticales, creando condiciones de inestabilidad propensas a deslizamientos de laderas.

La topografía de la zona es escasa en barrancos, así que caídas de masas rocosas o bloques, es casi nula su probabilidad.

En cuanto a posibles riesgos naturales que podrían afectar a las quebradas mas importantes que se emplazan en el entorno del yacimiento, se puede indicar que la quebrada Los Coloraditos podría ser de riesgo mediano por la topografía abrupta de sus laderas, en cambio la quebrada Puquíos es mas madura con poco riesgo de deslizamiento de laderas, existiendo zonas de posibles remoción en masa en el sector sur del actual campamento.

Desde el punto de vista del medio físico, se clasifica como peligro geológico a inundaciones, sismicidad, vulcanismo, y remoción en masa.

Definiremos el riesgo como todo proceso, situación o suceso relacionado con peligros geológicos, que puede generar daños económicos a la infraestructura requerida para el proyecto, y/o daños a personas y medio ambiente.

C.10.4. Inundaciones

En el siguiente numeral se señalan los riesgos hidrológicos asociados a escorrentías directas en las quebradas Puquíos y coloraditos. Este análisis se realiza considerando las crecidas generadas por escorrentías directas provocadas por precipitaciones intensas en las Quebradas Puquíos y Coloradito. Ambas quebradas flanquean al sector de emplazamiento del proyecto (Ver Figura 5.18), por lo que el análisis que se presenta permite evaluar los riesgos asociados al fenómeno descrito y aporta antecedentes para el dimensionamiento de las obras de ingeniería para la minimización y control de éstos.

La metodología utilizada para la estimación del caudal máximo instantáneo en ambas quebradas corresponde al “Método Racional”. La aplicación de este método requiere estimar para cada cuenca: a) el coeficiente de escorrentía [c]; b) la intensidad de la precipitación de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca [I (mm/h)] ; y c) el área aportante de escorrentía directa A (Km²).

La determinación del coeficiente de escorrentía o de escurrimiento se realizó en base a la metodología descrita por el Manual de Carreteras⁵.

La intensidad de la precipitación de duración igual al tiempo de concentración se realizó estimando el tiempo de concentración de la cuenca y la precipitación máxima de duración igual al tiempo de concentración asociada a un periodo de retorno de 100 años (T=100 años).

La determinación de las áreas aportantes a la escorrentía directa en cada una de las microcuencas se realizó utilizando cartografía topográfica digitalizada escala 1:50.000, editada por el Instituto Geográfico Militar (I.G.M) y el software ArcView 3.3 de ESRI y su extensión 3D (para la construcción de los modelos tridimensionales de terreno).

⁵ Ministerio de Obras Públicas, Junio de 2002.

C.10.4.1. Aplicación del Método Racional

La estimación de los caudales máximos instantáneos de escorrentía directa que pudieran generarse en las microcuencas Puquíos y Coloradito, como consecuencia de lluvias de importancia sobre la zona, se realizó utilizando el denominado “Método Racional” (Wanielista. M, 1997), cuya expresión matemática se indica a continuación:

$$Q = \frac{c \cdot I \cdot A}{3.6}$$

Donde:

Q : Caudal (m³/s)

c : Coeficiente de escorrentía

I : Intensidad de precipitación de diseño (mm/hora)

A : Área de la cuenca (Km²)

En los siguientes numerales se desarrollan los siguientes aspectos requeridos para la aplicación del Método Racional: a) Análisis de la información pluviométrica disponible para las Quebradas Puquíos y Coloraditos; b) Determinación del coeficiente de escurrimiento; c) Caracterización de las microcuencas Puquíos y Coloradito; d) Cálculo de la intensidad de la precipitación de diseño (T=100 años).

a) Información pluviométrica

La información pluviométrica utilizada para la aplicación del Método Racional corresponde a los registros de la estación DGA “El Trapiche”, ubicada en la Comuna de la Higuera, IV Región de Coquimbo.

La información disponible comprende registros de precipitaciones máximas en 24 horas ($P_{máx24h}$) a nivel anual, disponibles entre los años 1979 a 2006. En base a esta información, se determina la precipitación máxima diaria con periodo de retorno $T = 10$ años (mm), destacado en la Tabla 5.42 utilizada en la letra d) para la estimación de la precipitación con periodo de retorno $T = 100$ años.

Tabla 5- 42. Período de retorno (T) y Probabilidad de Excedencia Precipitaciones Máximas en 24 horas - Estación DGA El Trapiche

m	Año		(mm)	T (años)	P Excedencia
1	1997	11/06	56,00	29	3,4%
2	1987	24/07	50,00	15	6,9%
3	1991	17/06	45,00	10	10,3%
4	2004	26/07	38,50	7	13,8%
5	2000	23/06	35,00	6	17,2%
6	2002	04/06	28,00	5	20,7%
7	2003	21/05	26,50	4	24,1%
8	1983	07/07	26,10	4	27,6%
9	1992	07/06	25,50	3	31,0%
10	1984	10/07	24,10	3	34,5%
11	2005	23/05	23,00	3	37,9%
12	1999	31/10	20,50	2	41,4%
13	1985	29/07	16,00	2	44,8%
14	2001	29/09	16,00	2	48,3%
15	1980	24/07	15,50	2	51,7%
16	1990	07/07	13,50	2	55,2%
17	1982	12/08	13,00	2	58,6%
18	1989	20/08	13,00	2	62,1%
19	1996	03/08	11,00	2	65,5%
20	2006	26/07	10,50	1	69,0%
21	1986	28/05	9,50	1	72,4%
22	1981	12/05	9,00	1	75,9%
23	1988	21/09	3,00	1	79,3%
24	1994	29/06	2,50	1	82,8%
25	1979	12/09	2,00	1	86,2%
26	1993	29/08	0,50	1	89,7%
27	1995	31/01	0,00	1	93,1%
28	1998	31/01	0,00	1	96,6%

Nota: Se destaca un periodo de 10 años.

b) Determinación del coeficiente de escurrimiento (c)

Este coeficiente puede estimarse en base a cuatro características de las cuencas, que corresponden al relieve del terreno, las condiciones de infiltración, de cobertura vegetal y la capacidad de almacenamiento superficial, lo que da lugar a un coeficiente de escurrimiento $c = 0,64$ como se muestra en la Tabla 5.43.

Tabla 5- 43. Cálculo del coeficiente de escurrimiento⁶

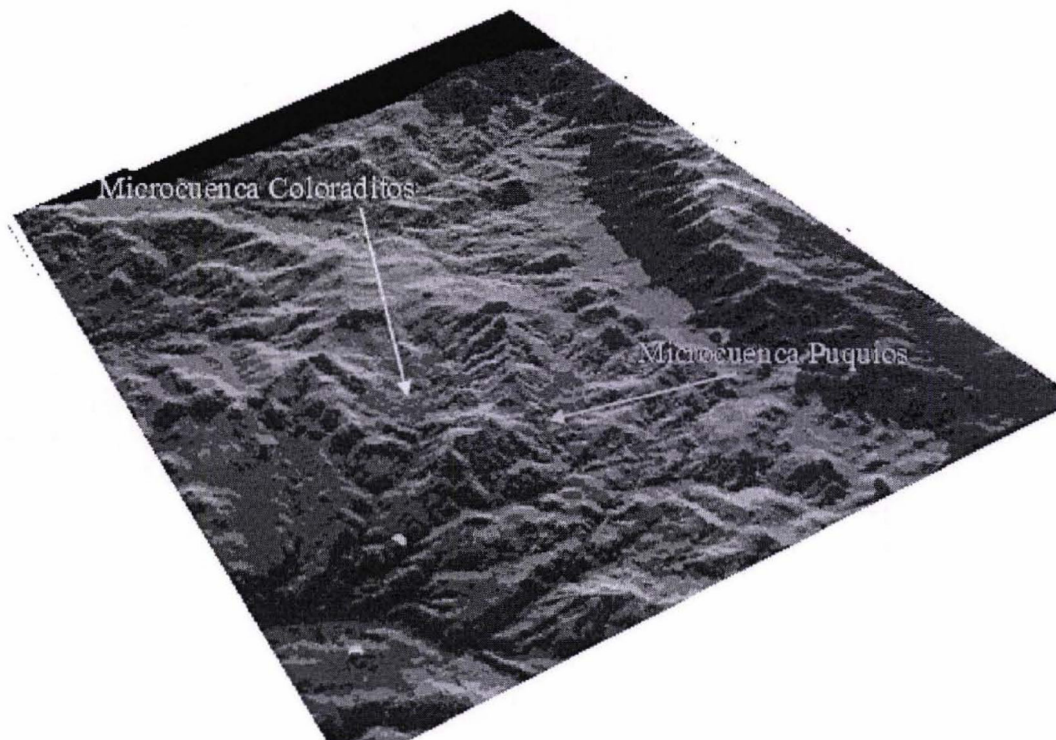
Componente	Descripción	Valor
Relieve	Montañoso con pendientes entre 10 y 30%.	0,24
Infiltración	Suelo rocoso con capacidad de infiltración despreciable.	0,15
Cobertura vegetal	Cobertura escasa.	0,14
Almacenamiento superficial	Despreciable, pocas depresiones superficiales, sin zonas húmedas.	0,11
Coeficiente de escurrimiento		0,64

Fuente: Elaboración propia.

c) Caracterización de las microcuencas Puquíos y Coloradito

Para la determinación de las áreas aportantes a la esorrentía en cada una de las microcuencas se utilizó cartografía topográfica digitalizada escala 1:50.000, editada por el Instituto Geográfico Militar (I.G.M), y el software ArcView 3.3 de ESRI y su extensión 3D (para la construcción de los modelos tridimensionales de terreno).

Figura 5-28. Modelo 3D microcuencas Puquíos y Coloraditos



⁶ Valor calculado en base a metodología recomendada por el Manual de Carreteras, Ministerio de Obras Públicas, Junio de 2002.

El procesamiento de la información cartográfica IGM permitió determinar los principales parámetros de las cuencas que se utilizan para la estimación de los caudales máximos instantáneos que escurrirán por sus secciones. Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 5-44.

Tabla 5- 44. Parámetros de las microcuencas Puquíos y Coloraditos

Micro cuenca	A (Km ²)	L (Km)	H (m)
Puquíos	46,99	11,3	1.460
Coloraditos	33,10	10,0	1.321

Fuente: procesamiento de datos de cartografía IGM.

A: Área aportante (Km²)

L: longitud del cauce (Km)

H: Diferencia de nivel total entre cotas extremas de la cuenca (m)

d) Intensidad de la precipitación de diseño (T=100 años)

La intensidad de la precipitación de diseño I (mm/h) corresponde a aquella precipitación de duración igual al tiempo de concentración (t_c) de la cuenca⁷.

Para la estimación del tiempo de concentración de las cuencas (t_c) se utilizó el método propuesto por el Manual de Carreteras para cuencas de montaña (California Culverts Practice 1942):

$$t_c = 57 * (L^3 / H)^{0,385}$$

Donde:

t_c : tiempo de concentración (min)

A: área pluvial aportante (km²)

L: longitud del cauce (Km)

H: diferencia de nivel total entre cotas extremas de la cuenca (m)

Reemplazando los valores, se obtienen los resultados señalados en la Tabla 5.45.

Tabla 5- 45. Cálculo del tiempo de concentración (t_c)

Micro cuenca	L (Km)	H (m)	t_c (min.)
Puquíos	11,3	1.460	56,7
Coloraditos	10,0	1.321	51,2

Fuente: elaboración propia.

⁷ En el caso de cuencas pluviales pequeñas, se justifica la hipótesis de que el caudal máximo se dará cuando toda la cuenca pluvial está aportando al escurrimiento, es decir, para una precipitación de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca.

Para el cálculo de la precipitación máxima de duración igual al tiempo de concentración (P_t^T) se utilizó el método propuesto por el Manual de Carreteras⁸ para la obtención de curvas de intensidad-duración-frecuencia a partir de datos pluviométricos. La expresión de cálculo es la siguiente:

$$P_t^T = K * CD_t * CF_T * P_D^{10}$$

Donde se tiene que:

P_t^T : Precipitación con periodo de retorno T años y duración t minutos (mm).

K : Coeficiente de corrección (K=1,1).

CD_t : Coeficiente de duración para t horas.

CF_T : Coeficiente de frecuencia para T años de periodo de retorno.

P_D^{10} : Precipitación diaria (08.00 AM a 08.00 AM) con periodo de retorno T = 10 años (mm).

Tabla 5- 46. Cálculo de P_t^T

Micro cuenca	K	$CD_{t=tc}$	$CF_{T=100}$	P_D^{10} (mm)	P_t^T
Puquíos	1,1	0,11	1,63	45	8,88
Coloraditos	1,1	0,10	1,63	45	8,07

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5- 47. Cálculo de la Intensidad de la Precipitación de diseño (I)

Micro cuenca	$P_{t=tc}^{T=100}$ (mm)	t (min)	I (mm/min)	I (mm/h)
Puquíos	8,88	56,7	0,156	9,40
Coloraditos	8,07	51,2	0,157	9,46

Fuente: elaboración propia.

C.10.4.2. Resultados y conclusiones

De acuerdo a los parámetros determinados en los puntos anteriores, los resultados de los cálculos de las crecidas se pueden resumir en las siguientes tablas:

⁸ Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad, "Manual de Carreteras-Volumen 3: Instrucciones y criterios de diseño, Parte II", 2002.

Tabla 5- 48. Cálculo de caudales máximos instantáneos, período de retorno 100 años

Micro cuenca	c	I (mm/hr)	A (Km ²)	Q (m ³ /s)
Puquíos	0,64	9,40	46,99	78,5
Coloraditos	0,64	9,46	33,10	56,7

Tabla 5- 49. Altura que puede alcanzar el agua

Micro cuenca	H (m)
Puquíos	1,15
Coloraditos	1,25

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que el área de emplazamiento del proyecto puede presentar, bajo ciertas condiciones extremas, un caudal significativo, por lo que se requiere considerar medidas apropiadas de control de estos eventuales escurrimientos.

Cabe señalar que la zona de emplazamiento del proyecto se localiza en una las zonas de menor riesgo de la Cuenca Los Choros, por estar localizado en la parte alta de la cuenca y presentar sólo los aportes directos de las quebradas en estudio, sin existir afluentes de importancia sobre estas quebradas.

Uno de los elementos de riesgo está dado por la velocidad del escurrimiento que puede alcanzar el caudal, debido a lo empinado de las laderas que franquean las quebradas, situación que se evidencia en la escasez de sedimentos depositados en el eje de las quebradas y por la presencia de rocas y cantos de gran tamaño (i.e. bloques de hasta un metro de diámetro).

Por otra parte, los riesgos de inundaciones presentes se pueden abordar por medio de obras tradicionales de ingeniería, como es el caso de tranques o diques de contención para disminuir la energía cinética del escurrimiento; canales laterales de desvío de aguas; gaviones de refuerzo de taludes y, entre otros, un dren construido bajo un terraplén de bolones de granulometría homogénea y gran diámetro.

C.10.5. Sismicidad y vulcanismo

Chile es reconocido como uno de los países de más alta sismicidad a nivel mundial con un promedio de un terremoto destructor cada 10 años ("Plan Intercomunal Costero de la Región de Coquimbo, Habiterra S.A."). El comportamiento de la Placa de Nazca y su convergencia con el continente Sudamericano, se manifiesta en forma frecuente a través de movimientos telúricos.

La subducción subhorizontal de la placa de nazca bajo el continente es causa principal de las características sismo tectónicas y morfológicas de la región. Las clásicas unidades, esencialmente longitudinales, que caracterizan a Chile: Cordillera de los Andes, depresión intermedia y cordillera de la costa, dan paso en estas latitudes a una compleja orografía que vincula las unidades, anteriormente mencionadas sin permitir su diferenciación. Esta región es identificada como un sistema Andino – Costero, en donde es posible identificar el desarrollo de planicies litorales por un lado y los valles fluviales o valles transversales. La sucesión de valles que en su sector medio e inferior se orientan preferentemente en sentido W – E , más la presencia de innumerables ríos, quebradas y torrentes que actúan como sus tributarios.

C.10.5.1. Sismicidad y neotectonismo

El peligro sísmico se define como la probabilidad de ocurrencia de por lo menos un sismo de características máximas especificadas en un determinado lugar y en un período de retorno dado.

La neotectónica es el estudio de procesos y formas relacionadas a actividades tectónicas producidas desde el mioceno, o sea, asociada a movimientos recientes de la tierra. Este concepto incluye a fallas geológicas activas de tipo regional o local, movimientos horizontales o verticales, inclinaciones, ajustes isostáticos y movimientos sísmicos.

C.10.5.2. Regionalización sísmica

Considerando la topografía, geología, morfología del basamento rocoso, potencia de los sedimentos, características de los terremotos y condiciones locales, en Chile son varias las regionalizaciones sísmicas realizadas con el objeto de definir el riesgo sísmico.

Dentro de las zonificaciones longitudinales, la segunda zona se encuentra ubicada desde los 25° a los 36° de latitud sur, incluyendo la región de Coquimbo y por lo tanto la zona del proyecto del proyecto, que se ubica en la longitud 29,42° y latitud 70,73°.

En esta segunda zonificación entre las latitudes 28° y 32° se producen las intensidades máximas, llegando a registrarse sismos de magnitud 8,4 por la cercanía de la fosa oceánica; ello implica que los eventos ocurren a menos profundidad, de esta manera las aceleraciones sísmicas son mayores en la costa, decreciendo hacia la zona del proyecto.

En la Figura 5-29, se puede apreciar en forma gráfica los sismos acontecidos en la zona en estudio, desde 1990 al 7 de enero del presente año, según USGS Science for a changing World.

La sismicidad de la Región de Coquimbo, figura 5.30, obtenida del catálogo de eventos en el período comprendido entre 1964 – 1995 del servicio sismológico de la Universidad de Chile, ha sido representada en un mapa donde puede observarse la ubicación de los sismos, su profundidad y sobre todo la fosa oceánica la cual está definida en el gráfico por un lineamiento orientado de norte a sur.

Figura 5-30. Mapa de ubicación de sismos en región de estudio

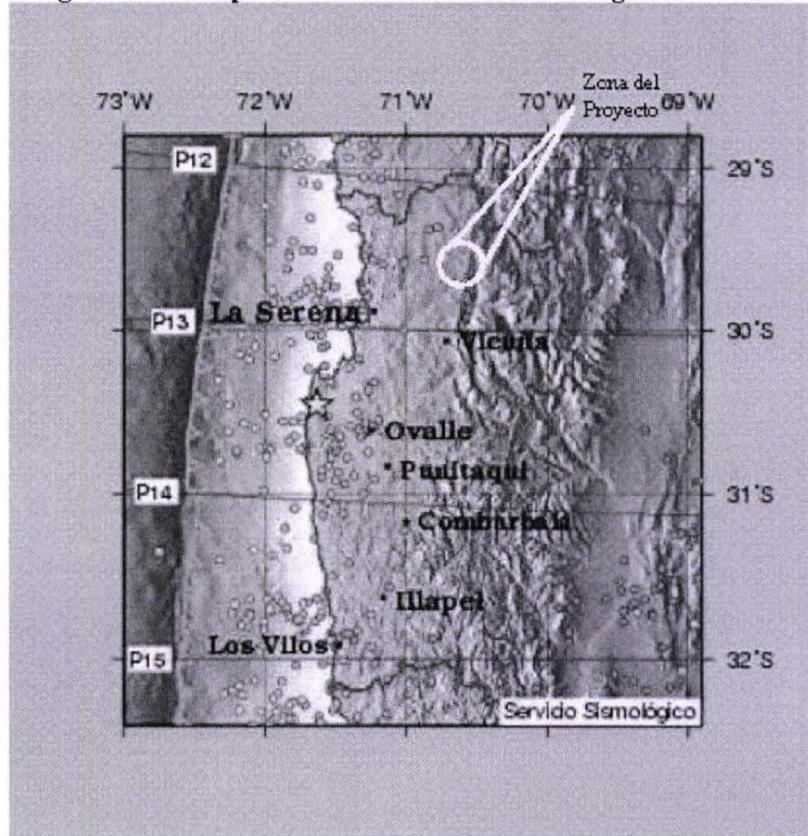
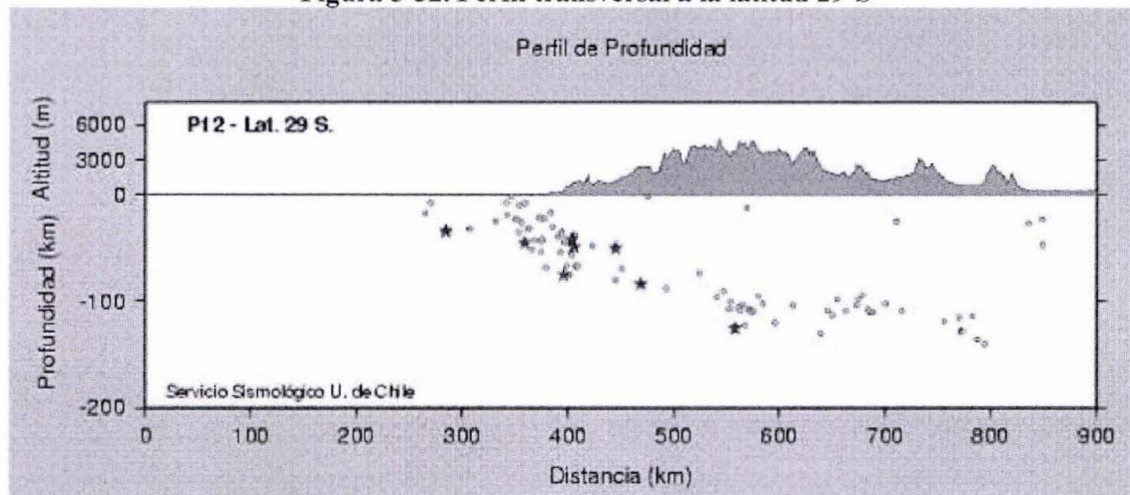


Figura 5-31. Simbología usada en figuras 5.27,5.28 y 5.30. Catálogo de eventos 1964-1995 de la Universidad de Chile.



En la Figura 5-32 se muestra perfil transversal a la latitud 29° Sur; los puntos del gráfico representan la ubicación de los sismos.

Figura 5-32. Perfil transversal a la latitud 29°S



Como se indicó anteriormente la probabilidad de ocurrencia indica la posibilidad que suceda un sismo de la magnitud máxima señalada en los próximos años, y por otra parte, el período de retorno indica cada cuantos años se repite el fenómeno sísmico. La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno sísmico para la cuarta Región de Coquimbo se definió con datos locales, donde para una magnitud de 6,2 tiene una probabilidad de que suceda cada 10 años.

En la Tabla 5-50 que se presenta, muestra la probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico en la Región de Coquimbo según datos locales.

Tabla 5- 50. Probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico en la región de estudio.

Tiempo en años	Magnitud Richter (Ms)
1	4,9
10	6,2
20	6,5
25	6,6
50	7
100	7,4
150	7,6

C.10.5.3. Vulcanismo

En Chile el vulcanismo moderno se encuentra en el norte, entre los 18° y 27° latitud Sur, donde la cordillera presenta actividad volcánica del terciario superior. A partir de los 27° y 33° de latitud Sur, sector donde se ubica el proyecto, no se observa actividad volcánica reciente. Si bien existen unidades de material volcánico en la región no implica que exista vulcanismo activo en la actualidad, ya que las últimas intrusiones plutónicas son de edad terciaria. En el período cuaternario no se han registrado datos de vulcanismo activo en la cuarta región.

C.10.6. Conclusiones

C.10.6.1. Geología y Geomorfología

La existencia de la fuerte alteración hidrotermal asociada al yacimiento que afecta además a las unidades rocosas del entorno y las fallas asociadas principalmente las EW, generan sectores de debilidad estructural que pueden producir deslizamientos y/ o remociones en masa, de algunos sectores, por lo que es importante tomar medidas para mitigar estos riesgos; situación a tener presente en los diseños mineros.

El cordón montañoso que forman las quebradas Coloraditos y Puquios, macizo rocoso granodiorito, es uno de los sectores más seguros para instalaciones definitivas de los equipos que requieren las plantas. Lo anterior, naturalmente, exige de movimientos de tierras para formar los niveles o terrazas necesarias.

C.10.6.2. Posible Nivel Freático

El análisis de la información de los sondajes exploratorios del yacimiento, indican una continuidad del techo en los niveles de agua, dando la impresión de un posible nivel freático concordante con la topografía de superficie, por lo tanto; es importante tomar las consideraciones del caso en los diseños mineros y en la protección de infiltración o percolación de soluciones o acopios de residuos.

C.10.6.3. Crecidas y remociones en masa

Las crecidas que se pueden provocar por eventos similares a los años 1987 y 1997 -dos de los años más lluviosos, en que el orden del 80 % de las precipitaciones anuales ocurrieron en un lapso de dos a tres días- requieren de medidas de control que permitan soportar o disminuir la velocidad del escurrimiento y canalizar el caudal esperado. Algunas de las medidas que se pueden implementar es la construcción de diques o represas en la parte alta de las quebradas Puquíos y Caloraditos, minimizándose el impacto de riesgo de las instalaciones de ingeniería, que puedan ubicarse en las áreas aledañas a las quebradas.

Por otra parte, las precipitaciones podrían ocasionalmente producir bajadas de barro canalizadas en laderas de cerros de constitución granítica (predominante en el sector de Quebrada Puquíos) debido a sus laderas con pendientes de 30° a 40° y su naturaleza de suelo tipo maicillo (arcilloso), característico de la meteorización superficial de los cerros montañosos de rocas granitoides. El espesor de este material terroso – arenoso, puede variar de 2 a 4 mts. de espesor; por lo anterior, cualquier obra de ingeniería construida en estas laderas deberá protegerse con obras de infraestructura para el desvío de aguas.

Específicamente Bajando por la quebrada los Puquíos hacia la confluencia con la quebrada de los Choros se observan sectores en el flanco poniente con posibilidad de deslizamiento y/o remociones en masas, impacto que dependerá de la profundidad a la que se encuentre el macizo rocoso basal.

C.11. Edafología y calidad de suelos

C.11.1. Descripción del Área de Estudio

Dentro del componente suelo, la composición fue variando de acuerdo al recorrido del trazado del proyecto, desde el sector de Punta Colorada hasta el río Tres Quebradas.

En los sectores altos son prácticamente inexistentes los elementos pedológicos, debido fundamentalmente a las extremas condiciones climáticas, a lo abrupto del relieve, a la estabilidad del material parental y a la ausencia de vegetación. Los “suelos” se restringen a rellenos aluviales en el piso de valles intermontanos, en depósitos morrénicos y en depósitos aluvio-coluviales de pendientes moderadas, donde ha logrado formarse material fino y asentarse alguna vegetación menor. Por otra parte, en los cauces de quebradas, atendiendo a la mayor humedad existente, se observan formaciones vegetacionales o vegas, donde se pueden definir suelos de características orgánicas.

En los sectores bajos, el suelo se presenta con mayor grado de formación, no obstante corresponden a cerros y laderas donde se pueden encontrar suelos delgados, principalmente originados por meteorización de roca, cuyo proceso se ve facilitado por una mayor presencia de vegetación y un clima de características más benignas. Los fondos de quebrada o ríos, son rellenos aluviales que cortan los conos de deyección originados por el material proveniente de los cerros.

Un reporte detallado de los suelos presentes en el área de estudio, su descripción de estructura en calicatas y capacidades de uso se presenta en el ANEXO 16.

C.11.2. Morfología y Granulometría de los Suelos

Los detritos pueden llegar a ocupar el 90% de la superficie, alcanzando en algunos casos, dimensiones de hasta 0,5 m de diámetro. Donde se observa suelo, en general, domina la granulometría arenosa, con alguna fracción de arcilla y limo, tanto en superficie como en profundidad, con presencia abundante de pedregosidad y clastos angulares superficialmente y en todo el perfil. En general, en zonas altas y lechos de cauces, las partículas de suelo no se encuentran cohesionadas, por el contrario, el material es suelto tanto en seco como en húmedo, con ausencia de estructura.

En zonas medias a bajas del trazado, principalmente en cerros y conos de deyección, se puede encontrar estructura, dominando en superficie la estructura de bloques subangulares finos y medios débiles, mientras que en subsuperficie, además de ésta, se puede encontrar una estructura maciza, extremadamente dura en seco y estructura de tipo grano simple en terrazas fluviales y cajas de río.

Los coluvios corresponden principalmente a detritos de origen granítico y volcánico con bajo grado de meteorización. En los cortes del terreno, producto de la confección de caminos y terrazas fluviales, se observan estratos que se han conformado a través del tiempo por medio de diferentes depósitos.

La capacidad de uso de los suelos, es de Clases VI y VIII, siendo este último un suelo sin valor agrícola, ganadero o forestal, con un uso limitado para la vida silvestre, recreación o protección de hoya hidrográficas. Los suelos ubicados bajo o en los alrededores del trazado del proyecto, no presentan aptitud para el riego, ni aptitud frutal, ni aptitud agrícola debido a las severas restricciones que poseen tanto físicas como climáticas.

C.11.3. Uso del Suelo

Los suelos del área de estudio, con la salvedad del pastoreo, se encuentran exentos de demandas. Se observan área de actividades mineras antiguas que actualmente están abandonadas, infraestructura de caminos u otras.

Los suelos del área de estudio presentan severas limitaciones para el desarrollo de la actividad agrícola, cuya Capacidad de Uso de los suelos del área varía entre VI a VIII, es decir, son suelos no arables.

D. MEDIO BIÓTICO

D.1. Flora y Vegetación

D.1.1. Antecedentes Generales

La zona considerada en este estudio se ubica en la comuna de La Higuera, Provincia de Elqui – IV Región, aproximadamente a 40 Km al noreste del poblado de Punta Colorada, siguiendo el curso de la Quebrada de Los Choros.

Del punto de vista vegetacional, la zona donde se encuentran las instalaciones y parte del futuro camino de acceso del Proyecto Minero Puquíos, se ubica en la Región Ecológica del Desierto, Sub-región del Desierto Florido, inserta en la formación vegetal del Desierto Florido de Las Serranías (Gajardo 1995). Sin embargo, la parte del camino de acceso que está cercano a la localidad de Punta Colorada se encuentra en la Subregión del Desierto Costero, inserta en la formación vegetal del Desierto Costero del Huasco (Gajardo 1995).

La sub-región del Desierto Florido, se extiende desde el valle del Río Copiapó hasta el valle del Río Elqui. Sus características están influenciadas por las precipitaciones periódicas, suficientes para provocar el fenómeno del “desierto florido”, que consiste en el florecimiento de innumerables especies anuales efímeras y perennes geófitas, lo que determina una gran variedad florística (Cepeda et al 2000).

En la IV Región la sub-región del Desierto Florido está representada por la formación vegetal del Desierto Florido de las Serranías. Ésta ocupa principalmente los sectores montañosos intermedios, presentando en muchas ocasiones comunidades vegetales del matorral que han sido fuertemente raleados por la explotación efectuada por el hombre, ya sea para la obtención de leña o carbón o por el pastoreo de caprinos (Gajardo, 1995). Presenta una alta diversidad florística, con elevado endemismo. La asociación vegetal principal y característica es la constituida por la especie *Balsamocarpon brevifolium* (algarrobilla).

Esta asociación vegetal corresponde a un grupo de especies vegetales caracterizado por la presencia de la “algarrobilla” y por numerosas especies arbustivas poco conocidas y de alto endemismo. Esta comunidad se encuentra muy alterada por la intervención humana, pues existen referencias que en el pasado el matorral habría tenido una mayor densidad que la presente actualmente. Sus especies características son:

Especies representativas: *Balsamocarpon brevifolium* (algarrobilla), *Caesalpinia angulata* (retamilla) y *Encelia canescens* (coronilla de fraile).

Especies acompañantes: *Bulnesia chilensis* (retama del cerro), *Cordia decandra* (carbonillo), *Opuntia ovata* (chapín), *Phrodus bridgesii* (monte de burro), *Pleurophora pungens* (lengua de gallina) y *Proustia ilicifolia* (huañil).

Especies comunes: *Adesmia argentea* (varilla mansa), *Argylia radiata* (terciopelo), *Ephedra chilensis* (pingo-pingo) y *Heliotropium stenophyllum* (palo negro).

Especies ocasionales: *Cruckshanksia pumila* (rosita) y *Echinopsis coquimbana* (copao).

La Subregión del Desierto Costero se extiende a lo largo de la costa oceánica desde la I Región hasta el Norte de la Cuarta Región, cubriendo las laderas occidentales de la Cordillera de la Costa, desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 1500 m de altitud. La vida vegetal presenta un desarrollo excepcional y una riqueza florística, ambas producto de las neblinas costeras (camanchacas) que aportan la humedad necesaria (Cepeda et al 2000). Desde el punto de vista florístico, esta subregión muestra mucho más interés por la gran cantidad de endemismos que constituye su flora. Según Gajardo (1995), en la IV Región sólo podemos encontrar la formación vegetal llamada Desierto Costero del Huasco.

La formación vegetal del Desierto Costero del Huasco ocupa el sector sur del desierto costero, en que la vegetación tiene mayor grado de continuidad y permanencia, bajo la influencia ocasional de las precipitaciones. Trabajos efectuados en la costera norte de la IV Región (Viviani, 1995), han permitido constatar que presenta una transición que señala el límite Sur de muchas especies y el límite Norte de otras. En la Región de Coquimbo esta formación ocupa la menor superficie comparada con las otras formaciones vegetales presentes en ella. En la zona costera de esta formación predominan las asociaciones formadas por *Encelia canescens* – *Nolana paradoxa* (coronilla de fraile – suspiro) en los sitios más secos y por *Sarcocornia fruticosa*- *Juncus acutus* (hierba zoza – junco) en los sitios más húmedos. Sin embargo la asociación que predomina en la zona más interior de esta formación vegetal es la formada por *Heliotropium stenophyllum* – *Oxalis gigantea* (palo negro – churco). Las especies características de esta asociación son:

Especies representativas: *Heliotropium stenophyllum* (palo negro) y *Oxalis gigantea* (churco).

Especies acompañantes: *Encelia canescens* (coronilla de fraile), *Ephedra chilensis* (pingo-pingo), *Ophryosporus triangularis* (rabo de zorro), *Opuntia miquelii* (tunilla) y *Pleocarpus revolutus* (cola de ratón).

Especies comunes: *Adesmia argentea* (varilla mansa), *Argylia radiata* (terciopelo), *Aristolochia chilensis* (oreja de zorro), *Bahia ambrosioides* (chamiza), *Balbisia peduncularis* (amancay, hierba de San José), *Eulychnia acida* (copao), *Echinopsis coquimbana* (quisco), *Opuntia berterii* (gatito, chapín), *Gutierrezia resinosa* (pichanilla), *Lobelia polyphylla* (tabaco del diablo) y *Haplopappus parvifolius* (crespilla).

Especies ocasionales: *Cristaria glaucophylla* (malvilla), *Chuquiraga ulicina* (chana, pico de gallina) y *Rhodophiala bagnoldii* (añañuca amarilla), entre varias otras.

En el área de influencia del proyecto no hay áreas protegidas ni sitios RAMSAR. No obstante se encuentra al interior del sitio prioritario para la conservación Quebrada Los Choros.

Cabe mencionar que la determinación de este sitio como prioritario se debe fundamentalmente a la presencia en él de Algarrobilla y *eriosyce aurata*, como se indica en el Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación Región de

Coquimbo, por lo que el presente estudio de línea de base pone especial énfasis sobre la cuantificación de estos elementos.

D.1.2. Metodología

El presente informe considera los resultados de la visita efectuada, entre el 3 y el 5 de Noviembre de 2006, actualizada mediante visitas a terreno efectuadas entre el 10 y 11 de Octubre de 2007, y entre el 17 y 19 de Marzo del 2008, al sector del Proyecto Minero Puquíos (coordenadas UTM 332000/336000 E – 6744000/6738000 N) para caracterizar su flora y vegetación, así como para determinar la presencia y distribución de especies en categoría de conservación en peligro o vulnerable.

El estudio de flora y vegetación se centró principalmente en los lugares donde se ubicará el proyecto y el camino de acceso al lugar, recorrido proyectado entre el sur de la localidad de Punta Colorada y el área del proyecto.

Los sitios del área de emplazamiento fueron definidos en función de los lugares donde se efectuará la extracción de mineral y donde se encuentran las quebradas que rodean dichos lugares, por ser éstas normalmente áreas de refugio de la fauna. De esta forma, se trabajó en los siguientes sitios:

Sector Mina y Planta: corresponde al sector de emplazamiento de la mina, oficinas, piscinas y acopio.

Sector Quebradas: se entenderá la superficie que integra el área correspondiente a las quebradas que rodean la base de los cerros que conforman el Sector Mina y Planta y parte de la Quebrada Los Choros que se encuentra aldeaña al Sector Mina y Planta (Pit Norte). Las quebradas señaladas son la quebrada Coloradito que bordea la parte norte del Sector Mina y Planta, la quebrada Puquíos, que rodea la parte sur del Sector Mina y Planta, y la ya mencionada Quebrada Los Choros.

Sector Camino de Acceso: En cuanto al estudio efectuado en el camino de acceso al proyecto minero Puquíos, se procedió a analizar la vegetación y flora presente en una franja de aproximadamente 50 metros de ancho, definida desde la base de la quebrada y hacia la parte superior de la ladera norte, a lo largo de la quebrada Los Choros. Esto se pudo efectuar entre el sector del proyecto y el cruce a la localidad de Los Morros, pues desde allí hasta Punta Colorada, la línea férrea ocupa la base de la ladera norte de la quebrada. Por esta razón, desde este lugar y hasta la localidad de Punta Colorada se siguió el camino vehicular que existe actualmente. Frente a la localidad de Punta Colorada se recorrió el camino que se desvía hacia el suroeste por la ladera sur de la Quebrada Los Choros, el cual se une a la Ruta 5 Norte, aproximadamente a 7 kilómetros al sur de Punta Colorada.

D.1.2.1. Vegetación.

La caracterización de la estructura de la vegetación, que permitió conocer las formaciones vegetales y sus especies dominantes, se efectuó mediante mediciones de la cobertura herbácea y de las especies leñosas bajas (leñosos de menos de 2 m de altura), que dominan la vegetación del lugar, y se utilizó también parte de la metodología de la Cartografía de Ocupación de Tierras de Etienne & Prado (1982).

En el primer caso, se efectuó mediciones de la cobertura de la vegetación mediante transectos lineales, utilizando una huincha de 50 m. Sobre estas líneas se procedió a cuantificar la cobertura de las especies leñosas y de las herbáceas. En el caso de las especies leñosas se midió los interceptos, o porción de la huincha interceptada por cada uno de los individuos (método de las líneas interceptadas o interceptos lineales (CONAMA, 1994)), y en el caso de las herbáceas evaluando su presencia y cobertura en 50 puntos o cuadrantes puntuales, distribuidos a lo largo de la línea a intervalos regulares de 1m cada uno. En cada punto y perpendicularmente a la huincha, se bajó una aguja metálica con su extremo distal aguzado (método del cuadrante puntual o point quadrat (CONAMA, 1994)).

En el caso de la metodología de la Cartografía de Ocupación de Tierras, se define en la zona de estudio áreas homogéneas de vegetación fisionómicamente dominantes y luego se caracteriza en ellas la estructura vertical (estratos) y horizontal (cobertura o recubrimiento) de la vegetación. Esta caracterización se efectúa tomando en cuenta cuatro tipos biológicos (herbáceo, leñoso bajo, leñoso alto (leñosos de más de 2 m de altura) y suculento) y considerando la composición florística, en función de las especies dominantes por estratos y por tipos biológicos. La metodología descrita fue empleada para el estudio detallado de la vegetación del sitio de emplazamiento del proyecto minero. La representación planimétrica de la vegetación se hizo en base a observaciones en terreno y fotografías oblicuas, apoyadas visualmente con la información proveniente de las imágenes SPOT disponibles en Google Earth ®.

En el caso de la revisión de la flora y vegetación del camino de acceso, se procedió a hacer inventarios de las especies presentes en puntos del camino que se interna hacia el Este, seleccionados cada cinco kilómetros a partir de la Ruta 5 Norte, aproximadamente seis kilómetros al sur de Punta Colorada. Durante el trayecto se procedió a revisar la presencia de especies en categoría de conservación en peligro o vulnerable junto al camino o en la franja

D.1.2.2. Flora.

- **Colecta y taxonomía de las especies.**

En cada uno de los sitios definidos para el estudio se procedió a efectuar inventarios de la flora existente, procurando detectar especies en categoría de conservación en peligro o vulnerables. La identificación taxonómica de las diferentes especies se efectuó principalmente en terreno mediante observación directa. En casos de dudas o desconocimiento de las especies, se colectó ejemplares para su posterior herborización y proceso de identificación y clasificación en el

laboratorio. Para apoyar estas tareas, se registró una abundante cantidad de fotos digitales de las especies y de su habitat.

En la Tabla D1-1 "Listado de especies de flora y vegetación" de este informe se presenta el catálogo de las plantas identificadas en todos los sitios del proyecto y en el camino de acceso. Cada especie se señala con su respectivo nombre científico y clasificación, según el Catálogo de la Flora Vascular de la IV Región de Coquimbo (Squeo et al. 2001), e indicando para ella su categoría de conservación, origen y forma de vida.

Para el análisis de las especies en categoría de conservación en peligro y vulnerables, se procedió a contabilizar el número de individuos de dichas especies detectados en los diferentes sitios donde se efectuó evaluación de la vegetación.

- **Categorías de clasificación de la Flora**

En el catálogo de especies vegetales del área de emplazamiento y camino de acceso al Proyecto Minero Puquíos (Anexo 7) se presentan las especies ordenadas, por División, Clase, Familia y Género, según Squeo et al. (2001). Junto al nombre científico y común de cada especie, se indica su **origen** (O) que se refiere a la procedencia de la planta. Este puede ser: E = Endémica, restringidas enteramente en su distribución a una zona en particular; N = Nativa no endémica, plantas de la zona, pero que no se restringen en su distribución a un área en particular; A = Adventicias, plantas introducidas, que no son propias del lugar. En el catastro también se indica, para cada especie, su **forma de vida** (FV) que considera T= árbol; F= fanerófito; S= sufrútice; H= hierba perenne; B= hierba bi-anual y A= hierba anual.

Como complemento a lo anterior, se agrega la **categoría de conservación** de cada especie, basada en el riesgo de extinción. Se distingue la siguientes categorías::

Extinta (EX): Una especie se considerará en categoría de **extinta** cuando, efectuada su búsqueda exhaustiva, mediante métodos y en lugares y tiempos adecuados, no exista duda razonable de que ningún individuo de la misma existe en la región.

En peligro (EP): una especie está en la categoría de **en peligro** cuando enfrenta un muy alto riesgo de extinción en el estado silvestre en un futuro inmediato o cercano. Determinado a través de un análisis cuantitativo, por ejemplo a través de un análisis de viabilidad poblacional (AVP), **en peligro** de extinción se considera a una especie que presenta una probabilidad de extinción en el estado silvestre de por lo menos un 20% dentro de los siguientes 20 años o 5 generaciones, en organismos de gran tamaño o longevidad mayor a 3 años, o durante los siguientes 10 años o 10 generaciones en organismos de menor tamaño o longevidad menor a 3 años, seleccionando la estimación que entregue la mayor probabilidad de extinción.

Vulnerable (VU): Una especie se considerará en categoría de **vulnerable** cuando, aún sin poder ser clasificada en la categoría de **en peligro**, manifieste un retroceso numérico que

puede conducirla al peligro de extinción en el estado silvestre en el mediano plazo. Una especie se considera **vulnerable** cuando tiene una probabilidad de extinción en el estado silvestre de por lo menos un 10% dentro de los siguientes 100 años o 5 generaciones, en organismos de longevidad mayor a 3 años, o durante los siguientes 100 años o 10 generaciones en organismos de longevidad menor a 3 años, seleccionando la estimación que entregue la mayor probabilidad de extinción.

Fuera de peligro (FP): Una especie se considerará como **fuera de peligro** cuando exista evidencia de que no experimentará riesgo de extinción en un futuro cercano. Se considerará que una especie se encuentra en categoría de **fuera de peligro** si la especie tiene una probabilidad de extinción en el estado silvestre menor a un 10% dentro de los siguientes 100 años o 5 generaciones, en organismos de longevidad mayor a 3 años, o durante los siguientes 100 años o 10 generaciones en organismos de longevidad menor a 3 años, seleccionando la estimación que entregue la mayor probabilidad de extinción.

Insuficientemente conocida (IC): Una especie se clasificará en la categoría de **insuficientemente conocida** si no existe información suficiente que permita categorizarla como Extinta, En Peligro, Vulnerable o Fuera de Peligro y un panel de expertos concluye que el taxón en cuestión no es conocido adecuadamente como para asignarle una categoría en base a los criterios antes mencionados, lo cuál no implica que se encuentre Fuera de Peligro. De hecho, el panel de expertos tendrá la posibilidad de sugerir alguna de las siguientes sub-categorías cuando exista información complementaria que lo sustente:

- Insuficientemente Conocida (Extinta), IC(EX)
- Insuficientemente Conocida (En Peligro), IC(EP)
- Insuficientemente Conocida (Vulnerable), IC(VU)
- Insuficientemente Conocida (Fuera de Peligro), IC(FP)

No Evaluada (NE): Una especie se incluye en esta categoría cuando no ha sido sometida al proceso de evaluación.

D.1.2.2. Cuantificación de Flora con Problemas de Conservación.

Adicionalmente a la caracterización del área, entre los días 17 y 19 de Marzo del 2008, se realizó una cuantificación de los individuos de flora con problemas de conservación. Este trabajo incluyó:

trabajo de terreno mediante la generación de parcelas de inventario, conteo en recorrido entre parcelas y observaciones de fauna,
análisis de la información en gabinete.

Para efectos del muestreo y análisis de información, se consideró como área de influencia del proyecto las áreas de instalación de las obras, incluyendo la zona del pit o rajo de la mina; el área destinada a la instalación de las pilas de lixiviación y área destinada al botadero mineral de baja ley.

Para el caso de *Balsamocarpon brevifolium* (algarrobilla) el muestreo consistió en recorridos amplios por el sector determinando la ubicación de esta especie. Para ello se realizaron inventarios en parcelas de 10x10 metros. En cada unidad se determinó el número de individuos, la altura máxima, densidad y la exposición de la ladera, para esta última medición se utilizó una brújula marca Suunto.

Para *Dinemagonum gayanum* y *Eriocyce aurata* (Sandillón) la forma de muestreo, fue basados en observaciones de campo con búsqueda dirigida a la eventual presencia de estas especies con problemas de conservación, donde se determinó su presencia, número de especies, altura de estas y su estado fitosanitario. Se utilizó un GPS marca GARMIN modelo adventure, Datum PSAD 56, para dar las coordenadas UTM de las especies encontradas.

En el caso de las cactáceas, se determinó su estado fitosanitario de acuerdo al siguiente protocolo:

Malo (M) este indica que el individuo presenta un porcentaje superior al 50% del cuerpo dañado; Por daños se considera la presencia de heridas causadas por distintos agentes tales como depredación, hongos, abrasión mecánica; daños epidermales evidenciados por coloración anómala, manchas o esclerificaciones; necrosis de tejidos.

Regular (R) estado que indica que el individuo presenta un porcentaje superior al 10% e inferior al 50% del cuerpo con daños parciales o totales; y

Bueno (B) esto indica que el ejemplar presenta un porcentaje inferior al 10% de su estructura con daño.

D.1.3. Área de Influencia

El estudio de flora y vegetación se centró en los lugares donde se instalarán las instalaciones del proyecto y el camino de acceso al lugar, recorrido proyectado entre el sur de la localidad de Punta Colorada y el área del proyecto.

D.1.4. Resultados

D.1.4.1. Flora del Área de Estudio

En el área de instalación del Proyecto Minero Puquíos, así como en la franja de terreno que será ocupada por el camino de acceso a la futura explotación, se identificó 111 especies de plantas vasculares, pertenecientes a 90 géneros y distribuidos en 43 familias (ver Anexo 7).

En cuanto al origen de las 111 especies registradas, según las definiciones establecidas en Squeo et al. (2001), 99 corresponden a especies endémicas o nativas no endémicas, siendo

las especies endémicas más numerosas (65), casi el doble de las especies nativas no endémicas (34). Es interesante también mencionar que sólo se registró 12 especies de origen introducida (10,8%), la mayoría de ellas presentes sólo en la franja de terreno correspondiente al probable camino de acceso al proyecto minero.

La forma de vida que más se repite entre las 111 especies registradas es la fanerofita o arbustiva, con 44 especies que representan el 39,6% del total. Un porcentaje muy similar alcanza, en total, la forma de vida herbácea, con 38,3%. No obstante, en este caso dicho porcentaje está estructurado por 18% de especies herbáceas anuales (efímeras) y 19,8% de especies herbáceas perennes, con 20 y 22 especies respectivamente. La predominancia de estas formas de vida confirma la condición semiárida de la zona en la cual se inserta el Proyecto Minero Puquíos.

Las otras formas de vida, siempre conforme a Squeo et al. (2001), observadas entre las 111 especies identificadas, son suculenta (11 especies, 9,9%), sufrútice o subarbustiva (10 especies, 9%) y árbol (4 especies, 3,6%), en este último caso la mayoría de las especies fueron principalmente observadas en la franja del camino de acceso al proyecto minero.

Si consideramos el estado de conservación de las 111 especies nativas registradas, el resultado arroja 1 especie en categoría de conservación en peligro (0,9%), 4 especies en categoría de conservación vulnerable (3,6%), 2 especies en la categoría de insuficientemente conocida (1,8%), 1 especie en categoría no estudiada (0,9%) y 89 especies en categoría de fuera de peligro (80,1%).

La identificación y descripción de las especies en categoría de conservación en peligro o vulnerable se presenta más adelante, en este mismo documento.

D.1.4.2. Vegetación del Área de Estudio

Para mejor comprensión, la descripción de la vegetación del área de instalación del Proyecto Minero Puquíos se hará en función de dos grandes sitios: el primero corresponde al área de Mina y Planta, el segundo sitio integra las quebradas aledañas. En el Plano 5-3

a) Vegetación Sector Mina y Planta

Esta área corresponde a un cerro alto que representa un punto de extracción de mineral, que forma una especie de cordón orientado aproximadamente este-oeste junto a otros cerros (Fig. 30), que se presenta hacia el noreste unido a otro gran cerro de mayor altura, dejando así en la parte superior una zona de pendiente más suave que la observada en las laderas de los dos cerros mencionados en primer lugar.

La vegetación de esta área se presenta caracterizada por una formación vegetal leñosa baja muy rala, es decir dominan las especies leñosas de menos de 2 m de altura que recubren entre 10% y 25% de la superficie. Esta formación está acompañada por herbáceas anuales y perennes escasas (cobertura de menos de 10%) y presencia de cactáceas muy escasas (menos de 5% de cobertura).

Las especies dominantes en esta formación son la algarrobilla (*Balsamocarpon brevifolium*) con cobertura promedio entre 12% y 15%, la varilla mansa (*Adesmia argentea*) con cobertura promedio de 5% y el pingo-pingo (*Ephedra chilensis*) con cobertura entre 1 y 2%. En algunas laderas, las citadas especies van acompañadas por otras, entre las cuales destacan *Cordia decandra* (carbonillo) con hasta 9% de cobertura en las laderas de exposición norte y *Encelia canescens* (coronilla de fraile), que alcanza entre 3% y 4% en sectores arenosos de la parte superior y ladera de exposición norte del Pit Norte.

Figura 5-33. Vista general, al medio y al fondo del sector Pit Norte en el Sector Mina y Planta del estudio de flora y vegetación nativas en el Proyecto Minero Puquíos.



Igualmente son especies leñosas bajas frecuentes en esta área *Krameria cistoidea* (pacul), *Chuquiraga ulicina*, *Chorizanthe viridis* y *Teucrium nudicaule*, que pueden alcanzar casi el 1% de cobertura en algunos lugares.

Otra especie bastante frecuente en toda el área es la especie subarborescente *Pleurophora pungens*, que aparece siempre como acompañante pero no representando una gran cobertura. Lo mismo sucede con el arbusto *Proustia ilicifolia* (olivillo), que destaca por su porte que a veces casi alcanza los dos metros de altura. Como especies raras se puede citar a *Muehlenbeckia hastulata* (quilo, mollaca) y el helecho *Cheilanthes mollis* (doradilla) que fueron encontradas cerca de la cima del Pit Este.

Las especies suculentas están representadas principalmente por *Eulychnia acida* (copao), *Echinopsis coquimbana* (quisco) y *Opuntia ovata* (gatito, chapín). Entre las escasas especies herbáceas anuales destacan *Erodium cicutarium* (alfilerillo, relojito), *Bromus berterianus* (pasto largo), *Vulpia bromoides* y *Chaetanthera linearis*.

En la base de la ladera de exposición sur del cerro identificado como Pit Norte, se detectó la presencia de individuos de más de dos metros de altura de la especie *Bulnesia chilensis*, algunos de los cuales alcanzan hasta la quebrada Puquíos que pasa por este sector.

b) Vegetación del Sector Quebradas

El macizo de cerro que conforma las zona de extracción de mineral se encuentra flanqueado por quebradas que drenan hacia la gran quebrada Los Choros. El sitio Pit Norte está en parte rodeado por dos quebradas. Por su flanco nor-noroeste se extiende la estrecha quebrada Coloradito que tiene la particularidad de ser una quebrada que lleva una pequeña corriente de agua que muestra, en algunos lugares, pequeñas acumulaciones que permiten el desarrollo de algunas especies hidrófitas y helófitas (que habitan sectores pantanosos).

Las especies con mayor cobertura en las partes secas corresponden al arbusto *Baccharis linearis* (romerillo) y el arbusto arborescente *Shinus polygama* (huingan), las cuales se encuentran entremezcladas con una gran variedad de especies de las laderas adyacentes, que llegan hasta los bordes de la quebrada. Destacan *Gymnophyton robustum* (bío-bío), *Encelia canescens* (coronilla de fraile), *Buddleja suaveolens* y *Ephedra chilensis* (pingo-pingo). Entre las herbáceas se observa *Vulpia bromoides* y algo de *Hordeum murinum* (cebadilla).

En los lugares más húmedos e inundados aparecen especies típicas de estos ambientes como *Cotula coronopifolia* (botón de oro), *Apium nodiflorum*, *Nasturtium officinale* (berro), *Eleocharis albibracteata*, *Ludwigia peploides* y *Carex aff. gayana* que forma una especie de césped en pequeños lugares del borde del flujo de agua.

En el otro lado, en el flanco sur de estos dos grandes cerros encontramos la quebrada Puquíos, que en este sector presenta su lecho seco con una formación vegetal leñosa baja muy rala con suculentas muy escasas, en la cual las especies leñosas cubren entre 10% y 25% de la superficie y las suculentas, todas cactáceas, menos del 3%. Las especies arbustivas dominantes son *Adesmia argentea*, *Proustia ilicifolia* y *Encelia canescens*. Hacia los bordes y en algunos sectores con suelo más estabilizado se encuentran individuos de *Lycium chilense*, *Balsamocarpon brevifolium* y *Bulnesia chilensis*. También se observó *Balsamocarpon brevifolium* en el sector quebrada coloraditos, fuera del área de obras del proyecto.

Entre las escasas cactáceas encontradas están *Eulychnia acida* (copao) y *Opuntia ovata* (chapín, gatito). La cubierta herbácea es muy escasa, siendo la especie más frecuente *Plantago hispidula*, que aparece acompañada en algunos sectores por *Chaetanthera aff. linearis* y *Bromus berterianus*.

Por su parte, la ancha quebrada Los Choros (Fig. 5-34), presenta en este sector también una formación vegetal leñosa baja muy rala con suculentas muy escasas, en la cual se observan las mismas especies que en la quebrada Puquíos, es decir *Adesmia argentea* (varilla mansa), *Lycium chilense* (coralillo) y *Encelia canescens* (coronilla de fraile), pero la especie *Pleocarphus revolutus* (cola de ratón) aparece con más cobertura. Igualmente, entre las muy escasas cactáceas observadas, aparecen *Eulychnia acida* y *Opuntia ovata*. Se mantiene la cubierta herbácea muy escasa y con *Plantago hispidula* como la especie más

frecuente, acompañada en algunos sectores por *Chaetanthera aff. linearis* y *Bromus berterianus*.

Figura 5-34. Vista general de la Quebrada Los Choros



c) Conservación de la vegetación

En general en el área de influencia se observa una activa presencia antrópica, caracterizada por actividades mineras, ganadería caprina, y actividades extractivas. Todas estas tienen incidencia directa sobre el estado de conservación de la vegetación presente en el área.

En particular la extracción de algarrobilla para la producción de Carbón es un problema que se registra en toda el área de distribución de la especie a lo largo de la quebrada Los Choros. En las inmediaciones del Proyecto Minero Puquíos es posible observar la presencia de hornos usados por lugareños para el desarrollo de esta actividad.

Otro factor importante, es la presencia de burros y liebres, que pastorean en los cerros, generando un efecto aún no dimensionado sobre la estructura de las poblaciones vegetales.

El porcentaje de especies aloctonas registradas (11%) es cercano al promedio nacional de 12% descrito por Marticorena (1999), indicando que se trata de una zona con una tasa de intervención antrópica relativamente alta. Sectores bien conservados florísticamente presentan valores inferiores, o no superiores al 5%.

D.1.4.3. Especies en Categoría de Conservación en Peligro o Vulnerable en el Área del Proyecto Minero Puquíos

En esta sección se describen las especies catalogadas con problemas de conservación presentes en el área de estudio y área de influencia del proyecto. Una lista detallada de la flora registrada se encuentra en la Tabla 2.1-1.

a) Las especies en peligro

En el área del Proyecto Minero Puquíos se detectó sólo una especie en categoría de conservación en peligro. Se trata de la especie fanerofita (arbustiva) *Balsamocarpon brevifolium* (actualmente identificada como *Caesalpinia brevifolia*), vulgarmente conocida como algarrobilla. En cuanto a su distribución en el área del Proyecto Minero Puquíos, *Balsamocarpon brevifolium* fue encontrada presentando coberturas muy bajas a medias en forma parchosa en varios sectores donde se encuentran las zonas de explotación de mineral.

Figura 5-35. El arbusto *Balsamocarpon brevifolium* (algarrobilla), especie en categoría de conservación en peligro, detectada en la zona de explotación del Proyecto Minero Puquíos.



Las estimaciones de densidad realizadas mediante las parcelas de 10x10 m, muestran una gran variabilidad entre sectores diferentes del proyecto.

En Tabla D.1.4.3-1 se indican las obras del proyecto y el número de individuos afectados. La representación cartográfica se muestra en la Plano 5-3 donde se muestra la categoría de cobertura observada en las distintas instalaciones asociadas al proyecto, clasificando la superficie abarcada por el proyecto según las densidades promedio observadas para la especie (densidad Muy Baja: 0 a 49 Ind./ha; densidad Baja: 50 a 98 Ind./ha ; densidad Media: 99 a 146 Ind./ha).

Tabla D.1.4.3-1

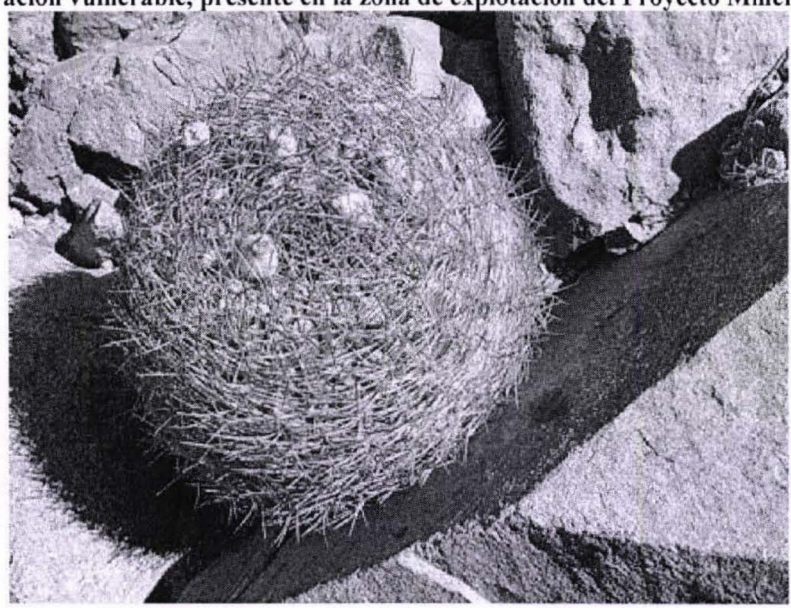
Cuantificación de algarrobilla a ser afectada por las obras del proyecto. Se presentan los valores estimados a partir de las densidades medidas en parcelas de muestreo, generalizados mediante la interpretación fotográfica.

Instalaciones	Hectáreas	Balsamocarpon brevifolium
Pilas de Lixiviación	48	7008
Pit Final	34	1794
Botadero Mineral de Baja Ley	7,6	276
Acopio	2,5	118
Oficina-Bodega-Casino	2	94
Plataforma (Talud)	2	94
Complejo Piscinas	1,6	76
Talleres-Patio de Almacenamiento	1,3	61
SX-EW	1,2	57
Planta de Chancado	1	47
Piscina de Agua	0,3	14
TF	0,2	9
TOTALES	101,7	9648

b) Las especies vulnerables

En el área del Proyecto Minero Puquíos se detectaron dos especies en categoría de conservación vulnerable. Se trata de la especie suculenta *Eriosyce aurata*, conocida vulgarmente como asiento de suegra o sandillón por su forma globosa, especie no abundante y en los sitios detectados se encontró siempre un número reducido de ejemplares; y la especie fanerófita (arbustiva) *Dinemagomum gayanum*.

Figura 5-36. La cactácea *Eriosyce aurata* (sandillón, asiento de suegra), especie en categoría de conservación vulnerable, presente en la zona de explotación del Proyecto Minero Puquíos



Eriosyce aurata es una planta suculenta, de la familia de las cactáceas, de tallo subglobular a globular, raramente elongado de 10 a 55 cm de diámetro, con apice lanoso y algo hundido. La cantidad de costillas aumenta con la edad y puede llegar a tener de 24 – 42 o más en individuos viejos. Flores numerosas amarillo-rojizo de 3 a 3,5 cm de longitud. Tubo floral cubierto de lanosidad densa y cerdas espiniformes. Fruto seco de 4 cm de longitud, revestido de lana, con un poro basal. Especie extraída como planta ornamental y usada como forraje para el ganado caprino y equino, presenta escasa regeneración natural.

Esta especie no es abundante y en los sitios detectados se encontró siempre un número reducido de ejemplares.

La siguiente tabla muestra los resultados del registro de *Eriosyce aurata* en el área de influencia del proyecto. De acuerdo a la información de terreno y al informe de línea de base, en el área del proyecto se encuentran 5 individuos de esta especie de cactáceas.

Tabla.D.1.4.3-2.

Eriosyce aurata (Sandillón) observados en áreas de obras del proyecto.

Instalación	Numero Individuos	Estado Fitosanitario	Exposición Ladera
Pila de lixiviación	1	Regular	Oeste
Pila de lixiviación	1	Regular	Oeste
Pila de lixiviación	1	Regular	Oeste
Pila de lixiviación	1	Regular	Oeste
Pila de lixiviación	1	Regular	NorOeste
Total	5	-	-

Dinemagonum gayanum es un arbusto ramoso y pubescente puede alcanzar de 70 a 200 cm de altura. Posee raíz pivotante. Hojas opuestas, aovado-lanceoladas, sésiles, de 8 a 18 mm de longitud. Plantas bisexuales con inflorescencias en racimos terminales; pétalos amarillos y el inferior es casi completamente rojo intenso. El fruto es una capsula dehiscente, con tres divisiones, provisto de prominentes alas. Especie con distribución concentrada en la provincia de Elqui, con escasas poblaciones.

En el área del proyecto minero se registró la presencia de sólo cuatro ejemplares en la ladera de exposición norte del Pit Norte dos de los cuales se encuentran fuera del área de obras directas.

Figura 5-37. El arbusto *Dinemagonum gayanum*, especie en categoría de conservación vulnerable, presente en la zona de explotación del proyecto



La ubicación de los individuos, y la orientación en la que fue registrado, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla. D.1.4.3-3.
Dinemagonum gayanum observados en áreas de obras del proyecto.

Instalación	Numero Individuos	Altura Máxima (cm.)	Exposición Ladera
Pilas de Lixiviación	1	30	Noroeste
Rajo de la mina	1	40	Noroeste
Rajo de la mina	1	30	Noroeste
Total Individuos	3		

En general las menores coberturas se observan en el sector sur del área de influencia, y hacia la sección central alta del proyecto, donde existe una intervención histórica por la actividad minera pre-existente, y los trabajos de exploración minera que se han desarrollado.

De acuerdo los tamaños poblacionales estimados para cada porción del terreno, en las áreas específicas del proyecto, destinadas al rajo, botadero y pilas de lixiviación, que ocupan las mayores superficies de obras, presentan los siguientes números poblacionales de las especies señaladas:

Especie	Sector Pit Final	Sector Botadero Mineral de Baja Ley	Sector Pilas de Lixiviación
<i>Balsamocarpon brevifolium</i> *	1794	276	7008
<i>Dinemagonum gayanum</i>	2	0	1
<i>Eriogyne aurata</i>	0	0	5

* valores estimados a partir de densidades medidas en parcelas de 10x10 m, en base a la superficie de cada obra.

D.1.4.4. Descripción de la flora y vegetación del camino de acceso al Proyecto Minero Puquíos.

El camino de acceso al Proyecto Minero Puquíos está proyectado para ocupar parte de la actual vía (Ruta D115) que conducen desde la Ruta 5 Norte al proyecto minero. Se procedió a prospectar las especies en categoría de conservación en peligro o vulnerable que se encontrarán en las cercanías de la ruta D115.

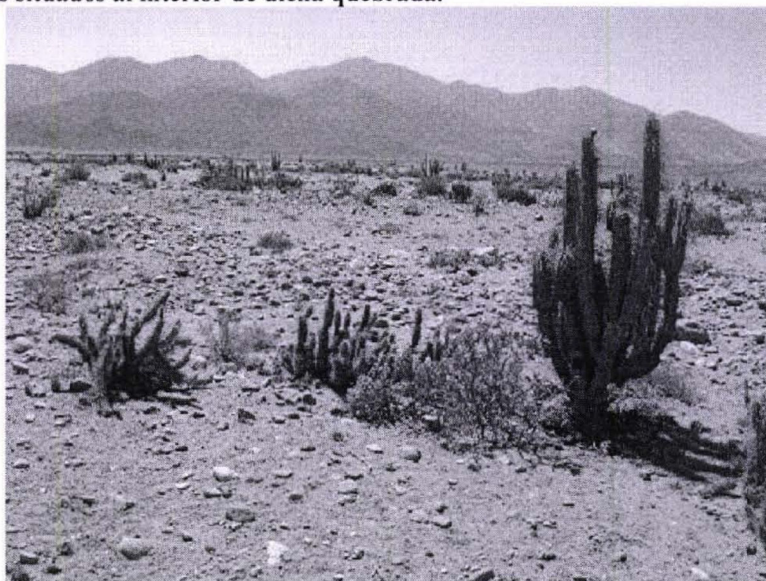
Atendiendo a lo anterior, se efectuó un recorrido partiendo desde la Ruta 5 Norte, aproximadamente a 4 kilómetros al sur del cruce a la localidad de Punta Colorada, tomando un antiguo camino de tierra que después de cruzar el Llano de Pedernales sigue por la quebrada Los Choros y conecta con la ruta D115 detrás de Punta Colorada. En este sector la ruta atraviesa una formación vegetal leñosa baja-herbácea muy rala con suculentas escasas, caracterizada por la abundancia de especies arbustivas bajas como *Frankenia chilensis* (salitre) y especies del género *Nolana* (suspiros), con cactáceas abundantes en ciertas áreas que generalmente corresponden a pequeñas depresiones o quebraditas de poca profundidad.

Desde frente a Punta Colorada hacia el Este, la ruta continúa por el lecho de la quebrada Los Choros (Fig. 5-37), aumentando la presencia de cactáceas y de arbustos de mayor tamaño.

Figura 5-38. Vista general del sector Llano de Pedernales, por el cual atravesaría el camino proyectado para el acceso al Proyecto Minero Puquíos



Figura 5-39. Vista general de la Quebrada Los Choros en el sector en que el camino proyectado para el Proyecto Minero Puquíos se une a la ruta D115 que une Punta Colorada con los poblados situados al interior de dicha quebrada.



D.1.4.5. Especies en Categoría de Conservación en Peligro o Vulnerable en el camino de acceso al Proyecto Minero Puquíos

Los puntos específicos donde se detectó presencia de individuos de especies en categoría de conservación en peligro o vulnerable en los bordes de la ruta D115 o en las franjas de terreno que podrían constituir segmentos del trazado del camino, fueron escasos. Sin embargo se pudo apreciar que, exceptuando *Dinemagonum gayanum*, todas las demás especies en dichas categorías de conservación registradas en el área de explotación minera del proyecto se encontraban junto al camino o en los lugares revisados como áreas de posibles cambios del trazado.

A continuación se presenta las especies en peligro o vulnerables registradas y los puntos de la ruta en los cuales se debería prestar atención para evitar impactos sobre sus individuos.

Las especies en peligro

A lo largo del camino y de la franja del camino de acceso al Proyecto Minero Puquíos, la única especie que se detectó en categoría de conservación en peligro fue *Balsamocarpon brevifolium* (algarrobilla). El punto más evidente de su presencia junto al camino se encuentra aproximadamente a 15 kilómetros al este de Punta Colorada, poco antes de llegar a Tres Cruces. En este sector, la ruta pasa por la base de la ladera sur de la quebrada Los Choros y en el punto marcado por las coordenadas UTM 311004 E y 6749058 S se encuentra una pequeña población de individuos de algarrobilla, en buen estado y fructificando.

Más hacia el este sólo se registró la presencia de algarrobilla en las cercanías del camino sólo a cinco kilómetros antes de llegar al área del proyecto.

Las especies vulnerables.

En el trayecto de prospección a lo largo de la ruta D115 se registró dos especies con problemas de conservación. Ellas son las especies arbóreas *Geoffroea decorticans* (chañar) y *Prosopis chilensis* (algarrobo). De estos se observó escasos individuos algunos de los cuales alcanzan un gran tamaño.

Figura 5-40. Detalle de las hojas y flores del árbol *Geoffroea decorticans* (chañar), especie en categoría de conservación vulnerable, presente en un sector de la franja del trazado del camino de acceso a la zona de explotación del Proyecto Minero Puquíos



Figura 5-41. Detalle de las hojas e inflorescencia del árbol *Prosopis chilensis* (algarrobo), especie en categoría de conservación vulnerable, presente en un sector de la franja del probable nuevo trazado del camino de acceso a la zona de explotación del Proyecto Minero Puquíos



Tabla D.1-1.

Categoría de conservación de las especies vegetales registradas en el área de influencia del proyecto minero puquíos, comuna de la higuera – iv región. (Las especies se presentan ordenadas por División, Clase, Familia y Género. Junto al nombre científico y común de cada especie, se indica su origen O (E= endémica; N= nativa no endémica y A= adventicia) y su forma de vida FV (T= árbol; F= fanerófito; S= sufrutice; H= hierba perenne; B= hierba bi-anual; A= hierba anual; K= cactácea; C= cojín). En el caso de las especies nativas se indica su categoría de conservación a nivel regional según Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo CC (ex= Extinta; EP= En Peligro; VU= Vulnerable; FP= Fuera de Peligro; IC= Insuficientemente Conocida y NE= No Evaluada).

PTERIDOPHYTA					
Familias					
CC	O	FV	Géneros y Especies	Nombre Común	
Adiantaceae					
FP	N	H	<i>Adiantum chilense</i> Kaulf	Palito negro	
FP	N	H	<i>Cheilanthes mollis</i> (Kunze) K.Presl	Doradilla	
GYMNOSPERMAE					
Familias					
CC	O	FV	Géneros y Especies	Nombre Común	
Ephedraceae					
FP	N	F	<i>Ephedra chilensis</i> K.Presl	Pingo-pingo	
ANGIOSPERMAE: DICOTYLEDONEAE					
Familias					
CC	O	FV	Géneros y Especies	Nombre Común	
Aizoaceae					
	A	A	<i>Mesembryanthemum crystallinum</i> L.	Rocio	
	A	A	<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i> L.		
Anacardiaceae					
FP	N	T	<i>Schinus molle</i> L.	Pimiento	
FP	N	FT	<i>Schinus polygama</i> (Cav.) Cabrera	Huingam	
Apiaceae (Umbelliferae)					
	A	H	<i>Apium nodiflorum</i> (L.) Lag.		
FP	E	A	<i>Eryngium coquimbanum</i> Phil. ex Urb.		
FP	E	F	<i>Gymnophyton robustum</i> Clos	Bío-bío	
Aristolochiaceae					
FP	E	H	<i>Aristolochia bridgesii</i> (Klotzsch) Duch.	Oreja de zorro	
FP	E	H	<i>Aristolochia chilensis</i> Bridges ex Lindl.	Oreja de zorro	

Asteraceae (Compositae)				
FP	N	A	<i>Amblyopappus pusillus</i> Hook. et Arn.	
FP	E	F	<i>Baccharis linearis</i> (Ruiz et Pav.) Pers.	Romerillo
FP	E	F	<i>Baccharis marginalis</i> DC.	Chilca
FP	E	F	<i>Baccharis confertifolia</i> Bertero ex Colla	
FP	E	F	<i>Bahia ambrosioides</i> Lag.	Chamiza
		A	<i>Cotula coronopifolia</i> L.	Botón de Oro
FP	E	A	<i>Chaetanthera aff. linearis</i> Poepp. ex Less.	
			<i>Chuquiraga ulicina</i> (Hook. et Arn.) Hook. et Arn.	
FP	E	F		Pico de gallina
FP	N	SF	<i>Encelia canescens</i> Lam.	Coronilla del fraile Incienso, maravilla del campo
FP	E	F	<i>Flourensia thurifera</i> (Molina) DC.	
FP	E	A	<i>Gnaphalium heterotrichum</i> Phil	
FP	E	F	<i>Gutierrezia gayana</i> (J.Remy) Reiche	
FP	E	F	<i>Gutierrezia resinosa</i> (Hook. et Arn) S.F. Blake	Pichanilla, monte amarillo
FP	E	A	<i>Helenium urmenetae</i> (Phil.) Cabrera	Manzanilla
			Haplopappus sp	
			<i>Ophryosporus paradoxus</i> (Hook. et Arn) Benth. et Hook .ex B.D.Jacks.	
FP	E	F	<i>Ophryosporus triangularis</i> Meyen	Rabo de zorro
FP	E	F	<i>Pleocarphus revolutus</i> D.Don	Cola de ratón
FP	E	F	<i>Proustia ilicifolia</i> Hook et Arn.	Huañil blanco
FP	E	H	<i>Senecio adenotrichius</i> DC.	
FP	E	S	<i>Senecio hackeifolius</i> Bertero ex DC.	Pata de pajarito
FP	N	SF	<i>Tessaria absinthioides</i> (Hook. et Arn.) DC.	Brea
FP	N	SF	<i>Viguiera revoluta</i> (Meyen) S.F.Blake	
Asclepiadaceae				
FP	E	S	<i>Tweedia birostrata</i> (Hook. et Arn.) Hook. et Arn.	Azahar del campo
Boraginaceae				
FP	E	FT	<i>Cordia decandra</i> Hook. et Arn.	Carbonillo
FP	E	F	<i>Heliotropium stenophyllum</i> Hook. et Arn.	Palo negro
FP	E	F	<i>Heliotropium chenopodiaceum</i> (A.DC.) Clos	
Brassicaceae (Cruciferae)				
FP	N	H	<i>Nasturtium officinale</i> R.Br	Berro
		A	<i>Rapistrum rugosum</i> (L.) All.	Falso yuyo/rapistro
NE	N	H	<i>Rorippa chubutica</i> (O.E.Schulz) Mart.-Lab.	Berro
Buddlejaceae				
FP	E	F	<i>Buddleja suaveolens</i> Kunth et Bouché	

Cactaceae				
FP	E	K	<i>Copiapoa coquimbana</i> (Rümpler) Britton et Rose	Coquimbano
FP	E	K	<i>Echinopsis coquimbana</i> (Molina) Friedrich et G.D.Rowley	Quisco coquimbano
FP	E	K	<i>Echinopsis chiloensis</i> (Colla) Friedrich et G.D.Rowley	
NE	E	K	<i>Echinopsis spinibarbis</i> (Otto ex Pfeiff.) A.E.Hoffm.	
VU	E	K	<i>Eriosyce aurata</i> (Pfeiff.) Backed.	Sandillón
FP	E	K	<i>Eriosyce aff. curvispina</i> (Bertero ex Colla) Katt.	
NE	E	K	<i>Eriosyce aff. senilis</i> (Backeb.) Katt.	Viejito
FP	E	K	<i>Eulychnia acida</i> Phil.	Copao
FP	N	K	<i>Opuntia berteri</i> (Colla) A.E.Hoffm.	Gatito, chapín
FP	E	K	<i>Opuntia miquelii</i> Monv.	Tunilla, tuna de Miguel
FP	E	K	<i>Opuntia ovata</i> Pfeiff.	Gatito, chapín
Caesalpiniaceae				
EP	E	F	<i>Balsamocarpon brevifolium</i> Clos	Algarrobilla
FP	E	F	<i>Senna cumingii</i> (Hook et Arn.) H.S.Irwin et Barneby	Alcaparra
Campanulaceae				
FP	E	F	<i>Lobelia polyphylla</i> Hook. et Arn.	Tupa
Cuscutaceae				
FP	N	H	<i>Cuscuta suaveolens</i> Ser.	Cabellos de ángel
Chenopodiaceae				
FP	N	F	<i>Atriplex deserticola</i> Phil.	Cachiyuyo
FP	N	H	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Paico
Euphorbiaceae				
FP	E	F	<i>Colliguaja odorifera</i> Molina	Colliguay
	A	F	<i>Ricinus communis</i> L.	Higuerilla
Frankeniaceae				
FP	N	S	<i>Frankenia chilensis</i> K.Presl	Salitre
Fabaceae (Papilionaceae)				
FP	E	F	<i>Adesmia argentea</i> Meyen	Varilla mansa
FP	E	F	<i>Adesmia pedicellata</i> Hook. et Arn.	Varilla
FP	E	S	<i>Errazurizia multifoliolata</i> (Clos) I.M.Johnst.	
VU	N	T	<i>Geoffroea decorticans</i> (Gillies ex Hook. et Arn.)Burkart	Chañar
Geraniaceae				
	A	A	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér. ex Aiton	Alfilerillo, relojito
	A	A	<i>Erodium malacoides</i> (L.) L'Hér. ex Aiton	Alfilerillo, relojito
Krameriaceae				
FP	E	F	<i>Krameria cistoidea</i> Hook. et Arn.	Pacul

Labiatae				
			<i>Stachys sp</i>	
FP	E	S	<i>Teucrium nudicaule</i> Hook.	Oreganillo
Ledocarpaceae				
FP	N	F	<i>Balbisia peduncularis</i> (Lindl.) D.Don	Amancay
Loranthaceae				
FP	E	H	<i>Tristerix aphyllus</i> (Miers ex DC.) Tiegh. Ex Barlows et Wiens	Quintral del quisco
FP	N	F	<i>Tristerix verticillatus</i> (Ruiz et Pav.) Barlow et Wiens	Quintral
Lythraceae				
FP	E	S	<i>Pleurophora pungens</i> D.Don	Pico de gallina
FP	E	A	<i>Pleurophora pusilla</i> Hook. et Arn.	
Malesherbiaceae				
FP	N	A	<i>Malesherbia humilis</i> Poepp.	Piojillo
Malvaceae				
FP	N	AH	<i>Cristaria dissecta</i> Hook. et Arn.	Malvilla
VU	E	S	<i>Sphaeralcea obtusiloba</i> (Hook.) G.Don	Malva del cerro
Malpighiaceae				
VU	E	F	<i>Dinemagonum gayanum</i> A.Juss.	
Mimosaceae				
FP	N	T	<i>Acacia caven</i> (Molina) Molina	Espino
VU	N	T	<i>Prosopis chilensis</i> (Molina) Stuntz	Algarrobo
Nolanaceae				
FP	E	F	<i>Nolana aff coelestis</i> Lindl.	Suspiro
VU	E	F	<i>Nolana divaricata</i> (Lindl.) I.M.Johnst.	Suspiro
FP	E	S	<i>Nolana sedifolia</i> Poepp.	Sosa brava hoja chica
Onagraceae				
NE	N	H	<i>Ludwigia peploides</i> (Kunth) P.H.Raven	
Oxalidaceae				
FP	E	F	<i>Oxalis gigantea</i> Barnéoud	Churque
Papaveraceae				
FP	E	A	<i>Argemone rosea</i> Hook.	Cardo santo
Plantaginaceae				
FP	E	A	<i>Plantago hispidula</i> Ruiz et Pav.	
Polygonaceae				
FP	E	S	<i>Chorizanthe viridis</i> Phil.	Sanguinaria
FP	N	F	<i>Muehlenbeckia hastulata</i> (Sm.) I.M.Johnst.	Mollaca
Portulacaceae				
FP	E	A	<i>Cistanthe longiscapa</i> (Barnéoud) Carolin ex Hershk	Pata de guanaco, renilla
Scrophulariaceae				
	A	AH	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	

Solanaceae				
FP	N	F	<i>Cestrum parqui</i> L'Her.	Palqui
FP	N	F	<i>Fabiana imbricata</i> Ruiz et Pav.	Pichi, romero pichi
FP	N	F	<i>Lycium chilense</i> Miers ex. A.DC.	Coralillo
Verbenaceae				
FP	N	H	<i>Verbena litoralis</i> Kunth	
FP	E	F	<i>Junellia selaginoides</i> (Kunth ex Walp.)	
Zygophyllaceae				
FP	E	F	<i>Bulnesia chilensis</i> Gay	
FP	N	S	<i>Fagonia chilensis</i> Hook. et Arn.	
FP	E	F	<i>Larrea nitida</i> Cav	Jarilla
ANGIOSPERMAE: MONOCOTYLEDONEAE				
Familias				
<u>CC</u>	<u>Q</u>	<u>FV</u>	Géneros y Especies	Nombre Común
Amaryllidaceae				
FP	E	H	<i>Rhodophiala bagnoldii</i> (Herb) Traub	Añañuca amarilla
Cyperaceae				
FP	N	H	<i>Carex aff. gayana</i> E. Desv.	
FP	N	H	<i>Eleocharis albibractata</i>	
Poaceae (Gramineae)				
FP	N	A	<i>Bromus berterianus</i> Colla	Pasto largo
	A	A	<i>Hordeum murinum</i> L.	Cebadilla
FP	E	H	<i>Nasella pungens</i> E. Dev.	
FP	N	H	<i>Polypogon australis</i> Brogn.	
	A	A	<i>Schismus arabicus</i> Ness	
FP	E	H	<i>Stipa tortuosa</i> E.Desv.	
	A	A	<i>Vulpia bromoides</i> (L.) Gray	Pasto sedilla

D.2. Fauna

D.2.1. Introducción

En esta sección se entregan los antecedentes relativos a la línea de base faunística para el área de influencia del Proyecto Minero Puquíos (IV Región, Coquimbo, La Higuera).

En el presente informe se da a conocer la Línea de Base de la Fauna de Vertebrados (Anfibios, Reptiles, Aves y Mamíferos) en dos Sitios de estudio. Este estudio se realizó entre el 29-30 de noviembre de 2006 y fue revalidada mediante una visita efectuada entre los días 17 y 19 de marzo del 2008.

D.2.2. Materiales y métodos

En los estudios de la fauna asociada al área de influencia del Proyecto Minero Puquíos, Punta Colorada, Comuna de La Higuera (IV Región, Coquimbo), se consideraron dos Sitios y áreas aledañas, tomando en cuenta el tipo de fauna propuesta en el Proyecto Minero Puquíos:

D.2.2.1. Sitios de Estudio

El estudio de línea de base se efectuó en varios sitios incluyendo el sector de la mina y planta de proceso, sector de Pilas de Lixiviación (Sector 1); el sector del camino de acceso incluyendo localidades específicas de interés como afloramientos de agua, loreras (Sector 2), y la parte superior de la quebrada de Puquíos, en lo que será el área de protección asociada al plan de manejo del proyecto (Sector 2D).

Sector 1: Este Sector se dividió en 2 sectores (Sector rajo y obras anexas(**S1A**) y **S1B**), comprendido aproximadamente entre las coordenadas 332000E, 6744000 N - 336000 E, 6740000 N.

Sitio 1A: Este Sitio comprende las coordenadas 312653 E, 6651789 N, y corresponde al rajo de la mina y obras anexas.

Sitio 1B (Fig. 5.43): Corresponde al área de la Quebrada Coloradito (333765E, 67413999 N - 334011 E, 6741947 N; 1.433 m.s.n.m.), y futuro emplazamiento de las pilas de lixiviación.

Sector 2 (S2): Corresponde al camino de acceso al área del proyecto, comprendiendo gran parte de la Quebrada de Los Choros. Este Sitio se subdividió en:

S2A (Fig. 5.42): Correspondiente a áreas de cursos de agua (312461 E, 6650849 N).

S2B: Loreras 1 (L1 = 322733 E, 6742697 N).

S2C: Loreras 2 (L2 = 328647 E, 6741048 N) ubicadas en el camino de acceso a sector del área del proyecto.

S2D: Parte superior de la Quebrada Puquíos (\approx 2 km al noreste del Campamento, 333396 E, 6740758 N – 3355048 E, 6740879 N).

En general, los tres Sitios (Sector 1, Sector 2, y S2D) se caracterizaron por presencia de una baja cobertura de la vegetación (30%). Los arbustos predominantes fueron *Balsamocarpon brevifolium* (Algarrobilla), *Adesmia argentea* (Varilla mansa), *Ephedra chilensis* (Pingo pingo), *Cordia decandra* (Carbonillo) y *Proustia ilicifolia* (Olivillo). Cabe mencionar que en el sector de Quebrada Coloradito (**S1B**) y parte del **Sitio 2** (Quebrada Los Choros) hubo presencia de las especies arbóreas *Prosopis chilensis* (Algarrobo), *Schinus molle* (Pimiento), *Schinus polygama* (Huingam) y *Acacia caven* (Espino) (Osorio, Com. personal, ver Informe Flora).

D.2.2.2. Identificación de Especies

Anfibios

Para la prospección de anfibios se recorrieron 3 transectos de 100 - 120 metros de largo, tomando en cuenta en especial los lugares con presencia de humedad. Los especímenes colectados fueron fotografiados y devueltos al mismo lugar de captura. Para su identificación y descripción taxonómica se utilizó la información de Cei (1962), Veloso & Navarro (1988).

Reptiles

Para la prospección de reptiles se recorrieron 4 transectos de 100 - 120 metros en los Sitios, particularmente en los sectores de laderas con arbustos y rocas. Los especímenes colectados fueron fotografiados y devueltos al mismo lugar de captura. Para su identificación y descripción taxonómica se utilizó la información de Donoso-Barros (1966), Veloso & Navarro (1988), Pincheira-Donoso & Núñez (2005).

Aves

En los tres Sectores de estudio se realizaron prospecciones de las especies de aves, para lo cual se utilizaron binoculares de Vivitar Series 1 (10x42) y registros fotográficos (cámara Canon EOS 30 y zoom 75 – 300). Los registros se realizaron durante las primeras horas de la mañana (8:00 – 12:00 hora) y al atardecer (16:00 - 18:00 hora), utilizando transectos lineales de ancho variable y estaciones puntuales de acuerdo a lo descrito por Rodríguez (1980), Ralph (1995) y CONAMA (1996). Para la identificación y descripción de las especies se siguió lo informado por Goodall et al. (1951), Hayman et al. (1986), Ridgely & Tudor (1994), Cortés et al. (1995), Araya & Millie (1998), Couve & Vidal (1999), Couve & Vidal (2003), Muñoz-Pedrero et al. (2004), Muñoz-Pedrero et al. (2004), Martínez & González (2004), Marín (2004) y Jaramillo (2005).