

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

**Memoria de Título**

**EVALUACIÓN DE IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS  
EN EL ENTORNO DEL PARQUE NACIONAL LLANOS DE CHALLE**

**Pamela Verónica Santibáñez Castán**

**Santiago, Chile**

**2011**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

**Memoria de Título**

**EVALUACIÓN DE IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS  
EN EL ENTORNO DEL PARQUE NACIONAL LLANOS DE CHALLE**

**IMPACT ASSESSMENT OF PRODUCTIVE ACTIVITIES IN THE  
ENVIRONMENT OF LLANOS DE CHALLE NATIONAL PARK**

**Pamela Verónica Santibáñez Castán**

**Santiago, Chile**

**2011**

# **UNIVERSIDAD DE CHILE**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

## **Memoria de Título**

### **EVALUACIÓN DE IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EN EL ENTORNO DEL PARQUE NACIONAL LLANOS DE CHALLE**

Memoria para optar al Título Profesional de  
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

**Pamela Verónica Santibáñez Castán**

<b>Profesor Guía</b>	<b>Calificaciones</b>
Sr. Luis González F. Ingeniero Agrónomo	7,0
<b>Profesores Evaluadores</b>	
Sr. Gerardo Soto M. Ingeniero Forestal, MSc., Ph-D.	6,7
Sr. Ricardo Marchant S. Ingeniero Agrónomo, MSc.	6,0

Santiago, Chile  
2011

## ÍNDICE

<b>GLOSARIO DE SIGLAS</b> .....	1
<b>1. RESUMEN</b> .....	2
<b>2. ABSTRACT</b> .....	3
<b>3. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
3.1.    Objetivo general.....	5
3.2.    Objetivos específicos.....	5
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	6
4.1.    Ubicación del Área de Estudio de la Investigación.....	6
4.2.    Bases Metodológicas.....	8
4.3.    Identificar las Actividades Productivas que pudieran ser causantes de posibles Efectos Negativos en la Cuenca en Estudio.....	9
4.4.    Diagnosticar el Estado y Condición de los Componentes Ambientales del Parque Nacional Llanos de Challe asociados a Actividades del Entorno, dando especial énfasis al Componente Hídrico: Línea de Base.....	12
4.5.    Identificar y Evaluar los Impactos más Relevantes producto de los Procesos Antrópicos.....	12
<b>5. RESULTADOS</b> .....	15
5.1. <b>Descripción de las Actividades Susceptibles de Generar Impactos</b> ....	15
<b>Descripción de la Actividad Agrícola</b> .....	15
Localización de la Actividad Agrícola.....	16
Definición de las Partes, Acciones y Obras Físicas Existentes.....	17
Sector Canto del Agua.....	17
Sector Chacritas.....	22
<b>Caracterización de la Actividad Minera de Pequeña Escala</b> .....	24
<b>Descripción de la Actividad Minera Industrial</b> .....	25
Localización de la Actividad Minera Industrial.....	26
Reconocimiento de la Mina Los Colorados.....	27
Definición de las Partes, Acciones y Obras Físicas Existentes.....	28
Explotación del Yacimiento en Mina Los Colorados.....	28
Planta de Beneficio en Mina Los Colorados.....	29
Insumos Mina Los Colorados: Suministro de Agua.....	30
Sector Vía Férrea.....	30
Proyecto de Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados.....	30
Resumen Operación Actual y con Proyecto.....	33
<b>Descripción de Acciones de la Comunidad Rural en el Área de Estudio</b> .....	34
Dimensión Geográfica y Demográfica.....	34

Antecedentes Históricos del Área de Estudio.....	35
Perspectivas de Actores Clave.....	36
Viviendas y Servicios.....	37
Red Vial.....	37
5.2. <b>Línea de Base</b> .....	39
5.2.1. <b>Determinación de las Áreas de Influencia de las Actividades Productivas en Estudio</b> .....	39
Justificación de las Áreas de Influencia.....	40
5.2.2. <b>Caracterización del Área de Estudio</b> .....	43
Antecedentes Generales.....	43
Descripción del Medio Físico Terrestre.....	44
Geología y Geomorfología.....	44
Subcuenca Llano de Challe.....	44
Subcuenca Llanos de Algarrobal y la Jaula y Llanos Chacritas y las Campanas.....	45
Conclusiones de Geología y Geomorfología.....	47
Clima y Meteorología.....	48
Subcuenca Llano de Challe.....	48
Subcuenca Llanos de Algarrobal y la Jaula y Llanos Chacritas y las Campanas.....	49
Precipitaciones.....	49
Vientos.....	50
Conclusiones de Clima y Meteorología.....	52
Hidrología.....	52
Subcuenca Llano de Challe.....	52
Aguadas del Parque Nacional Llanos de Challe.....	53
Subcuenca Llanos de Algarrobal y la Jaula y Subcuenca Llanos Chacritas y las Campanas.....	57
Conclusiones de Hidrología.....	57
Hidrogeología.....	58
Plan de Manejo Parque Nacional Llanos de Challe.....	58
Estudio “Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Quebrada Carrizal” de la DGA.....	59
Unidades Acuíferas.....	60
Recarga.....	61
Demanda de Recursos Hídricos.....	62
Disponibilidad de Agua Subterránea.....	63
Estudio “Evaluación Hidrogeológica Preliminar de los Sectores de Algarrobal Bajo y Alto, III Región”.....	63
Revisión y Análisis del Estudio “JICA – Algarrobal”.....	66
Constantes Hidráulicas.....	67
Nivel del Agua Subterránea.....	67
Mecanismos de Recarga y Descarga.....	70

Balance.....	70
EIA Proyecto de Ampliación Mina Los Colorados.....	71
Sector Mina Los Colorados.....	71
Análisis Hidrogeológico presentado en el EIA.....	71
Conclusiones de Hidrogeología.....	73
Descripción del Medio Biótico Terrestre.....	75
Vegetación y Flora.....	75
Conclusiones de Vegetación y Flora.....	78
Fauna.....	79
Conclusiones de Fauna.....	81
Descripción del Medio Perceptual.....	81
Paisaje.....	81
Conclusiones de Paisaje.....	86
<b>5.3. Identificación y Evaluación de los Impactos más Relevantes</b>	
<b>producto de los Procesos Antrópicos.....</b>	87
5.3.1. Riesgos e Impactos Ambientales Probables de las Actividades.....	87
5.3.2. Identificación y Valoración de Impactos Reales.....	90
Justificación de Valores de Impacto de la Matriz de Leopold Modificada.....	93
5.3.3. Impactos Significativos sobre el Parque Nacional Llanos de Challe.....	110
5.3.4. Jerarquización de Acciones e Impactos Ambientales sobre el Parque	
Nacional Llanos de Challe.....	113
<b>5.4. Propuestas de Medidas de Mitigación de Impactos Ambientales.....</b>	114
<b>5.5. Propuestas Adicionales de Medidas de Prevención.....</b>	114
<b>6. DISCUSIÓN.....</b>	116
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	118
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	119
<b>APÉNDICE I. Entrevistas para Reconocimiento del Contexto Histórico del Área de</b>	
<b>Estudio.....</b>	121
<b>APÉNDICE II. Resultados de las Entrevistas Realizadas en Predios de Canto del</b>	
<b>Agua.....</b>	122
<b>APÉNDICE III. Resultados de Entrevistas Realizadas en Predios de Chacritas.....</b>	127
<b>ANEXO I. Estudio “Evaluación Hidrogeológica Preliminar de los Sectores de</b>	
<b>Algarrobal Bajo y Alto, III Región”.....</b>	128
<b>ANEXO II. Vegetación Nativa.....</b>	138

## AGRADECIMIENTOS

Estar escribiendo esto es muy especial, ha sido un proceso largo pero de grandes e inolvidables experiencias.

Recordando los inicios de mi tema de memoria de título, tendría que empezar agradeciendo a Constanza Montes, quien me otorgó la oportunidad de contactarme con la gente de CONAF y comenzar este anhelado proceso de titulación.

A CONAF Atacama, especialmente a Mario Meléndez, por su interés y entusiasmo en el tema de memoria, a Carla Louit e Isla Troncoso, por sus contribuciones y acogida durante mi estadía en la III Región, a los Guarda parques Yohan Sánchez, Sergio Araya, Leoncio Paredes y Alberto Villegas, por su total disposición y acogida, cuyos aportes y conocimientos del Parque Nacional y su entorno terminaron siendo uno de los pilares fundamentales de este estudio.

A mi profesor guía, Luis González, por su excelente disposición y el grato ambiente de trabajo que siempre existió en nuestras reuniones.

A Gerardo Soto, por el enorme compromiso adquirido durante el proceso de corrección, cuyas sugerencias se convirtieron en verdaderas enseñanzas.

A mis padres, por otorgarme todas las facilidades, confianza y sabios consejos en todo aspecto.

A mi hermana, por tu paciencia al leer todo lo que te ponía por delante durante el desarrollo del proyecto de esta memoria y tus siempre sinceros e inteligentes aportes.

A mis queridísimos amigos, Vairoa Ika, Diego Maldonado, y de manera muy especial a Sofía Urzúa y Constanza Gajardo, quienes lograron despertar la motivación que necesitaba para trabajar en mi memoria, sobre todo durante la última etapa de este trabajo. Amigos, son lo más preciado que me llevo de todo este largo camino.

A Lino y Timón, cuya ternura e incondicional compañía siempre crearon el perfecto ambiente de trabajo.

A Nicolás Ramírez, por siempre darme el apoyo que necesito, desde aspectos técnicos con tu siempre admirable capacidad computacional, hasta el afecto, cariño y humor que siempre funcionaron maravillosamente para motivarme. Pero por sobre todas las cosas, gracias por convertirte en mi nuevo sueño.

**GLOSARIO DE SIGLAS**

CMH	Compañía Minera Huasco
CMP	Compañía Minera del Pacífico
CONAF	Corporación Nacional Forestal
DA	Derechos de Aprovechamiento de Agua
DGA	Dirección General de Aguas
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
PNLLC	Parque Nacional Llanos de Challe
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
SNASPE	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado



## 1. RESUMEN

El Parque Nacional Llanos de Challe (PNLLC), ubicado en la III Región de Atacama, se encuentra rodeado de elementos antrópicos cuyas acciones pueden generar impacto ambiental sobre sus elementos naturales. La presente investigación tuvo como principal objetivo evaluar los impactos sobre el PNLLC asociados a actividades productivas desarrolladas en la cuenca de la Quebrada Carrizal, dando mayor énfasis al recurso hídrico para el diagnóstico de los componentes ambientales. Adaptando los métodos establecidos por el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), el presente trabajo contó con una descripción de las actividades productivas desarrolladas en el área de estudio, una línea de base para el diagnóstico de los componentes ambientales y la definición del área de influencia de cada uno de ellos, y finalmente la identificación y evaluación de los impactos asociados a las actividades.

Tras el análisis hidrogeológico, se constató que los sectores acuíferos que conforman la cuenca de la Quebrada Carrizal, corresponden a unidades diferenciadas y con escasa conexión entre ellas, por lo que las aguadas del PNLLC, afloramientos de agua subterránea que disminuyen el estrés hídrico para el medio biótico, no se verían afectadas por la demanda hídrica del resto de la cuenca.

Los resultados más relevantes consistieron en la calificación de las acciones (causas) e impactos (consecuencias) de cada actividad productiva, lo cual permitió jerarquizar los efectos de dichas acciones por su potencial de causar impacto sobre los componentes del PNLLC. Para la actividad minera industrial, la acción constituyente del impacto de mayor magnitud e importancia, correspondió al emplazamiento de obras del Proyecto de Ampliación de mina Los Colorados, la cual tiene asociada una intervención de amplias proporciones en un corto periodo. A dicha acción le siguió en jerarquía la perforación de piques de la actividad minera de pequeña y mediana escala, ya que el incremento de esta actividad tiene asociado la realización de nuevas prospecciones y perforación de nuevos piques en el sector de Carrizal Alto, el cual se ubica a corta distancia de los límites del PNLLC. De la actividad minera de pequeña y mediana escala, también resultó de alta magnitud e importancia el impacto por la tenencia de perros en las faenas, problema bastante grave por los ataques de perros a la fauna del sector, especialmente a Guanacos. Por último, la acción de la comunidad rural del área de estudio constituyente de impacto, correspondió al tránsito vehicular de la ruta C-440, vía pública que atraviesa por el PNLLC y que al ser un camino de ripio, permite que los vehículos alcancen altas velocidades, aumentando las probabilidades de atropello de fauna. Los resultados de la presente investigación, son de utilidad para la gestión del PNLLC y los futuros estudios que se realicen en la zona.

**Palabras Clave:** Recursos hídricos, Impacto ambiental, Cuenca de la Quebrada Carrizal, Hidrogeología, Agricultura, Ganadería, Minería, Región de Atacama

## 2. ABSTRACT

The Llanos de Challe National Park (PNLLC), located in the Atacama Region, is surrounded by human elements whose actions can generate environmental impact on the components of the Park. The objective of this research was to assess the impacts over PNLLC associated to productive activities developed in the Quebrada Carrizal basin, giving greater emphasis to water resources for the diagnosis of environmental components. Adapting the methods established by System of Environmental Impact Assessment Regulations (SEIA), this document has a description of productive activities developed in the study area, a baseline for the diagnosis of environmental components and definition of the influence area for each of them, and finally the identification and assessment of impacts associated to the activities.

After hydrogeological analysis, it was found that the aquifers sectors that form the Quebrada Carrizal basin, correspond to separate units with little connection between them, so PNLLC watery, units that reduce hydric stress for wildlife and vegetation, would not be affected by the hydric availability of the rest of the basin.

The most significant results involved the characterization of the actions and impacts of each productive activity, which allowed ranking the effects of those actions on its potential to cause impact over PNLLC components. For the mining industry, the action constituting the impact of greater magnitude and importance was Los Colorados mine Expansion Project construction sites, which has a large proportions intervention in a short period of time, resulting a drastic alteration of wildlife habitat. This action was followed in hierarchy, by drilling piques of small and medium scale mining, since the increase of this activity is associated with the implementation of new exploration and drilling new piques in the area of Carrizal Alto, located a short distance from the boundaries of PNLLC. Small and medium scale mining activity was also of high magnitude and importance impact on the keeping of dogs in the chores, a very serious problem because of dog attacks on wildlife, especially guanaco. Finally, the rural community action constituting of impact in the study area, corresponded to route C-440 traffic, thoroughfare that crosses the PNLLC and being a gravel road, the vehicles reach higher speeds increasing likelihood of run over animals. The results of this investigation, are useful for PNLLC's administration and future studies in the area.

**Key Words:** Hydric resources, Environmental Impact, Quebrada Carrizal basin, Hydrogeology, Agriculture, Animal husbandry, Mining, Atacama Region.

### 3. INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Llanos de Challe (PNLLC) se ubica en el borde costero de la Provincia de Huasco, Región de Atacama. Su superficie es de 45.708 hectáreas que abarcan desde el nivel del mar hasta los 1.000 msnm. El Parque es administrado por CONAF y fue creado en el año 1994 con el objetivo de proteger la formación vegetal del desierto costero de la zona.

Debido a su gran interés biológico, el sector de Llanos de Challe fue declarado en 1993 como Sitio Prioritario para la Conservación de la Diversidad Biológica de Chile en la categoría I, de Urgente. Consecuentemente con esta declaración, en 1994 se crea el PNLLC constituyéndose como el único Parque Nacional de la Provincia de Huasco, cuyo objetivo fundamental correspondía a preservar la formación vegetal denominada Desierto Costero de Huasco, que no se encontraba representada adecuadamente en el SNASPE. Actualmente los objetivos de conservación del PNLLC están determinados principalmente por su relevancia vegetacional, la presencia de diversas especies vegetales y animales con problemas de conservación, el alto endemismo de especies, así como la pristinidad y buen estado de conservación de los ecosistemas que protege, de manera particular el fenómeno de Desierto Florido (Meléndez, 2007).

La flora del PNLLC está constituida por 278 especies de las cuales 14 son endémicas y sólo pueden encontrarse en la Región de Atacama. Actualmente el Parque alberga a 2 especies en Peligro de Extinción, *Leontochir ovallei* (Garra de León) y *Valeriana senecioides*, y otras 14 especies en categoría Vulnerable (CONAF Atacama, 2009).

La fauna del Parque está asociada a las comunidades del matorral desértico. Los grupos más abundantes son los de aves, entre las que se cuentan especies de paseriformes como Diucas, Mineros, Cometocinos y Tijerales, además de rapaces como Aguiluchos y Pequeños, carroñeros como el Jote, y en la zona costera múltiples especies migratorias como Chorlos, Playeros, Zarapitos y Rayadores. También pueden observarse mamíferos carnívoros como el Zorro Chilla y Zorro Culpeo, micromamíferos como el Ratón Orejudo, el Ratoncito Oliváceo y una de las dos especies de Marsupiales de Chile, la Yaca. Además, uno de los principales objetivos de conservación del PNLLC está asociado a las poblaciones de Guanaco (*Lama guanicoe*), especie que se encuentra En Peligro de Extinción en la Región de Atacama (CONAF Atacama, 2009).

Considerando los problemas respecto del estado de conservación de algunas de las especies características del PNLLC, adquiere gran importancia conocer los efectos antrópicos que puedan tener relación con la situación señalada, por su potencial en cuanto a afectar los recursos naturales y eventualmente la biodiversidad del Parque. Para dicho propósito, resulta necesario identificar los impactos que generan los procesos antrópicos sobre la conservación.

Las actividades productivas tienen asociadas un uso importante de agua, el cual es un recurso escaso como consecuencia del clima desértico presente en la zona, caracterizado por la predominancia de meses secos y precipitaciones extremadamente variables. Al no existir flujos superficiales permanentes, el uso del recurso hídrico se limita a la extracción de aguas subterráneas, razón por la cual se otorgó a dicho recurso la mayor importancia dentro del presente estudio.

La evaluación se realizó adaptando los métodos propuestos en el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, donde se describen los procedimientos para identificar y caracterizar el área de influencia de las actividades productivas desarrolladas en el área de estudio, a objeto de evaluar posteriormente los impactos que pudieran generarse o presentarse sobre los elementos del medio ambiente (MINSEGPRES, 2001).

El tema planteado para el desarrollo de la presente memoria de título representaba un problema dentro de la gestión del PNLLC, ya que se carecía de esta información y existía un interés por parte de CONAF por subsanarla, de tal forma de utilizarla en la planificación de soluciones ante las problemáticas ambientales asociadas a la conservación del Parque.

### **3.1. Objetivo General**

Evaluar los impactos sobre el Parque Nacional Llanos de Challe de las actividades productivas desarrolladas en las principales localidades de la cuenca de la Quebrada Carrizal.

### **3.2. Objetivos Específicos**

- 1) Identificar las actividades productivas que pudieran ser causantes de posibles efectos negativos en la cuenca en estudio.
- 2) Diagnosticar el estado y condición de los componentes ambientales del Parque Nacional Llanos de Challe asociados a actividades del entorno, dando especial énfasis al componente hídrico.
- 3) Identificar y evaluar los impactos más relevantes, producto de los procesos antrópicos.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló dentro del marco de un convenio entre CONAF III Región y la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, llevándose a cabo a partir de diciembre de 2009 hasta agosto de 2011. Se realizaron dos viajes a la Región de Atacama para la toma de datos en terreno y la adquisición de información base en instituciones públicas relacionadas con el tema de investigación.

### 4.1. Ubicación del Área de Estudio de la Investigación

La Quebrada Carrizal corresponde a la principal red hidrográfica que atraviesa el PNLLC. Como el presente estudio se enfoca en aquellos impactos relacionados con la disponibilidad de agua, se hizo necesario estudiar las relaciones hidrológicas de dicha quebrada, por lo que la investigación tuvo que extenderse a la totalidad de la cuenca de la Quebrada Carrizal. Este planteamiento partió de la hipótesis de que las extracciones de aguas subterráneas realizadas en los sectores altos o aguas arriba de la cuenca, tendrían incidencia sobre la disponibilidad de agua en los sectores bajos de la misma, y ya que el PNLLC está ubicado en la parte baja o costera de la cuenca, las fuentes de agua que sustentan la biodiversidad del Parque podrían verse afectadas.

Se definió como área de estudio al conjunto de sectores de interés dentro de la cuenca de la Quebrada Carrizal y el área que ocupa el PNLLC. Dichos sectores de interés corresponden a localidades de la cuenca en estudio donde se realicen actividades productivas. La ubicación de la cuenca de la Quebrada Carrizal dentro de la Región de Atacama, se puede apreciar en la Figura 1.

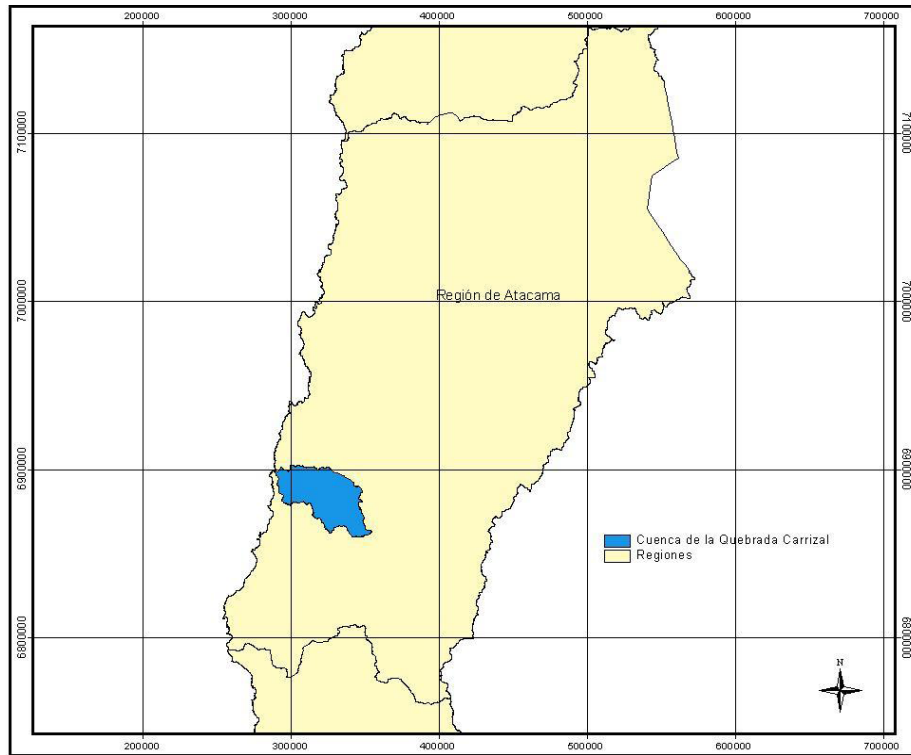


Figura 1. Cuenca de la Quebrada Carrizal (Fuente: DGA, 2009)

El PNLLC se localiza en la parte baja o noroeste de la cuenca de la Quebrada Carrizal (ver Figura 2). Al formar parte del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE), dentro del PNLLC no pueden existir asentamientos humanos ni desarrollo de actividades productivas, sin embargo, su ubicación puede resultar desfavorable en términos de conservación, por la cercanía a sectores poblados o de explotación de recursos naturales. Los principales asentamientos dentro de la cuenca de la Quebrada Carrizal corresponden a las localidades rurales de Canto del Agua y Chacritas, por lo que fueron un foco fundamental para el estudio de las interacciones entre la cuenca y el PNLLC. La ubicación de los elementos mencionados anteriormente se muestra en la Figura 2, donde además se representan los sectores urbanos más cercanos al área de estudio, a modo de referencia.

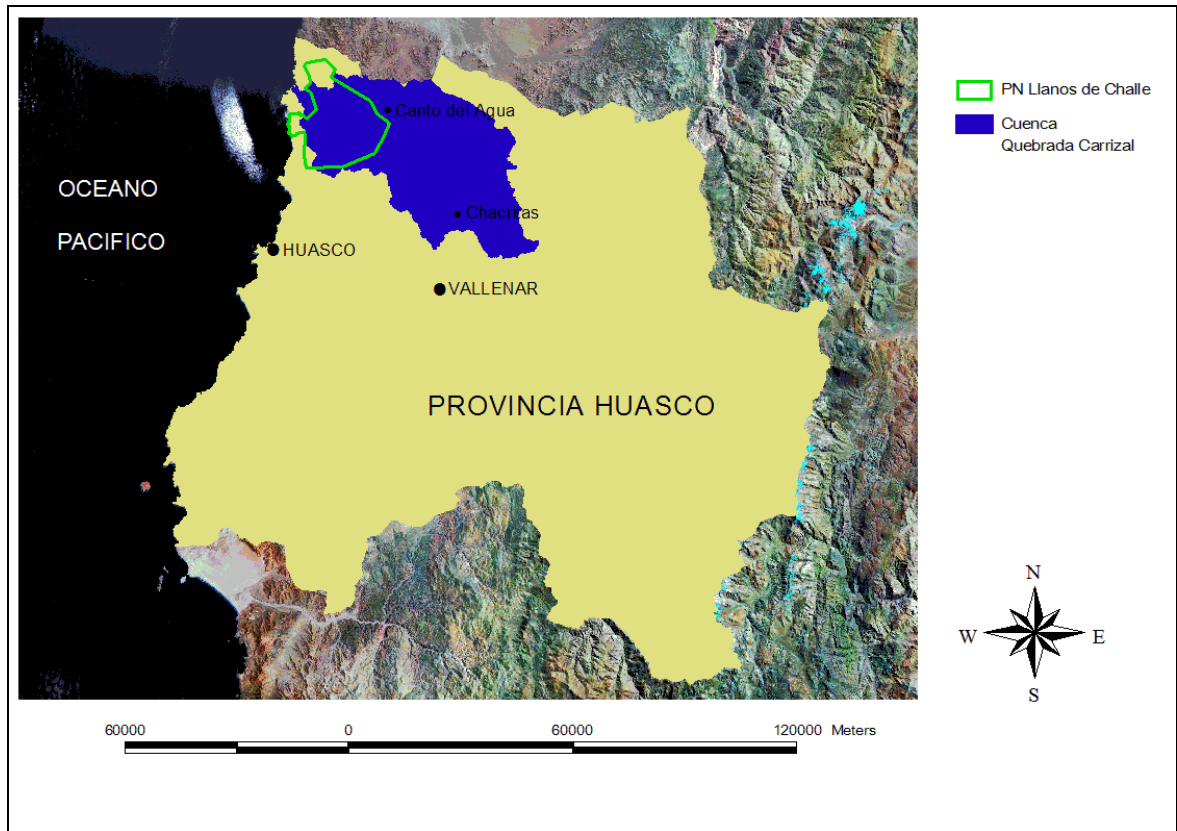


Figura 2. Zonas de Estudio (Fuente: Elaboración propia en base a material cartográfico CONAF y DGA)

## 4.2. Bases Metodológicas

Para el planteamiento metodológico, se tuvo en consideración el método clásico de evaluación de impactos ambientales, el que está también sintetizado en el propio Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Tratándose de evaluaciones ex-ante, el método se aplica a proyectos específicos, sin embargo, tomando en cuenta que el presente estudio evaluó actividades ya existentes en el territorio, se hicieron adaptaciones al método clásico, aplicando sólo aquellos enunciados que se ajustaran a los objetivos planteados.

La actividad a evaluar (o “proyecto”) se definió como la suma de acciones que se llevan a cabo en el entorno. De este modo, se aplicó el método del Reglamento del SEIA para la evaluación de proyectos, adaptándolo a las circunstancias del presente estudio, considerando los pasos metodológicos expresados en el Artículo 12 (Los contenidos mínimos detallados para la elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental), letras c, f y g del TITULO III (Los Contenidos de los Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental) (MINSEGPRES, 2001).

La modificación de los pasos metodológicos dio como resultado en la estructura base del presente trabajo, listado que se explica a continuación:

- La letra c del Reglamento del SEIA señala que se deberá hacer una descripción del proyecto o actividad, que para efectos del presente trabajo tiene relevancia en el reconocimiento de acciones y obras de las actividades productivas que se desarrollan en el área de estudio y que pudiesen generar o presentar posibles efectos negativos que a su vez, pueden ser causales de impacto ambiental (MINSEGPRES, 2001). Para efectos del presente estudio, las acciones fueron identificadas para las actividades agricultura, ganadería y minería.
- La letra f corresponde a la línea de base, que deberá describir el área de influencia del proyecto o actividad, a objeto de evaluar posteriormente los impactos que pudieren generarse o presentarse sobre los elementos del medio ambiente. 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 (MINSEGPRES, 2001). Dichos elementos corresponden a los componentes ambientales, los cuales fueron seleccionados en la presente investigación por ser representativos del entorno afectado y por su susceptibilidad de ser modificados por la acción humana, los cuales, además, fueron caracterizados según su estado y condición. Como el presente estudio se enfocó en el componente hídrico, la disponibilidad de agua en la cuenca de la Quebrada Carrizal se representó según el consumo demandado por las actividades que se desarrollan en Canto del Agua y Chacritas.
- La letra g contempla una predicción y evaluación del impacto ambiental del proyecto o actividad, incluidas las eventuales situaciones de riesgo (MINSEGPRES, 2001). Se evaluó el impacto para cada componente ambiental afectado.

Los métodos utilizados en cada una de las etapas anteriores se fundamentan a continuación.

#### **4.3. Identificar las Actividades Productivas que pudieran ser Causantes de Posibles Efectos Negativos en la Cuenca en Estudio**

En el sector de Canto del Agua, a corta distancia de los límites del PNLLC, se ha producido un repoblamiento humano bastante dinámico, dedicado básicamente a la pequeña agricultura y a la ganadería caprina. También se hace presente en el sector, la pequeña y mediana minería por parte de pirquineros y a nivel industrial la explotación del mineral de Los Colorados por la Compañía Minera del Pacífico (CONAF, 1997).

De manera adicional a las actividades mencionadas, se consideraron las acciones de la comunidad rural en el área de estudio. En un EIA, comúnmente se considera al componente humano como receptor de impactos del proyecto o actividad y su descripción se incluye en



la línea de base, sin embargo, en la presente investigación, las acciones de la comunidad fueron consideradas como una fuente potencial de impactos sobre los componentes ambientales del PNLLC y por lo tanto, se incluyen en la descripción de actividades susceptibles de generar impactos.

La descripción de las actividades incluyó los temas que comúnmente pueden encontrarse en un EIA, es decir, la localización de la actividad y la definición de las partes, acciones y obras físicas existentes. Para la correcta identificación y descripción de actividades productivas y acciones antrópicas en el área de estudio, se recurrió a los siguientes medios:

- **Reconocimiento y Caracterización de la Actividad Agrícola Desarrollada en las Localidades Rurales en Estudio**

Se realizaron campañas de terreno a predios de Canto del Agua y Chacritas, donde se llevó a cabo entrevistas semiestructuradas a sus propietarios. Se optó por este tipo de entrevista ya que en terreno suelen surgir nuevos temas que no son contemplados antes de las visitas y que pueden aportar información relevante a la investigación. Los predios visitados fueron seleccionados en terreno de acuerdo a su tamaño, siendo el tamaño mínimo a considerar de media hectárea (0,5 ha), ya que aquellas superficies plantadas demasiado pequeñas (huertas), se consideraron poco representativas para los propósitos del presente estudio.

La entrevista se elaboró de tal manera de lograr una mejor percepción de la actividad agrícola, principalmente para conocer su escala o envergadura y los aspectos relacionados al uso del agua. Los temas de la entrevista fueron los siguientes:

- Número de hectáreas plantadas
- Plantaciones o cultivos (especies vegetales)
- Número de pozos en el predio
- Frecuencia y duración de regadío
- Tipo de riego (tecnificado o no tecnificado)
- Profundidad del pozo
- Nivel del agua en el pozo
- Disponibilidad de agua del pozo (permanente o agotable)
- Tiempo de recuperación o recarga del pozo hasta su nivel normal, en caso de agotarse tras el tiempo de riego
- Situación de Derechos de Aprovechamiento DGA (otorgados, solicitados o no solicitados)
- Caudal otorgado por la DGA
- Usos adicionales del agua (ganadería, usos domésticos, bebida o consumo)

La localización del desarrollo de la actividad agrícola fue determinada según la ubicación de los puntos de captación de aguas subterráneas, es decir, de los pozos pertenecientes a cada predio visitado para realizar la entrevista. Para obtener la ubicación de dichos pozos, se realizó una medición de las coordenadas UTM este y norte, y la altitud, mediante

sistema de posicionamiento global (GPS). Los datos obtenidos de las entrevistas realizadas en terreno se llevaron a una tabla en el programa Excel para una lectura más ordenada y un análisis estadístico más efectivo. Estos resultados se detallan en el Apéndice II del presente estudio.

- **Reconocimiento de la Actividad Minera de Pequeña y Mediana Escala**

Durante las campañas de terreno a los sectores de Canto del Agua y Chacritas, no fue posible el reconocimiento de la pequeña minería, por lo que la descripción de esta actividad se logró mediante revisión bibliográfica y entrevistas.

- **Caracterización de Efectos de Mina Los Colorados**

Se visitaron las dependencias de la Compañía Minera Huasco para obtener información directa del proceso productivo. Posteriormente, se revisó el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto “Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados” con el propósito de complementar los datos obtenidos de entrevistas realizadas en terreno con datos más técnicos y conocer en mayor profundidad las acciones de los proyectos mineros con posible incidencia ambiental relevante para la presente investigación.

- **Reconocimiento del Contexto Histórico del Área de Estudio**

Los datos históricos permitieron comprender la evolución de las actividades antrópicas del área de estudio de la presente investigación y sus respectivos impactos ambientales a lo largo del tiempo, como parte del levantamiento de información del diagnóstico. El reconocimiento del contexto histórico del área de estudio, se realizó mediante entrevistas a actores clave seleccionados por su familiaridad con el área de estudio, los cuales correspondieron a:

- Guarda parques de CONAF Atacama.
- Habitantes de Canto del Agua.
- Presidente de la Junta de Vecinos de Canto del Agua.
- Profesionales dentro de CONAF Atacama.

Las preguntas para los distintos actores clave se detallan en el Apéndice 1, pero básicamente se elaboraron para lograr los siguientes propósitos:

- Recopilar conocimientos de los entrevistados en relación con los cambios observados sobre el área de estudio en el transcurso del tiempo, y si a dichos cambios les pueden atribuir efectos negativos para el medio ambiente.
- Analizar la evolución del área de estudio para determinar la magnitud de los impactos a lo largo del tiempo.
- Analizar los conocimientos, percepciones y opiniones de profesionales en materias ambientales acerca de los efectos asociados a las actividades productivas desarrolladas en el área de estudio.

#### **4.4. Diagnosticar el Estado y Condición de los Componentes Ambientales del Parque Nacional Llanos de Challe asociados a Actividades del Entorno, dando especial énfasis al Componente Hídrico**

Para la caracterización del área de estudio, se seleccionaron aquellos tópicos que tuvieran pertinencia con la presente investigación y que típicamente pueden encontrarse en una línea de base. Estos correspondieron a los siguientes:

- **Descripción del Medio Físico Terrestre.** Que incluyó los componentes Geología y Geomorfología, Clima y Meteorología, Precipitaciones, Vientos, Hidrología e Hidrogeología. Este último fue el de mayor nivel de detalle por la importancia que se le asignó al recurso hídrico al establecer los objetivos de este trabajo.
- **Descripción del Medio Biótico Terrestre.** Que incluyó los componentes ambientales Vegetación y Flora, y Fauna.
- **Descripción del Medio Perceptual.** Que incluyó el componente Paisaje.

El desarrollo de la Línea de Base contempló principalmente la revisión de material bibliográfico correspondiente a estudios de carácter ambiental realizados en la zona, ya sea por parte de instituciones públicas para administración de los recursos naturales del sector, como por parte de privados encargados de elaborar estudios de impacto ambiental para proyectos. También se realizaron campañas de terreno a las principales aguadas del PNLLC, para comprender en mayor medida la hidrología del sector.

#### **4.5. Identificar y Evaluar los Impactos más Relevantes, Producto de los Procesos Antrópicos.**

Esta sección corresponde al tercer objetivo específico de la presente investigación, donde se complementan la descripción de las actividades productivas en estudio, con los componentes ambientales posiblemente afectados por las acciones de éstas. La estructura de esta sección se explica a continuación:

- **Riesgos e Impactos Probables derivados de las Actividades Circundantes**

En primera instancia, se reconocieron las acciones antrópicas más relevantes derivadas de las actividades estudiadas, las cuales corresponden a las que pueden tener efectos negativos sobre el medio ambiente. Posteriormente, a cada acción se le asociaron sus distintos efectos, los que a su vez se tradujeron en posibles riesgos o impactos sobre el medio ambiente. Según la magnitud de los efectos producidos por cada acción antrópica, dichos riesgos y/o impactos pueden ser significativos sólo a nivel local, o alcanzar mayores

distancias afectando los recursos naturales del PNLLC. Para el presente estudio, lo más relevante fue evaluar aquellos riesgos e impactos ambientales que efectivamente ocurrieran sobre el Parque.

#### - **Identificación y Valoración de Impactos Reales**

La totalidad de los riesgos e impactos probables identificados en el enunciado anterior, fueron analizados para determinar su valoración, con lo cual se logró identificar los impactos que realmente afectarían a los componentes ambientales del PNLLC. Se aplicó una valoración cualitativa de los impactos identificados, mediante una herramienta clásica de evaluación de impactos: la Matriz de Leopold. Esta corresponde a una matriz causa-efecto conformada por los componentes ambientales y por las acciones susceptibles de generar impactos. Para cada acción se revisa uno a uno los componentes ambientales y se analiza su posible interacción. Se marca la intersección cada vez que se identifica una relación causa-efecto, tal como se ilustra en la Figura 3 para la acción K y el componente ambiental J. La principal ventaja del método matricial es que entrega una relación causa-efecto directa entre las acciones y componentes impactados (Zaror, 2000).

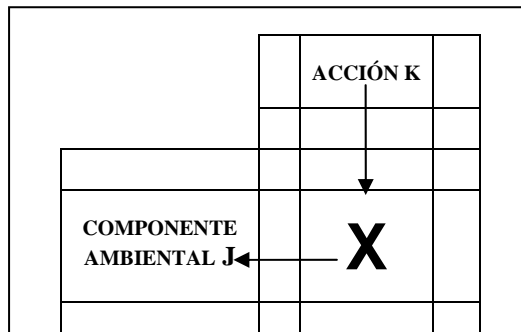


Figura 3. Matriz de Identificación de Impactos Ambientales (Fuente: Zaror, 2000)

Se aplicaron los criterios de Leopold para caracterizar y evaluar los impactos probables, mediante una calificación en base a la magnitud y la importancia de cada uno de ellos como se explica a continuación:

- **Magnitud del impacto:** cambio en la cantidad o calidad del componente ambiental afectado. Dimensión y/o extensión del área impactada (Zaror, 2000).
- **Importancia del impacto:** representación humana del impacto, en términos de la importancia del componente ambiental impactado, las propiedades del área impactada y/o de las consecuencias del impacto. Se basa en el juicio subjetivo de quien lleva a cabo el estudio (Zaror, 2000).

El análisis de acuerdo a la magnitud e importancia de cada impacto, se realizó para cada celda o intersección entre acciones y componentes ambientales, cuyo resultado se expresó en las siguientes categorías:

- **Sin relación:** la acción antrópica no tiene relación alguna con el componente ambiental.
- **Sin impacto:** existe relación entre la acción y el componente ambiental inherente a ella, pero no existe impacto sobre el componente en cuestión dentro del PNLLC.
- **Impacto inapreciable:** impacto de baja magnitud para el componente ambiental dentro del PNLLC.
- **Impacto poco significativo:** la magnitud del impacto puede ser significativa para el componente en el área inherente a la acción, pero los efectos de ésta no afectarían mayormente a dicho componente dentro del PNLLC.
- **Impacto significativo:** principalmente para los casos de importancia alta del impacto, por efectos sobre especies del PNLLC con problemas de conservación.

#### - Impactos Significativos sobre el Parque Nacional Llanos de Challe

Una vez completada cada celda de la Matriz de Leopold, se tomaron los impactos que resultaron significativos para caracterizarlos mediante nuevos parámetros de calificación de impactos ambientales y de acciones antrópicas. Esto permitió posteriormente la jerarquización de las acciones e impactos resultantes. Los parámetros seleccionados para la calificación de acciones e impactos, se explican en el siguiente Cuadro.

Cuadro 1. Parámetros de Calificación de Impactos Ambientales y Acciones

PARÁMETROS	DEFINICIÓN	RANGO
Intensidad	Expresa el grado de intervención sobre el componente ambiental	Alta Media Baja
Riesgo de Ocurrencia	Califica la probabilidad de que el impacto pueda producirse durante el desarrollo de la acción	Cierto Probable Poco probable
Extensión	Define el área afectada por la acción	Amplia Media Puntual
Duración	Evalúa el tiempo durante el cual las repercusiones serán percibidas	Permanente (10 años o más) Larga (5 años) Media (1 a 5 años) Corta (1 año) Temporal (menos de 1 año)
Continuidad	Determina el nivel de persistencia de la acción, es decir, si ocurre de manera ininterrumpida (por ejemplo, faena continua) , periódicamente (por ejemplo, todos los días en un horario determinado), o en ocasiones puntuales	Constante continua Constante discontinua Ocasional

Fuente: OEA, 2007 (Evaluación de los Impactos Ambientales y Capacidad Institucional Frente al Libre Comercio en República Dominicana)

Los parámetros para calificación de impactos correspondieron a intensidad y riesgo de ocurrencia, mientras que los parámetros para caracterizar acciones antrópicas, fueron extensión, duración y continuidad.

**- Jerarquización de Acciones e Impactos Ambientales sobre el Parque Nacional Llanos de Challe**

Para jerarquizar los impactos ambientales significativos sobre el PNLLC, se estableció un criterio en base a los parámetros de calificación del Cuadro 1. Básicamente, los impactos de orden mayor en la jerarquía, correspondieron a los derivados de acciones con los rangos más altos en sus parámetros, y que además tuvieran una intensidad alta y un riesgo de ocurrencia cierto. Para cada impacto se analizaron estos criterios hasta llegar a aquellos que fueran los más perjudiciales para los componentes ambientales del PNLLC.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Descripción de las Actividades Susceptibles de Generar Impactos**

**- Descripción de la Actividad Agrícola**

En el sector de Canto del Agua se realizaron treinta y cuatro entrevistas y en el sector de Chacritas, cinco. El sector de Chacritas es menos poblado que el de Canto del Agua, y a pesar de que se realizaron pocas entrevistas en este sector, su importancia radica en que estos terrenos son explotados con fines agrícolas comerciales de mayor escala que lo que se puede encontrar típicamente en el sector de Canto del Agua, por lo que el número de hectáreas cultivadas por terreno tiende a ser mayor. Además, en el sector de Chacritas existen pozos para extracción de aguas subterráneas a nivel industrial que abastecen a la Compañía Minera Huasco S.A (mina Los Colorados).

Al tratarse de localidades rurales, los habitantes aprovechan sus terrenos para desarrollar agricultura de subsistencia cultivando hortalizas y árboles frutales, o a mediana escala mediante plantaciones de olivos y alfalfa, dentro de las más comunes como se pudo constatar en terreno. Fue posible apreciar una clara predominancia de esta actividad en el área de estudio, siendo menos evidente el desarrollo de ganadería.

## Localización de la Actividad Agrícola

Los puntos de ubicación registrados tanto en Canto del Agua como en Chacritas fueron procesados una vez finalizadas las campañas de terreno, de tal forma de lograr la espacialización de la información obtenida. Los datos fueron digitalizados mediante georreferenciación utilizando el software ArcView GIS 3.2, obteniendo un mapa de la cuenca de la Quebrada Carrizal con puntos representativos de cada localización espacial de los pozos visitados en terreno. A cada uno de estos puntos en el mapa se le asignó el uso o actividad para la cual es utilizada el agua de los pozos. El mapa resultante se puede apreciar en la Figura 4.

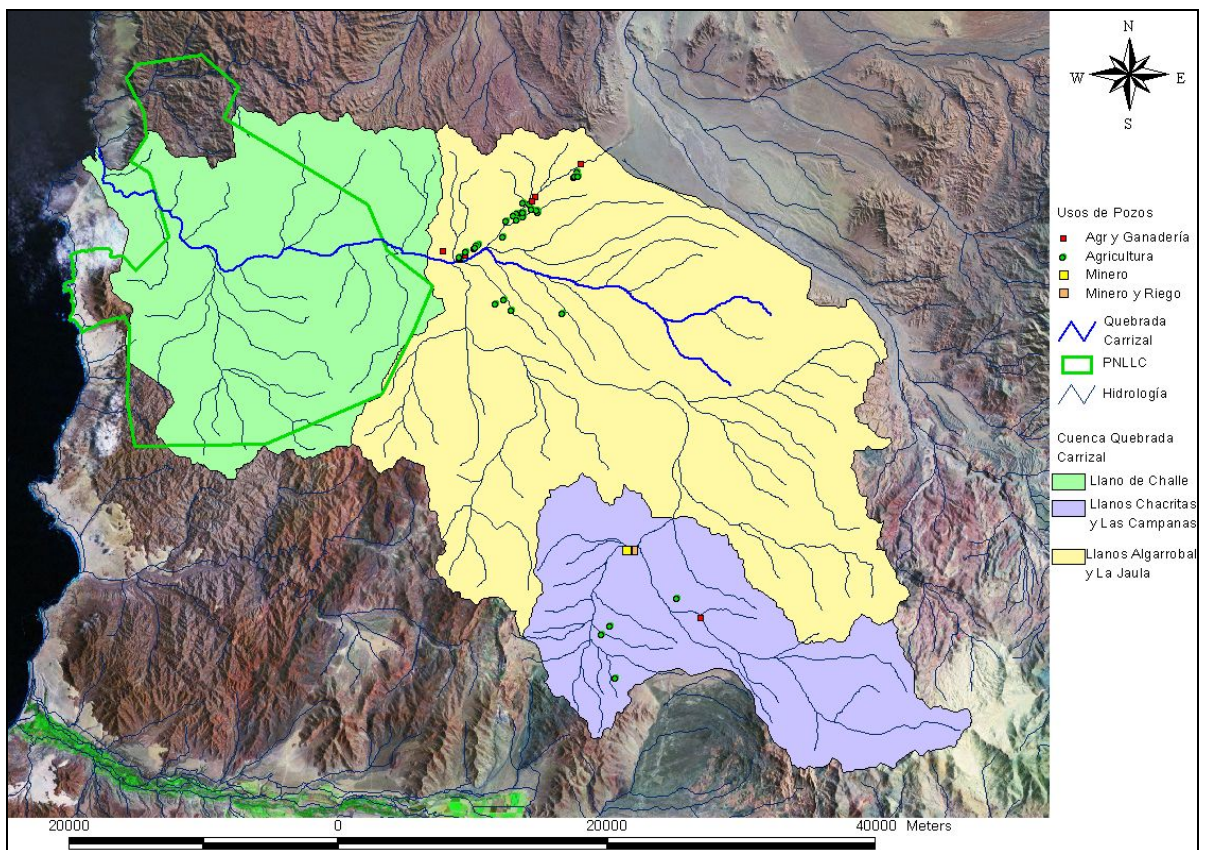


Figura 4. Reconocimiento en Terreno de Usos del Agua en Área de Estudio (Fuente: elaboración propia en base a material cartográfico CONAF y DGA)

A modo de comparación con la información obtenida en terreno, en la Figura 5 se muestra la distribución de las solicitudes de Derecho de Aprovechamiento de aguas subterráneas en la cuenca de la Quebrada Carrizal y sus usos asociados, información obtenida del estudio elaborado por la DGA denominado “Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Quebrada Carrizal” (2009). En la Figura 5 se presenta un total de 83 puntos de extracción de aguas subterráneas para uso minero o agrícola (riego). Cabe destacar que de las 83 solicitudes, sólo 22 cuentan con un determinado caudal máximo otorgado, es decir que las

61 solicitudes restantes aún estarían en tramitación, sin embargo, en terreno se pudo comprobar que se realizan extracciones de agua con o sin Derechos de Aprovechamiento (DA), información que se especifica más adelante.

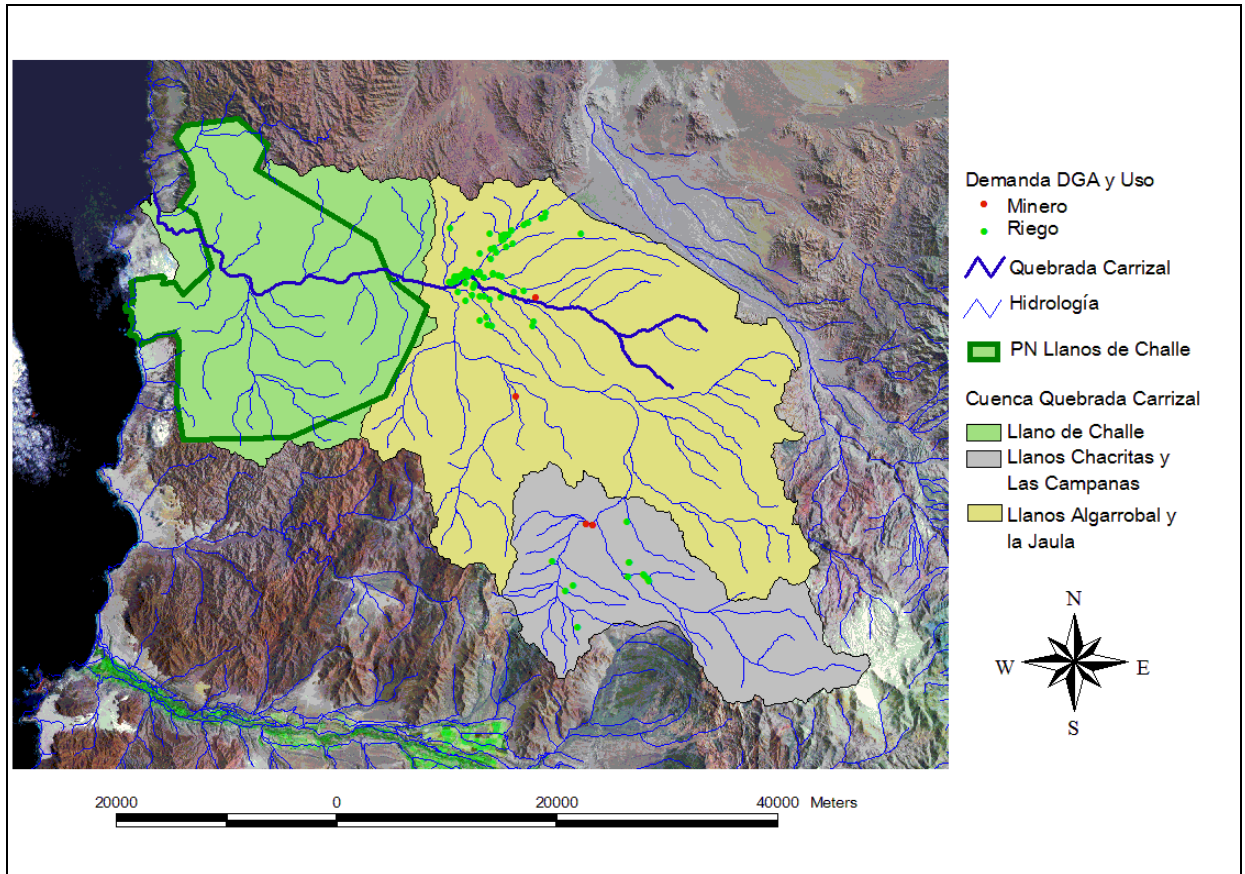


Figura 5. Distribución de la Demanda por Derechos de Aprovechamiento y Usos de Agua Subterránea en la Cuenca de la Quebrada Carrizal. (Fuente: elaboración propia en base a DGA, 2009)

### Definición de las Partes, Acciones y Obras Físicas Existentes

Esta sección corresponde al análisis de los resultados de las entrevistas realizadas en terreno.

#### Sector Canto del Agua

Para lograr una aproximación de la situación en Canto del Agua, se muestra un resumen de los resultados más relevantes de cada tema en la entrevista:

**Número de hectáreas plantadas.** De los resultados de las 34 entrevistas, se suma un total de 97,25 ha, valor aproximado ya que corresponde al tamaño total de los predios de los entrevistados, sin embargo, en la mayoría de los casos, los cultivos abarcan sólo una porción de dicha superficie, valor que no siempre era conocido por los entrevistados.



**Plantaciones o cultivos (especies vegetales).** Las plantaciones incluyen en su gran mayoría olivos y árboles frutales, seguidos por hortalizas y de manera menos frecuente, árboles forestales y forrajeros. La importancia de este factor, junto con el anterior, recae en los requerimientos hídricos de las plantaciones, que determinarán la cantidad de agua necesaria de bombear de los pozos para riego.

**Número de pozos en el predio.** Lo común con lo que se pudo encontrar, fue que en cada predio existe al menos un pozo, siendo tres de los entrevistados quienes cuentan con dos pozos en sus terrenos y en dos casos utilizan un pozo compartido. Por lo general, los pozos tienen el aspecto que se muestra en la Figura 6, donde se presentan tres ejemplos distintos. Se puede apreciar, además, una típica bomba utilizada para la extracción del recurso hídrico. Las perforaciones en el suelo generalmente se encuentran protegidas por tablas.



Figura 6. Pozos y bomba de extracción en predios de Canto del Agua  
(Fuente: elaboración propia)

Uno de los entrevistados cuenta con un tranque (afloramiento de agua superficial, ver Figura 7) en su terreno, por lo que no tiene necesidad de extraer agua subterránea, en este caso, además, no corresponde solicitar Derechos de Aprovechamiento a la DGA por ser un cuerpo de agua que nace y muere en dicho terreno.



Figura 7. Tranque en Canto del Agua (Fuente: elaboración propia)

**Frecuencia y duración de regadío.** La frecuencia y la duración del riego en este sector están determinadas por la disponibilidad de agua subterránea en los pozos, también por la estación del año y por los requerimientos hídricos de los cultivos. Este parámetro da cuenta del real consumo de agua por parte de los propietarios, lo que determina la presión ejercida sobre la napa subterránea y por tanto, la magnitud del efecto antrópico que se está teniendo sobre ésta.

Doce de los treinta y cuatro entrevistados riegan todos los días durante al menos una hora, el resto de las respuestas resultaron muy variadas, pero quienes poseen olivos no tienen necesidad de regar a diario por los requerimientos hídricos de esta especie.

**Tipo de riego (tecnificado<sup>1</sup> o no tecnificado).** De los treinta y cuatro entrevistados, once utilizan riego por goteo<sup>2</sup>. Aproximadamente, 59 ha son regadas por goteo de un total de 97,25 ha en el sector de Canto del Agua reconocido en terreno. El resto aplica riego tendido, por surcos o por taza.

**Profundidad del pozo.** El pozo más profundo es de 42 m, que pertenece al terreno de mayor cantidad de hectáreas. Los pozos más profundos aseguran una disponibilidad permanente de agua, pero realizar sondajes (perforaciones de pequeño diámetro y gran

---

<sup>1</sup>La tecnificación de un determinado método de riego se utiliza para obtener el máximo beneficio del agua de riego, es decir, que gran parte de lo suministrado vaya en directo beneficio de las plantas y no se traduzca en pérdidas por percolación (CNR e INIA, 1999).

<sup>2</sup>El riego por goteo es una forma de tecnificación del riego a través de la localización del agua aplicada, la cual es conducida por tuberías que tienen una determinada presión interna, por lo que se minimizan las pérdidas por percolación profunda y se optimiza el consumo (CNR e INIA, 1999).

longitud) es costoso y requiere de tecnología más avanzada, por lo que la mayoría de los habitantes de Canto del Agua, quienes se dedican a la agricultura de subsistencia, no pueden optar a pozos tan profundos, siendo éstos del rango de los 4 a los 10 m generalmente. Los pozos de menor profundidad son expandidos horizontalmente para obtener una mayor superficie cubierta por agua (norias), como se puede apreciar en la Figura 8.



Figura 8. Norias en Canto del Agua (Fuente: elaboración propia)

**Nivel del agua en el pozo.** La relación entre el nivel del agua en el pozo y la profundidad de éste es directa, ya que a mayor profundidad, mayor será el nivel del agua. En los pozos más profundos del sector, de 40 y 42 m, los niveles de agua son de 8 y 9 m respectivamente. Estos niveles corresponden a las columnas de agua, es decir, la altura desde el fondo del pozo hasta el espejo de agua.

**Disponibilidad de agua del pozo (permanente o agotable).** La disponibilidad de agua de cada pozo se estableció según la capacidad de éste para recuperarse, es decir, el tiempo que demora en recargarse hasta cierto nivel. De esta forma, se establecieron las categorías de “permanente” y “agotable”, siendo la primera para aquellos pozos de donde se puede extraer agua constantemente o sin restricciones para el uso que se le diera, mientras que la segunda, para aquellos casos en los que el pozo se seca tras cierto tiempo de bombeo.

Doce de los entrevistados tienen disponibilidad de agua de forma permanente, mientras que veintidós de ellos bombean hasta que el pozo se agota, lo cual puede durar desde 20 minutos a varias horas cada día.

**Tiempo de recuperación o recarga del pozo hasta su nivel normal de agua en caso de agotarse tras el tiempo de riego.** Este parámetro es un complemento del anterior, ya que el uso de pozos para extracción de aguas subterráneas representa un sistema que funciona

prácticamente de manera cíclica debido a la unidad acuífera que los abastece. De esta forma, el pozo aportará un determinado caudal en un determinado tiempo según las características hidrogeológicas del sector.

De las entrevistas resultaron una gran variedad de respuestas a este tema, siendo el mayor tiempo de recuperación de 2 días, y el menor de 2 horas.

**Situación de Derechos de Aprovechamiento (DA) de la DGA<sup>3</sup> (otorgados, solicitados o no solicitados).** En el sector de Canto del Agua reconocido en terreno, el resultado de las entrevistas arrojó lo siguiente:

N° de pozos sin solicitud de DA: 12

N° de pozos con solicitud de DA en trámite: 13

N° de pozos con DA otorgados: 7

Como se estableció anteriormente, algunos de los entrevistados contaban con más de un pozo en sus predios y en otros casos se utilizaba un pozo compartido entre 2 terrenos vecinos, lo cual explica que no coincida el número total de pozos con el número de entrevistados.

Cabe destacar que en varias ocasiones los entrevistados hacen alusión al lento proceso de obtención de DA, en uno de los casos, se indicó que hace cinco años comenzaron con la solicitud de éstos y aún no eran otorgados.

Otro aspecto relevante, consiste el de la poca fiscalización de la DGA percibida por los habitantes de Canto del Agua, lo que facilita aún más la construcción de un pozo para extracción de agua subterránea sin necesidad de solicitar DA.

**Caudal otorgado por la DGA.** Este tópico tiene estrecha relación con el tamaño de los terrenos y las especies cultivadas en ellos. Aquellos propietarios con el mayor número de hectáreas, son los que cuentan con los mayores caudales. Los terrenos más grandes, de 15 y 20 hectáreas, cuentan con un caudal máximo otorgado de  $8 \text{ L*s}^{-1}$  el primero, y el segundo, donde existen 2 pozos, cuenta con  $42 \text{ L*s}^{-1}$  y  $66 \text{ L*s}^{-1}$ .

Un aspecto relevante a destacar, se mencionó también en el tema anterior, ya que al no existir una efectiva fiscalización, algunos entrevistados que sí cuentan con DA dijeron que nada les impide bombear mayor caudal del que tienen otorgado.

---

<sup>3</sup> Las aguas terrestres son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares un derecho de aprovechamiento sobre ellas de acuerdo a los procedimientos y requisitos que se establecen en el Código de Aguas del año 1981, sus modificaciones de los años 2005 y 2006, y la Resolución DGA N° 425 de 2007. Para solicitar un derecho de aprovechamiento (DA) de aguas subterráneas, es necesario presentar una solicitud dirigida al Director General de Aguas (DGA, 2010).

**Usos adicionales del agua (ganadería, usos domésticos, etc.).** A pesar de que en la actualidad la actividad más característica de la zona es la agricultura, el agua extraída de los pozos tiene otros usos, siendo el más recurrente el doméstico y consumo o bebida. Con este tópico, se pudo constatar algo importante dentro de las variaciones de las características hidrogeológicas del sector, ya que también existen casos en que los habitantes utilizan el agua para tareas domésticas pero no la beben por tener un sabor salobre.

Además de la agricultura, cuatro de los entrevistados se dedican a la crianza de animales (principalmente ganado caprino), por lo que una parte importante del agua que extraen es utilizada para este fin. Sólo en uno de estos casos, la crianza de cabras es la actividad prioritaria, con un total de 48 animales.

### **Sector Chacritas**

Del mismo modo que con los datos obtenidos en Canto del Agua, los resultados de las entrevistas realizadas en Chacritas se detallan en una tabla elaborada con el software Excel, la cual se puede apreciar en el Apéndice III de la presente investigación. Los resultados más relevantes del análisis de dicha tabla, según cada tema abordado en las entrevistas realizadas en Chacritas, corresponden a los que se muestran a continuación:

**Número de hectáreas plantadas.** De acuerdo a la información obtenida de los entrevistados, el total de hectáreas plantadas corresponde a 13,5. El terreno de mayor superficie es de 6 ha y el menor de 0,5 ha.

**Plantaciones o cultivos (especies vegetales).** En este sector, la especie cultivada más predominante es la jojoba, seguida por los olivos y la alfalfa. En los terrenos más pequeños, de 1 y 0,5 ha, se pueden encontrar árboles frutales.

En el sector de Chacritas se encuentran 3 puntos de captación de aguas subterráneas para abastecer a la mina Los Colorados perteneciente a la Compañía Minera Huasco S.A. (CMH), la cual se encuentra ubicada cercana al sector de Canto del Agua. Estos puntos de extracción se encuentran cercanos entre si dentro de un mismo terreno que además posee 1 ha de árboles forestales que son regados periódicamente.

**Número de pozos en la parcela.** En dos casos los terrenos cuentan con 3 pozos, uno de ellos corresponde a la CMH y el otro a una Sociedad Agrícola cuya superficie es la mayor de los 5 entrevistados.

Una de las entrevistas de esta campaña de terreno, fue realizada en un sector denominado Llanos de Lagarto, una pequeña comunidad de 22 familias que se encuentra entre los sectores de Canto del Agua y Chacritas. Esta comunidad cuenta con 2 pozos.

**Frecuencia y duración de regadío.** Las respuestas en este tópico resultaron bastante variadas, siendo los productores de jojoba los que riegan con mayor frecuencia.

**Tipo de riego (tecnificado o no tecnificado).** Los terrenos más grandes, de 5 y 6 ha, son en los que utilizan riego por goteo, en el resto de los terrenos se aplica riego por tendido<sup>4</sup>. Este tipo de riego, al ser el menos eficiente, se considera en este estudio como no tecnificado.

**Profundidad del pozo.** A diferencia de lo que ocurría en Canto del Agua, en este sector todos los pozos reconocidos en terreno son de una profundidad importante, siendo el menor de 18 m y el mayor de 43.

Por su parte, la CMH realizó sondajes, por lo que el diámetro de los puntos de captación de aguas subterráneas es menor al de los pozos tradicionales utilizados en agricultura (ver Figura 9).



Figura 9. Puntos de captación de aguas subterráneas de la CMH (Fuente: elaboración propia)

Las mayores profundidades de los puntos de extracción de agua se deben a la localización del sector Chacritas, el cual se encuentra ubicado en el sector alto de la cuenca de la Quebrada Carrizal. Al ser un sector de mayor altitud, el acuífero se encuentra a mayor profundidad, lo que implica sondajes de mayor alcance.

**Nivel del agua en el pozo.** Este dato era conocido sólo por dos de los entrevistados, sin embargo, es posible apreciar una importante diferencia con el sector Canto del Agua, donde este valor nunca superó los 9 m, mientras que en Chacritas, el menor nivel registrado fue de 19 m. Esto tiene directa relación con la gran profundidad alcanzada por los pozos construidos en este sector.

---

<sup>4</sup> El riego por tendido consiste en derramar agua desde una reguera construida a lo largo del extremo superior de un campo en pendiente. El agua escurre sobre la superficie del terreno por libre acción de la fuerza de gravedad. La eficiencia de aplicación del agua es muy baja, siendo el promedio de un 30%, debido a exageradas pérdidas por escurrimiento superficial y percolación profunda, además, la distribución del agua sobre la superficie regada es desuniforme, quedando algunos sectores con exceso de humedad y otros con déficit (ATM Ingeniería y SAG, 2010).

**Disponibilidad de agua del pozo (permanente o agotable).** Sólo en un caso se estableció que la disponibilidad era limitada, sin embargo, era posible regar de manera diaria si se esperaba unas cuantas horas para que se recuperara el nivel del pozo.

**Tiempo de recuperación o recarga del pozo hasta su nivel normal de agua en caso de agotarse tras el tiempo de riego.** En el único caso en que el agua se agota tras el tiempo de riego, la recuperación del pozo ocurre tras 4 horas.

**Situación de Derechos de Aprovechamiento DGA (otorgados, solicitados o no solicitados).** En total se reconocieron 10 pozos en el sector de Chacritas, de los cuales 2 se encuentran sin solicitud de DA y 2 se encuentran en proceso de solicitud.

**Caudal otorgado por la DGA.** De los pozos que cuentan con DA, el menor de los caudales máximos otorgados corresponde a  $2 \text{ L*s}^{-1}$  y el mayor a  $16,5 \text{ L*s}^{-1}$ .

**Usos adicionales del agua (ganadería, usos domésticos, etc.).** Sólo en un caso se utiliza el agua extraída del pozo para crianza de cabras de manera adicional a la actividad agrícola. En todos los casos, menos en uno, utilizan el agua para uso doméstico y de consumo o bebida.

#### - **Caracterización de la Actividad Minera de Pequeña Escala**

Durante las visitas a terreno, no se observaron pirquineros en el entorno del PNLLC, por lo que no fue posible el reconocimiento de la pequeña y mediana minería.

Los profesionales entrevistados de CONAF Atacama aportaron importantes conocimientos con respecto a esta actividad. Entre los años 1830 y 1880 la localidad de Carrizal Alto (ver Figura 10) llegó a albergar a 7.000 habitantes, siendo un sector de alta relevancia en la actividad minera de la Región de Atacama. A fines de este periodo decayó la extracción del cobre por lo que actualmente este sector se encuentra despoblado. Durante la época del auge minero debió existir un alto impacto sobre el paisaje del sector de Carrizal Alto. Ahí existieron siete fundiciones y en Canto del Agua dos más. Se hizo mucho uso de material leñoso. Actualmente es posible observar las pilas de escoria depositadas antiguamente en estas zonas. A partir de 1915 vuelve a aumentar la minería pero de manera artesanal, con muy poca innovación tecnológica.



Figura 10. Carrizal Alto (Fuente: CONAF Atacama, 2009)

En los últimos años ha habido aumento de los piques en el sector de Carrizal Alto, lo que se explica por el precio del cobre, el cual se ha mantenido o ha aumentado en el tiempo. La pirquinería puede causar impacto pero mínimo en comparación a lo que fue la explotación minera en la zona durante el auge del cobre.

En el sector de Carrizal Alto la explotación corresponde a una mediana minería, ya que a pesar de utilizar métodos artesanales, llegan camiones a retirar el material, pero no existen empresas grandes en dicha zona. Por otra parte, el agua que utilizan los pirquineros proviene de Vallenar, y el proceso productivo es al desmonte.

### - Descripción de la Actividad Minera Industrial

Los yacimientos de hierro chilenos más importantes se encuentran en la Cordillera de la Costa de las regiones de Atacama y Coquimbo, constituyendo la denominada Franja Ferrífera Chilena. Esta franja longitudinal de depósitos ferríferos se extiende por más de 600 km. La mina de Fe más importante ubicada en la III Región es mina Los Colorados, inaugurada en 1998 y ubicada al interior del Valle del Huasco, la que reemplazó al antiguo yacimiento El Algarrobo cerrado por agotamiento de mineral luego de ser explotado desde 1959. Actualmente mina Los Colorados, es explotada por la Compañía Minera del Pacífico



(CMP), filial de la empresa privatizada CAP (Maksaev, 2001). En 1995 se constituyó la Compañía Minera Huasco para el desarrollo y explotación del proyecto de ampliación en mina Los Colorados. En noviembre de 1996, Compañía Minera Huasco presentó el EIA “Ampliación Mina Los Colorados Este”, proyecto calificado como ambientalmente viable mediante la Resolución Exenta del 23 de mayo de 1997. El proyecto consideró la expansión hacia el Este de las tareas extractivas preexistentes en el yacimiento y la implementación de una Planta de Beneficio para la producción de preconcentrado de hierro. Se diseñó el transporte de preconcentrado de hierro mediante ferrocarril, utilizando para ello una red ferroviaria existente desde la década de 1960, con una extensión de 109 km, la cual conecta la mina Los Colorados con la localidad de Huasco. Como consecuencia de la última campaña de exploración, se confirmaron reservas por 238 millones de toneladas métricas, con una ley media de hierro de 46% (GAC, 2009).

### Localización de la Actividad Minera Industrial

El yacimiento Los Colorados se ubica en la comuna de Huasco, a 47 km al Noroeste de la ciudad de Vallenar. Las instalaciones minero-industriales están ubicadas a 400 msnm y ocupan parcialmente un área de 500 ha. Dentro del área de estudio de la presente investigación, las dependencias de mina Los Colorados ocupan una importante porción del territorio, como se puede apreciar en la Figura 11.

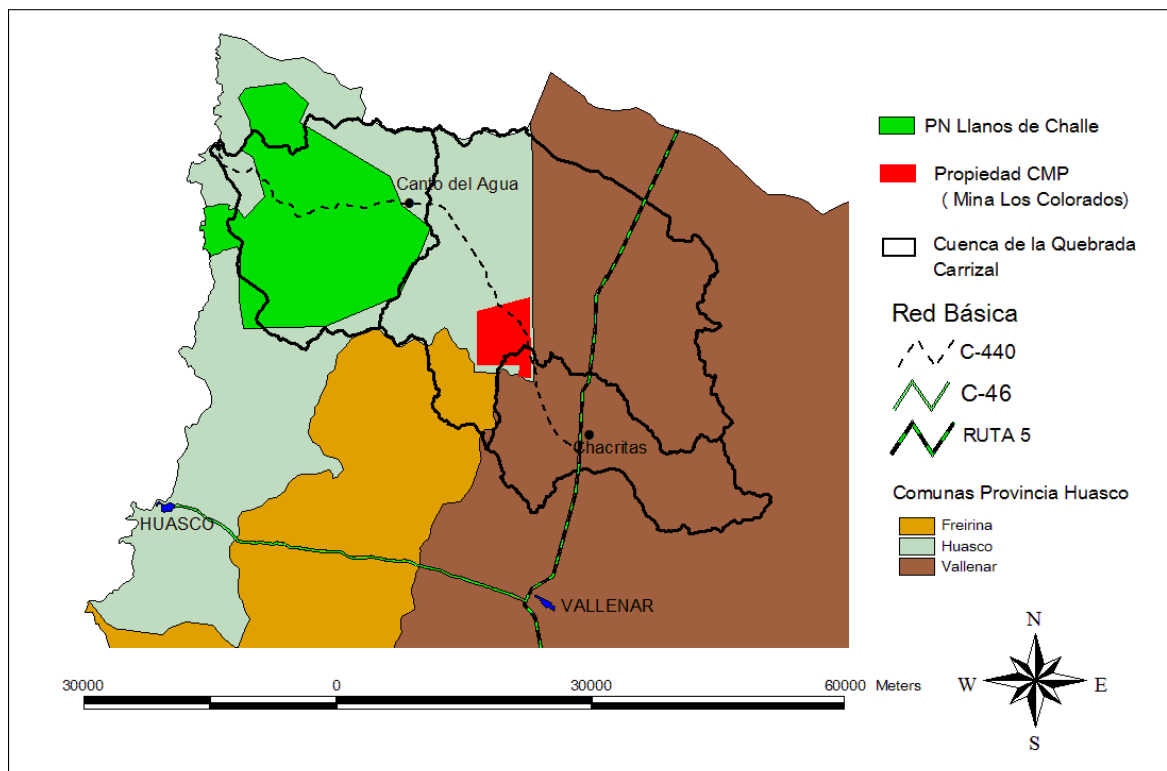


Figura 11. Ubicación de Dependencias Mina Los Colorados en Área de Estudio (Fuente: elaboración propia en base a material cartográfico CONAF Atacama)

## Reconocimiento de la Mina Los Colorados

Durante la campaña de terreno a mina Los Colorados, sólo fue posible realizar una vista exterior de las instalaciones. Para obtener información sobre el proceso productivo, se consultó al jefe de operaciones de la planta. Principalmente se le consultó sobre el uso que se le da al agua en el proceso productivo, a lo cual respondió que este recurso es utilizado para mitigación de polvo en todas las faenas, ya que el procesamiento mismo del mineral es seco. Además de la mitigación de polvo, los caminos por donde transitan camiones son regados para evitar accidentes. En la planta existe un compromiso ambiental que establece que hay que mitigar el polvo también en correas transportadoras por la salud de los trabajadores y conservación del entorno. Los trenes que salen de las faenas cargados de mineral también deben ser regados. Todos los días salen entre 12 y 15 trenes dependiendo de los turnos.

A pesar de los esfuerzos por mitigar las emisiones atmosféricas, fue posible observar con claridad la dispersión de material particulado desde las faenas de la mina (ver Figura 12).



Figura 12. Material particulado desde faenas de la mina Los Colorados (Fuente: elaboración propia)

También fue posible identificar una constante emisión desde una correa transportadora en la cima de uno de los acopios de mineral (ver Figura 13).



Figura 13. Correa Transportadora en Acopio de Mineral (Fuente: elaboración propia)

Un aspecto importante a destacar de la visita, fue el avistamiento de 2 guanacos transitando a pocos metros de las dependencias de la CMH, probablemente atraídos por las áreas verdes en la entrada de las instalaciones para poder alimentarse.

### **Definición de las Partes, Acciones y Obras Físicas Existentes**

Para desarrollar esta sección se hizo una revisión del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto “Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados”, elaborado por Gestión Ambiental Consultores (GAC) y publicado en agosto del 2009. Este Proyecto se encuentra aprobado en la actualidad.

Antes de la descripción de las acciones mismas consideradas por el Proyecto, el EIA describe las operaciones realizadas en Mina Los Colorados regularmente (situación sin Proyecto).

La descripción de las operaciones en Mina Los Colorados se encuentra separada en dos áreas. La primera corresponde a la explotación del yacimiento, donde se desarrollan las actividades extractivas de la faena minera. La segunda corresponde a la Planta de Beneficio, la cual procesa el mineral extraído en el rajo y dispone el traspaso de su producto al sistema de transporte hacia Huasco.

Complementariamente, existen en la faena instalaciones de apoyo a la actividad minera, como son los talleres de mantenimiento, bodegas, laboratorios, oficinas administrativas, patio de residuos sólidos y relleno sanitario.

### **Explotación del Yacimiento en Mina Los Colorados**

A continuación se describen algunas de las actividades extractivas de la faena minera, las cuales pudiesen generar impactos sobre componentes ambientales del PNLLC.

**Operación Mina.** El yacimiento se explota mediante el método de rajo abierto convencional, con bancos de 15 m de altura y caminos de 31 m de ancho, los que permiten

acomodar los equipos de gran tamaño. La faena minera trabaja en faena continua, 354 días al año en 21 turnos semanales de 8 horas cada uno, alimentando mineral a la planta de beneficio durante 7 días a la semana, a razón de tres turnos diarios. La explotación actual del yacimiento está diseñada para producir 6.500.000 t de preconcentrado al año, como promedio.

**Tronadura.** Antes de aplicar los explosivos, se realiza una perforación a la que se le agrega agua para humectar el suelo y evitar la contaminación ambiental. Esta actividad se realiza de forma esporádica.

**Transporte.** El transporte de materiales se efectúa con camiones de 200 tc (tanque de combustible) y 240 tc, los cuales trasladan tanto el estéril como el mineral a sus destinos finales, botaderos, acopios y chancador primario, respectivamente.

**Equipos de apoyo.** Forman parte de este grupo los tractores sobre ruedas, motoniveladoras, tractores sobre oruga y camiones de riego y aljibe para abastecer agua a las perforadoras. Las necesidades de camión de riego están directamente relacionadas con las horas de operación de la motoniveladora y con la aplicación de riego para el control de la emisión de polvo. La utilización de los aljibes está determinada por el número de equipos principales que deben atender.

#### **Planta de Beneficio en Mina Los Colorados**

Se presentan a continuación los componentes y las actividades realizadas en la Planta de beneficio de mina Los Colorados, donde se transforma el mineral en preconcentrado de hierro.

**Chancado Primario.** El proceso comienza con la recepción del mineral desde la mina, el mineral es reducido en un chancador primario tipo giratorio, cuya descarga es transportada por correas hasta el stock de almacenamiento primario, denominado “Pila de Acopio de Mineral Grueso”.

**Chancado Secundario, Molienda y Harneado.** El mineral acopiado en la pila de almacenamiento primario, es cargado a correas transportadoras mediante alimentadores vibratorios y luego enviado a dos harneros vibratorios de doble cubierta, cuyo sobre tamaño es reducido en un chancador secundario. La descarga de este chancador, es enviada mediante correas transportadoras a una prensa de rodillos de alta presión operando en circuito cerrado. El producto de la prensa de rodillos alimenta a los harneros con aberturas de 7 mm, cuyo producto fino es enviado a concentración magnética. El sobre tamaño de los harneros es recirculado e ingresado nuevamente a la prensa de rodillos.

**Concentración Magnética.** En esta etapa se realiza una separación magnética, en seco, del mineral. La separación magnética se realiza en dos etapas, de modo de maximizar la recuperación metalúrgica del fierro. La primera etapa de concentración corresponde a tambores magnéticos HSD. Los rechazos de esta etapa son repasados en una segunda etapa

de concentración, compuesta de tambores magnéticos HSD, cuyo producto se une a los concentrados obtenidos en la primera etapa para formar un preconcentrado final, el cual es transportado y almacenado en la pila de producto.

**Sistema de Rechazos.** Los rechazos de planta, son enviados a botaderos mediante correas transportadoras de superficie y dispuestos en su destino final mediante un apilador. Se humecta el material de rechazo mediante aspersores y/o camión aljibe.

**Recuperación y Carguío de Producto.** El carguío a trenes se realiza mediante alimentadores vibratorios ubicados en un túnel construido bajo la pila de producto, los que transfieren el producto a un sistema de correas transportadoras que alimentan a dos tolvas de carguío de trenes. En los puntos de carga de los carros se ha implementado un sistema de aspersores para mitigar emisiones de polvo fugitivo.

#### **Insumos Mina Los Colorados: Suministro de Agua**

El insumo más importante para la presente investigación, corresponde al consumo de agua, por su potencial de generar impactos sobre el PNLCC.

**Agua para Uso Industrial.** La fuente de captación de agua corresponde a un pozo de 100 m de profundidad, ubicado a 13,5 km de distancia de la faena, en el sector denominado Punta de Toro, desde donde se bombea el agua, de forma continua, y es transportada por una cañería de acero revestida de 6" de diámetro, a un estanque de 1.000 m<sup>3</sup> ubicado en Mina los Colorados. El pozo Punta de Toro abastece a Mina Los Colorados desde 1997 y los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas corresponden a 15 L\*s<sup>-1</sup>. Desde el estanque de almacenamiento, el agua se distribuye al interior de la faena utilizando tres sistemas independientes: red de incendios, red de agua industrial y red de agua potable.

**Agua para Consumo Humano.** El agua de la faena es potabilizada por una Planta de Filtrado y un Sistema de Osmosis Inversa y clorada posteriormente con varios sistemas particulares en diferentes sectores de la faena.

#### **Sector Vía Férrea**

Los productos de la mina Los Colorados son transportados a la Planta de Pellets de Huasco mediante ferrocarril, transporte del orden de 6,5 millones de toneladas anuales (6,5 Mt/año). La vía férrea queda fuera del área de estudio, ya que bordea el río Huasco, al sur de la cuenca de la Quebrada Carrizal, por lo que no se consideran los impactos del transporte ferroviario de la actividad minera en la presente investigación.

#### **Proyecto “Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados”**

El Proyecto “Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados” considera intervenir, mejorar y ampliar instalaciones y actividades existentes con el fin de incrementar el nivel de producción de preconcentrado de hierro en mina Los Colorados a 9,15 millones de toneladas anuales, a objeto de constituirse en una alternativa para satisfacer los futuros requerimientos de Planta de Pellets de Huasco.

Al tratarse de un proyecto aprobado, la información más reciente y actualizada pudo obtenerse de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) presentada por la Comisión Regional de Medio Ambiente (COREMA) de la Región de Atacama.

El aumento de producción de mina Los Colorados implica elevar la capacidad de tratamiento de minerales mediante la instalación de una nueva planta, paralela a las instalaciones actuales, con una capacidad de producción de 3,35 Mt/año, las que en operación conjunta permitirán alcanzar el objetivo de producir 9,15 Mt/año de preconcentrado.

El proyecto consiste básicamente en una expansión de la explotación del yacimiento a rajo abierto de la mina Los Colorados, la producción de preconcentrado, acopio de estériles, el procesamiento del mineral en una Planta de Beneficio que contempla etapas de reducción de tamaño, separación magnética seca, acopio intermedio del mineral concentrado, carguío a ferrocarril y transporte a Planta de Pellets, y el diseño y construcción de las instalaciones auxiliares necesarias para la realización de estas actividades.

El movimiento total de minerales medio anual durante los diez primeros años de producción es de 29,3 millones de toneladas. De ellas se procesarán en la etapa de chancado primario 6,7 millones de toneladas. El material restante, 22,6 millones de toneladas, será enviado a los botaderos de estéril. La tasa de alimentación a la Planta de Beneficio ha sido diseñada para producir 5,3 millones de toneladas de preconcentrado de hierro al año, con una ley media de Fierro del 56%. El preconcentrado producido por la planta será almacenado en una pila de 45.000 toneladas de capacidad, desde donde será recuperado, cargado en ferrocarriles y transportado a Planta de Pellets. El transporte continuará realizándose vía ferrocarril, aumentando el ritmo hasta un promedio de 9,15 Mt/año.

El proyecto considera una inversión de 169 millones de dólares para producir 5,3 millones de toneladas de preconcentrado al año en un escenario de vida útil de la mina de 20 años.

**Ampliación del Rajo.** Corresponde al movimiento extraordinario de materiales que se realizará antes del aumento de producción, con el propósito de preparar la mina para el nuevo ritmo de explotación. El material extraído en esta fase será depositado en botaderos de estéril.

**Emisiones Atmosféricas durante la Etapa de Construcción.** Mina Los Colorados y sus instalaciones asociadas se encuentran distantes de receptores sensibles. El asentamiento humano más cercano (Canto del Agua) se encuentra a 15 km al noroeste de la faena. Por otra parte, las emisiones del proyecto serán generadas a nivel del suelo o en la depresión que genera el rajo minero, por lo que la posibilidad de dispersarse más allá del entorno inmediato de la faena es escasa o nula.

El proyecto considera la construcción de una nueva planta de beneficio paralela a la existente. En cuanto al rajo, sólo se incrementará la intensidad de extracción y procesamiento de mineral. Con esto, las emisiones de la etapa de construcción son generadas por los siguientes procesos:

Cuadro 2. Emisiones de la etapa de construcción del proyecto

<b>Proceso</b>	<b>Emisión (kg/día)</b>
Remoción de material	0,63
Movimiento de material	1,59
Nivelación de plataformas	2,52
Utilización de maquinaria pesada	3,25
Tránsito vehicular	776,05
<b>Total</b>	<b>784,04</b>

Fuente: RCA, COREMA 2010

Se puede observar que el principal proceso emisor es el tránsito vehicular.

**Emisiones Atmosféricas durante la Etapa de Operación.** Las actividades del Proyecto que provocarán las emisiones de material particulado a la atmósfera corresponden a las desarrolladas en la mina, botaderos de estéril, acopios de mineral, planta de beneficio, transporte de preconcentrado y movimiento de vehículos. Durante la etapa de Operación, las actividades extractivas y de manejo de estériles se complementan con aquellas asociadas a la obtención y procesamiento de mineral. Se detalla a continuación la estimación de emisiones relativas a las actividades de esta etapa del proyecto en la faena minera, diferenciando las emisiones de la situación con proyecto de aquellas estimadas para la situación actual.

Cuadro 3. Emisiones totales previstas para la etapa de operación del proyecto

<b>Área o proceso</b>	<b>Situación actual</b>		<b>Situación con proyecto</b>	
	<b>Emisión kg/día</b>	<b>Emisión t/año</b>	<b>Emisión kg/día</b>	<b>Emisión t/año</b>
Explotación del rajo	2173	793	3215	1173
Transporte	746	272	1078	394
Proceso de mineral	609	222	1079	394
Botadero	24	9	33	12
Acopios mineral	5	2	9	3
Total Mina	3557	1297	5414	1976
Tránsito vehicular C-440	1610	588	1610	588

Fuente: RCA, COREMA 2010

El Cuadro 3 indica que los principales procesos emisores son la explotación del rajo, el procesamiento del mineral en las plantas de beneficio y el tránsito vehicular. De forma análoga a lo indicado en el punto anterior, si bien las emisiones respecto a la situación actual se incrementarán en un 28%, su efecto será de menor consideración debido a que las

fuentes emisoras se encuentran a nivel del suelo o bajo éste (rajo minero), por lo que la posibilidad de dispersarse más allá del entorno inmediato de la faena es escasa o nula.

Para efectos de modelación de calidad del aire se utilizó el modelo SCREEN, que permite simular todo el espectro de condiciones meteorológicas (estabilidad y velocidad de viento) en una dirección dada, entregando un resultado para la condición más desfavorable. De esta manera, la fuente emisora se ha aproximado a una gran fuente areal de 750 hectáreas, que abarca toda la faena. La modelación anterior indica que la distribución a grandes distancias, por efecto de la emisión de la faena es muy baja; los resultados muestran valores promedio inferiores a los  $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  que indica el modelo a una distancia de 2.000 metros.

**Consumo de Agua.** Se ha estimado un incremento en el consumo, en los primeros años de operación, de  $4 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ . La principal fuente de abastecimiento de agua para la faena será el pozo de Punta de Toro, la que será suplementada por el pozo de Boquerón Chañar en los años de mayor consumo (2017-2021). Para satisfacer dicho requerimiento se cuenta con derechos autorizados por  $27 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$  por la DGA, en el sector de Punta de Toro y Boquerón Chañar.

El consumo humano estimado para las nuevas condiciones, es de  $0,53 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Respecto al consumo de agua en la explotación del yacimiento, lo cual se realiza mediante tronaduras, el agua que usa la empresa de explosivos proviene de la fuente de abastecimiento que tiene toda la faena: el pozo de Punta de Toro. El consumo actual es de  $0,07 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$  y en la situación con Proyecto se estima que aumentará a  $0,09 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$  debido al aumento del consumo de explosivos y todas las actividades asociadas con este suministro.

La cantidad de agua utilizada actualmente en el riego de caminos mina y abastecimiento de perforadoras es de  $11 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$  y en el futuro se proyecta que aumentará a  $20 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ .

El consumo de agua en la Planta de Beneficio es de  $0,41 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ . Esta agua se utiliza para controlar la emisión de polvo en los puntos de traspaso de materiales, en el vaciado de preconcentrado y rechazos a canchas y en el carguío de trenes para la humectación del mineral cargado en los carros. En la situación con proyecto, se estima que el consumo de agua para los fines señalados aumentará a  $0,93 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### **Resumen Operación Actual y con Proyecto**

A continuación se presenta un Cuadro con aquellos parámetros considerados de importancia para la presente investigación por su potencial de generar impactos. Se hace una comparación de las cantidades utilizadas en la actualidad y las cantidades previstas durante la operación del Proyecto de Ampliación de mina Los Colorados.



Cuadro 4. Insumos y residuos actuales y con proyecto

Parámetro		Cantidad Actual	Cantidad con Proyecto
Insumos	Agua	15 L*s <sup>-1</sup>	19 L*s <sup>-1</sup>
	Explosivos	1.100 t/mes	1.549 t/mes
Residuos Líquidos	Aguas servidas	0,91 L*s <sup>-1</sup>	1,25 L*s <sup>-1</sup>
Residuos Sólidos	Domésticos	175 t/año	247 t/año
	Industriales No Peligrosos	Sólidos: 365 t/año	Sólidos: 515 t/año
		Emb. y maderas: 200 m <sup>3</sup> /año	Emb. y maderas: 282 m <sup>3</sup> /año
		Neumáticos: 100 unidades/año	Neumáticos: 141 unidades/año
Industriales Peligrosos	Sólidos: 339,6 t/mes	Sólidos: 478,5 t/mes	
Residuos de Laboratorio	Solución residual	40 m <sup>3</sup> /año	56 m <sup>3</sup> /año
	Envases	1 t/año	1,4 t/año

Fuente: GAC, 2009

Dentro de los posibles impactos sobre el PNLLC, los insumos de la actividad minera mostrados en el Cuadro 4 serían los más relevantes, mientras que los residuos indicados corresponden más bien a factores de riesgo de posible contaminación.

#### - Descripción de Acciones de la Comunidad Rural en el Área de Estudio

Además de las actividades productivas que se desarrollan en el área de estudio, las localidades rurales tienen asociadas una serie de acciones cotidianas que pueden tener efectos sobre el medio ambiente. Resultó relevante para la presente investigación estudiar la magnitud de la intervención antrópica en las localidades rurales de Canto del Agua y Chacritas.

#### Dimensión Geográfica y Demográfica

La localidad de Canto del Agua pertenece a la comuna de Huasco, mientras que Chacritas, a la comuna de Vallenar.

Para el censo del 2002 (ver Cuadro 5), la comuna de Huasco tenía una población de 7.945 habitantes, mientras que la de Vallenar de 48.040 habitantes. Es importante considerar que la gran mayoría de la población se concentra en los sectores urbanos de dichas comunas, es decir, en Vallenar, correspondiente a la capital provincial, y la ciudad-puerto de Huasco.

Cuadro 5. Población y Densidad Poblacional

Comunas	Población	Superficie Km <sup>2</sup>	Densidad Hab/Km <sup>2</sup>
Vallenar	48.040	7.083,7	6,78
Huasco	7.945	1.601,4	4,96

Fuente: INE, Censo de Población y Vivienda, 2002, comunas de la III Región

En contraste con los datos mostrados anteriormente, Canto del Agua y Chacritas son localidades muy pequeñas; según datos de CONAF Atacama (material cartográfico del 2003), la población de Canto del Agua sería de 195 habitantes y la de Chacritas, de 8.

### **Antecedentes Históricos del Área de Estudio<sup>5</sup>**

El área donde se emplaza el PNLLC históricamente fue un centro de actividades muy importante desde el punto de vista minero, debido a que era ruta de tránsito obligada entre las minas y el puerto de embarque de Carrizal Bajo.

En el año 1756 se funda de la villa de Santa Rosa del Huasco (Freirina), que se constituyó en la capital y centro poblacional más importante de la provincia del Huasco. La zona desde ese entonces ya destacaba por sus actividades mineras, famosa sobre todo por la extracción de cobre, del que llegó a ser la mayor productora durante la Colonia. En esa época a este metal se le llamaba, tanto a nivel nacional como internacional, el "Cobre de Huasco". Su importancia y desarrollo se incrementó con la puesta en marcha de las minas de Camarones, Labrar, Carrizal Alto y otras que llegaron a producir cerca del 90% de la producción del país.

El desenvolvimiento agrícola de la zona para ese entonces fue lento, debido a los periodos de sequía y a las pocas áreas de cultivo. Este producía principalmente frutas y en la costa, tanto en Freirina como Huasco, se cultivaban olivos.

La industria del hierro fue también importante en el desarrollo y progreso de la provincia, sobre todo el mineral de Hierro Algarrobo, que extendió sus faenas de explotación al puerto mecanizado Isla Guacolda, en cuyas cercanías se instaló la actual Planta de Pellets de Huasco. Esta mina sigue siendo en la actualidad una de las más productivas en su tipo en el país, conocida ahora como mina Los Colorados.

Durante la época de la colonia existían dos grandes minas cerca del PNLLC, una era Capote y la otra Astillas, las que trajeron a la zona un gran movimiento productivo. El auge

<sup>5</sup> Fuente: Plan de Manejo del PNLLC (CONAF Atacama, 1997).

así producido, provocó la construcción de ramales ferroviarios privados que unían las más importantes minas entre Carrizal Alto y Carrizal Bajo, que para ese entonces se convirtió en un puerto importante. Desde él se enviaban o recibían una variada carga de materiales cuyo destino principal era, por un lado, las exportaciones hacia el resto del país y a Perú o Inglaterra y, por otro, las importaciones que se destinaban al abastecimiento de las minas cercanas. Hacia el 1900 el auge del puerto de Carrizal comienza a decaer, y en 1922, fue azotado por un maremoto, que destruyó gran parte de él, ocasionando serios daños en las estructuras del ferrocarril y la fundición. Después que se repararon los daños la actividad se reanudó parcialmente y, en 1936 el puerto fue cerrado a la navegación por la paralización de las minas y fundiciones.

En la actualidad, la zona aledaña al PNLLC, tan productiva en el pasado por su gran desarrollo minero y con la creación de la mayor red ferroviaria privada del país, se encuentra en condiciones económicas precarias sobre todo en el puerto de Carrizal Bajo.

En cuanto a la ganadería, ésta ha sido siempre extensiva y concentrada básicamente en ganado caprino. El movimiento de masas ganaderas de alguna importancia se producía exclusivamente en años en que hubiese ocurrido el fenómeno del desierto florido.

El valor histórico del área de estudio es trascendente y ha tenido grandes cambios. Lo que más interesa para el tema de la presente investigación, es la variación de la población en el área de estudio y la magnitud de las actividades productivas desarrolladas.

Tras una época de gran auge minero, lo que tenía por consecuencia una alta población en el sector, en la actualidad se está favoreciendo el desarrollo de la agricultura. Ya que las condiciones no son muy propicias para esta actividad, no ha habido una expansión abrupta, sin embargo, existe una tendencia paulatina al aumento de la población.

### **Perspectivas de Actores Clave**

De las entrevistas realizadas a Guarda parques del PNLLC, habitantes de Canto del Agua, y a expertos en distintas materias dentro de CONAF Atacama, se pudo obtener un valioso material para el complemento de la información histórica revisada en bibliografía. Los resultados más relevantes concernientes a antecedentes históricos de la zona de estudio se muestran a continuación:

El presidente de la Junta de Vecinos de Canto del Agua, Domingo Villegas, y su hermano Alberto Villegas, quien es Guarda parque del PNLLC, son de los primeros habitantes de Canto del Agua. Ambos aseguran que en 1968 existían sólo 6 fincas en el sector. En 1992, con la creación de la Junta de Vecinos y el colegio, la población comenzó a aumentar, pero los malos resultados en la agricultura por la escasez de agua y recursos provocaron la migración de muchos habitantes. En Canto del Agua actualmente habitan unas 80 familias. La actividad caprina en el sector de Canto del Agua se remonta hace unos 50 años. Antes se realizaba más ganadería que agricultura, prevaleció hasta 1997 cuando hubo gran cantidad de lluvias que permitieron la aparición de forraje, pero luego las sequías y las pestes

redujeron la población de cabras y la gente tuvo que dedicarse más fuertemente a la minería, otra actividad típica del sector a lo largo del tiempo. En 1997, además, aumentó la parcelación gracias a facilidades de terreno por parte del Estado, lo cual favoreció el cambio de ganadería por agricultura.

En la década del 70 la gente habitaba en lo que ahora corresponde a los límites del PNLLC, por lo que el ganado caprino pastaba en estos lugares. Dentro del PNLLC es posible apreciar las dependencias de los crianceros (corrales), actualmente en desuso.

### **Viviendas y Servicios**

Los datos de CONAF Atacama dan cuenta de 57 viviendas en Canto del Agua y 2 viviendas en Chacritas; en terreno, sin embargo, fue posible actualizar esta información ya que se visitaron 3 viviendas en el sector de Chacritas para realizar las entrevistas a los propietarios de los terrenos.

De acuerdo a la información recopilada durante las entrevistas, el sector de Canto del Agua había sido pensado inicialmente como localidad de reposo, de tal manera que los habitantes de sectores urbanos pudiesen construir parcelas de agrado. Sin embargo, actualmente existen unas 80 familias habitando de forma permanente, a pesar de la escasez de servicios básicos.

Tanto en Canto del Agua como Chacritas no hay red pública de agua potable ni alcantarillado, el abastecimiento proviene de pozos, norias o vertientes. Para contar con agua potable, los habitantes deben adquirirla en Vallenar. Tampoco cuentan con luz eléctrica, por lo que utilizan generadores y/o paneles solares.

En cuanto a educación y salud, sólo en Canto del Agua existe un colegio y una posta.

Al no contar con locales comerciales en estos sectores, los habitantes deben abastecerse en las ciudades más cercanas.

### **Red Vial**

El acceso al PNLLC está limitado a dos vías. La principal corresponde a la ruta 5 Norte, en el km 668, aproximadamente a 17 km al norte de la ciudad de Vallenar, que empalma con el camino secundario C-440, pasando por minera Los Colorados y la localidad de Canto del Agua hasta llegar a Carrizal Bajo. La otra vía de acceso es el camino C-470 que va por la costa entre Huasco y Carrizal Bajo, cubriendo un recorrido de 15 km de camino (GAC, 2009). En la Figura 14 se muestra el trazado de las principales vías de acceso que inciden en el área de estudio de la presente investigación.

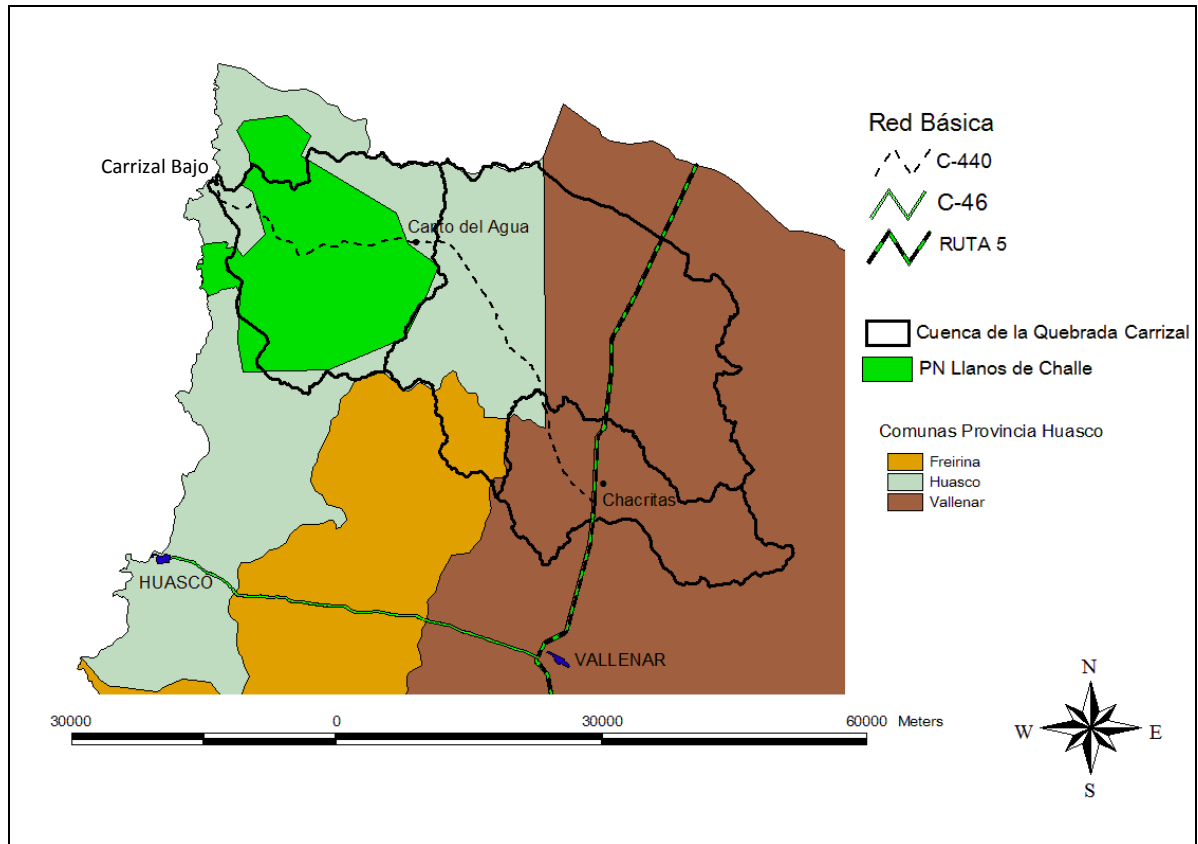


Figura 14. Caminos Públicos en Área de Estudio (Fuente: elaboración propia en base a material cartográfico CONAF Atacama)

De acuerdo al Plan Nacional de Censo Volumen de Transito del año 2006, el tránsito medio diario anual desde Canto del Agua a Carrizal Bajo es de 67 vehículos. De ellos, el 74,62% corresponde a autos y camionetas, el 24,87% camiones y el 0,49% a buses y taxibuses. Por otro lado, la ruta presenta un flujo vehicular (tránsito diario medio) estable durante los meses de invierno y primavera, de 39 y 41 vehículos respectivamente. Sin embargo, en verano el tránsito medio diario aumenta a 121 vehículos. Por otro lado, desde Vallenar a Canto del Agua el tránsito diario medio anual es de 77 vehículos, de éstos la gran mayoría corresponde a autos y camionetas (68,38%) (GAC, 2009).

## 5.2. Línea de Base

### 5.2.1. Determinación de las Áreas de Influencia de las Actividades Productivas en Estudio

Se entiende como área de influencia de una actividad, a la zona donde existe probabilidad de que ocurran efectos derivados de las acciones que proponga la misma. Según sea el tipo de efecto, directo o indirecto, la zona podrá ser de influencia directa o indirecta. Se entiende que un efecto será directo si proviene de una acción propia de la actividad, e indirecto si proviene de efectos derivados de acciones de la actividad.

Las principales áreas de influencia definidas para la presente investigación, se resumen en el siguiente Cuadro para las actividades en estudio.

Cuadro 6. Áreas de influencia de las actividades en estudio

COMPONENTE	ÁREA DE INFLUENCIA Actividad Minera Industrial	ÁREA DE INFLUENCIA Actividad Minera de Pequeña Escala	ÁREA DE INFLUENCIA Actividad Agrícola	ÁREA DE INFLUENCIA Tránsito Vehicular de la Comunidad Rural
Ruido	Polígono que comprende las áreas en que se emplazan las obras físicas más una franja de 500 m alrededor de dicho polígono.  Rutas de transporte más franja de 100 m.	Áreas donde los pirquineros desarrollen sus faenas más franja de 100 m alrededor de ellas.  Rutas de transporte más franja de 100 m.	No se define área de influencia para este componente ambiental	Ruta C-440 más franja de 100 m.
Hidrología	Toda la cuenca de la Quebrada Carrizal	No se define área de influencia para este componente ambiental	Toda la cuenca de la Quebrada Carrizal	No se define área de influencia para este componente ambiental
Hidrogeología	Toda la cuenca de la Quebrada Carrizal	No se define área de influencia para este componente ambiental	Toda la cuenca de la Quebrada Carrizal	No se define área de influencia para este componente ambiental
Calidad del Aire	Áreas donde se emplazan las obras físicas de la faena y el transporte	Áreas donde los pirquineros desarrollen sus faenas. Rutas no pavimentadas más áreas colindantes	No se define área de influencia para este componente ambiental	Rutas no pavimentadas más áreas colindantes  (Continúa)

<b>COMPONENTE</b>	<b>ÁREA DE INFLUENCIA</b> <b>Actividad Minera Industrial</b>	<b>ÁREA DE INFLUENCIA</b> <b>Actividad Minera de Pequeña Escala</b>	<b>ÁREA DE INFLUENCIA</b> <b>Actividad Agrícola</b>	<b>ÁREA DE INFLUENCIA</b> <b>Tránsito Vehicular de la Comunidad Rural</b>
Flora y Vegetación	<p>Directa: Polígono que comprende las áreas en que se emplazan las obras físicas más una franja de 100 m alrededor de dicho polígono.</p> <p>Indirecta: Cuenca Quebrada Carrizal por efecto de la extracción de agua subterránea</p>	<p>Áreas donde los pirquineros desarrollen sus faenas.</p> <p>Rutas no pavimentadas más áreas colindantes</p>	<p>Directa: Áreas de pastoreo caprino.</p> <p>Indirecta: Cuenca Quebrada Carrizal por efecto de la extracción de agua subterránea</p>	Rutas no pavimentadas más áreas colindantes
Fauna	<p>Directa: Polígono que comprende las áreas en que se emplazan las obras físicas más una franja de 500 m alrededor de dicho polígono.</p> <p>Indirecta: Cuenca Quebrada Carrizal por efecto de la extracción de agua subterránea</p>	<p>Áreas donde los pirquineros desarrollen sus faenas más una franja de 100 m alrededor de ellas.</p> <p>Rutas de transporte más franja de 100 m.</p>	<p>Directa: Áreas de pastoreo caprino.</p> <p>Indirecta: Cuenca Quebrada Carrizal por efecto de la extracción de agua subterránea</p>	Ruta C-440 más franja de 100 m.

Fuente: elaboración propia y referencia a GAC, 2009 y opinión experta

### **Justificación de las Áreas de Influencia**

A continuación se justifica la determinación de las áreas de influencia por cada componente ambiental expuesto en el Cuadro 6.

#### **Componente Ruido**

El único componente del PNLLC que podría verse afectado por el ruido, corresponde a la fauna, por lo tanto, se consideró un rango desde la fuente generadora de ruido para el área

de influencia, que corresponde a la distancia máxima radial hasta la cual podría ser percibido este efecto.<sup>6</sup> Es necesario considerar que existen especies de Movilidad Alta y Baja, por lo que no se podría dejar fuera de este estudio a aquellas poblaciones o individuos de fauna que se desplazan hacia o desde el PNLLC.

El ruido proveniente de la actividad minera industrial, no alcanzaría los límites del PNLLC, sin embargo, acciones como las tronaduras y perforaciones, de carácter ocasional, podrían tener un efecto importante sobre la fauna en desplazamiento. Lo mismo ocurre para el caso de la actividad minera de pequeña escala, donde la mayoría de la extracción de mineral se realiza al desmonte, por lo que el ruido generado no abarcaría una distancia importante, sin embargo, de manera ocasional se deben perforar piques, acción que tendría asociado un rango mayor de distancia.

Dentro del PNLLC, la principal fuente generadora de ruido corresponde al tránsito vehicular en la ruta C-440.

### **Componente Hidrología**

Para la presente investigación, los elementos hidrológicos más relevantes corresponden a las aguadas del PNLLC, pero debido a que éstas son afloramientos de agua subterránea, es necesario estudiar la hidrogeología del área de estudio para determinar posibles impactos sobre ellas. Ya que dentro del área de estudio existen diversos sistemas acuíferos, se debe estudiar la cuenca de la Quebrada Carrizal en su totalidad.

### **Componente Hidrogeología**

El área de influencia del componente hidrogeología, tanto para la actividad agrícola como minera industrial, se consideró como toda la cuenca de la Quebrada Carrizal. Esto se debe a que por el momento no es posible descartar las posibles interacciones entre las distintas formaciones hidrogeológicas, por lo que se hace necesario estudiar la cuenca de la Quebrada Carrizal por completo para comprender las dinámicas del recurso hídrico.

### **Componente Calidad de Aire**

Las emisiones de material particulado, luego de dispersarse por la atmósfera, pueden depositarse sobre formaciones vegetacionales a cierta distancia de la fuente de emisión, limitando la capacidad fotosintética de las plantas. Para lograr determinar la magnitud del efecto de las emisiones atmosféricas provenientes de las distintas acciones antrópicas, es necesario estudiar las características físicas de las áreas donde éstas se desarrollan, de tal manera de comprender la dinámica de dispersión.

---

<sup>6</sup>Distancias establecidas de acuerdo a opinión experta de Nicolás Ramírez B. Ingeniero Civil Acústico, Universidad Tecnológica de Chile INACAP [Fono: 8-2454429]



**Componente Flora y Vegetación**

En el caso de la minería industrial, el proyecto de ampliación de mina Los Colorados contempla un cambio de uso de suelo, sin embargo, el espacio considerado para este fin, no alcanzaría los límites del PNLLC.

Para la minería de pequeña escala, las faenas mineras también se ubican a cierta distancia del PNLLC, por lo que no existiría un impacto directo de flora y vegetación al menos dentro de los límites del Parque.

En el caso del pastoreo caprino, especialmente en épocas de desierto florido, la situación podría resultar más preocupante, ya que al no existir indicaciones de los límites del PNLLC, los crianceros podrían llevar al ganado a estos sectores repercutiendo de manera directa sobre el componente flora y vegetación.

A excepción de la actividad agrícola y ganadera, el resto de las acciones consideradas por el presente estudio, tienen asociadas distintas fuentes emisoras de material particulado. Por lo explicado anteriormente para el área de influencia del componente calidad de aire, se hace necesario estudiar las características físicas de las áreas de influencia definidas, de tal manera de determinar si los efectos de las emisiones atmosféricas podrían repercutir sobre las propiedades de la flora y vegetación del PNLLC.

De manera indirecta, la extracción de aguas subterráneas en las subcuencas Llanos de Algarrobal y la Jaula, y Llanos Chacritas y Las Campanas, podría tener un efecto sobre las aguadas del PNLLC y esto, a su vez, incidir sobre la flora y vegetación que depende de estas fuentes hídricas. Por lo tanto, el área de influencia indirecta estaría representada por los acuíferos de los cuales se extraen recursos hídricos para uso agrícola y minero, y que pudiesen tener relación con los acuíferos que abastecen a las aguadas del PNLLC.

**Componente Fauna**

Las acciones de las actividades en estudio, tienen asociados distintos efectos, dentro de los cuales la presencia humana y la generación de ruido podrían afectar a la fauna del sector. Se hace necesario conocer las características físicas de las áreas de influencia para determinar la magnitud de las distintas acciones antrópicas.

El área de influencia de la actividad ganadera se justifica por la posible competencia por alimento entre especies domésticas y especies nativas del PNLLC.

El tránsito vehicular representa un alto factor de riesgo para la fauna, por los posibles atropellos en las rutas. El tránsito por la ruta C-440, que atraviesa al PNLLC, sería el factor de riesgo más relevante para la presente investigación. El rango establecido en el área de influencia tiene relación con la generación de ruido del tránsito vehicular en la ruta C-440.

Al igual que para el caso de la flora y vegetación, es necesario estudiar las interacciones hídricas por un posible impacto sobre las aguadas que sustentan la biodiversidad del PNLLC.

### **5.2.2. Caracterización del Área de Estudio**

El estudio de las áreas de influencia se presenta a continuación, dentro de la caracterización de los componentes ambientales que resultaron de mayor interés para la presente investigación y que permitieron posteriormente identificar impactos.

#### **- Antecedentes Generales**

La cuenca de la Quebrada Carrizal corresponde a una red de drenaje ubicada entre las hoyas de los ríos Huasco y Copiapó; de manera más específica, se ubica al norte del río Huasco, al sur de la Quebrada Totoral y al oeste de la Quebrada Algarrobal (DGA, 2009).

En un estudio elaborado por la DGA denominado “Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Quebrada Carrizal”, dicha cuenca fue dividida en sectores o subcuencas con el objetivo de cuantificar la situación hidrogeológica de la zona de estudio. Esta división de la cuenca resultó en tres sectores según características geológicas, geomorfológicas y la distribución de la demanda de agua. Estos sectores son: Llanos de Algarrobal y La Jaula, Llanos Chacritas y Las Campanas, y Llano de Challe (DGA, 2009), los cuales se pueden observar en la Figura 15.

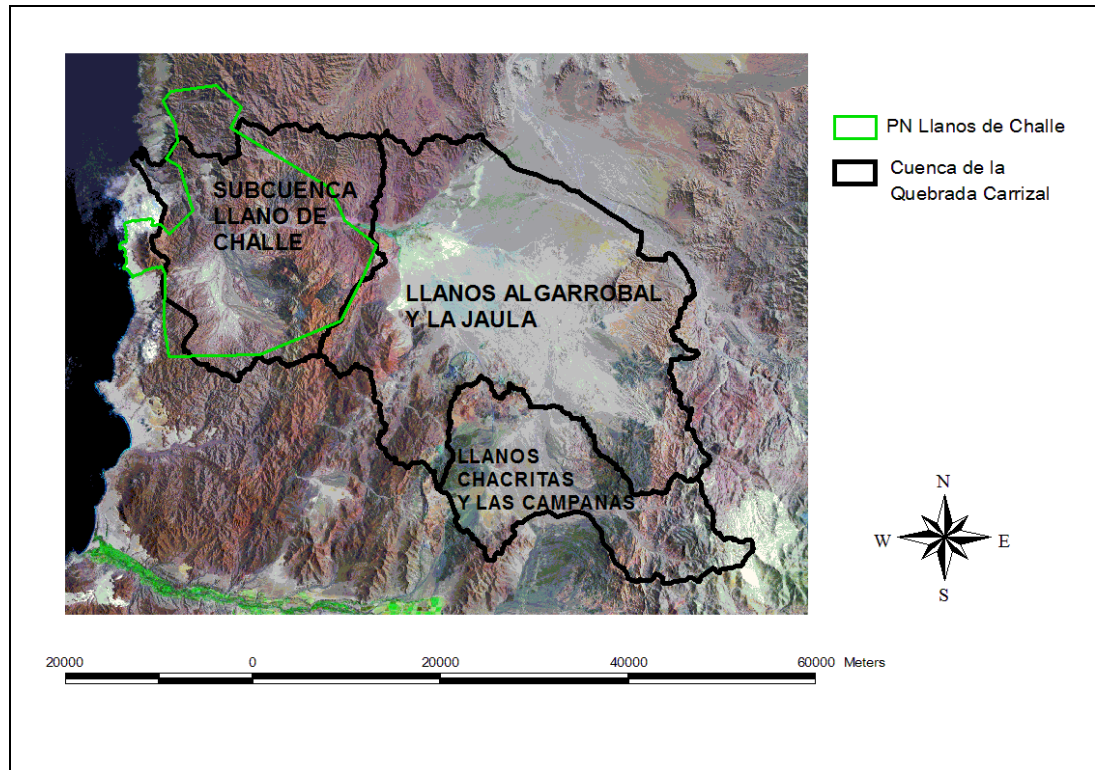


Figura 15. Sectores de la Cuenca de la Quebrada Carrizal y Localización del PNLLC  
(Fuente: elaboración propia en base a material CONAF Atacama y DGA)

El PNLLC se extiende en su gran mayoría sobre el sector o subcuenca denominado Llano de Challe. En las subcuencas Llanos de Algarrobal y La Jaula, y Llanos Chacritas y Las Campanas, se extienden las localidades Canto del Agua y Chacritas, por lo tanto, donde se concentran los usuarios que solicitan el recurso hídrico.

## - Descripción del Medio Físico Terrestre

### Geología y Geomorfología

La descripción de los aspectos geológicos y geomorfológicos tuvo su enfoque principalmente en la comprensión de la dinámica de las aguas subterráneas y el efecto barrera de los cordones montañosos.

#### Subcuenca Llano de Challe

La subcuenca inferior, ubicada aguas abajo del sector Canto del Agua, está constituida por los cerros de la Cordillera de la Costa. Las cumbres más características fluctúan entre los 700 y los 1.000 msnm.

En la parte baja de la cuenca de la Quebrada Carrizal, el desarrollo de los depósitos sedimentarios es muy limitado y está restringido a la Quebrada Carrizal, la que en ese

sector se encuentra “encajonada”. La excepción a lo anterior, es la presencia de relleno sedimentario en el sector Llano de Challe, rellenos descritos en la carta geológica del lugar (ver Figura 16) como las Gravas de Challe y que corresponden a depósitos de bloques, gravas, arenas y limos pobremente consolidados, pero sobre los cuales no se dispone información hidrogeológica (DGA, 2009).

El PNLLC comprende las serranías orientales de la Cordillera de la Costa, cuyas altas cumbres conforman en parte el límite sur - oriental de esta área. Sus principales alturas son: cerro El Toro (1.014 msnm), cerro El Molle (904 msnm), cerro Tinaja (854 msnm) y cerro Negro (774 msnm). Los cordones de cerros tienen una orientación Norte - Sur a Noreste (CONAF Atacama, 1997).

### **Subcuenca Llanos de Algarrobal y la Jaula y Subcuenca Llanos Chacritas y las Campanas**

Desde el sector Canto del Agua hacia la Cordillera de los Andes, la zona está constituida fundamentalmente por una extensa planicie aluvial de escasa pendiente y rodeada de cerros cuyas alturas fluctúan entre los 600 y 1.000 metros, excepto en su extremo sur oriental en que el Cerro Chequehue alcanza los 2.265 msnm.

En la zona de la depresión intermedia, Llano Algarrobal, Llano La Jaula, Llanos Chacritas y Las Campanas, se distribuyen los depósitos aluviales, fluviales y escombros de falda, como se puede apreciar en la siguiente Figura (DGA, 2009).

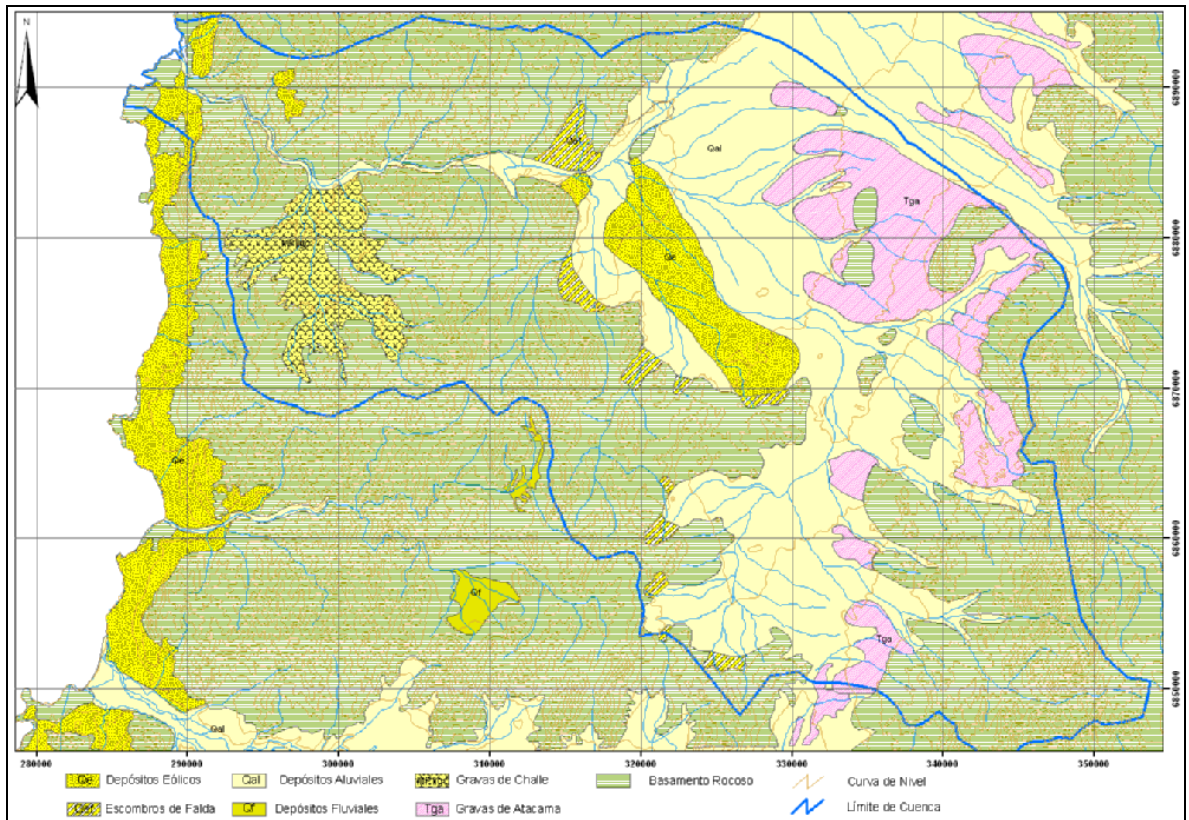


Figura 16. Geología de la cuenca Quebrada Carrizal (Fuente: DGA, 2009)

Para identificar las distintas altitudes dentro del área de estudio, se representa en la Figura 17 las curvas de nivel de la cuenca de la Quebrada Carrizal. En esta Figura, además, se muestra la ubicación de los pozos de extracción de aguas subterráneas para uso minero y riego, la ubicación de algunas de las aguadas más importantes de la subcuenca Llano de Challe y el emplazamiento de las dependencias de la CMH.

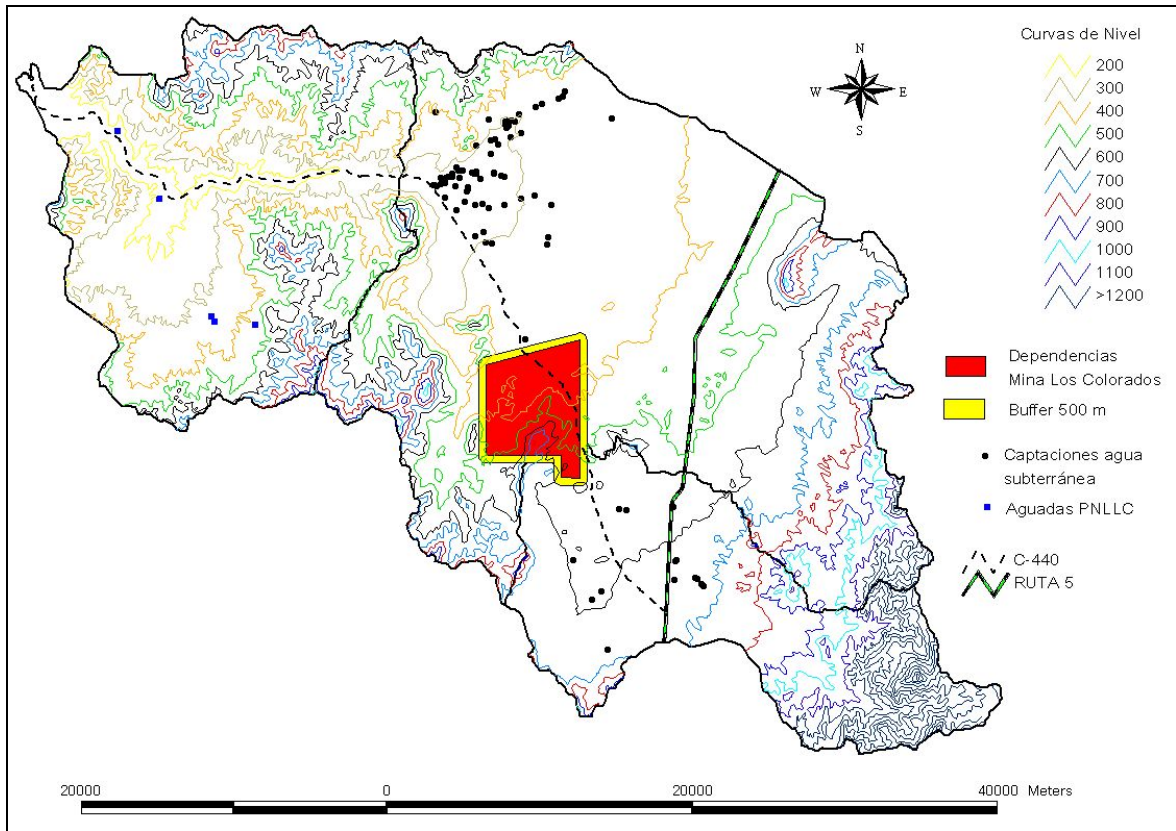


Figura 17. Curvas de nivel Cuenca Quebrada Carrizal, ubicación de pozos de extracción agua subterránea, aguadas del PNLLC y Mina Los Colorados (Fuente: elaboración propia en base a material cartográfico CONAF Atacama)

Los pozos de la Figura anterior se ubican a altitudes entre los 248 y 328 msnm en la subcuenca Llanos de Algarrobal y la Jaula, y entre los 500 y 660 msnm en la subcuenca Llanos Chacritas y las Campanas. La representación de las dependencias de la CMH en la Figura 17, incluye la franja de 500 m correspondiente al área de influencia para ruido y calidad del aire. También se representa la ruta C-440 por ser fuente generadora de ruido, de tal manera de observar las posibles barreras acústicas del terreno.

### Conclusiones de Geología y Geomorfología

A diferencia de la conformación geológica de los sectores Llanos de Algarrobal y la Jaula, y Llanos Chacritas y las Campanas, el sector Llano de Challe, es decir, donde se ubica el PNLLC, presenta escasos Depósitos Sedimentarios o Aluviales, predominando la presencia de Basamento Rocoso. Un aspecto interesante de la geología del Parque, es la formación denominada Gravas de Challe, sobre las cuales surgen algunas de las principales aguadas (descritas en mayor detalle más adelante, en el acápite de hidrología).

La geomorfología del PNLLC resulta bastante variada, presentando un conjunto de altas cumbres al sureste del sector Llano de Challe, el cual continúa por el suroeste del sector

Llanos de Algarrobal y la Jaula. La mina Los Colorados se ubica a menor altitud que el cordón montañoso recién descrito, pero a la misma latitud.

## Clima y Meteorología

### Subcuenca Llano de Challe

El clima representativo de la subcuenca Llanos de Challe corresponde al de Desierto Costero con Nubosidad Abundante (BWN), con presencia de nublados abundantes denominados camanchacas. Los meses de mayor nubosidad son los de julio a septiembre. De los datos recogidos en Caldera, que posee una situación semejante al área de estudio, se establece que posee un promedio de 102 días nublados en el año y solo 44 días despejados, fenómeno que registra una máxima frecuencia entre abril y octubre, y una mínima en febrero (CONAF Atacama, 1997).

Por la presencia de una masa de aire húmedo en la costa, la humedad relativa media anual es de 74%, variando de un 66% en enero a un 78% en julio (CONAF Atacama, 1997).

El régimen de temperaturas queda afectado por la acción moderadora del mar, la existencia de la corriente fría de Humbolt y la acción de los vientos. Los efectos marítimos sobre el clima hacia el interior de la zona, quedan en parte bloqueados por la presencia de la Cordillera de la Costa (DGA, 2009).

Las precipitaciones son extremadamente variables, registrándose en los meses de junio, julio y agosto, siendo excepcionales en los meses de primavera. Para una serie de 3.198 días correspondientes a los meses señalados, se registraron 116 con 0,1 y más milímetros de agua precipitada, y de éstos, solo 54 días anotan precipitaciones superiores a 1 mm (CONAF Atacama, 1997).

Los valores medios de las variables climáticas para la costa de la III Región se representan en el siguiente Cuadro:

Cuadro 7. Valores Medios de las Variables Climáticas para la Costa de la III Región

<b>Variables Climáticas</b>	<b>Valores Medios</b>
Temperatura media anual	17°C
Temperaturas máximas medias	Entre 22 a 25°C
Temperaturas mínimas medias	Entre 8 a 9°C
Número de meses secos	11 a 12
Horas de frío	100 a 300 (T °C) / año
Período de receso vegetativo	No hay
Déficit hídrico anual	De 800 a 1.200 mm
Período libre de heladas	De 350 a 365 días

Fuente: CONAF Atacama, 1997

### Subcuenca Llanos de Algarrobal y la Jaula y Subcuenca Llanos Chacritas y las Campanas

En estas subcuencas el clima es desértico marginal bajo, en que la altitud no actúa como elemento restrictivo de las temperaturas. El régimen de débiles precipitaciones se ve reforzado por neblinas y humedades matutinas que se disipan a mediodía y alcanzan aproximadamente hasta los 800 msnm. La humedad relativa es alta, lo que es aprovechado por la vegetación xerófila existente en la zona. La temperatura media anual fluctúa entre los 15 y los 18° C (DGA, 2009).

### Precipitaciones

Para determinar el régimen de precipitaciones en la cuenca de la Quebrada Carrizal, la DGA utilizó cuatro de sus estaciones pluviométricas, las cuales se pueden observar en la Figura 18.

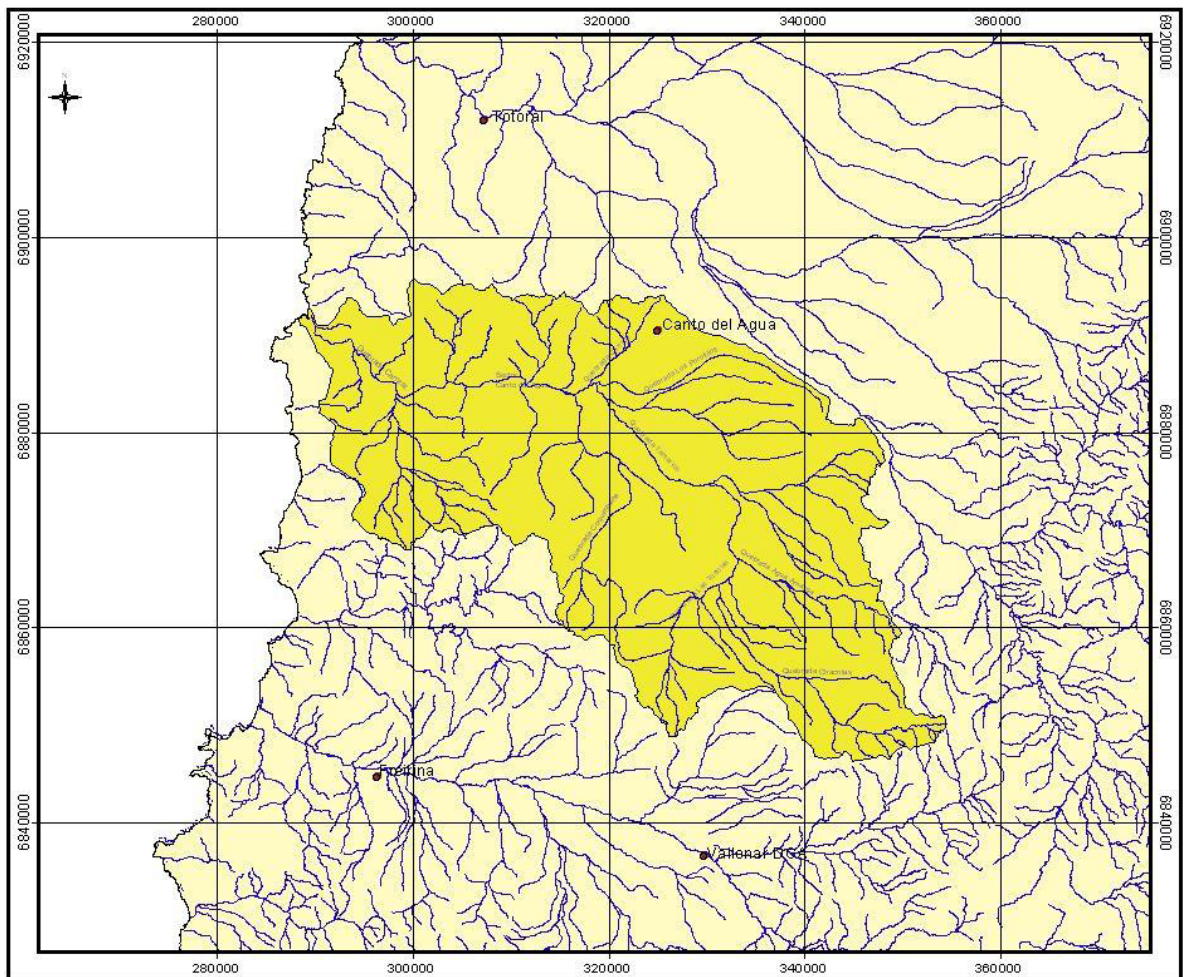


Figura 18. Estaciones pluviométricas DGA (Fuente: DGA, 2009)



La precipitación media en la estación meteorológica Canto del Agua es de 33,9 mm, valor calculado mediante un promedio aritmético de las precipitaciones anuales de 21 años, específicamente datos desde 1987 hasta 2007. Como se puede apreciar en la Figura anterior, la estación Canto del Agua es la única que se ubica en el área de estudio. El resto de las estaciones presentan los siguientes valores de precipitación media, calculados con datos de precipitaciones anuales del mismo periodo que para la estación Canto del Agua: Totoral, 31,1 mm, Freirina, 36,7 mm y Vallenar DGA, 43 mm.

### Vientos

En el área de estudio de la presente investigación, el componente calidad de aire se vería afectado principalmente por las emisiones de la actividad minera industrial. En cuanto al potencial de dichas emisiones de generar impacto sobre el PNLLC, influye, además de la distancia entre el Parque y las dependencias de la mina, la dirección y velocidad del viento.

Los datos del viento se obtuvieron del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Ampliación de Mina Los Colorados, y pertenecen al período comprendido entre el 18 de abril de 2007 y 16 de mayo de 2007. Fueron registrados en una estación de monitoreo temporal en mina Los Colorados y corresponden a valores horarios.

El resumen de las mediciones de viento para el período completo se presenta en el siguiente Cuadro:

Cuadro 8. Variables Meteorológicas Registradas en Estación  
Mina Los Colorados

Variable	Valor
<b>Velocidad del viento</b>	
Promedio período (m/s)	1,94
Valor máximo diario (m/s)	2,49
Valor máximo horario (m/s)	6,5
Porcentaje de calmas (%)	4,31
<b>Dirección del viento</b>	
Predominante diurna	N, NNW, NNE
Predominante nocturna	E, ENE

Fuente: GAC, 2009

A partir de las mediciones mencionadas, se representan en las siguientes Figuras las rosas de viento para los períodos diurno y nocturno.

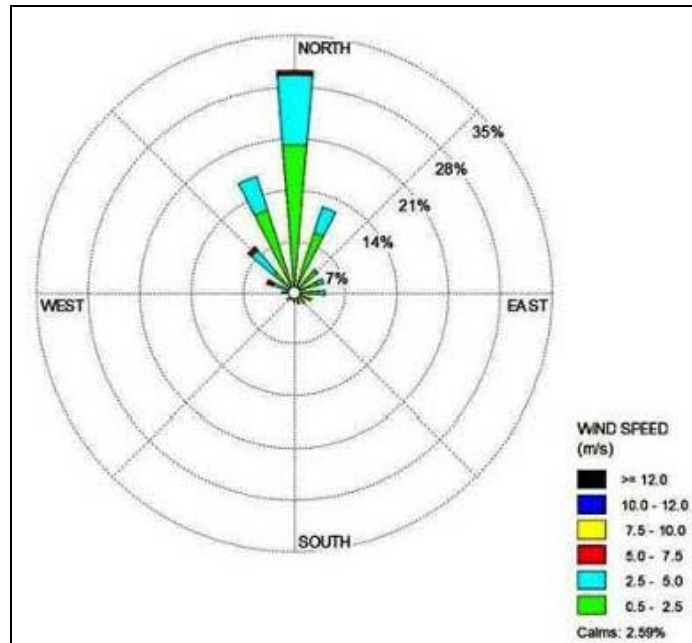


Figura 19. Rosa de los Vientos Diurna - Mina Los Colorados.  
Período 18 de Abril de 2007 al 16 de Mayo de 2007  
(Fuente: GAC, 2009)

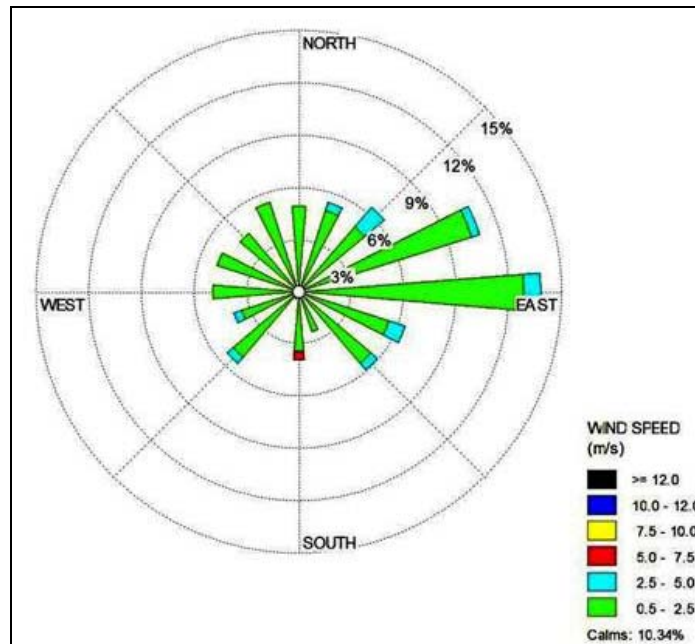


Figura 20. Rosa de los Vientos Nocturna - Mina Los Colorados.  
Período 18 de Abril de 2007 al 16 de Mayo de 2007  
(Fuente: GAC, 2009)

Como se aprecia en las Figuras anteriores, existe una significativa diferencia en la dirección de los vientos diurna y nocturna. Así, mientras durante el día el viento proviene

principalmente del norte, durante la noche la dirección es muy variable, predominando el viento desde el este (GAC, 2009).

### **Conclusiones de Clima y Meteorología**

El clima representativo del sector Llano de Challe determina fuertemente el paisaje del PNLLC en contraste con los otros sectores de la cuenca de la Quebrada Carrizal. La abundante nubosidad y humedad, sumado a la geomorfología del sector Llano de Challe, definen condiciones más propicias para la vida que los sectores más altos de la cuenca en estudio.

La dirección predominante del viento resulta de alta relevancia para más adelante evaluar los efectos de las acciones de la actividad minera industrial, las cuales, sumadas a las características desérticas del territorio, tienen asociadas altas emisiones de material particulado.

### **Hidrología**

El PNLLC se encuentra inserto en la cuenca Algarrobal - Carrizal, la que está ubicada al Sur del Cordón Sierra Pajaritos - Cerro El Paico hasta la zona de Chacritas. En esta cuenca no existen escurrimientos superficiales permanentes, debido a que la cuenca de drenaje de esta quebrada tiene su cabecera a alturas inferiores que las que presentan caudales permanentes en los ríos Huasco y Copiapó, por lo tanto no cuentan con el almacenamiento nival que actúa como regulador del caudal (CONAF Atacama, 1997).

Esta situación, sumada a la escasez de precipitaciones en la zona, determina que se presenten flujos ocasionales solo en las épocas de lluvias de gran magnitud, producidas principalmente en los meses de invierno entre marzo y agosto, con máximos anuales registrados en el mes de julio (DICTUC, 2006). Estas corrientes torrenciales esporádicas bajan principalmente por la Quebrada Algarrobal. Por otro lado, dadas las características impermeables de los materiales en los terrenos altos de las zonas interfluviales, las precipitaciones producidas sobre ellos escurren superficialmente hacia las quebradas, en donde se infiltran (CONAF Atacama, 1997).

### **Subcuenca Llano de Challe**

El curso superficial más importante de la cuenca es la Quebrada Carrizal, la que desemboca finalmente al mar en la localidad de Carrizal Bajo, después de un trayecto de aproximadamente 5 km por un cañón de 200 a 300 m de corte (DGA, 2009). Dentro de los límites del PNLLC, la quebrada de Carrizal es la más importante, ésta se encuentra encajonada entre los cerros de la Cordillera de la Costa, en un curso aproximado de 31 km entre Canto del Agua y Carrizal Bajo. Hacia ella confluyen las quebradas de Los Porotillos, Tamarico, El Peñón, Chacritas, Las Campanillas y La Coquimbana. Durante su trayectoria recibe aportes de varias quebradas menores, entre las que se encuentran Carrizal Alto, Las Bandurrias, Quebrada del Mono, Pedernales, Quebrada del Carrizo, Barrancones, El Fraile y Las Cañas (CONAF Atacama, 1997).

### **Aguadas del Parque Nacional Llanos de Challe**

Las campañas de terreno dentro de los límites del PNLLC, se realizaron por quebradas consideradas de alta relevancia, ya que presentan fuentes naturales de agua que permiten el sustento de la vida y crean condiciones propias de este sector en una región de clima desértico. Estas fuentes de agua superficial se conocen como aguadas, las cuales son afloramientos de aguas subterráneas que ocurren principalmente en las quebradas y que disminuyen el estrés hídrico para la vegetación y la fauna, por lo que posibilitan un aumento de la biodiversidad dentro de los desiertos. Dado que las aguadas son lugares poco comunes y restringidos en superficie para los desiertos, se les clasifica como “azonales”, ya que las condiciones que allí se dan no son propias del ecosistema dominante (Chiappe y Fuentes, 2009).

- **Quebrada La Higuera:** presenta aguadas altamente particulares dentro del PNLLC, una de tipo espejo de agua y dos correspondientes a cursos de agua (ver Figura 21). Esta quebrada se ubica en el extremo norte del Parque, sector que queda fuera de los límites de la cuenca de la Quebrada Carrizal y que pertenece a la cuenca de la Quebrada Totoral.



Figura 21. Espejo de agua y curso de agua en Quebrada La Higuera (Fuente: elaboración propia)

- **Quebrada Barrancones:** en este sector se visitaron tres aguadas: La Fundición, Challe 1 y Challe 2. La importancia de estas aguadas recae en la mayor evidencia del uso por parte de guanacos, especie emblemática del PNLLC y que se encuentra en peligro de extinción en la Región de Atacama. Además del avistamiento de guanacos en la quebrada Barrancones, en las ubicaciones de las aguadas fue posible observar defecaderos y senderos que han marcado los guanacos para transitar hacia las aguadas (ver Figura 22).



Figura 22. Aguada Challe 2 y senderos de guanacos  
(Fuente: elaboración propia)

Según información obtenida durante las entrevistas a los Guarda parques del PNLLC, el nivel de las aguadas varía según la estación, en invierno aumenta y en verano disminuye. Dichos actores clave entrevistados, reconocen como factores perjudiciales del nivel de aguadas al clima y a la extracción de aguas subterráneas en el sector de Canto del Agua. Por las características del terreno, es posible que haya existido una aguada en otra de las principales quebradas del PNLLC, pero no se tiene registro de ello.

A continuación se presenta la ubicación de las aguadas dentro del área de estudio, es decir, la cuenca de la Quebrada Carrizal, con su respectivo trazado de red hidrológica. En la Figura 23 además se representa el emplazamiento de las dependencias de la CMH para explotación del mineral Los Colorados, como también los puntos de captación de aguas subterráneas para los distintos usos dentro del área de estudio.

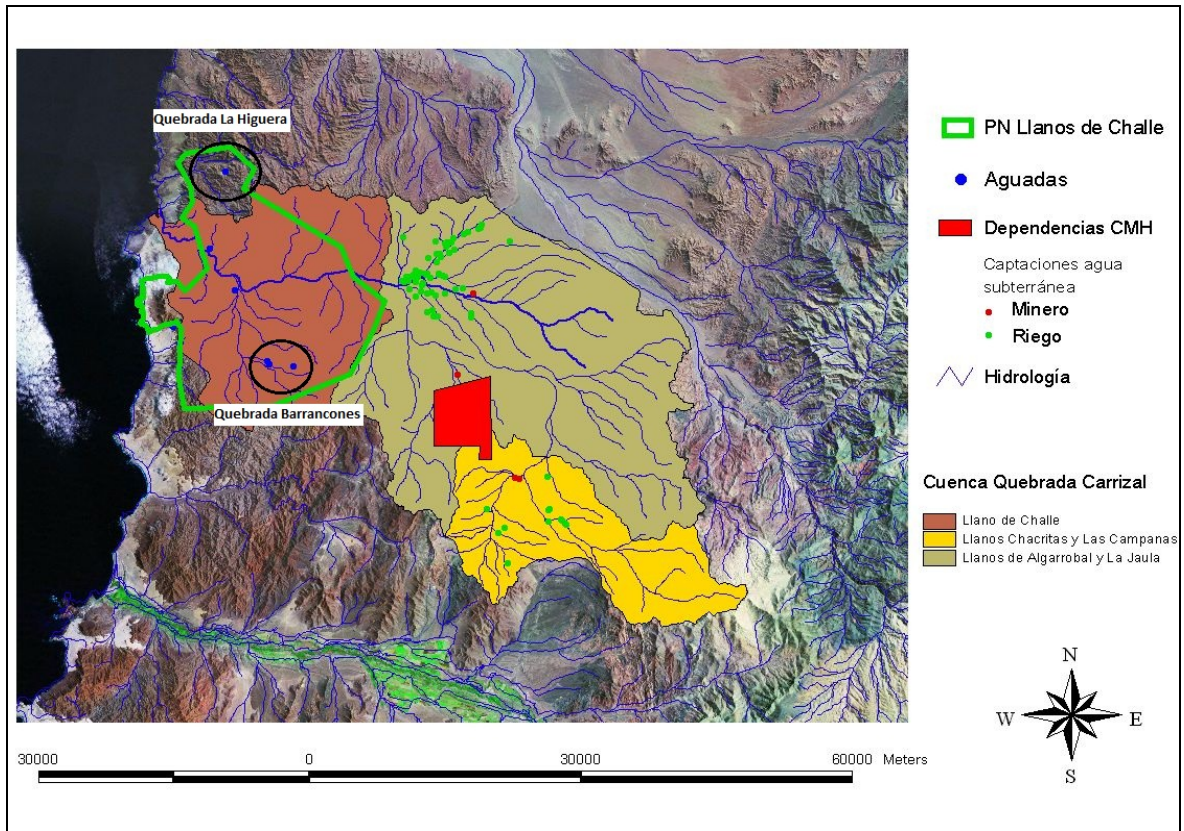


Figura 23. Aguadas del PNLLC y red hidrológica de la cuenca de la Quebrada Carrizal  
(Fuente: elaboración propia en base a material CONAF y DGA)

De manera más detallada, se representa a continuación la ubicación de las aguadas en el PNLLC, junto con un Cuadro de caracterización de cada una de las aguadas visitadas en terreno y otras consideradas relevantes:

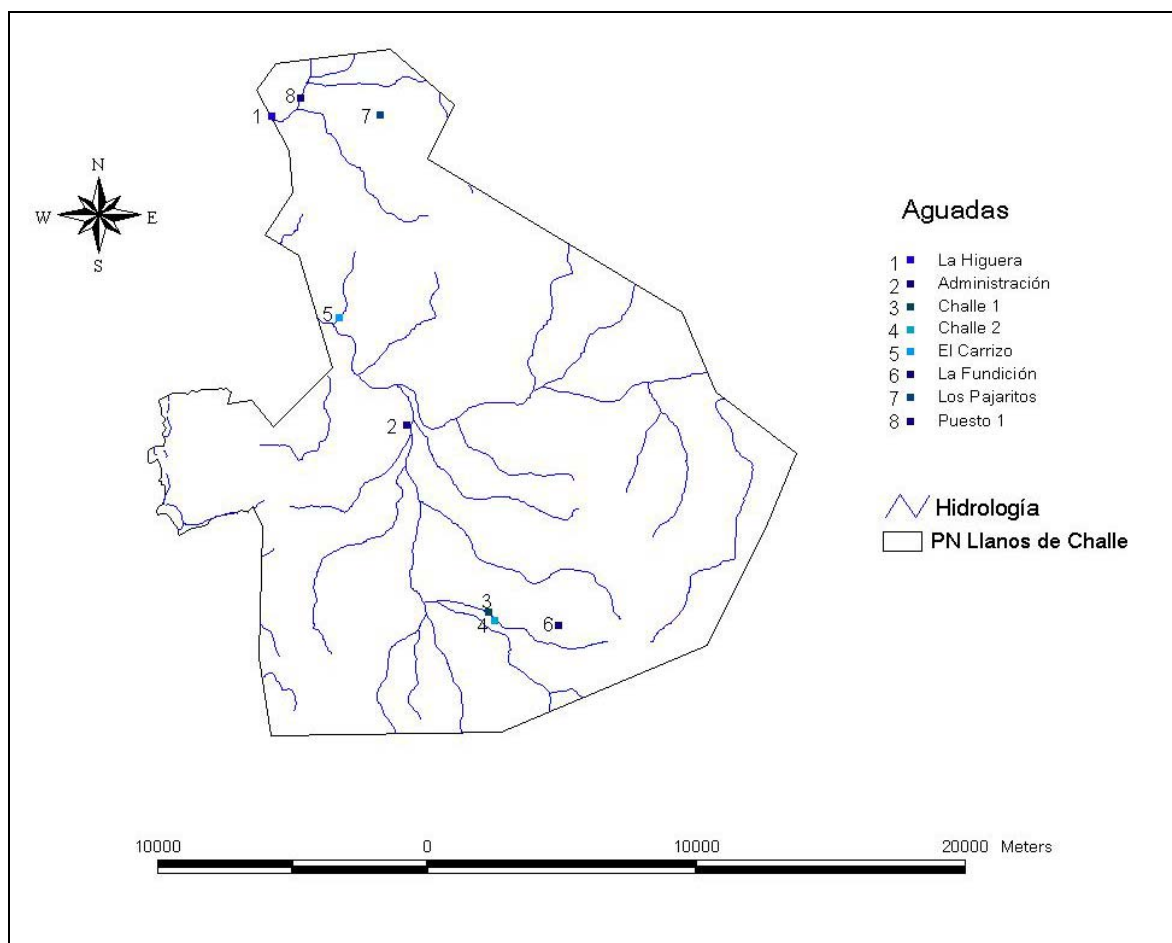


Figura 24. Aguadas del PNLLC (Fuente: elaboración propia en base a Chiappe y Fuentes, 2009 y material cartográfico CONAF)

Cuadro 9. Caracterización física de las aguadas

Nombre Aguada		Estacionalidad	Cuerpo de Agua	Superficie Total m <sup>2</sup>	Volumen Cuerpo de Agua cm <sup>3</sup>
1	La Higuera	Permanente	Curso	10.502,90	6.609.855
2	Administración	Permanente	Espejo	2,737	1.395.792
3	Challe 1	Permanente	Espejo	109,358	2.716.136
4	Challe 2	Permanente	Espejo	34,989	5.141.765
5	El Carrizo	Estacional	Curso	1.044,45	0
6	La Fundición	Permanente	Curso	18,15	910.000
7	Los Pajaritos	Permanente	Espejo	10,547	5.995
8	Puesto 1	Permanente	Curso	2.014,27	2.504.392

Fuente: Chiappe y Fuentes, 2009

Del Cuadro 9 cabe destacar que las aguadas Administración y El Carrizo son las más cercanas a la Quebrada Carrizal, por lo que son las que recibirían mayor aporte hídrico de esta gran quebrada. Se puede observar, además, que la aguada El Carrizo es la única de carácter estacional.

### **Subcuenca Llanos de Algarrobal y la Jaula y Subcuenca Llanos Chacaritas y las Campanas**

La planicie aluvial característica de estos sectores está cruzada por tres sistemas de drenaje superficial constituidos por cauces intermitentes y comúnmente secos. El primer sistema proviene del sur-este, y está formado por las Quebradas de la Coquimbana y La Varilla, que cruzan en su curso inferior por la Pampa Tololo, y Las Campanillas, Chacaritas, Agua Amarga y El Peñón, entre otras, que conforman la Quebrada Tamarico. El segundo sistema tiene dirección oriente-poniente constituido por la Quebrada de Los Porotillos. El tercer sistema de drenaje superficial escurre a Carrizal Bajo y a los cerros de la Cordillera de la Costa en el extremo noroeste de la planicie, que corresponde a la Quebrada Carrizal. Los tres sistemas mencionados dan origen a la Quebrada Carrizal propiamente tal, junto a la localidad de Chorrillos (DGA, 2009).

Los cauces tienen típicamente una disposición anárquica y esencialmente variable a lo largo del tiempo de acuerdo con precipitaciones que ocurren ampliamente espaciadas en el tiempo. Normalmente los cauces dentro de la cuenca permanecen secos por largos períodos y solamente conducen aguas superficiales, a veces por escasas horas, cuando se presentan lluvias anormalmente intensas que ocurren con frecuencia aproximada de uno en 10 o más años. Estas lluvias de intensidad anormal escurren fácilmente a los cauces secos, a consecuencia de las insignificantes cubiertas vegetacionales que podrían retardar dicho escurrimiento, colmatan rápidamente los fondos de las quebradas en los tramos andinos de éstas y salen como torrentes hacia esta cuenca diseminándose a través de los numerosos zanjones secos que se observan en la planicie aluvial. Así se producen verdaderas corrientes de barro que contribuyen al rellenamiento y también a la modelación de un paisaje siempre cambiante, ya que no necesariamente estas corrientes de barro se encauzan siempre en los mismos zanjones (DGA, 2009).

### **Conclusiones de Hidrología**

La descripción realizada, permite establecer que la cuenca de la Quebrada Carrizal corresponde a un área arreica, ya que no existe escurrimiento superficial. Sin embargo, existen afloramientos de agua subterránea en forma de aguadas en el caso del PNLLC y tranques en el sector de Canto del Agua.

Para la presente investigación, las aguadas del PNLLC son un buen indicador para el diagnóstico del componente hídrico en este sector del área de estudio. De esta forma, el nivel del agua en estas unidades puede sugerir la condición en que se encuentra el acuífero que las abastece.



Las actividades productivas descritas en el presente estudio demandan volúmenes importantes de agua, por lo que existe una fuerte presión sobre los acuíferos de los sectores Llanos de Algarrobal y la Jaula, y Llanos Chacritas y las Campanas. Para lograr establecer una relación entre los acuíferos de todos los sectores de la cuenca de la Quebrada Carrizal, es necesario comprender en mayor medida la hidrogeología del lugar, aspecto que se describe en el siguiente acápite.

De la información obtenida sobre las aguadas, la mayor certeza con la que se cuenta es que el nivel de éstas varía según la estación del año y los factores meteorológicos asociados. Las sequías que han afectado al área de estudio, también dificultan el análisis sobre el efecto de la extracción antrópica de agua en la cuenca a lo largo del tiempo.

### **Hidrogeología**

A continuación se presentan los antecedentes más relevantes obtenidos de la revisión de material bibliográfico. Este material incluyó los siguientes estudios:

- Plan de Manejo del Parque Nacional Llanos de Challe, elaborado por CONAF Atacama, año 1997.
- Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Quebrada Carrizal, elaborado por DGA, año 2009.
- Evaluación Hidrogeológica Preliminar de los Sectores de Algarrobal Bajo y Alto, III Región, elaborado por DICTUC, año 2006.
- Estudio de Factibilidad sobre el Aprovechamiento de Desarrollo Agrícola mediante Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en Tololo Pampa en la Región de Atacama, confeccionado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), año 1988.
- Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Ampliación de Mina Los Colorados, elaborado por Gestión Ambiental Consultores (GAC), año 2009.

#### **Plan de Manejo Parque Nacional Llanos de Challe (CONAF Atacama, 1997)**

El movimiento del flujo subterráneo en el relleno sedimentario de la cuenca Algarrobal – Carrizal, tiene dos direcciones preferenciales, parte de él se dirige hacia el extremo noroeste, donde se acuña en la trampa producida por las rocas impermeables que constituyen la Sierra Pajaritos y el borde oriental de la Cordillera de la Costa; el resto del agua subterránea fluye en dirección Oeste, acumulándose al pie oriental de la Cordillera de la Costa, principalmente en la naciente de la quebrada Carrizal.

El nivel freático en este reservorio se aproxima a la superficie a medida que avanza hacia el Oeste. En el borde oriental, en las proximidades de la estación Algarrobal, tiene una profundidad de 22 a 30 metros, para alcanzar, en el borde oriental de la Cordillera de la Costa, de 0,5 a 2 metros. En la zona de nacimiento de la quebrada de Carrizal,

especialmente en la parte central y sur, el nivel freático alcanza la superficie del terreno, originando una amplia zona de vegas.

Considerando dos de los factores que inciden mayoritariamente en la recarga y descarga de agua, como son la precipitación y la evaporación, debe concluirse que el agua almacenada en este reservorio es, en gran parte, agua fósil.

### **Estudio “Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Quebrada Carrizal” de la Dirección General de Aguas (DGA, 2009)**

En la cuenca de la Quebrada Carrizal la DGA mantiene 5 pozos de control de niveles del agua subterránea. Además existe un sexto punto de control de niveles ubicado fuera de la cuenca pero en las cercanías de ésta, en la estación Algarrobal (ver Figura 25). Los puntos de control se ubican en el sector acuífero denominado Llanos de Algarrobal y la Jaula, y se encuentran cercanos a las captaciones que demandan derechos de aprovechamiento en este acuífero.

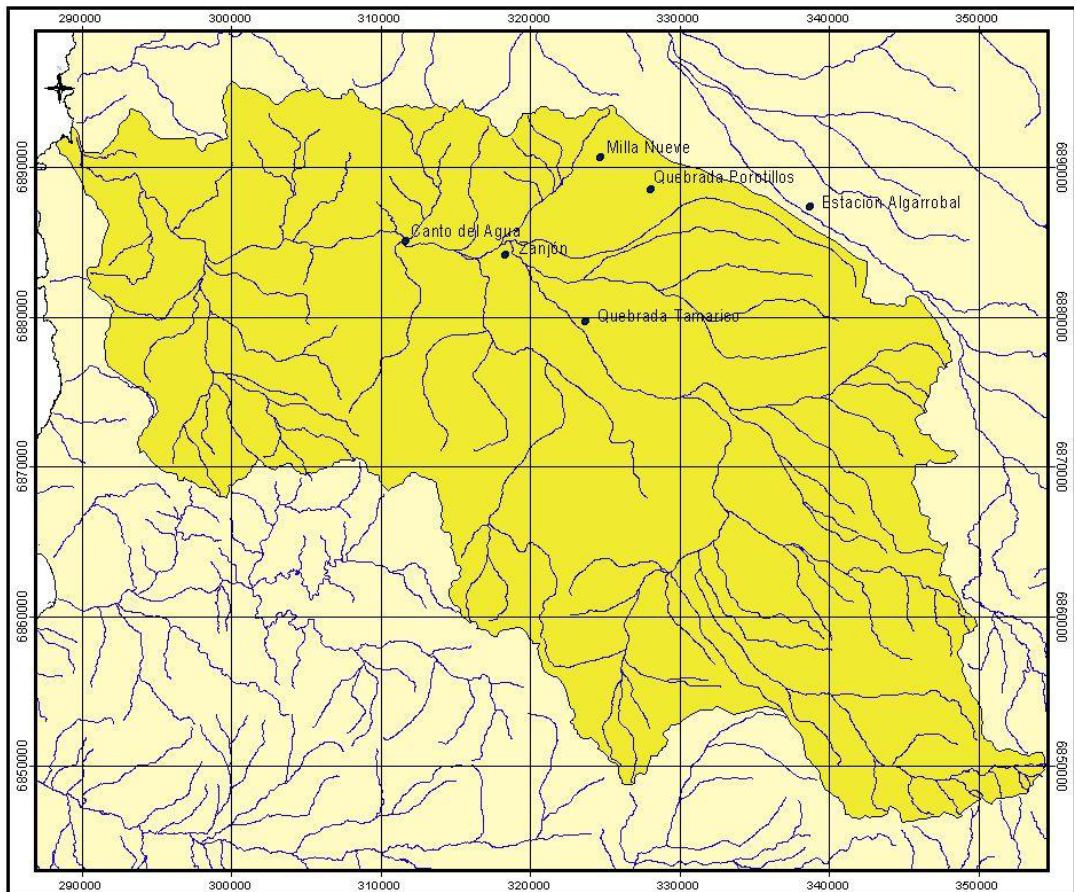


Figura 25. Pozos de Monitoreo en Cuenca Quebrada Carrizal (Fuente: DGA, 2009)

Para el desarrollo del estudio “Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Quebrada Carrizal” (2009), la DGA realizó un monitoreo de los 6 pozos para posterior análisis de la información según la variación de los niveles en el tiempo. Los datos más antiguos de niveles son de fecha marzo de 1989 a excepción del pozo Zanjón (1991), y los registros se mantienen hasta la fecha con la excepción del pozo Canto del Agua (1997).

De la observación de la evolución de los niveles, la DGA pudo constatar que la mayoría de los pozos muestran una leve tendencia a la baja, inferior a 1 metro en general. Sólo en los pozos de Quebrada Tamarico y Milla Nueve el descenso es levemente superior observándose valores del orden de 1,2 y 2 m respectivamente para el periodo de 19 años comprendido entre marzo 1989 y mayo 2008. El pozo Canto del Agua, muestra que su nivel se mantuvo constante entre 1989 y 1997. En el pozo Estación Algarrobal (inmediatamente afuera de la cuenca) la variación de sus niveles reflejaría el impacto de las sequías de fines de los ochenta (1988-1991) y la de 1994-1997 como asimismo la sequía de 2007-2008.

### **Unidades Acuíferas**

La escasa información existente en esta área se encuentra básicamente en los perfiles estratigráficos de los pozos para los cuales se han presentado solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas. Estos pozos, de no más de 100 metros de profundidad, no alcanzan el basamento, existiendo un acuífero sedimentario compuesto por gravas y arenas, con intercalaciones de limos y arcilla.

El conjunto del relleno sedimentario de la subcuenca ubicada aguas arriba del sector Canto del Agua, deriva de aluviones o corrientes de barro cuyos depósitos se caracterizan por consistir de una mezcla de gravas a menudo con bloques o bolones de gran tamaño y con abundante porcentaje de finos de arenas, limos y arcillas. Estos depósitos aluvionales de permeabilidad poco favorable debido al porcentaje de finos arcillosos que muestran corrientemente, presentan intercalaciones más permeables en la ubicación de antiguos cauces que alguna vez posibilitaron el escurrimiento de aguas superficiales capaces de lavar finos y dejar in situ los materiales más gruesos del aluvión. Luego, los acuíferos de buena permeabilidad y susceptibles de rendir cantidades importantes de aguas subterráneas, tendrán típicamente una distribución anárquica y ligada a los antiguos cauces que alguna vez acumularon los materiales favorables, es decir, tales acuíferos tienen escasa a ninguna continuidad lateral y, longitudinalmente, se presentan sinuosos de acuerdo al recorrido de los diversos cauces que los acumularon. Esto significa que las variaciones de permeabilidad son francamente importantes.

**Llanos de Algarrobal y La Jaula.** El sector denominado Llanos de Algarrobal y La Jaula corresponde al sector de mayor potencial hidrogeológico del acuífero de la Quebrada Carrizal y del que se dispone mayor información. Se extiende desde el límite oriente hasta el sector Miraflores - Canto del Agua donde el basamento rocoso compuesto por rocas graníticas aflora, produciéndose un estrechamiento del valle y la somerización del nivel del agua subterránea con la presencia de vegas y vertientes. El acuífero en esta zona ha sido

reconocido hasta los 150 m de profundidad. Abarca una superficie aportante del orden de 940 km<sup>2</sup> y es donde se concentra del orden del 80% de las captaciones de la cuenca Carrizal.

Respecto de la profundidad del nivel estático, se observa que varía de este a oeste, con profundidades del orden de 50 m donde nace la Quebrada Carrizal, y disminuye hacia el sector de Canto del Agua-Miraflores, que corresponde a la zona de descarga del acuífero, donde aflora y da lugar a vertientes que aportan caudal a la Quebrada Carrizal.

**Llanos Chacritas y Las Campanas.** El sector denominado Llanos Chacritas y Las Campanas se ubica en la zona sur de la cuenca de la Quebrada Carrizal y drena hacia el norte a través de las Quebradas Campanillas y Agua Amarga, que confluyen hacia el sector Llano de Algarrobal. En este sector, de 343 km<sup>2</sup>, recae aproximadamente el 20% de las captaciones de aguas subterráneas. La potencia máxima reconocida es de 100 m y aún no se había llegado al basamento. En los pozos que se ubican en su límite norte, la profundidad del nivel freático es del orden de 20 m.

**Llano de Challe.** El sector Llano de Challe, que corresponde al sector bajo y occidental de la cuenca, presenta escaso interés hidrogeológico. Tiene una superficie de 507 km<sup>2</sup>, correspondiendo mayoritariamente a rocas consolidadas. El escaso material sedimentario está asociado a la presencia de la Quebrada Carrizal. En el sector Llano de Challe se encuentran depositadas las Gravas de Challe, unidad constituida por bloques, gravas, arenas y limos, de la cual no se disponen más antecedentes. Este sector se caracteriza porque no existen captaciones de aguas subterráneas.

### **Recarga**

La recarga de los acuíferos en la cuenca de la Quebrada Carrizal proviene del aporte por precipitaciones.

En cada sector hidrogeológico, para el estudio elaborado por la DGA, se asumió como precipitación representativa del sector las obtenidas en las siguientes estaciones pluviométricas:

Llanos de Algarrobal y La Jaula: media entre Canto del Agua y Vallenar DGA

Llanos Chacritas y Las Campanas: Vallenar DGA

Llano de Challe: media entre Totoral y Freirina

La recarga media anual de precipitaciones para cada sector se calculó como la cantidad de agua de precipitaciones que se infiltra en cada sector ponderada por el área de la misma. El porcentaje de agua que se infiltra corresponde al total de las precipitaciones que caen sobre la cuenca ponderada por el coeficiente de infiltración asociado. Esto es:

Recarga media anual por PP = Pp media anual \* Área de la cuenca aportante x Coef. de Infiltración.  
Luego la precipitación media anual por sector, es:

Cuadro 10. Precipitación Media Anual por Área de Sectores Hidrogeológicos

Sector	Pp media anual (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	Pp media anual X Área (L*s <sup>-1</sup> )
Llano de Challe	33,9	507,35	545,38
Llanos de Algarrobal y La Jaula	38,5	940,96	1.148,75
Llanos Chacritas y Las Campanas	43,0	342,70	467,28

Fuente: DGA, 2009

Se adoptó un valor de 3,75% para el coeficiente de infiltración, considerando que para sectores de ubicación similar a los de Quebrada Carrizal, en el estudio “Evaluación de la Explotación Máxima Sustentable del Acuífero de Huasco” elaborado por la DGA, se utilizó dicho valor como valor de la recarga razonable. Luego, la recarga por sector hidrogeológico es:

Cuadro 11. Recarga por Sector Hidrogeológico

Sector	Recarga (L*s <sup>-1</sup> )	Recarga (m <sup>3</sup> /año)
Llano de Challe	20	630.720
Llanos de Algarrobal y La Jaula	43	1.356.048
Llanos Chacritas y Las Campanas	18	567.648
<b>Total Cuenca Quebrada Carrizal</b>	<b>81</b>	<b>2.554.416</b>

Fuente: DGA, 2009

### **Demanda de Recursos Hídricos**

Se entiende como demanda comprometida a la suma de todos los derechos otorgados y en trámite en términos de usos previsible, cuya fecha de ingreso es anterior al último derecho aprobado de acuerdo al articulado permanente del Código de Aguas. Se consideró también como demanda comprometida, las solicitudes ya aprobadas de acuerdo a los artículos 4° y 6° Transitorios de la Ley 20.017 que modificó el Código de Aguas, y las solicitudes tramitadas por el artículo 4° transitorio que corresponden a aquellas presentadas por pequeños productores agrícolas y campesinos, los que se encuentran definidos en el artículo 13 de la Ley N° 18.910.

Cuadro 12. Demandas sectores cuenca de la Quebrada Carrizal al 30 de noviembre de 2008

Sector	Usos existentes y previsible de la Demanda Comprometida al 30 de noviembre de 2008 (m <sup>3</sup> /año)	Usos existentes y previsible de la Demanda Total al 30 de noviembre de 2008 (m <sup>3</sup> /año)
Llano de Challe	0	0
Llanos de Algarrobal y La Jaula	2.688.759	6.939.181
Llanos Chacritas y Las Campanas	574.018	789.094

Fuente: DGA, 2009

### Disponibilidad de Agua Subterránea

En el Cuadro 13 se presenta la información de la demanda de agua subterránea contrastada con la recarga asociada a cada sector.

Cuadro 13. Recarga versus Demandas en Sectores de la Cuenca Quebrada Carrizal

Sector	Recarga Total (m <sup>3</sup> /año)	Usos existentes y previsibles de la Demanda Comprometida al 30 de noviembre de 2008 (m <sup>3</sup> /año)	Usos existentes y previsibles de la Demanda Total al 30 de noviembre de 2008 (m <sup>3</sup> /año)
Llano de Challe	630.720	0	0
Llanos de Algarrobal y La Jaula	1.356.048	2.688.759	6.939.181
Llanos Chacritas y Las Campanas	567.648	574.018	789.094

Fuente: DGA, 2009

Como se puede apreciar en el Cuadro 13, la demanda comprometida supera la recarga total o volumen sustentable en los sectores acuíferos Llanos de Algarrobal y La Jaula y Llanos Chacritas y Las Campanas, lo que significa que la recarga es insuficiente para satisfacer los usos existentes y previsibles de la demanda de aguas subterráneas al 30 de noviembre de 2008, debiendo permanecer cerrados para el otorgamiento de nuevos derechos de aprovechamiento definitivos de aguas subterráneas.

### Estudio “Evaluación Hidrogeológica Preliminar de los Sectores de Algarrobal Bajo y Alto, III Región” (DICTUC, 2006)

El estudio “Evaluación Hidrogeológica Preliminar de los Sectores de Algarrobal Bajo y Alto, III Región”, elaborado por Ingeniería DICTUC en el 2006, adquiere importancia para la presente investigación por la caracterización del Sector Algarrobal Bajo, el cual incluye en parte a la cuenca de la Quebrada Carrizal como se muestra en la Figura 26.

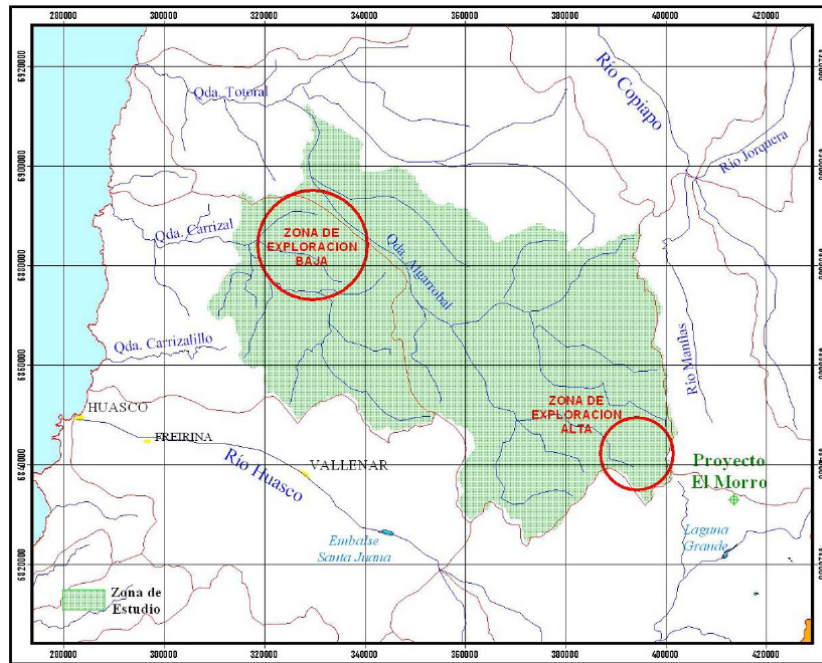


Figura 26. Ubicación de zonas de exploración del DICTUC, 2006

El comportamiento hidrológico de las cuencas formadas por la Quebrada Carrizal y la Quebrada Algarrobal, está afectado de manera importante por la temperatura, debido principalmente a la acumulación de nieve en la zona alta de la quebrada Algarrobal, principal almacenamiento de la zona. Por otro lado la evaporación adquiere un papel importante en los balances hídricos realizados sobre áreas de relleno, ya que la pérdida de humedad por este concepto es importante.

En el Cuadro 14 se presentan las características morfológicas más importantes de las cuencas consideradas por el estudio de Ingeniería DICTUC y la precipitación media anual de las mismas. Se observa que la cuenca que teóricamente tendría una mayor recarga asociada es la quebrada Algarrobal, por contar con una superficie significativamente mayor que la quebrada Carrizal. Adicionalmente, la precipitación media anual es más elevada debido al efecto orográfico de la cordillera de Los Andes.

Cuadro 14. Características Morfológicas de Cuencas en Zona de Exploración Baja

Propiedad	Quebrada Algarrobal	Quebrada Carrizal
Área (Km <sup>2</sup> )	2.981	1.288
Altura Media (msnm)	1.887	619
Precipitación Media Anual (mm)	92	45

Fuente: DICTUC, 2006

Con el fin de establecer un comportamiento general de los recursos en la cuenca y evaluar los aportes a la recarga de los acuíferos, el estudio DICTUC realizó un balance hídrico global en las cuencas formadas por las quebradas Algarrobal y Carrizal, estimando los

distintos componentes del balance usando métodos teóricos y empíricos. Como referencia acerca de estas variables, en la elaboración del estudio se utilizó la información contenida en el Balance Hídrico de Chile (BHCh) publicado en 1987. La ecuación de balance está dada por la siguiente relación:

$$P + Q_{si} + Q_{ui} - E - Q_{so} - Q_{uo} + \Delta s = 0$$

Donde,	<i>P</i>	: Precipitación
	<i>Q<sub>si</sub></i>	: Caudal afluente superficial a la cuenca
	<i>Q<sub>ui</sub></i>	: Caudal afluente subterráneo a la cuenca
	<i>E</i>	: Evaporación desde la superficie
	<i>Q<sub>so</sub></i>	: Caudal efluente superficial
	<i>Q<sub>uo</sub></i>	: Caudal efluente subterráneo
	$\Delta S$	: Variación del almacenamiento de agua en la cuenca

La precipitación se considera como el único componente relevante de entrada al balance hídrico, ya que el caudal afluente superficial es nulo. El caudal subterráneo afluente se considerará nulo para efecto de este análisis.

El balance indica que las únicas salidas de recursos de estas cuencas se producen por conceptos de evaporación superficial y flujo subterráneo. Esta afirmación se realiza en base a que los escurrimientos superficiales son ocasionales, lo que implica que el caudal superficial medio anual de salida de la cuenca es cero.

La variación anual del almacenamiento de agua se considera despreciable, por considerarse un período prolongado de tiempo.

La evaporación real en la cuenca se evaluó en forma empírica con el método de Turc (1955), el cual permite estimar el déficit de escorrentía utilizando como parámetros la precipitación y temperatura media anual. Los resultados indican que la magnitud de la evaporación real anual estimada resulta superior a la precipitación media anual (ver Cuadro 15). El déficit producido, inferior al 5%, se explica debido a que los valores presentados corresponden solo a estimaciones de los valores reales, los cuales son muy difíciles de cuantificar debido a la falta de información.

Cuadro 15. Evaporación real calculada con el método de Turc

Propiedad y/o parámetro	Cuenca Quebrada Algarrobal	Cuenca Quebrada Carrizal
Pp Media (mm)	66	45
T(°C)	12	14
Parámetro Heliotérmico L	595	664
Evaporación Real (mm/año)	69	47

Fuente: DICTUC, 2006



Siendo la precipitación media anual del mismo orden que la evaporación real producida, los resultados indican que la cuenca es árida, siendo los demás componentes del balance hídrico muy bajos, incluyendo el flujo de caudal subterráneo. Por su parte, el balance hídrico de Chile indica que para la zona de estudio, la precipitación media anual varía entre los 25 y 100 mm/anuales y es igual a la evaporación real.

Los resultados obtenidos a nivel global indican que la precipitación media anual es equivalente a los recursos evaporados y que todos los otros términos del balance hídrico son nulos. Estos resultados coinciden con el balance hídrico de Chile de 1987.

El análisis por bandas de altitud en la cuenca asociada a la quebrada Algarrobal, indica que la superficie de la cuenca ubicada sobre los 2.000 msnm, presenta un exceso de recursos hídricos que podrían desplazarse, al menos en parte, a las zonas bajas como recarga del acuífero del sector Algarrobal Bajo. Dicho análisis por bandas de altitud se muestra en mayor detalle en el Anexo I del presente trabajo.

Se ha establecido, en base a distintos métodos de estimación aplicados y a información meteorológica que abarca un período aproximado de 30 años, un rango de variación para la magnitud de los recursos hídricos que están siendo desplazados de la parte alta de la cuenca hacia las partes bajas, como potencial recarga, del orden de 500 a 2.000 L\*s<sup>-1</sup>. Dadas las diferencias de escala entre el tiempo de desplazamiento de los recursos hídricos generados en las partes altas de la cuenca y la información disponible, los rangos aquí entregados son sólo referenciales.

### **Revisión y Análisis del Estudio “JICA – Algarrobal”**

Además de los resultados obtenidos para dicho estudio, el informe final elaborado por Ingeniería DICTUC incluye una revisión detallada de una serie de antecedentes hidrogeológicos obtenidos del “Estudio de Factibilidad sobre el Aprovechamiento de Desarrollo Agrícola mediante Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en Tololo Pampa en la Región de Atacama”, confeccionado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) para la Intendencia Regional de Atacama, en 1988. Los resultados de este último resultan de alta relevancia para lograr un mayor entendimiento de la hidrogeología de la cuenca Algarrobal Bajo.

El estudio JICA-Algarrobal contempló la perforación de un total de profundidad de 690 m para 6 pozos de prueba y un pozo de observación para investigar el potencial de explotación de agua subterránea. Dentro de los muestreos efectuados en los pozos, interesa particularmente para la presente investigación, la prueba de tiempo de abatimiento y observación de recuperación.

A modo de referencia, se presenta un mapa con el emplazamiento de los puntos de ubicación de los pozos del estudio JICA-Algarrobal dentro de la zona de estudio de la presente investigación (cuenca de la Quebrada Carrizal). Dicho mapa corresponde a la Figura 27.

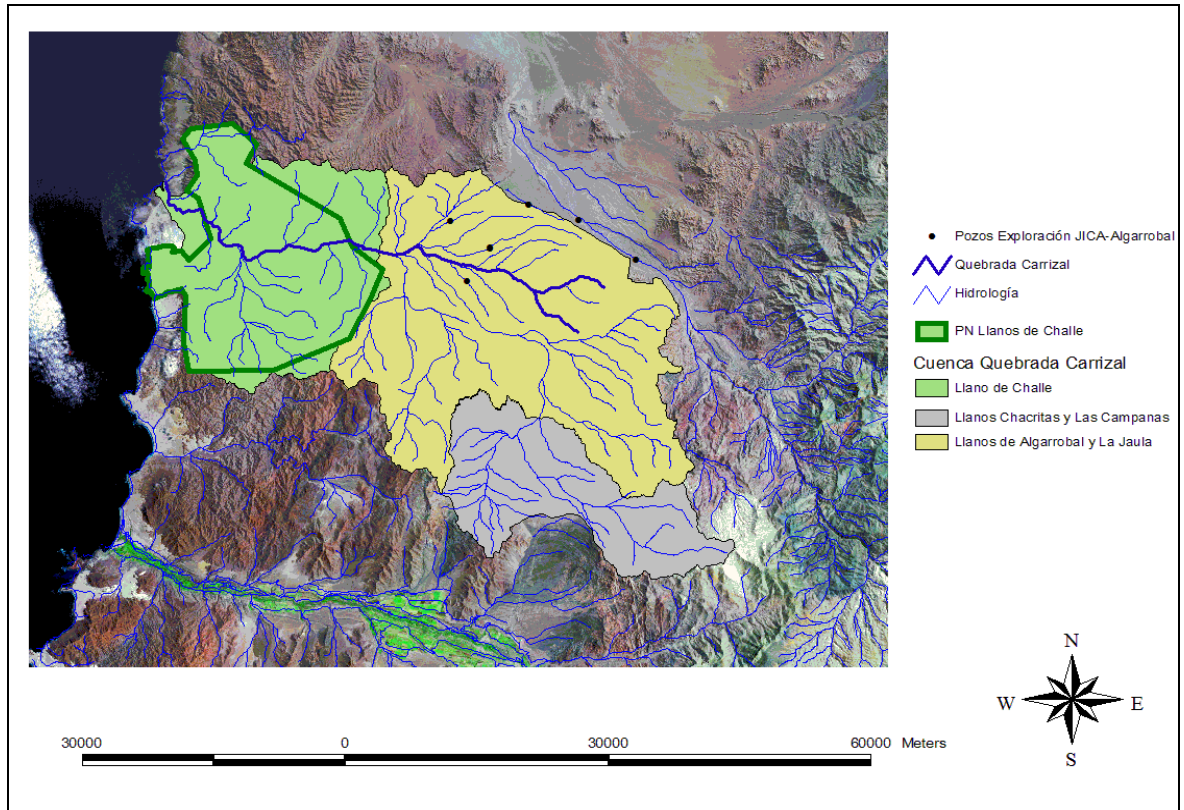


Figura 27. Pozos de Exploración del Estudio JICA-Algarrobal en la Cuenca Quebrada Carrizal  
(Fuente: elaboración propia en base a JICA-Algarrobal en DICTUC, 2006)

**Constantes Hidráulicas.** Las características y resultados más relevantes obtenidos a partir del análisis de las distintas pruebas de bombeo ejecutadas en el estudio JICA-Algarrobal a través de 6 pozos, son los siguientes (DICTUC, 2006):

Los coeficientes de transmisividad (T) estimados en los pozos dan cuenta de que la permeabilidad del acuífero difiere considerablemente según el lugar.

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

**Nivel del Agua Subterránea.** De acuerdo con la información obtenida, entre 1970 y 1988 se ha observado un descenso del nivel del agua en los pozos entubados de alrededor de 10 m en Boquerón Chañar. Este descenso también ha sido observado por los habitantes del área. De acuerdo al informe de Taylor (1947), en esa época había vertientes aún en Milla Nueve, Tabalí y Agua del Lazo. El nivel de aguas subterráneas también habría disminuido en 4 m en el pozo n°30, en la Estación Algarrobal, entre el periodo 1947 y 1988.

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

Durante las campañas en terreno a las localidades de Canto del Agua y Chacritas, la entrevista a los propietarios de los predios incluyó información sobre las características de sus pozos. Doce de los entrevistados conocían la profundidad de sus pozos y el nivel o columna de agua en ellos, estos casos se representan en la Figura a continuación para lograr apreciar el nivel freático en los distintos sectores reconocidos en terreno de la cuenca de la Quebrada Carrizal.

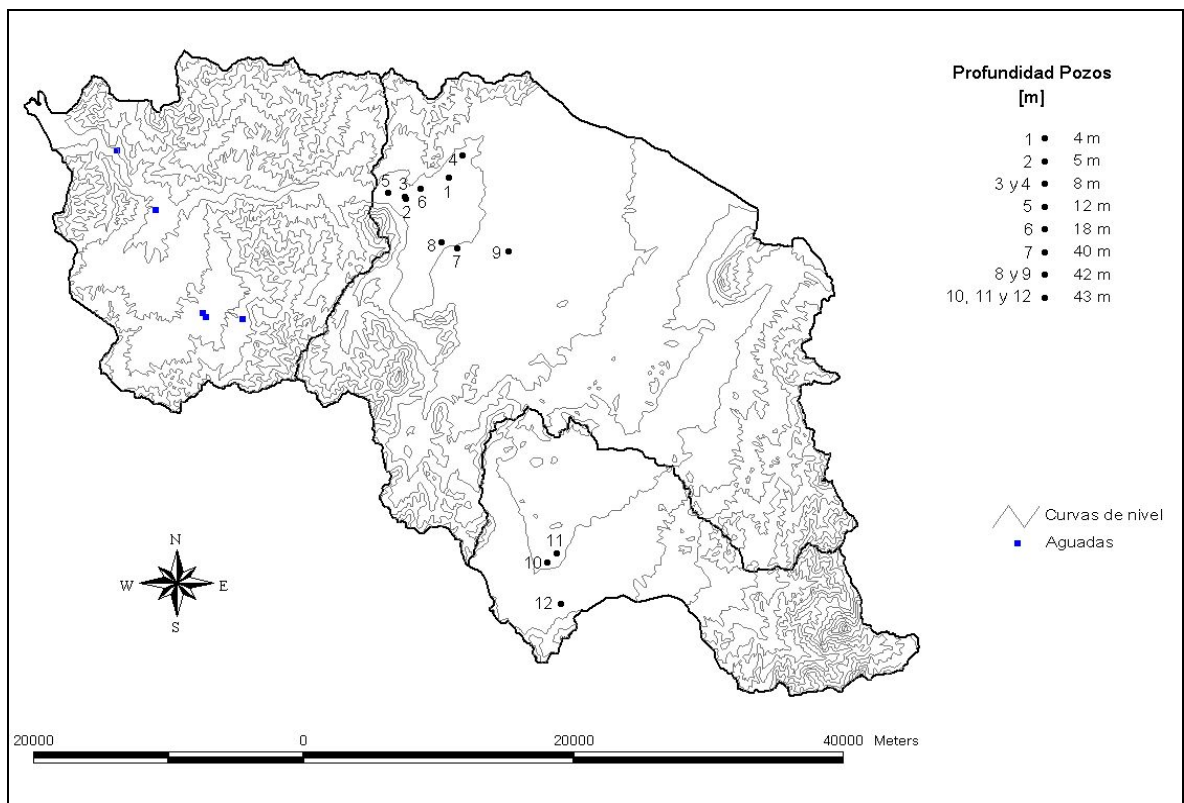


Figura 28. Profundidad de Pozos en la cuenca de la Quebrada Carrizal (Fuente: elaboración propia en base a material cartográfico CONAF)

El nivel o altura de agua en cada uno de los pozos de captación de aguas subterráneas representados en la Figura anterior, se presenta en el siguiente Cuadro, el cual, además, muestra datos importantes del uso del agua que se le da a cada pozo:

Cuadro 16. Profundidad y nivel de agua en pozos de la cuenca de la Quebrada Carrizal

Pozo	N° ha. Plantadas	Frecuencia/tiempo riego	Tipo riego	Profundidad pozo (m)	Nivel del Agua (m)	Disponibilidad agua	Derechos Aprovech.
1	3	2 veces a la semana	No tecnificado (tendido)	4	1,5	Se agota luego del tiempo de riego	2 L*s <sup>-1</sup>
2	0,5	Día por medio, por 1 hr	No tecnificado	5	1	Se agota luego del tiempo de riego	No solicitados
3	2,5	Diario	Tecnificado	8	1	Se agota luego del tiempo de riego	2 L*s <sup>-1</sup>
4	0,5	Día por medio, 2 veces al día, 20 min	No tecnificado	8	2	Se agota luego del tiempo de riego	2,5 L*s <sup>-1</sup>
5	4	16 hr En la semana (cada 8 días)	No tecnificado (por tazas)	12	8	Permanente	No solicitados
6	4	Diario, 1 hr por corte	Tecnificado	18	2	Permanente	6 L*s <sup>-1</sup>
7	10	1 vez a la semana	Tecnificado	40	8	Permanente	42 L*s <sup>-1</sup>
8	10	Cada 4 días, 6 hr	Naranjas y papas: Tecnificado; Forestales: No tecnificado (tendido)	42	9	Permanente	66 L*s <sup>-1</sup>
9	0,5	2 veces por semana, 4-5 hr	No tecnificado (tendido)	42	24	Permanente	18,5 L*s <sup>-1</sup>
10	2	Cada 3 días, 20-30 min	Tecnificado	43	19	Permanente	4,3 L*s <sup>-1</sup>
11	2	Cada 3 días, 20-30 min	Tecnificado	43	19	Permanente	3,8 L*s <sup>-1</sup>
12	2	Cada 3 días, 20-30 min	Tecnificado	43	19	Permanente	3,5 L*s <sup>-1</sup>

Del Cuadro anterior se puede observar que la disponibilidad de agua en los pozos tiene estrecha relación con la profundidad de éstos, de manera que los pozos más profundos tienen disponibilidad permanente de agua. Observando el pozo 5, con una profundidad de 12 m, se puede inferir que en este sector de la cuenca el nivel freático es cercano a la

superficie, sector que coincide con el emplazamiento de la quebrada Carrizal y corresponde al pozo ubicado más hacia el Oeste dentro de la cuenca, casi en el límite de la subcuenca Llano de Challe.

**Mecanismos de Recarga y Descarga.** La infiltración por precipitación es prácticamente cero, a causa de la muy escasa precipitación (20-30 mm/año) y elevada evapotranspiración (1400 mm/año). Generalmente, caen intensamente lluvias (30-50 mm/año) en un corto periodo en el área de captación de la cuenca de la quebrada Algarrobal, sin embargo, esta precipitación raramente infiltra escurriendo cuenca abajo y desapareciendo mediante evapotranspiración después de un almacenamiento temporal o a poca profundidad del subsuelo.

Las edades de las aguas subterráneas son de 2.000 a 4.500 años. Se considera que el agua subterránea almacenada en el área de estudio fluyó a través de las arenas superiores y de las formaciones de grava cuando el nivel del agua era mayor que el actual.

De acuerdo con el análisis hidrológico de las cuencas aportantes al área de estudio, se ha estimado que del volumen total de precipitación sobre las zonas aportantes, finalmente se recarga al acuífero un 0,02%.

El agua subterránea se descarga en las afueras del área de estudio mediante flujo lateral, principalmente hacia Canto del Agua y parcialmente por Boquerón Chañar. De esta forma, el agua subterránea es descargada a través de manantiales, evapotranspiración directa de los manantiales, pozos poco profundos excavados y evapotranspiración en áreas pantanosas. Se estimó el volumen potencial total de evapotranspiración en 10.900 m<sup>3</sup>/d o 126 L\*s<sup>-1</sup>. Este volumen de evapotranspiración es considerablemente alto en comparación con el flujo de descarga lateral del agua subterránea. Además, la evapotranspiración muestra notables variaciones estacionales lo que ocasiona variaciones del nivel de agua subterránea en el área de Zanjón.

Por otro lado, el volumen total de descarga anual de los pozos entubados, pozos excavados y manantiales existentes, se estima en alrededor de 300 m<sup>3</sup>/d o 3,4 L\*s<sup>-1</sup>. Por lo tanto, el volumen total potencial de descarga en el área de estudio se estima en 11.320 m<sup>3</sup>/d o 131 L\*s<sup>-1</sup>.

**Balance.** Comparado con el volumen de recarga estimado en Algarrobal, el volumen de descarga total estimado es superior, lo que indica que el agua subterránea almacenada disminuye en 11.250 m<sup>3</sup>/d o 130 L\*s<sup>-1</sup>. Por lo tanto, el balance de agua del agua subterránea muestra una tendencia al descenso de los niveles de las aguas subterráneas debido al exceso de descarga, lo que se confirma por los largos periodos de disminución de éstos.

Los resultados más detallados de las unidades acuíferas por cada zona descrita en el estudio JICA-Algarrobal, se presentan en el Anexo I.

## **EIA Proyecto de Ampliación Mina Los Colorados (GAC, 2009)**

### **Sector Mina Los Colorados**

El sector Los Colorados se ubica en la subcuenca de la cuenca preandina denominada quebrada Algarrobal. Estas cuencas se caracterizan por tener su desarrollo en los interfluvios de los ríos con cabeceras en las zonas altas de la Cordillera de los Andes. Poseen un desarrollo longitudinal de importancia, sin embargo carecen de recursos hidrológicos de relevancia, ya que sus cabeceras se localizan en área precordilleranas.

En el sector Noreste del área, el drenaje lo efectúan en esa misma dirección los tributarios de las hoyas superiores de las quebradas Hornos y La Varilla que son tributarias de la subcuenca de la Quebrada La Coquimbana que tributa en la Quebrada Tamarico.

**Hoya superior de la Quebrada de Varilla.** En esta zona la unidad estratigráfica saturada tiene un espesor máximo de 160 metros (Sector Punta de Toro). Las principales direcciones de flujo son NO, EO y SO y la profundidad del nivel estático varía entre 15 a 25 m.

El sistema se recarga por aportes subterráneos provenientes del sistema acuífero basal más percolación del sistema acuífero aluvial. La descarga se produce por el O y el N de la Varilla mediante circulación del sistema acuífero basal.

En el EIA presentado en 1996, la cantidad de agua que podría ser extraída de la cubierta sería del orden de los  $25 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ .

En la cubeta La Varilla, específicamente en la localidad de Punta de Toro, se encuentra el pozo para la captación y abastecimiento de agua de los trabajos actuales de Los Colorados. En el yacimiento Los Colorados, el análisis realizado de los sondajes determinó la existencia localizada de agua subterránea colgada, controlada por las fracturas y litografía favorable, no constituyendo niveles freáticos de recarga continua.

**Hoya superior de la Quebrada La Coquimbana.** La Quebrada La Coquimbana drena de la parte Noroeste del sector y lo hace en dirección Norte recibiendo los afluentes de las quebradas Los Colorados y La Negra.

El área del Proyecto no presenta interés hidrogeológico relevante debido a la ausencia de acuíferos de importancia.

### **Análisis Hidrogeológico presentado en el EIA**

Tanto el proyecto como la localidad Canto del Agua se localizan dentro de la cuenca Quebrada Carrizal. En particular, Canto del Agua está emplazada en la Subsubcuenca Quebrada Carrizal, en tanto el pozo de captación de agua Punta de Toro está emplazado en la Subsubcuenca Quebrada Chacritas. En efecto, de acuerdo al estudio referido de la DGA de 2009, ambos puntos, Canto del Agua y Punta De Toro, están localizados en sistemas acuíferos diferentes. Canto del agua se localiza en el sector acuífero Llanos de Algarrobal y

La Jaula, en tanto que Punta de Toro se localiza en el sector acuífero Llanos Chacritas y Las Campanas, sector que se ubica en la zona sur de la cuenca de la Quebrada Carrizal.

Por otra parte, según el estudio del DICTUC, la zona correspondiente a Algarrobal Bajo, donde se emplaza Canto del Agua, recarga desde la cabecera de la Cuenca Algarrobal. Los resultados preliminares obtenidos en este estudio muestran que existe un exceso de recursos en la parte alta de la cuenca, los que a través del tiempo se desplazan como recarga a los acuíferos ubicados en la zona de Algarrobal Bajo.

Respecto al pozo de Boquerón Chañar, y en relación a Canto del Agua, ambos sectores no pertenecen a la misma cuenca. Boquerón Chañar está localizado en la Cuenca Quebrada Totoral, en tanto Canto del Agua corresponde a la Cuenca Quebrada Carrizal.

El flujo principal del acuífero donde se emplaza Boquerón Chañar proviene desde el Este a través de la quebrada Boquerón, y se desplaza hacia el Noroeste hasta el sector de Boquerón Chañar en donde parte del flujo subterráneo se enfrenta al borde impermeable de la cuenca. Si bien los datos existentes permiten confirmar que el flujo subterráneo principal (ver Figura 29), cambia de rumbo y se redirige hacia el suroeste, es probable que una parte del flujo subterráneo de la cuenca tenga una salida hacia el sector norte. De esta forma, y luego de su cambio de rumbo el flujo subterráneo se dirige hacia el sector de Zanjón en donde la napa se acerca bastante a la superficie del terreno.

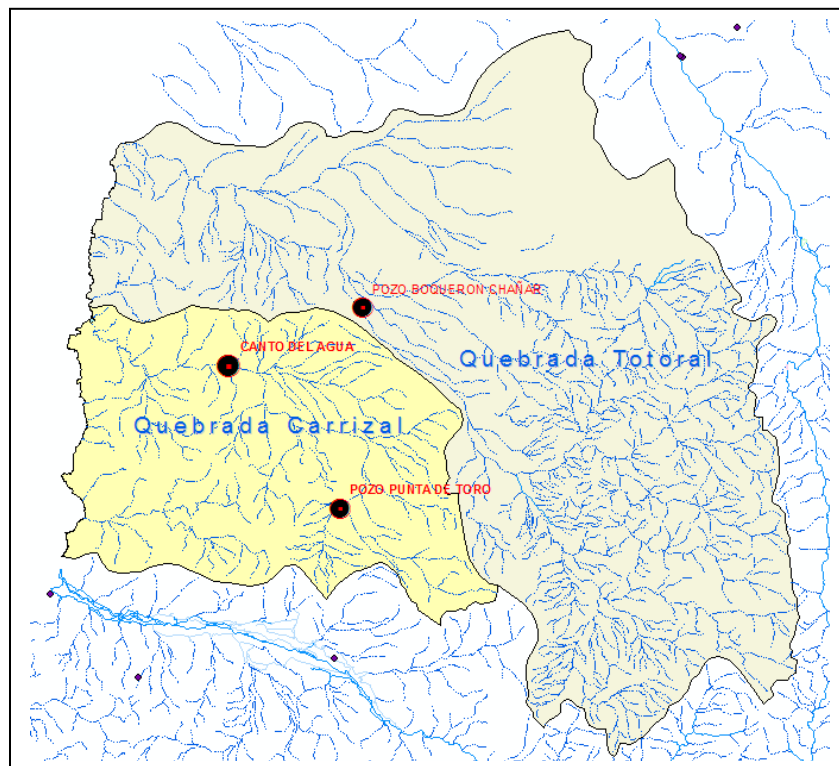


Figura 29. Pozos de Captación de Agua para Mina Los Colorados  
(Fuente: RCA, COREMA 2010)

Finalmente, el agua subterránea de la cuenca termina descargando sus recursos de forma superficial y subterránea hacia el Oeste de Canto del Agua (sector Llano de Challe).

Por lo anteriormente expuesto, el estudio concluye que las extracciones de agua para el Proyecto no afectarían en lo absoluto la disponibilidad del recurso en la localidad de Canto del Agua, toda vez que los acuíferos que alimentan a esta última localidad son distintos a aquellos desde donde fluye el recurso extraído en los pozos Punta de Toro y Boquerón Chañar.

La cuenca donde se ubica el pozo Punta de Toro no está conectada hidrológicamente a la cuenca que surte las aguadas del PNLLC, la que se ubica aproximadamente a 5 km al noroeste de la faena, son dos cuencas separadas por un cordón de cerros de orientación NE, por lo tanto los caudales extraídos del pozo Punta de Toro no tendrían incidencia con el sistema hídrico que alimenta las aguadas del PNLLC, según el estudio.

Por otra parte, es necesario señalar que el proceso minero que tiene y tendrá lugar en la faena de Los Colorados no requiere de agentes químicos para la obtención del producto final, al mismo tiempo que no genera ningún residuo húmedo, susceptible de generar lixiviados que eventualmente pudieran afectar la napa subterránea. De esta manera, el único posible lixiviado corresponde a aquel producido por el contacto de la escasa agua lluvia con el material estéril y los rechazos de la faena, aunque los minerales de hierro y sus rechazos son materiales insolubles. Cabe agregar que estos depósitos corresponden a material directamente extraído del suelo, separados y concentrados por medios mecánicos, sin mediar proceso químico alguno.

### **Conclusiones de Hidrogeología**

Es posible inferir que existe un efecto directo del componente hídrico en el área de estudio, específicamente sobre los acuíferos de donde se extraen aguas subterráneas, debido a que la presión ejercida sobre estos, tanto para riego como uso minero, conlleva a una eventual depresión del nivel freático.

De manera indirecta, podría existir algún nivel de interacción entre los acuíferos de la cuenca de la Quebrada Carrizal, a pesar de que el EIA del Proyecto de Ampliación de mina Los Colorados establezca lo contrario, es decir, que no habría conexión hidrológica entre la cuenca donde se ubica el pozo Punta de Toro y la cuenca que surte las aguadas del PNLLC. Para obtener una opinión experta sobre esta situación en particular, se consultó al profesor Rodrigo Fuster Gómez,<sup>7</sup> docente e investigador de la Universidad de Chile, especializado en recursos hídricos, quien establece que la conclusión hidrogeológica del EIA del Proyecto de Ampliación, resulta discutible. De esta forma, Rodrigo Fuster explica que no se podría establecer conexión hidrológica sólo con los datos con los que dispone el EIA.

---

<sup>7</sup> MSc Ciencias Ambientales, U. Autónoma de Barcelona, España  
Ingeniero Agrónomo, Universidad de Chile [<http://www.dca.uchile.cl/Rodrigo%20Fuster.html>]



El EIA del Proyecto de Ampliación determina que el PNLLC y los pozos de captación de aguas subterráneas se encuentran en subcuencas distintas, por lo que las aguadas del Parque no se verían afectadas por dichas extracciones de agua. Sin embargo, si bien las subcuencas Llanos de Challe y Llanos Chacritas y Las Campanas corresponden a unidades acuíferas diferenciadas, la delimitación realizada por la DGA para la cuenca de la Quebrada Carrizal se basó en características de la superficie de esta zona, es decir, en base a la geología, la geomorfología de la cuenca y la distribución de la demanda de agua. Según Fuster, esta delimitación no necesariamente representa la dinámica de las aguas subterráneas, es decir, la delimitación hidrológica no necesariamente coincide con la delimitación hidrogeológica.

El experto en la materia, al analizar la geología del área de estudio, destaca que los depósitos aluviales de la cuenca de la Quebrada Carrizal, estarían conectados hasta la parte baja de la cuenca, como se puede apreciar en la Figura 16 en la sección “Geología y Geomorfología” de la presente investigación. De acuerdo a lo anterior, los depósitos aluviales permitirían una conexión entre las unidades acuíferas de la cuenca de la Quebrada Carrizal, de tal forma que si las aguadas del PNLLC se ubican sobre dichos depósitos, se verían afectadas por las extracciones de aguas que se realizan en el pozo Punta de Toro, el cual se ubica sobre los depósitos aluviales de la unidad acuífera Llanos Chacritas y Las Campanas.

Del estudio realizado por la DGA, resulta de alta relevancia la situación de los derechos de aprovechamiento en los sectores acuíferos Llanos de Algarrobal y La Jaula y Llanos Chacritas y Las Campanas, ya que la demanda comprometida en éstos supera al volumen sustentable, lo que significa que la recarga es insuficiente para satisfacer los usos existentes y previsibles de la demanda de aguas subterráneas. Dicha situación adquiere mayor importancia si se considera la expansión de las actividades productivas en la zona, como por ejemplo el proyecto de ampliación de mina Los Colorados, el cual tiene asociado un aumento considerable en sus extracciones de agua subterránea.

Dentro del mismo estudio de la DGA, llamó la atención que se considerara al sector Llano de Challe de “escaso interés hidrogeológico”, ya que la existencia de las aguadas, afloramientos de agua subterránea, demuestran lo contrario al presentar agua de forma permanente. Por otro lado, dicho estudio establece que se cuenta con escasa información de este sector acuífero.

Del balance hídrico realizado para el estudio DICTUC, se logra corroborar que las condiciones climáticas de la zona de estudio son poco favorables para la recarga de los acuíferos. Por otro lado, el balance del agua subterránea en el estudio JICA – Algarrobal muestra una tendencia al descenso de los niveles, lo que pueden atribuirle al exceso de descarga de las aguas subterráneas. Al ser el volumen de descarga superior al de recarga, se podría inferir que las aguas subterráneas en este sector corresponden a un recurso no renovable.

Por último, del EIA del Proyecto de Ampliación de Mina Los Colorados, es discutible lo establecido en materia hidrogeológica, ya que se basan principalmente en las delimitaciones hidrológicas de la cuenca de la Quebrada Carrizal para determinar los sectores acuíferos, siendo que no necesariamente los límites hidrológicos coinciden con los límites hidrogeológicos, lo cual fue confirmado por opinión experta. Por lo tanto, la situación de los acuíferos puede ser muy distinta a la dinámica de las aguas superficiales, por lo que para establecer una relación más precisa, se debería llevar a cabo un estudio hidrogeológico más completo, considerando nuevos sondajes en distintos sectores de la cuenca de la Quebrada Carrizal y posterior prueba de agotamiento, a modo de ejemplo.

El EIA del Proyecto, además, se basó en los estudios realizados por DGA y DICTUC, cuyos puntos de control se concentran en el sector norte de la cuenca de la Quebrada Carrizal, siendo que los puntos de captación de agua subterránea para la mina Los Colorados se ubican en el sector sur de la misma. Las principales quebradas donde se ubican dichos pozos de la CMP, es decir, Quebrada de Varilla y Quebrada La Coquimbana, no fueron incluidas en los pozos de control de los estudios DGA y DICTUC. Esto resulta muy relevante, ya que la escasa información del EIA sobre estas quebradas, establece que el sistema se recarga por aportes subterráneos provenientes del sistema acuífero basal más percolación del sistema acuífero aluvial, como también que la Quebrada La Coquimbana drena en dirección Norte, lo que indicaría que aportaría a la Quebrada Carrizal.

Si se considera el bajo nivel de recarga en este sistema acuífero, que a diferencia del sector Norte de la cuenca, no recibe aportes de los sectores altos de la Quebrada Algarrobal, es preocupante la magnitud de extracción de agua subterránea por parte de la CMP, la que aumentará aún más con la puesta en marcha del Proyecto de Ampliación de mina Los Colorados.

Ante la situación anteriormente señalada, sería recomendable llevar a cabo un estudio hidrogeológico con puntos de control distribuidos en todos los sectores acuíferos de la cuenca de la Quebrada Carrizal, de tal manera de apreciar el real efecto de la captación de agua subterránea en el pozo Punta de Toro perteneciente a la CMP.

## - Descripción del Medio Biótico Terrestre

### **Vegetación y Flora**

**Sector Parque Nacional Llanos de Challe.** De acuerdo a lo señalado por Gajardo (1993), el PNLLC está localizado en la Región Ecológica del Desierto, en la Sub-Región del Desierto Costero y, más específicamente, en la Formación Vegetal Desierto Costero del Huasco. Según describe Gajardo, en esta asociación vegetal converge la distribución sur de muchas especies de flora, y a su vez, es el límite norte de muchas otras. Bajo esta mirada, la vegetación del PNLLC presenta una alta diversidad de especies vegetales, alrededor de 208

especies, las que se agrupan en 61 familias y 129 géneros, de las cuales un alto porcentaje se encuentran con problemas de conservación (Meléndez, 2007).

Además de la continuidad de las especies vegetales y de tratarse de una zona de transición vegetacional, esta comunidad presenta varios endemismos del área, como es el caso emblemático del *Leontochir ovallei phill*, o Garra de León, que corresponde a un género endémico y monotípico, que actualmente se encuentra en Peligro de Extinción debido a su escasa distribución y la gran demanda ornamental de su cultivo. La Garra de León tiene su hábitat limitado sólo a algunas quebradas ubicadas en una angosta franja costera que va desde Carrizal Bajo a Totoral Bajo, con un largo aproximado de 30 kilómetros y un ancho no superior a 7 kilómetros (Meléndez, 2007). Dentro de la riqueza florística existente en el PNLLC, las siguientes especies vegetales presentan problemas de conservación:

Cuadro 17. Flora con Problemas de Conservación en el PNLLC

Nombre Científico	Nombre Vernáculo	Estado de Conservación
<i>Leontochir ovallei</i>	“Garra de León”	En Peligro
<i>Neoporteria carrizalensis</i>	“Quisco”	En Peligro
<i>Copiapoa cuprea</i>	“Quisco”	En Peligro
<i>Copiapoa carrizalensis</i>	“Quisco”	Vulnerable
<i>Copiapoa dealbata</i>	“Quisco”	Vulnerable
<i>Telocephala napina</i>	“Quisco”	Vulnerable
<i>Telocephala jungii</i> nov. sp.	“Quisco”	No Definido
<i>Cordia decandra</i>	“Carbonillo”	Vulnerable
<i>Krameria cistoidea</i>	“Pacul”	Vulnerable

Fuente: Meléndez, 2007

El Desierto Costero del Huasco constituye el sector sur del Desierto Costero, en donde la vegetación tiene el mayor grado de continuidad y permanencia. Esto debido a la influencia de las precipitaciones ocasionales y la humedad generada por las neblinas, representando una transición que señala el límite sur de muchas especies y el límite norte de otras. Entre las asociaciones vegetacionales posibles de encontrar en esta Sub –Región están (CONAF 1989, en CONAF Atacama, 1997):

- La comunidad vegetacional del *Heliotropium stenophyllum-Oxalis gigantea* (Monte Negro-Churqui), que es una agrupación vegetacional muy compleja, que probablemente incluye varias asociaciones. Se encuentra ampliamente repartida y en el sector sur de la formación se aleja bastante de las influencias del mar y de sus neblinas, correspondiendo quizás a una unidad más emparentada con el Desierto Florido.
- La comunidad vegetacional *Encella tomentosa-Nolana paradoxa* presenta una fisonomía arbustiva, con una cobertura muy baja y en cuya composición participan muchas especies efímeras, típicas del desierto florido.

- La comunidad vegetal *Sarcocornia fruticosa-Juncus acutus* (Sosa-Cachina), es típica de zonas principalmente salobres. Se encuentra alterada por la influencia humana, presentando una fuerte participación de especies introducidas y ruderales.

En el Anexo II se presentan las especies representativas, especies acompañantes y especies comunes de las comunidades vegetacionales recién descritas.

Es importante destacar que toda el área se ha visto afectada por un prolongado período de sequía, lo que se ve reflejado en el mal estado de la vegetación en general. Esta ausencia de precipitaciones produce un sustancial cambio en la cobertura herbácea y arbustiva. En el caso de la vegetación herbácea este efecto es tan radical que este tipo biológico en la mayoría de las unidades desaparece totalmente y solo encontramos en algunas unidades una muy baja cobertura de especies de herbáceas perennes, como son *Sitpa tortuosa* y *Calandrinia grandiflora*. En cambio en épocas de Desierto Florido, las especies arbustivas aumentan su cobertura entre un 20% y un 40% y, las especies herbáceas, con la aparición de las efímeras geófitas y anuales, pasan de un 0% a un 50% y más de cobertura (CONAF Atacama, 1997).

Algunas de las especies observadas en terreno se muestran a continuación:



Borlón de Alforja (*Polyachyrus* sp. #1555) (Fuente: elaboración propia)



Arbusto de Churqui (*Oxalis gigantea*) y Pata de Guanaco (*Cistanthe grandiflora*)  
(Fuente: elaboración propia)



Amancay (*Balbisia peduncularis*) (Fuente: elaboración propia)

### Conclusiones de Vegetación y Flora

La ubicación del PNLLC puede resultar desfavorable para el medio biótico que alberga, debido principalmente a la actividad antrópica del sector.

Para determinar la condición del componente vegetación y flora, es necesario llevar un registro de las posibles variaciones que éste ha podido tener a lo largo del tiempo. En este caso, lo más determinante corresponde a los factores meteorológicos, por lo que la abundancia vegetal dependerá de los periodos lluviosos o secos.

Al haber ocurrido un largo periodo de sequías en la zona, resulta complejo determinar otras posibles causas para el estado de conservación de algunas especies vegetacionales, sin embargo, durante las entrevistas a Guarda parques de CONAF, se hizo alusión al efecto de los turistas en el PNLLC, quienes extraen ejemplares o semillas de las plantas sobre todo durante el fenómeno del desierto florido.

## Fauna

**Sector Parque Nacional Llanos de Challe.** La fauna en el PNLLC se encuentra asociada a formaciones de matorrales y suculentas, las que se denominan comunidades de matorral, distribuidas entre las latitudes 27° y 30° sur, desde la costa al reborde cordillerano (CONAF, 1993, en CONAF Atacama, 1997).

La fauna característica del PNLLC registra la presencia de varias especies de vertebrados como el Zorro Chilla (*Pseudolopex griseus*); Yaca (*Thylamis elegans*); Chingue (*Conepatus chinga*); Gato Colo-colo (*Felis colocolo*); Halcón peregrino (*Falco peregrinus anatum*) y Guanaco (*Lama guanicoe*) entre otros. Es destacable mencionar que el PNLLC alberga la segunda población más importante de guanacos en Chile. Sin embargo, el mayor mamífero de la fauna silvestre de nuestro país, ha mermado su población en los últimos años debido a múltiples factores entre los que se encuentran la fragmentación de hábitat y la presión de caza; que lo han determinado finalmente como una especie en categoría de conservación Vulnerable a Nivel Nacional y en Peligro de Extinción a Nivel Regional. Cabe mencionar que el guanaco fue parte importante en el desarrollo de las culturas prehispánicas, actualmente es considerado reflejo de la identidad cultural Atacameña, por lo que su conservación constituye un aporte a la valoración del Patrimonio Cultural de la región (Meléndez, 2007).

Las especies de fauna dentro del PLLC que presentan problemas de conservación, se muestran en el siguiente Cuadro:

Cuadro 18. Fauna con problemas de conservación en el PNLLC

Nombre Científico	Nombre Vernáculo	Estado de Conservación
<i>Lama guanicoe</i>	“Guanaco”	En Peligro
<i>Conepatus chinga</i>	“Chingue”	Amenaza Indeterminada
<i>Marmosa elegans</i>	“Yaca”	Rara
<i>Abrocoma benetti</i>	“Ratón Chinchilla”	Amenaza Indeterminada
<i>Pseudalopex griseus</i>	“Zorro chilla”	Vulnerable
<i>Bufo atacamensis</i>	“Sapo”	Vulnerable

Fuente: CONAF Atacama, 1997

De acuerdo a los actores clave entrevistados, específicamente a funcionarios de CONAF Atacama, antes de que se creara el PNLLC la caza ilegal de fauna era mayor, sin embargo, los censos demuestran que la población de guanacos ha disminuido a lo largo de los años, lo cual se debe principalmente a factores antrópicos, como el turismo y la tenencia de perros. El clima también puede afectar la presencia de fauna, ya que ante la ausencia de precipitaciones, disminuyen los niveles de las aguadas y los animales se trasladan en busca de otras fuentes de agua.

Durante las campañas de terreno, se avistaron las siguientes especies:

Mamíferos (ver Figura 30)

- Zorro Chilla (*Pseudolopex griseus*)
- Guanaco (*Lama guanicoe*)

Aves (ver Figura 31)

- Cometocino de Gay (*Phrygilus gayi gayi*)
- Platero (*Phrygilus alaudinus*)
- Bandurria (*Theristicus malanopsis*)
- Halcón Peregrino (*Falco peregrinus anatum*)
- Diuca (*Diuca diuca*)

Reptiles (ver Figura 32)

- Lagartija de Plate (*Liolaemus platei*)



Figura 30. Zorro Chilla y Guanaco en PNLLC (Fuente: elaboración propia)



Figura 31. Aves del PNLLC (de izquierda a derecha: Diuca, Cometocino, Platero y Bandurria)  
(Fuente: elaboración propia)



Figura 32. Lagartija de Plate (Fuente: elaboración propia)

### **Conclusiones de Fauna**

Una situación de alta relevancia del estado actual de la fauna del PNLLC, es la disminución de las poblaciones de guanacos. Si bien los censos se han realizado periódicamente para esta especie en particular, esta disminución podría ser aplicable a otras especies de fauna que estén siendo afectadas por los mismos factores.

### **- Descripción del Medio Perceptual**

#### **Paisaje**

**Parque Nacional Llanos de Challe.** En terreno se pudo comprobar lo variado que es el paisaje dentro del PNLLC.

Dentro del Parque es posible identificar elementos antrópicos. El más evidente de estos es la ruta C-440 (ver Figura 33) que atraviesa el Parque en gran parte de su extensión. En la Quebrada Carrizal se puede observar un pozo que, de acuerdo a información otorgada por Guarda parques, abastece a la comunidad de Carrizal Bajo (ver Figura 34).





Figura 33. Quebrada Carrizal en PNLLC (Fuente: elaboración propia)



Figura 34. Pozo en Quebrada Carrizal  
(Fuente: elaboración propia)

En la Figura 35 se puede apreciar el evidente contraste entre el paisaje de la Quebrada La Higuera y el paisaje dominante del PNLLC.



Figura 35. Quebrada La Higuera vista en altura  
(Fuente: elaboración propia)

El paisaje en el sector costero del PNLLC se muestra en la Figura 36.



Figura 36. Sendero Interpretativo Centenario (Fuente: elaboración propia)

Otro sector significativo del PNLLC corresponde a la Quebrada Barrancones (ver Figura 37), ubicada en el sector central del Parque y de acceso más restringido.



Figura 37. Quebrada Barrancones (Fuente: elaboración propia)

**Canto del Agua (Llanos de Algarrobal y la Jaula).** Se hace evidente la actividad antrópica en este sector, ya que las plantaciones contrastan con el paisaje dominante de escasa a nula vegetación (ver Figura 38). Además, los terrenos parcelados se encuentran bastante cerca unos de otros.



Figura 38. Plantaciones en Parcelas de Canto del Agua (Fuente: elaboración propia)

En la Figura 39 se puede observar una de las parcelas en Canto del Agua, pero también es posible apreciar la típica vegetación nativa del sector, correspondiente principalmente a pequeños arbustos y herbáceas.



Figura 39. Cordillera de la Costa en sector Llanos de Algarrobal y la Jaula (Fuente: elaboración propia)

El sector donde se sitúa la mina Los Colorados se identifica con claridad desde el sector de Canto del Agua, a pesar de existir una distancia considerable entre ellos, lo cual deja en evidencia la gran magnitud de esta operación minera (ver Figura 40).



Figura 40. Mina Los Colorados desde Canto del Agua  
(Fuente: elaboración propia)

Producto de la intervención realizada en mina Los Colorados, es que se ha erradicado parte de la vegetación nativa del lugar, hecho que trae consigo una disminución, tanto de la calidad visual, como de la fragilidad visual del paisaje. Junto a esto, los acopios de la mina son marcas visuales dominantes dentro del paisaje (GAC, 2009).

**Chacritas (Llanos Chacritas y las Campanas).** La actividad antrópica se hace menos evidente que en Canto del Agua, ya que el número de parcelas es mucho menor y éstas se encuentran bastante distanciadas unas de otras. Como se puede apreciar en la Figura 41, la vegetación nativa en este sector es prácticamente inexistente.



Figuras 41. Parcela y paisaje en Llanos Chacritas y las Campanas (Fuente: elaboración propia)

**Carrizal Bajo.** En la localidad costera de Carrizal Bajo, a 50 km al norte de Huasco y muy cercana al PNLLC, se encuentra la desembocadura de la Quebrada Carrizal, que destaca en el árido paisaje por la presencia de una laguna que alberga distintas especies de aves (ver Figura 42). La laguna o humedal de Carrizal Bajo presenta una extensión significativa, como se puede apreciar en la siguiente Figura.



Figura 42. Humedal Carrizal Bajo desde playa y desde puente (Fuente: elaboración propia)

### Conclusiones de Paisaje

La cuenca de la Quebrada Carrizal recibe un alto grado de intervención antrópica, sobre todo en la subcuenca Llanos de Algarrobal y la Jaula por la presencia de la mina Los Colorados y la localidad de Canto del Agua. El relieve es un elemento importante del paisaje del lugar; sitios con pendientes moderadas, confieren al sector un plano de visualización más complejo que lugares más planos, siendo una escala visual entre los sectores planos y los sectores más escarpados. Sin embargo, y pese a que las pendientes ejercen una influencia positiva sobre la calidad visual, la baja diversidad, tanto en número de especies como de estratos de vegetación, hacen que su calidad disminuya.

La variedad de paisajes dentro del PNLLC se puede atribuir a la influencia de masas húmedas provenientes de la costa (camanchaca), las cuales crean condiciones más propicias para la vegetación principalmente hasta alcanzar las cumbres más altas del Parque, notándose mayor aridez en los sectores ubicados detrás de estas corridas montañosas.

Las diferencias de paisaje también son notorias entre las quebradas del PNLLC, lo cual se atribuye a la extensión de las aguadas existentes en cada una de ellas. Se pudo comprobar que la quebrada La Higuera, al poseer distintos tipos de aguadas, alberga mayor diversidad vegetal.

Hacia los sectores más altos de la cuenca en estudio, dominan las planicies y la aridez. Por lo general, se pudo percibir en Canto del Agua y Chacritas que la actividad agrícola es poco invasiva y a simple vista no da cuenta de efectos importantes para el medio ambiente. En el caso de la mina Los Colorados, su efecto sobre el paisaje es mayor por su gran envergadura y resulta más evidente la constante producción de sus faenas por el levantamiento de material particulado.

### 5.3. Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales más Relevantes Producto de los Procesos Antrópicos

#### 5.3.1. Riesgos e Impactos Ambientales Probables derivados de las Actividades circundantes

El siguiente Cuadro presenta los riesgos e impactos probables que se desprenden de las principales acciones identificadas para cada actividad productiva o antrópica en general. Los impactos que se describen como probables no necesariamente serán considerados impactos reales, ya que esta última característica depende del cruzamiento con la información respecto del estado y condición del medio (estudio de línea de base).

Cuadro 19. Riesgos e Impactos Probables de las Actividades Productivas

Actividad	Agricultura	Efectos	Riesgos y/o Impactos Probables
Acciones	Extracción de agua subterránea para riego	Depresión del nivel freático	Alteración de disponibilidad de agua para el medio biótico del PNLLC
	Extracción de agua subterránea para consumo doméstico		
	Extracción de agua subterránea adicional en periodo de cosecha		
	Aplicación de agroquímicos	Percolación de sustancias nocivas a la napa	Contaminación de agua subterránea
Actividad	Ganadería	Efectos	Riesgos y/o Impactos Probables
Acciones	Pastoreo del ganado	Alteración de la pradera natural del PNLLC	Cambios en la composición vegetal
			Degradación selectiva
			Alteración de hábitat; competencia entre especies nativas y domésticas
	Pisoteo	Erosión y compactación de suelo	
Extracción de agua para consumo de animales	Depresión del nivel freático	Alteración de disponibilidad de agua para el medio biótico del PNLLC	

(Continúa)

<b>Actividad</b>	<b>Pequeña Minería</b>	<b>Efectos</b>	<b>Riesgos y/o Impactos Probables</b>
<b>Acciones</b>	Operación de piques	Presencia humana y ruido	Fragmentación de hábitat Ahuyentamiento de fauna
	Perforación de piques	Ruido y vibraciones	Ahuyentamiento de fauna
	Exploraciones de pirquineros	Presencia humana	Alejamiento de fauna
		Extracción de flora o semillas	Cambios en la composición vegetal
	Tenencia de perros	Ataques a fauna	Disminución de población y ahuyentamiento
	Transporte de material	Riesgo de atropello de fauna	Disminución de población
		Ruido	Ahuyentamiento de fauna
		Emisión de polvo	Contaminación del aire Disminución de capacidad fotosintética
Aplicación de nuevas tecnologías	Incremento en la explotación por parte de nuevas empresas	Intensificación de los impactos y riesgos anteriores asociados a pequeña y mediana minería	
Incremento de la actividad por factor precio	Mayor consumo de agua por aumento de la población en sector Canto del Agua	Alteración de disponibilidad de agua para el medio biótico del PNLLC	
<b>Actividad</b>	<b>Minería Industrial</b>	<b>Efectos</b>	<b>Riesgos y/o Impactos Probables</b>
<b>Acciones</b>	Emplazamiento de grandes obras del Proyecto de Ampliación		Pérdida de una fracción de los microhábitats existentes en las áreas de ampliación
	Explotación de la mina	Emisión de polvo	Contaminación del aire
	Operación de la planta de beneficio		
	Perforación		
	Tronaduras	Ruido y vibraciones	Ahuyentamiento de fauna
		Emisión de polvo	Contaminación del aire
Operación de maquinarias	Ruido y vibraciones	Ahuyentamiento de fauna	

(Continúa)

	<b>Minería Industrial</b>	<b>Efectos</b>	<b>Riesgos y/o Impactos Probables</b>
	Tránsito vehicular	Emisión de polvo	Disminución de capacidad fotosintética Contaminación del aire
		Compactación de suelo en sector mina	Reducción de la capacidad y velocidad de infiltración del suelo
			Reducción de la recarga del acuífero
		Riesgo de atropello de fauna	Disminución de población
<b>Acciones</b>	Transporte de mineral y estéril	Emisión de polvo	Contaminación del aire
		Emisión de gases	Contaminación del aire
		Compactación de suelo en sector mina	Reducción de la capacidad y velocidad de infiltración del suelo
			Reducción de la recarga del acuífero
		Ruido	Ahuyentamiento de fauna
	Chancado, molienda y concentración	Emisión de polvo	Contaminación del aire
	Transporte por correas y acopio de mineral		
	Efluentes sanitarios	Riesgo de percolación de sustancias nocivas a la napa	Contaminación bacteriana de aguas subterráneas
	Almacenamiento de combustible y reactivos	Riesgo de percolación de sustancias nocivas a la napa	Posible contaminación de aguas subterráneas
	Botaderos de estéril		Alteración de cauces de drenaje
			Pérdida de paisaje
	Extracción de agua para uso industrial	Depresión del nivel freático	Alteración de disponibilidad de agua para el medio biótico del PNLLC
	Extracción de agua para consumo humano		
Desechos y residuos sólidos	Dispersión de residuos y desechos	Cambio de hábitos alimenticios de fauna	
Presencia humana	Intrusión en sectores no industriales	Extracción de flora o semillas (Cambios en la composición vegetal)	
		Hostigamiento y/o caza de fauna (Alteración de hábitat, ahuyentamiento y disminución de población)	

(Continúa)








Actividad	Acciones de la Comunidad Rural	Efectos	Riesgos y/o Impactos Probables
	Tránsito vehicular en la ruta C-440	Ruido	Ahuyentamiento de fauna
		Riesgo de atropello de fauna	Disminución de población

### 5.3.2. Identificación y Valoración de Impactos Reales

Las acciones del Cuadro anterior, deben ser evaluadas para identificar a aquellas que efectivamente tengan un impacto sobre los componentes ambientales del PNLLC y no sólo sobre el medio inherente a cada actividad.

En el Cuadro 20 se presenta la Matriz de Leopold adaptada para el propósito de evaluación cualitativa de la presente investigación. A cada celda de dicha matriz, se le asignó un valor de acuerdo a las siguientes categorías de impacto sobre los componentes ambientales del PNLLC:

	Sin relación
	Sin Impacto
	Impacto Inapreciable
	Impacto poco Significativo
	Impacto Significativo

Para determinar el valor o categoría (mediante colores) de cada celda, el análisis se basó en la magnitud y la importancia del impacto.

Cuadro 20. Matriz de Leopold Modificada

Componentes Ambientales PNLLC	Hidrología	Suelo	Vegetación			Fauna		Atmósfera	Paisaje
	Calidad	Disponibilidad	Densidad aparente	Cobertura	Composición	Capacidad fotosintética	Hábitat	Población	Calidad del aire
Extracción de agua subterránea		■		■			■	■	
Aplicación de agroquímicos	■								
Pastoreo del ganado			■	■	■		■		
Extracción de agua subterránea		■		■			■	■	
Operación de piques			■				■		
Perforación de piques			■			■	■		■
Exploraciones de pirquineros					■		■		
Tenencia de perros							■	■	
Transporte			■			■	■	■	
Aplicación de nuevas tecnologías			■		■	■	■	■	
Incremento de la actividad por factor precio		■							

(Continúa)

Componentes Ambientales PNLLC		Hidrología		Suelo	Vegetación			Fauna		Atmósfera	Paisaje
		Calidad	Disponibilidad	Densidad aparente	Cobertura	Composición	Capacidad fotosintética	Hábitat	Población	Calidad del aire	
<b>MINERÍA INDUSTRIAL</b>	Emplazamiento de obras Proyecto de Ampliación				Orange	Orange		Red	Red	Orange	Red
	Explotación de la mina						Green			Orange	Orange
	Operación de la planta de beneficio						Green			Orange	Orange
	Perforación						Green	Orange		Yellow	
	Tronaduras						Green	Red		Yellow	
	Operación de maquinarias							Orange			
	Tránsito vehicular			Yellow			Green	Red	Red	Orange	
	Transporte de mineral y estéril			Green			Green	Orange	Red	Orange	
	Chancado, molienda, concentración						Green			Yellow	
	Transp. correas y acopio de mineral						Green			Yellow	
	Efluentes sanitarios	Orange									
	Almac. de combustible y reactivos	Orange									
	Botaderos de Estéril										Orange
	Extracción agua subterránea		Green		Green			Green	Green		
	Desechos y residuos sólidos							Orange			
	Presencia humana					Orange		Orange			
<b>COMUNIDAD RURAL</b>	Tránsito vehicular en la ruta C-440						Orange	Orange			

## **Justificación de Valores de Impacto de la Matriz de Leopold Modificada**

A continuación se justificará cada una de las celdas de la Matriz de Leopold modificada presentada en el Cuadro 20.

- **Acciones de la Actividad Agrícola**
  - **Extracción de Agua Subterránea**

**Impacto sobre disponibilidad de agua.** Los actores clave entrevistados perciben como principal efecto negativo de la actividad agrícola al alto consumo de agua, lo cual podría tener incidencia sobre el nivel de las aguadas del PNLLC, unidad ecológica básica para el sustento de la biodiversidad, lo cual se agudiza por la falta de regularización por parte de la DGA. Por esta razón, la importancia de este impacto sería alta desde el punto de vista humano, sin embargo, tras el análisis de la información recopilada para la presente investigación y de acuerdo a la opinión experta de Rodrigo Fuster, la magnitud del impacto sería baja por su condición local.

Fuster señala que el agua utilizada para riego reingresa al sistema acuífero en su mayor proporción, especialmente cuando se aplica riego no tecnificado por los altos niveles de pérdidas por percolación. Para el riego tecnificado o por goteo, el consumo de agua es menor por su mayor rendimiento y mínimas pérdidas por percolación. Además, la agricultura requiere que los suelos no estén compactados, lo que favorece aún más la percolación. De esta forma, gran parte del agua que se bombea de los pozos sería reincorporada al poco tiempo a la misma napa subterránea de la cual se extrae. Por otro lado, aunque se considerara la alta demanda de recursos hídricos en el área de estudio y la fuerte presión ejercida sobre los acuíferos, el impacto recaería principalmente a nivel local, es decir, sobre los acuíferos de donde se extraen aguas subterráneas.

Según Fuster, las únicas aguadas del PNLLC que pudiesen verse afectadas por la depresión del nivel freático aguas arriba en la cuenca de la Quebrada Carrizal, serían Administración y El Carrizo, las cuales se encuentran sobre los depósitos aluviales de la cuenca. Estos depósitos aluviales permitirían una conexión entre el acuífero que abastece dichas aguadas y los acuíferos en los sectores más altos de la cuenca, sin embargo, el gradiente en el sector donde se encuentran las aguadas Administración y El Carrizo, demuestra que la dirección de los flujos hídricos se realizaría en dirección contraria, lo que implicaría que estas aguadas reciben aportes desde otros sectores de la subcuenca Llano de Challe.

Se podría concluir, entonces, que las captaciones de agua subterránea en Llanos de Algarrobal y la Jaula no afectarían al sector acuífero Llano de Challe, condición favorable para las aguadas del PNLLC, las cuales mantendrían sus niveles por el aporte de aguas fósiles propias del sector y de recarga por precipitación y masas húmedas provenientes de la costa. Por lo tanto, no existiría impacto sobre la disponibilidad de agua del PNLLC producto de la extracción de agua subterránea para la actividad agrícola.

**Impacto sobre cobertura vegetal.** La extensión de la vegetación está totalmente ligada a la cantidad de agua disponible, pero ésta última, al no ser afectada por la actividad agrícola, no tendría un impacto sobre la vegetación del PNLLC.

**Impacto sobre hábitat de fauna.** Al no existir impacto sobre la disponibilidad de agua del PNLLC, el hábitat de las especies animales presentes en el PNLLC no se vería afectado por la extracción de agua subterránea.

**Impacto sobre poblaciones de fauna.** La escasez de agua puede provocar migraciones de distintas especies, reduciendo de esta forma las poblaciones animales presentes en el PNLLC, sin embargo, dicha escasez no sería provocada por las extracciones de agua subterránea para uso agrícola.

- **Aplicación de agroquímicos**

**Impacto sobre calidad de agua subterránea.** La magnitud de los aportes de agroquímicos al suelo se considera baja, de acuerdo a las entrevistas realizadas y a la visualización de las actividades en terreno, ya que son pequeños agricultores, con reducidas superficies y reducidos recursos económicos, por lo que no existe capacidad económica como para usar grandes volúmenes de agroquímicos, considerando también el tipo de cultivos. Por otra parte, la profundidad de las napas alcanza los 50 m en la subcuenca Llanos de Algarrobal y la Jaula (donde se ubica Canto del Agua, localidad más cercana al PNLLC y con mayor cantidad de hectáreas plantadas), según quedó establecido en el estudio de línea de base. Tomando en consideración que en la zona prácticamente no existen precipitaciones y los riegos son escasos (por el tipo de cultivo), la lixiviación de los componentes químicos puros (contaminantes) no podría alcanzar la profundidad a que se encuentran las napas, degradándose los componentes químicos por la propia actividad edáfica. Por lo señalado, se considera que no existe impacto sobre la calidad de aguas subterráneas derivado de la acción.

- **Acciones de la Actividad Ganadera**

- **Pastoreo del Ganado**

**Impacto sobre la densidad aparente del suelo.** Según lo que han podido observar los Guarda parques a lo largo de los años en el PNLLC, un problema bastante grave del ganado caprino es que al alimentarse arranca la planta casi en su totalidad, lo que dificulta su recuperación. Esto se traduce en erosión y compactación del suelo, creando zanjas.

Según los Guarda parques del PNLLC, el pastoreo de cabras se realiza principalmente en épocas de desierto florido, ya que la mayor parte del año el sector de Canto del Agua y sus alrededores son desprovistos de vegetación, debido a las condiciones áridas predominantes del terreno. De esta forma, existe riesgo de ingreso de ganado al PNLLC, sólo cuando ocurre el fenómeno de desierto florido y aumenta la cobertura vegetal en la zona.

En terreno se pudo constatar que sólo uno de los entrevistados se dedica prioritariamente a esta actividad, contando con un total de 48 cabras. Dicho número de animales se considera reducido, además, existe mayor control del ganado y una mayor conciencia ecológica de los habitantes de Canto del Agua, respecto del Parque. Por otro lado, los suelos del área de estudio, al encontrarse normalmente secos, impiden o al menos dificultan su compactación producto del pisoteo del ganado. Por lo señalado se estima que la magnitud del impacto sobre los suelos del PNLLC, es baja, pero por la manera en que las cabras se alimentan, pudiendo arrancar completamente las plantas, facilitando así la erosión, el impacto sobre la densidad aparente de los suelos del Parque, adquiere una importancia significativa.

**Impacto sobre cobertura vegetal.** Por el reducido tamaño de ganado existente actualmente en la zona de estudio, este impacto se considera de baja magnitud, pero considerando el ingreso de ganado al PNLLC como un riesgo, la importancia de este impacto puede resultar más significativa.

**Impacto sobre composición vegetal.** A pesar de la situación que se pudo observar en terreno, donde se constató un tamaño reducido de ganado, no se debe descartar el riesgo de que éste ingrese al PNLLC en épocas de desierto florido. Si el pastoreo ocurre sin el manejo apropiado, el ganado va a preferir las especies más forrajeras para alimentarse, provocando una degradación selectiva. Por el número reducido de cabras existentes actualmente en el área de estudio, el impacto sobre la composición vegetal se considera más bien un riesgo y la mayor parte del tiempo, de baja magnitud, sin embargo, de existir degradación selectiva de especies, esto se puede traducir en un impacto de alta importancia por la presencia de especies nativas con problemas de conservación dentro del PNLLC.

**Impacto sobre hábitat de fauna.** La presencia de ganado dentro de los límites del PNLLC, puede provocar competencia por alimento entre especies nativas y domésticas. Como ésta corresponde más bien a una situación de riesgo, el impacto sobre el hábitat se considera de baja magnitud.

- **Extracción de Agua Subterránea**

Como se explicó anteriormente para la actividad agrícola, no existiría relación hidrológica entre las subcuencas en estudio, por lo que no habría impacto sobre los componentes del PNLLC asociado a la disponibilidad de agua subterránea.

- **Acciones de la Actividad Minera de Pequeña Escala**

Como en terreno no fue posible observar las faenas de los pirquineros, se dificulta la valoración de los impactos en cuanto a su magnitud, por lo que la evaluación se basa principalmente en la importancia que los actores clave entrevistados le asignan a los impactos de esta actividad sobre los componentes ambientales del PNLLC.

- **Operación de Piques**

**Impacto sobre suelo.** Los piques mineros se localizan en el sector de Carrizal Alto, localidad que se ubica fuera de los límites del PNLLC, pero a corta distancia de él. De acuerdo a los Guarda parques, los pirquineros efectúan sus faenas de manera artesanal, sin uso de maquinarias ni explosivos, ya que aprovechan los piques realizados en épocas pasadas de mayor auge minero. Como los suelos donde se encuentran los piques no pertenecen al PNLLC, el impacto sobre ellos sería inapreciable.

**Impacto sobre hábitat de fauna.** A pesar de que Carrizal Alto se ubica fuera de los límites del PNLLC, la fauna es un componente con capacidad de desplazamiento o movilidad, por lo que considerando la cercanía entre el Parque y la operación de piques mineros, no se debe dejar fuera a la fauna que se desplaza por Carrizal Alto hacia o desde el PNLLC. El ruido y la presencia humana producto de la actividad minera, afectan directamente a la fauna de los alrededores, provocando ahuyentamiento y fragmentación de hábitat. Como las faenas de los pirquineros son de carácter artesanal, los niveles de ruido no tendrían un impacto de magnitud significativa, sin embargo, la presencia humana puede generar un impacto de alta importancia por alterar rutas de desplazamiento y por ende, el hábitat de fauna como en el caso del Guanaco (*Lama guanicoe*), especie de Movilidad Alta y en Peligro de Extinción en la Región de Atacama.

- **Perforación de Piques**

**Impacto sobre suelo.** La densidad aparente del suelo podría verse mayormente afectada que para el caso de operación de piques, pero al tratarse de suelos que no pertenecen al PNLLC, no existiría impacto sobre este componente en el Parque.

**Impacto sobre capacidad fotosintética de vegetación.** La perforación de nuevos piques requiere aplicación de maquinaria o mecanismos que tiene por efecto el levantamiento de polvo, especialmente en suelos secos como los que predominan en la región. Por efecto del viento, posteriormente dicho material particulado será transportado hasta terminar depositándose a cierta distancia, dependiendo de la velocidad y dirección del viento. Si el polvo se deposita finalmente sobre superficies vegetacionales, se reduce su capacidad fotosintética.

Los únicos registros de viento en el sector, corresponden a las mediciones realizadas para el EIA del Proyecto de Ampliación de Mina Los Colorados, como se estableció en la Línea de Base de la presente investigación. Según dichas mediciones, la dirección predominante del viento ocurriría en sentido contrario al PNLLC, por lo se reduce la posibilidad de que el polvo generado por la perforación de piques, alcance los límites del Parque. Por el carácter ocasional de esta acción, las emisiones de polvo serían mínimas, además, la distancia entre el PNLLC y Carrizal Alto puede resultar suficiente para que dicho material se deposite en otros sectores y no alcance los límites del Parque, o al menos para disipar sus efectos. De

manera adicional, en la Línea de Base se estableció que la geomorfología del PNLLC también favorece el resguardo de sus componentes ambientales, ya que presenta barreras naturales a modo de altas cumbres y quebradas que impiden la dispersión de material particulado. Por las razones expuestas, no existiría impacto o sería inapreciable sobre la capacidad fotosintética de la vegetación presente en el PNLLC.

**Impacto sobre hábitat de fauna.** El ruido y las vibraciones provocadas por la perforación de piques, puede resultar altamente perjudicial para la fauna que se desplaza por Carrizal Alto y sus alrededores. Si bien esta acción se realiza de manera ocasional, sus efectos pueden ser incluso más perjudiciales para la fauna que la operación constante de piques, ya que el ruido y las vibraciones generadas alcanzan un rango mayor de distancia, provocando mayor ahuyentamiento. Por esta razón, el impacto sobre el hábitat de distintas especies animales a causa de la perforación de piques, se considera de alta magnitud e importancia.

**Impacto sobre calidad de aire.** El impacto sobre la calidad de aire por emisión de polvo al realizarse perforación de piques, se considera de baja magnitud e importancia por la baja frecuencia de perforaciones requeridas por los pirquineros, además de los métodos artesanales aplicados que no implicarían mayor levantamiento de polvo. Los argumentos establecidos para el impacto sobre la capacidad fotosintética de la vegetación, también son aplicables a este caso, resultando por tanto en un impacto inapreciable dentro del PNLLC.

- **Exploraciones de Pirquineros**

**Impacto sobre composición vegetal.** Para llegar a las faenas mineras o realizar nuevas prospecciones, los pirquineros deben recorrer el sector de Carrizal Alto y sus alrededores. Durante estas exploraciones, pueden encontrar en el camino ejemplares de flora que resulten altamente llamativos, como lo son varias especies endémicas de la zona. De esta forma, existe riesgo de extracción de dichos ejemplares ya sea para fines ornamentales o comerciales, especialmente en época de desierto florido. Dado el estado de conservación de varias especies florísticas características de la Región de Atacama, el cambio en la composición vegetal puede resultar muy grave si los pirquineros se acercan demasiado a los límites del PNLLC, ya que se estaría reduciendo la capacidad de polinización de las especies afectadas. A modo de ejemplo, una de las especie que podría verse más afectada, corresponde a la Garra de León (*Leontochir ovallei*), de gran atractivo y en Peligro de Extinción. Por esta razón, dicho impacto se considera de alta importancia y por tanto, significativo en la matriz, a pesar de que la magnitud sea baja por tratarse más bien de un riesgo.

**Impacto sobre hábitat de fauna.** La presencia humana en general provoca ahuyentamiento y alejamiento de fauna, existiendo además, riesgo de hostigamiento por parte de los pirquineros. Las exploraciones pueden extenderse más allá del sector de Carrizal Alto, por lo que el impacto sobre el hábitat de distintas especies de fauna se considera de alta importancia.



- **Tenencia de Perros**

**Impacto sobre hábitat de fauna.** De acuerdo a lo que han podido observar los Guardas parques del PNLLC, el impacto de la pequeña minería recae principalmente sobre los Guanacos por la presencia de perros que los pirquineros llevan a sus faenas, los cuales perturban el hábitat intentando cazar individuos de fauna. Como la tenencia de perros es algo común en la actividad minera de pequeña escala, su impacto sobre el hábitat de fauna se considera de alta magnitud y alta importancia por los problemas de conservación de especies, especialmente para el caso del Guanaco.

**Impacto sobre poblaciones de fauna.** Los ataques de perros a Guanacos es un tema prioritario para CONAF, ya que los censos indican una clara disminución de la población y se han encontrado muchos cadáveres de Guanacos atacados por perros. El problema se agrava cuando los perros se juntan en jaurías y llegan hasta el PNLLC, lo que aumenta la magnitud del impacto sobre las poblaciones de fauna y dados los problemas de conservación, la importancia se considera muy alta.

- **Transporte**

**Impacto sobre suelo.** El impacto sobre la densidad aparente del suelo es inapreciable, ya que el transporte se efectúa fuera de los límites del PNLLC, por lo que no existe efecto sobre sus suelos.

**Impacto sobre capacidad fotosintética.** Para llegar al sector de Carrizal Alto, el transporte debe realizarse por caminos no pavimentados y secos, lo que tiene por efecto el levantamiento de polvo. Como se estableció anteriormente, las emisiones de polvo pueden alcanzar mayores distancias por dispersión del viento, pudiendo depositarse sobre coberturas vegetacionales, impidiendo o reduciendo su capacidad fotosintética. A pesar de que este impacto ocurra fuera de los límites del PNLLC, su importancia es alta porque de manera indirecta, la reducción de la capacidad fotosintética, puede tener como consecuencia la reducción en la polinización de especies de flora, acción que efectivamente podría manifestarse dentro del Parque. Por otra parte, las emisiones pueden afectar directamente al Parque en el caso de aquellos caminos no pavimentados que se ubiquen cerca de sus límites por la corta distancia que los separa.

Por los problemas de conservación de algunas especies florísticas emblemáticas del sector Llanos de Challe, la reducción de su capacidad fotosintética tiene una alta importancia, sin embargo, sería recomendable llevar a cabo un monitoreo de los efectos de esta acción para determinar de manera más precisa la magnitud del impacto sobre la vegetación.

**Impacto sobre hábitat de fauna.** Los caminos utilizados por los pirquineros para llegar a Carrizal Alto, se encuentran cercanos a los límites del PNLLC, por lo que es común que exista desplazamiento de fauna por estos sectores. El ruido generado por el transporte altera el hábitat en una magnitud importante, por lo que se consideró un impacto significativo.

**Impacto sobre poblaciones de fauna.** La ruta C-440 que conecta Carrizal Bajo y Carrizal Alto, atraviesa al PNLLC en un trayecto de gran extensión, por lo que resulta aún mayor la probabilidad de encontrar distintas especies de fauna a lo largo de dicho camino, las cuales podrían ser impactadas por camionetas y camiones de pirquineros. Como no se dispone de registros de atropello de fauna, esto se considera mayormente un riesgo, ya que no se puede establecer que efectivamente las poblaciones se hayan reducido producto de los atropellos. Por esta razón, la magnitud se considera baja en el presente estudio, pero la importancia alta por el riesgo de afectar a especies con problemas de conservación.

**Impacto sobre calidad del aire.** Al igual que lo establecido para el impacto sobre la capacidad fotosintética de la vegetación, las emisiones de polvo producto del transporte, pueden afectar directamente al PNLLC en el caso de aquellos caminos no pavimentados que se ubiquen cerca de sus límites por la corta distancia que los separa. Dichas emisiones, al ser dispersadas por la acción del viento, afectan directamente la calidad del aire, impacto de alta importancia por el efecto secundario sobre la vegetación.

- **Aplicación de nuevas Tecnologías**

El Jefe Provincial de CONAF Atacama, Mario Meléndez, considera que el riesgo de la actividad minera de pequeña escala recae sobre las nuevas tecnologías en el rubro, las cuales permitirían realizar explotaciones de mineral que antes no se consideraba provechoso, ya que mucho material, al ser de baja ley, era dejado de lado, pero ahora es posible aprovecharlo gracias a estas nuevas tecnologías con mayor capacidad de recuperación. De esta forma, pequeños piques podrían ser adquiridos por empresas mayores y efectuar una explotación más invasiva, acentuando de esta forma los impactos propios de las acciones del rubro minero.

**Impacto sobre suelo.** A pesar de que las nuevas tecnologías en maquinarias o mecanismos de extracción permitan una explotación de mayor magnitud, mientras la actividad minera siga realizándose fuera de los límites del PNLLC, el componente suelo del mismo no recibirá impacto.

**Impacto sobre composición vegetal.** Al existir mayor presencia humana, aumenta el riesgo de extracción de ejemplares de flora con problemas de conservación, afectando de manera directa la composición vegetal del entorno e interior del PNLLC.

**Impacto sobre capacidad fotosintética.** El aumento en el levantamiento de polvo para todas las acciones que involucren dicho efecto, intensifica la magnitud del impacto sobre la calidad del aire y por consiguiente, sobre la capacidad fotosintética de la vegetación, y al ser éste último un componente ambiental de alta importancia, el impacto resultaría significativo.

**Impacto sobre hábitat de fauna.** El aumento en los niveles de ruido por mayor uso de maquinaria, altera en mayor magnitud el hábitat de la fauna del sector, De esta forma, los impactos sobre la fauna, de alta magnitud e importancia, resultan también significativos ante la aplicación de nuevas tecnologías mineras.

**Impacto sobre poblaciones de fauna.** El incremento en el transporte aumenta el riesgo de atropello de especies en desplazamiento.

**Impacto sobre calidad del aire.** El aumento en el levantamiento de polvo para todas las acciones que involucren dicho efecto, intensifica la magnitud del impacto sobre la calidad del aire.

- **Incremento de la actividad por factor precio**

**Impacto sobre disponibilidad de agua subterránea.** El precio del mineral varía constantemente, sin embargo, en el último tiempo ha presentado una importante alza que ha atraído a nuevos pirquineros. Los habitantes de Canto del Agua han observado que el aumento de la pequeña minería ha tenido por consecuencia un aumento de la población en este sector. Esto conlleva a una mayor explotación del acuífero que abastece a la localidad de Canto del Agua para consumo doméstico de agua, sin embargo, como se explicó anteriormente para la extracción de agua para la actividad agrícola y ganadera, los sectores acuíferos Llanos de Algarrobal y la Jaula, y Llano de Challe, tendrían de escasa a nula relación, por lo que las captaciones de agua subterránea no tendrían impacto sobre la hidrología del PNLLC.

- **Acciones de la Actividad Minera Industrial**

- **Medidas de Mitigación del Proyecto de Ampliación de Mina Los Colorados**

A continuación se presentan Cuadros con medidas de mitigación propuestas por el EIA del Proyecto de Ampliación, las cuales deben ser consideradas al momento de determinar la magnitud de los impactos a evaluar:

Cuadro 21. Medidas de Mitigación Proyecto Ampliación Mina Los Colorados

<b>Medio Ambiente Físico</b>			
<b>Medio</b>	<b>Acción</b>	<b>Efecto no Deseado</b>	<b>Medida de Mitigación</b>
<b>Suelos</b>	Residuos Sólidos	Contaminación por desechos	Los residuos serán almacenados en forma ordenada y se considerará un Plan de Manejo Específico
	Ocupación de suelos	Perturbación del perfil y de sus cualidades	Se evitará el uso innecesario de suelos. Se planificará la definición y uso de sendas de aproximación a las obras
	Relleno Sanitario	Contaminación por Desechos	El relleno sanitario será construido y manejado de acuerdo a las normas vigentes
<b>Medio Ambiente Físico</b>			
<b>Medio</b>	<b>Acción</b>	<b>Efecto no Deseado</b>	<b>Medida de Mitigación</b>
<b>Aire</b>	Perforación	Emisión de polvo	Perforadoras con captación de polvo
	Tronadura	Emisión de polvo	Horario de tronadura de acuerdo a la intensidad del viento
	Transporte de mineral y Estéril	Emisión de polvo	Riego de caminos
		Ruidos y gases	Mantenimiento óptimo de equipos móviles
	Chancado, molienda y concentración	Emisión de polvo	Sistema de captación y supresión de polvo en equipos.
	Transporte por correas y acopio de mineral	Emisión de polvo	Correas transportadoras cubiertas. Pila de acopio de producto cubierta
	Tráfico por caminos sin pavimento	Emisión de polvo	Riego de caminos

(Continúa)

<b>Medio Ambiente Físico</b>			
<b>Medio</b>	<b>Acción</b>	<b>Efecto no Deseado</b>	<b>Medida de Mitigación</b>
<b>Agua Subterránea</b>	Efluentes sanitarios	Contaminación bacteriana	Los usos serán controlados. Se efectuará un control del nivel freático
	Almacenamiento de combustible y reactivos	Contaminación por RILES	
	Extracción de agua	Alteración del balance hídrico de la hoya hidrográfica	
<b>Agua Superficial</b>	Botaderos de Estéril	Alteración de cauces de drenaje	Se consideran, en el diseño, medidas de protección de los cauces naturales intervenidos
	Residuos Sólidos	Dispersión de residuos o contaminación de aguas superficiales	Los residuos serán almacenados en forma ordenada y se tomarán las precauciones adecuadas
<b>Medio Ambiente Biológico</b>			
<b>Medio</b>	<b>Acción</b>	<b>Efecto no Deseado</b>	<b>Medida de Mitigación</b>
<b>Fauna y Flora</b>	Desechos sólidos	Cambio de hábitos alimenticios	El relleno sanitario se acercará y cubrirá periódicamente para evitar la intrusión de animales.
	Presencia humana	Alteración de hábitat	Se instruirá al personal propio y contratista para evitar la intrusión en sectores no industriales. Se planificará la ocupación mínima necesaria de terreno. Se instruirá al personal para evitar la caza, en la propiedad, o de hostigamiento de la fauna y la destrucción innecesaria total o parcial de la flora.
	Abandono de la faena	Alteración de hábitat, pérdida de capacidad de uso del suelo como ente biológico	Se retirarán totalmente los desechos y/o residuos generados por la faena.

Fuente: Informe Técnico del EIA Proyecto Los Colorados Este, COREMA, 2010

- **Emplazamiento de grandes obras del Proyecto de Ampliación**

**Impacto sobre cobertura vegetal.** De acuerdo a la Resolución de Calificación Ambiental (COREMA III Región, 2010), el emplazamiento o ampliación de las grandes obras del Proyecto de Ampliación de mina Los Colorados, tales como el rajo, los depósitos de estéril, la planta de beneficio y los rechazos de la planta, tendrá como consecuencia sobre el medio biológico la pérdida de una fracción de los microhábitats existentes en esas áreas, las cuales, si aún no han sido intervenidas irreversiblemente por la anterior actividad, en el contexto del área definida como área de influencia directa para el actual proyecto, se observa que las zonas que se intervendrán carecen de una gran relevancia desde el punto de vista biológico debido a su escasa diversidad y bajo grado de cobertura vegetal.

En la Matriz de Leopold Modificada (Cuadro 23 de la presente investigación), los impactos sobre el componente vegetación se consideraron poco significativos, ya que a pesar de la alta magnitud del impacto sobre la vegetación producto del emplazamiento de las obras del Proyecto, el área considerada para estos fines no involucra el entorno mismo del PNLCC, por lo que no existiría impacto sobre dicho componente ambiental presente en él.

**Impacto sobre composición vegetal.** Se producirá un impacto debido a la alteración de especies vegetales que conforman formaciones xerofíticas las cuales corresponden a las zonas de ampliación tanto de los botaderos como del rajo, para lo cual se presentó a CONAF un plan de trabajo que considera la revegetación de las formaciones alteradas. El Proyecto considera la relocalización de especies vegetales identificadas en la Línea de Base, debido a la necesidad de ampliación y posterior operación de los botaderos de estériles y la ampliación del rajo de la mina Los Colorados actualmente en operación (COREMA III Región, 2010).

Dada la distancia entre la mina Los Colorados y el PNLCC, la composición vegetal propia de éste último no se vería afectada por el Proyecto de Ampliación.

**Impacto sobre hábitat de fauna.** En el sector de la mina Los Colorados, las especies de fauna registradas en categoría de conservación y de Movilidad Alta son Bandurrias (*Theristicus melanopsis*), Zorros Culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), Zorros Chilla (*Pseudalopex griseus*) y Guanacos (*Lama guanicoe*). Los organismos de Baja Movilidad en categoría de conservación registrados en el área, corresponden a una especie de reptil, la Iguana Chilena (*Callopistes palluma*), clasificada como vulnerable (COREMA III Región, 2010).

Los impactos sobre la fauna fueron considerados significativos dentro de la Matriz de Leopold Modificada, esto debido a la movilidad de numerosas especies presentes en el PNLCC cuyo hábitat se extiende más allá de los límites de éste. De esta forma, los efectos del emplazamiento de obras del Proyecto de Ampliación, pueden tener un impacto directo sobre dichas especies, de alta magnitud por la alteración del hábitat, y alta importancia por los distintos problemas de conservación que presentan.

**Impacto sobre poblaciones de fauna.** Durante el emplazamiento de obras, existirá un alto flujo de transporte de materiales de construcción, lo que tiene asociado un riesgo de atropello de fauna. Se implementará Plan de Rescate para Fauna de Baja Movilidad y medidas asociadas al tránsito de vehículos y maquinaria de construcción, complementando las acciones preventivas actuales que existen en la mina. Se rescatarán ejemplares de especies catalogados en peligro de extinción y vulnerables, que presenten baja movilidad, como el *Callopistes palluma*, con el fin de disminuir las probabilidades de repoblamiento de los sectores liberados, el rescate será efectuado 10 días previos al inicio de las obras (COREMA III Región, 2010).

A pesar de las medidas y acciones preventivas propuestas en el EIA del Proyecto, el impacto sobre las poblaciones de fauna por posibles atropellos, se considera de alta importancia por los problemas de conservación de varias especies.

**Impacto sobre calidad del aire.** A pesar del impacto significativo que las emisiones tendrán sobre este componente, corresponde a un impacto para el medio inherente a la actividad, ya que el impacto sobre la calidad de aire del PNLLC se considera poco significativo. Esto debido a la distancia entre la mina y el Parque, además, como se estableció en la Línea de Base, la dirección predominante del viento ocurre en sentido contrario al Parque y en cuanto a la geomorfología, el cordón montañoso entre la mina y el PNLLC actúa como barrera natural de los efectos de las emisiones de la mina. El impacto adquiere mayor importancia por el efecto visual sobre el paisaje, como se explica en el próximo enunciado.

**Impacto sobre paisaje.** El impacto sobre el paisaje sería significativo por la amplia extensión del Proyecto. Esto puede afectar al PNLLC ya que desde muy cerca de sus límites, cercano a la localidad de Canto del Agua, es posible apreciar las faenas mineras y los acopios de mineral, los cuales se incrementarán tras la puesta en marcha del Proyecto. La alta magnitud de este impacto se suma a la alta importancia del paisaje, por ejemplo, para el caso de turistas que llegan al PNLLC desde la ruta C-440 por el oriente, quienes fácilmente pueden percatarse de la presencia de esta gran actividad minera antes de ingresar al Parque. Por otro lado, las emisiones de material particulado desde la mina Los Colorados, son percibidas incluso desde la localidad de Canto del Agua, ubicada a corta distancia del PNLLC. Esto tiene un efecto negativo sobre el paisaje, especialmente por la percepción turística. Por estas razones, la valoración de la importancia y magnitud es considerada alta para el impacto sobre el paisaje.

- **Explotación de la Mina**

**Impacto sobre capacidad fotosintética de vegetación.** Las emisiones de polvo son el efecto identificado más recurrente para la mina Los Colorados. A pesar de existir una alta concentración de material particulado producido por la actividad minera industrial, el PNLLC estaría protegido de los impactos inherentes a este efecto por el cordón montañoso

conformado por cerros de la Cordillera de la Costa que separan los límites del Parque de las faenas mineras, actuando como una barrera natural de las posibles dispersiones de material particulado. Por otra parte, en la línea de base se constató que las direcciones predominantes de viento ocurren en sentido contrario al Parque, por lo que no existiría impacto sobre la capacidad fotosintética de la vegetación presente en el PNLLC producto de la depositación de material particulado de emisiones desde mina Los Colorados.

**Impacto sobre calidad del aire.** La calidad de aire producto de las emisiones atmosféricas de la explotación de la mina, no tendría impacto sobre el PNLLC, sin embargo, su impacto está ligado al paisaje, ya que los efectos sobre la calidad del aire del medio inherente a la actividad, son totalmente evidentes a la distancia. De esta forma, se otorga al presente impacto una valoración baja de magnitud, pero de importancia alta.

**Impacto sobre paisaje.** Como se constató en la Línea de Base, el levantamiento de polvo es apreciable desde la localidad de Canto del Agua, sector cercano al ingreso del PNLLC. Esta situación puede resultar de alta importancia por la connotación negativa a la cual se asocia, especialmente para el caso del turismo. Al igual que en el caso anterior, se otorga a este impacto una baja magnitud, pero alta importancia.

- **Operación de la Planta de Beneficio**

Principalmente se le asocia el efecto de emisiones de polvo y gases, por lo que la justificación de los valores establecidos en la Matriz, coincide con los de la explotación de la mina.

- **Perforación**

**Impacto sobre capacidad fotosintética de vegetación.** Como se ha explicado anteriormente, las emisiones de las faenas en mina Los Colorados, no alcanzarían los límites del PNLLC por lo que no existiría impacto sobre la vegetación por depositación de material particulado.

**Impacto sobre hábitat de fauna.** El ruido generado por las perforaciones afecta de manera directa a la fauna en desplazamiento por el sector mina Los Colorados, sin embargo, los niveles de ruido son menores que otras acciones mineras, por lo que se considera de magnitud baja y por tanto, un impacto poco significativo.

**Impacto sobre calidad del aire.** Al tratarse de una acción ocasional, el levantamiento de polvo producto de las perforaciones tendría un impacto mínimo sobre la calidad de aire, es decir, de baja magnitud e importancia, impacto que además, no sería percibido en el PNLLC.



- **Tronaduras**

**Impacto sobre capacidad fotosintética de vegetación.** Mismo argumento que para el enunciado de Perforación.

**Impacto sobre hábitat de fauna.** Los niveles de ruido y vibraciones producto de las tronaduras, son los de mayor magnitud dentro de la actividad minera, y a pesar de no ser percibidos dentro de los límites del PNLLC, representan un impacto significativo para la fauna que se desplaza hacia o desde el PNLLC por el sector mina Los Colorados, alterando su hábitat. Por esta razón, se ha otorgado una valoración de magnitud e importancia alta.

**Impacto sobre calidad del aire.** Mismo argumento que para el enunciado de Perforación.

- **Operación de Maquinarias**

**Impacto sobre hábitat de fauna.** El principal efecto negativo relevante para la presente investigación, consiste en la generación constante de ruido, por tratarse de faena continua, sin embargo, en terreno se observaron Guanacos desplazándose a pocos metros de las instalaciones de la CMH en un día de funcionamiento normal, lo que indicaría que los ruidos generados en estas condiciones no provocarían mayor ahuyentamiento de fauna. De esta forma, se considera un impacto de baja magnitud pero importancia media, ya que otras especies de fauna pueden verse afectadas por los niveles de ruido generados por la operación de maquinarias.

- **Tránsito Vehicular**

**Impacto sobre suelo.** El tránsito por caminos no pavimentados genera compactación de suelo, pero al ser caminos que no pertenecen a los límites del Parque, dicho impacto no sería apreciable.

**Impacto sobre capacidad fotosintética de vegetación.** Los caminos transitados se encuentran a una distancia considerable del PNLLC, por lo que el levantamiento de polvo no afectaría a la vegetación dentro de él, como se ha explicado anteriormente. De esta forma, no existiría impacto sobre la vegetación del PNLLC.

**Impacto sobre hábitat de fauna.** La alteración de hábitat es un impacto significativo para la presente investigación, ya que la fauna es un componente con capacidad de movilidad y desplazamiento, por lo que no necesariamente se concentrará dentro de los límites del PNLLC todo el tiempo. Como en casos anteriores, a este impacto se le asigna una magnitud e importancia alta.

**Impacto sobre poblaciones de fauna.** El tránsito vehicular tiene asociado el riesgo de atropello de fauna, el cual aumenta en gran medida durante la noche, ya que la minera trabaja en faena continua, por lo que existe tránsito vehicular cuando está oscuro y se

reduce la visibilidad. Otro factor relevante, es que la fauna suele refugiarse en los caminos cuando baja la temperatura, ya que éstos se mantienen más cálidos producto de la circulación de vehículos, lo cual aumenta la probabilidad de impactar a algún animal. Este impacto sobre la fauna se considera de alta magnitud e importancia, ya que la reducción de poblaciones resulta grave para aquellas especies con problemas de conservación.

**Impacto sobre calidad del aire.** El levantamiento de polvo producto del tránsito por caminos no pavimentados, afecta a la calidad del aire del medio inherente pero no al PNLLC, por lo que se considera un impacto de baja magnitud e importancia para el presente estudio.

- **Transporte de Mineral y Estéril**

**Impacto sobre suelo.** Esta acción se realiza dentro de los límites de la CMH, por lo que los efectos sobre el suelo ocurren de manera más localizada que para el caso del tránsito vehicular. De todas formas, al no tratarse de suelos del PNLLC, no existiría impacto.

**Impacto sobre capacidad fotosintética de vegetación.** Sin impacto sobre la vegetación del PNLLC.

**Impacto sobre hábitat de fauna.** El transporte de mineral y estéril, se realiza por dependencias de la CMH, a diferencia del tránsito vehicular que ocurre fuera de los límites de las faenas. Al interior de dichas dependencias, la constante actividad no permite un hábitat propicio para la fauna, y dada la larga existencia de la mina Los Colorados (50 años aproximadamente), se podría suponer que la fragmentación de hábitat ocurrió más hacia los comienzos de la explotación, por lo que la fauna no frecuentaría mayormente este sector.

Como no fue posible ingresar a las dependencias de la CMH, se dificulta la valoración de la magnitud de la alteración de hábitat, ya que no sería posible descartar la presencia de fauna en los terrenos pertenecientes a la CMH. Sin embargo, suponiendo que la fragmentación de hábitat tuvo su magnitud más alta hace bastante tiempo, en la actualidad el impacto se considera de magnitud media a baja pero aún así, de importancia alta por los problemas de conservación de especies de fauna, resultando un impacto poco significativo.

**Impacto sobre poblaciones de fauna.** El tránsito de camiones, especialmente aquellos que se dirigen a los depósitos de estéril, representa riesgo de atropello de fauna, lo que implicaría una reducción en la cantidad de individuos, y por ende, un impacto de alta importancia sobre las poblaciones. Este impacto resulta significativo por el efecto directo de reducción de población de especies con problemas de conservación, especialmente para aquellas en Peligro de Extinción.

**Impacto sobre calidad del aire.** Para la calidad del aire producto del levantamiento de polvo, la justificación coincide con lo explicado en el caso anterior de tránsito vehicular.

- **Chancado, Molienda y Concentración**

**Impacto sobre capacidad fotosintética.** Sin impacto sobre vegetación del PNLLC producto de las emisiones atmosféricas. Impacto de magnitud e importancia baja para el medio inherente a la acción.

**Impacto sobre calidad del aire.** Sin impacto sobre calidad del aire del PNLLC. Impacto de magnitud e importancia media para el medio inherente a la acción.

- **Transporte por Correas y Acopio de Mineral**

**Impacto sobre capacidad fotosintética.** Sin impacto sobre vegetación del PNLLC por emisiones de material particulado. Impacto de magnitud e importancia baja para el medio inherente a la acción.

**Impacto sobre calidad del aire.** Sin impacto sobre calidad del aire del PNLLC producto de las emisiones atmosféricas. Impacto de magnitud e importancia media para el medio inherente a la acción.

- **Efluentes Sanitarios**

**Impacto sobre calidad de agua subterránea.** Si bien es factible la contaminación de la napa subterránea por infiltración de efluentes sanitarios, dicha contaminación no afectaría al sistema acuífero que abastece a las aguadas del PNLLC por la escasa a nula relación entre los sectores acuíferos de la cuenca de la Quebrada Carrizal, como se ha explicado anteriormente. Se ha otorgado una magnitud media al impacto por posible contaminación de la napa subterránea del sector mina Los Colorados, pero una baja importancia por no afectar al acuífero en el sector Llanos de Challe, lo que se traduce en un impacto poco significativo.

- **Almacenamiento de Combustible y Reactivos**

**Impacto sobre calidad de agua subterránea.** Al igual que para el caso anterior, la contaminación por RILES puede alcanzar el nivel freático, pero no tendría impacto sobre el acuífero del sector Llanos de Challe.

- **Botaderos de Estéril**

**Impacto sobre paisaje.** Según lo que se pudo constatar en terreno, los botaderos destacan en gran medida dentro del paisaje, dando cuenta de la alta intervención antrópica en un sector cercano a un Parque Nacional. Por esta razón, el impacto sobre el paisaje es de alta magnitud, pero ya que desde el PNLLC no se distinguen estos elementos antrópicos, su importancia se reduce, resultando en un impacto poco significativo.

- **Extracción de Agua Subterránea**

**Impacto sobre disponibilidad de agua subterránea.** Los pozos de captación de aguas subterráneas para las faenas de mina Los Colorados, se localizan en subcuencas distintas a donde se ubican las faenas, por lo que las aguas extraídas en dichos puntos no son compensadas, como sí ocurre en el riego agrícola, donde se extrae agua en un punto, pero reingresa a la napa en ese mismo sector. Por esta razón, el impacto sobre el acuífero Llanos Chacritas y las Campanas es de alta importancia y magnitud, donde la extracción de agua subterránea es sin interrupción y con una recarga probablemente insuficiente para dicho nivel de extracción.

A pesar de los efectos negativos de la extracción de agua subterránea sobre el acuífero Llanos Chacritas y las Campanas, se concluye que la depresión del nivel freático en este sector no tendría un impacto sobre el sector acuífero Llano de Challe, ya que la conexión hidrológica es muy baja. Además, por lo anteriormente explicado, las aguadas del PNLLC dependen de sistemas hidrológicos propios del sector Llano de Challe, por lo que no existiría impacto hidrológico de la actividad minera industrial.

- **Desechos y Residuos sólidos**

**Impacto sobre hábitat de fauna.** Por efecto del viento, ciertos desechos y residuos pueden dispersarse más allá del sector mina Los Colorados, los cuales pueden resultar atractivos para la fauna nativa del lugar, alterando sus hábitos alimenticios. Sin embargo, ya que el EIA del Proyecto de Ampliación de mina Los Colorados contempla medidas para evitar estos efectos, su impacto sería de baja magnitud y por tanto, poco significativo.

- **Presencia Humana**

**Impacto sobre composición vegetal.** La CMH alberga una gran cantidad de mano de obra, la cual aumentaría con la puesta en marcha del Proyecto de Ampliación. Los trabajadores podrían extraer ejemplares de flora con problemas de conservación del sector, especialmente en épocas de desierto florido, viéndose afectada la composición vegetal. A pesar de las medidas propuestas en el EIA del Proyecto de Ampliación, la importancia del componente vegetación es alta, traduciéndose en un impacto significativo para el medio, pero no así para la vegetación propia del PNLLC.

**Impacto sobre hábitat de fauna.** El hábitat de especies de fauna también puede verse alterado por la presencia humana, pero por el tiempo que lleva funcionando la minera, el impacto sería poco significativo.

- **Acciones de la Comunidad Rural**

- **Tránsito Vehicular en la Ruta C-440**

**Impacto sobre hábitat de fauna.** Los efectos de esta actividad recaen principalmente sobre la fauna del PNLLC, ya que, al ser un camino de ripio, no hay levantamiento de polvo, sólo ruido, lo cual provoca ahuyentamiento y alejamiento. En terreno, sin embargo, fue posible divisar Guanacos transitando cerca de la ruta en el tramo que pasa por el Parque, por lo que se puede suponer que el impacto sobre el hábitat es de baja magnitud. Pero dado que esta es una ruta pública, de flujo importante de vehículos y que atraviesa un área protegida, la importancia del impacto aumenta.

**Impacto sobre poblaciones de fauna.** Existe riesgo de atropello de fauna por las altas velocidades a las que transitan los vehículos, especialmente por tratarse de un camino de ripio. Los atropellos consisten básicamente un riesgo, ya que no se tiene registro de reducción de poblaciones producto del tránsito vehicular. Por esta razón, a pesar de la alta importancia del componente fauna por los problemas de conservación que presenta, no existe un indicador de la magnitud del impacto, siendo por el momento, un impacto poco significativo.

### **5.3.3. Impactos Significativos sobre el Parque Nacional Llanos de Challe**

De la Matriz de Leopold se extrajeron los resultados más relevantes, los cuales corresponden a aquellas acciones causantes de impactos significativos sobre componentes ambientales del PNLLC.

A dichas acciones e impactos, se les asignaron nuevos parámetros de calificación, esto con el propósito de caracterizarlos de manera más detallada. Los parámetros para calificar a las acciones antrópicas corresponden a extensión, duración y continuidad, mientras que los parámetros para calificar sus respectivos impactos, son intensidad y riesgo de ocurrencia.

Tras la caracterización de las acciones y sus respectivos impactos, se establecieron factores condicionantes que posteriormente permitieran la jerarquización de los impactos. De esta forma, los impactos más significativos corresponden a los que hayan sido calificados con intensidad alta y riesgo de ocurrencia cierto. Dentro de estos impactos más significativos, la jerarquización se efectúa según la calificación de las acciones que los causan, es decir, los impactos de primera prioridad resultarán ser aquellos cuyas acciones se desarrollen en una extensión amplia, duración permanente y de manera constante.

El resultado de la calificación de acciones y sus respectivos impactos ambientales significativos, se presenta en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Acciones Causantes de Impactos Ambientales Significativos sobre el PNLLC y respectiva Calificación

Acciones	Extensión	Duración	Continuidad	Impactos Significativos sobre PNLLC	Intensidad	Riesgo de Ocurrencia
Pastoreo del ganado	Media	Temporal	Ocasional	Cambios en composición vegetal	Media	Probable
				Alteración de hábitat	Baja	Poco probable
				Degradación selectiva de especies con problemas de conservación	Alta	Probable
Operación de piques de pequeña y mediana minería	Media	Permanente	Constante discontinua	Alteración de hábitat	Media	Cierto
Perforación de piques de pequeña y mediana minería	Amplia	Permanente	Ocasional	Alteración de hábitat	Alta	Cierto
				Fragmentación de hábitat	Alta	Cierto
Exploraciones de pirquineros	Amplia	Temporal	Ocasional	Alteración de hábitat	Media	Probable
				Degradación selectiva de especies con problemas de conservación	Baja	Poco probable
Perros de pirquineros en faenas mineras	Media	Permanente	Constante discontinua	Disminución de poblaciones de fauna	Alta	Cierto
				Alteración de hábitat	Alta	Cierto
Transporte y tránsito vehicular de pirquineros	Amplia	Permanente	Constante discontinua	Alteración de hábitat	Media	Cierto
				Fragmentación de hábitat	Media	Probable
				Disminución de poblaciones de fauna	Media	Poco probable
Emplazamiento de obras del Proyecto de Ampliación Mina Los Colorados	Amplia	Media	Constante discontinua	Fragmentación de hábitat	Alta	Cierto
				Alteración de hábitat	Alta	Cierto

(Continúa)

Acciones	Extensión	Duración	Continuidad	Impactos Significativos sobre PNLLC	Intensidad	Riesgo de Ocurrencia
Tronaduras en Mina Los Colorados	Puntual	Permanente	Ocasional	Alteración de hábitat	Alta	Probable
Tránsito vehicular hacia o desde CMH	Amplia	Permanente	Constante discontinua	Alteración de hábitat	Media	Cierto
				Fragmentación de hábitat	Media	Probable
				Disminución de poblaciones de fauna	Media	Poco probable
Transporte de mineral y Estéril	Media	Permanente	Constante discontinua	Alteración de hábitat	Media	Cierto
				Fragmentación de hábitat	Media	Probable
				Disminución de poblaciones de fauna	Baja	Poco probable
Tránsito vehicular de la ruta C-440	Amplia	Permanente	Constante discontinua	Disminución de poblaciones de fauna	Baja	Poco probable
				Alteración de hábitat	Alta	Cierto
				Fragmentación de hábitat	Media	Probable

La calificación de la extensión, duración y continuidad de las acciones consideradas en el Cuadro 22, tuvo un carácter imparcial, ya que constituyen condiciones intrínsecas de cada una; mientras que la calificación de los impactos ambientales asociados a cada acción, tuvo un carácter más subjetivo y de apreciación de quien realiza el presente estudio.

Las acciones destacadas en amarillo dentro del Cuadro, fueron las que resultaron con impactos de intensidad alta y riesgo de ocurrencia cierto, por lo que serían los de mayor prioridad y relevancia.

Se puede apreciar que los principales impactos recaen sobre la fauna, y esto se explica por su movilidad que les permite explorar más allá de los límites del PNLLC, teniendo mayor riesgo de verse afectada por las acciones antrópicas del entorno.

Muchos de los impactos de la minería industrial fueron considerados probables o poco probables y de intensidad media o baja, lo cual puede llamar la atención, sin embargo, la razón de esta calificación se debe al largo tiempo de permanencia de esta actividad en el

área de estudio, por lo que puede considerarse parte del paisaje al cual la fauna del lugar ya identifica. Lo mismo ocurre para el caso de la pequeña y mediana minería, la cual ha existido en la región incluso de antes que la mina Los Colorados.

#### **5.3.4. Jerarquización de Acciones e Impactos Ambientales sobre el Parque Nacional Llanos de Challe**

Las acciones destacadas del Cuadro 22, se ordenan de mayor a menor relevancia como resultado del análisis realizado para lograr jerarquizar la magnitud de sus impactos:

- 1. Emplazamiento de Obras del Proyecto de Ampliación de Mina Los Colorados.** Esta acción tiene asociada una intervención de amplias proporciones en un corto periodo de tiempo, lo cual provoca una drástica alteración de hábitat de fauna que ha logrado adecuarse a las antiguas instalaciones de la CMH.
- 2. Perforación de Piques de Pequeña y Mediana Minería.** El incremento de la actividad minera de pequeña y mediana escala, eventualmente conlleva a la perforación de nuevos piques y prospecciones, lo cual, dependiendo del nivel de incremento, puede tener una extensión amplia en el sector de Carrizal Alto, el cual se ubica a corta distancia de los límites del PNLLC.
- 3. Tenencia de Perros en Faenas Míneras.** Esta situación corresponde a un problema bastante grave para el sector, y no sólo por parte de los pirquineros, sino que por el abandono de perros por parte de la comunidad de las distintas localidades del entorno del PNLLC. Se han formado jaurías de perros vagos que antiguamente eran adiestrados para la caza de Guanacos, los cuales han afectado en gran medida a las poblaciones que habitan el Parque.
- 4. Tránsito Vehicular de la Ruta C-440.** Al tratarse de una vía pública, resulta complejo llevar un registro de los usuarios en el tramo que atraviesa por el PNLLC, y al ser un camino de ripio, los vehículos alcanzan mayores velocidades aumentando las probabilidades de atropello de fauna.

Si bien se llegó a una reducida identificación de acciones destacadas, esto no significa que el resto de las acciones no sean perjudiciales para los componentes ambientales del PNLLC, pero todo lo que implique un cambio fuerte en el territorio en un corto período de tiempo, como las expansiones mineras, tienen asociado un impacto más perceptible que aquellas acciones que se han desarrollado de manera histórica y que se han mantenido en el tiempo.

Finalmente, se puede establecer que el principal impacto ambiental producto de las acciones antrópicas analizadas en la presente investigación, corresponde a la alteración y



fragmentación de hábitat, impacto que recae de manera más relevante sobre la fauna presente en el PNLLC que se desplaza por la Región y que encuentra en su camino sectores donde se desarrollan actividades antrópicas.

#### **5.4. Propuestas de Medidas de Mitigación de Impactos Ambientales**

##### **Actividad Ganadera**

- Focalizar los puntos de conflicto o de principal ingreso de ganado, de tal manera de mejorar la vigilancia.
- Definir el límite del PNLLC mediante señalética.
- Crear conciencia dentro de la comunidad, sobre el estado de conservación de los recursos naturales presentes en el PNLLC y la importancia de preservarlos, ya sea mediante programas educacionales, ofreciendo visitas guiadas por Guarda parques recorriendo senderos del Parque, u otras alternativas informativas.
- Crear conciencia dentro de la comunidad sobre los efectos del pastoreo en áreas protegidas.

##### **Actividad Minera de Pequeña y Mediana Escala**

- Señalética en caminos de velocidad máxima y precaución con animales.
- Fomentar la tenencia responsable de perros en las faenas, dando a conocer los riesgos que conllevan el abandono de éstos. Se debe generar conciencia de la situación no sólo a pirquineros, sino que a la comunidad en general.
- Definir un límite claro y visible para prospecciones mineras.
- Crear conciencia dentro de la comunidad, sobre el estado de conservación de los recursos naturales presentes en el PNLLC y la importancia de preservarlos.

##### **Actividad Minera Industrial**

- Señalética en caminos de velocidad máxima y precaución con animales.
- Crear conciencia dentro de la comunidad, sobre el estado de conservación de los recursos naturales presentes en el PNLLC y la importancia de preservarlos.
- Fiscalización y seguimiento del cumplimiento de medidas de mitigación establecidas en EIA del Proyecto de Ampliación de Mina Los Colorados.

#### **5.5. Propuestas Adicionales de Medidas de Prevención**

Durante las campañas de terreno, fue posible identificar otros problemas y situaciones de riesgo para la conservación de la biodiversidad presente en el PNLLC.

**Basura en Quebrada La Higuera.** Esta situación es atribuible a los turistas que visitan este atractivo sector del PNLLC o a los habitantes de Carrizal Bajo por la cercanía entre

ambos lugares. Esta Quebrada es de alta importancia por poseer la mayor proporción de recursos hídricos del Parque, lo que se traduce en una alta cobertura vegetal y riqueza florística. Por lo que fue posible observar en terreno, el acceso a esta Quebrada no da cuenta de que pertenece al PNLLC, por lo que se propone lo siguiente:

- Concientización a la comunidad del estado de conservación de los recursos naturales presentes en el PNLLC y la importancia de preservarlos.
- Emplazamiento de un puesto de Guarda parques CONAF en el acceso principal a la Quebrada La Higuera.
- Control de turistas y otorgamiento de información sobre conservación y conducta dentro del Parque.

**Botadero de Carrizal Bajo.** Este basural se ubica en el sector oriente de Carrizal Bajo, a un par de kilómetros de la costa. Lo más preocupante de esta situación es que corresponde a un basural no autorizado, por lo que no existe ninguna entidad encargada de su manejo. En esta zona bastante plana y cercana a la costa, los vientos provocan la dispersión de los desechos por largas distancias, lo cual puede cambiar hábitos alimenticios de fauna e ingerir elementos tóxicos.



Figura 43. Basural de Carrizal Bajo (Fuente: elaboración propia)

Si el problema empeora, las condiciones de salubridad serán tan preocupantes para el PNLLC como para la comunidad. Por esto, la prioridad corresponde en exigir a la administración comunal hacerse cargo de los desechos de la localidad de Carrizal Bajo, dando la opción de retiro domiciliario de basura.

## 6. DISCUSIÓN

El Parque Nacional Llanos de Challe se ubica en un sector que puede considerarse desfavorable en términos de conservación, ya que en su entorno existen diversos elementos y actividades antrópicas a cortas distancias o incluso dentro de él, como es el caso de la ruta C-440, fuente potencial de riesgo e impacto constante. Por otro lado, se ha podido apreciar que ciertos elementos naturales que componen al Parque, como su conformación geológica y geomorfológica, crean condiciones favorables para preservar sus particulares recursos en una de las zonas más áridas del país como lo es la III Región de Atacama.

A pesar de crearse condiciones propicias para la vida dentro del PNLLC, existe un número importante de especies de flora y fauna con problemas de conservación. Esta situación puede atribuirse tanto a acciones antrópicas del pasado como a condiciones climáticas, por ejemplo, antes de que el Parque ingresara al SNASPE, la caza ilegal del Guanaco era de grandes proporciones, lo cual evidentemente redujo las poblaciones de la Región. En cuanto al clima, este sector se caracteriza por presentar largos periodos de sequía, lo que tiene consecuencias tanto en la cobertura y composición vegetal, como en la fauna que migra en busca de fuentes de agua.

Del trabajo en terreno realizado en las localidades rurales, específicamente en Canto del Agua, fue posible percatarse de diversos problemas que afectan a la comunidad. Uno de ellos corresponde a las solicitudes de Derechos de Aprovechamiento de agua a la DGA, ya que la comunidad percibe una distribución poco equitativa del recurso hídrico, dando prioridad a las solicitudes de empresas mayores, como lo que ocurre con la minera Los Colorados.

Los servicios básicos en las localidades rurales también se consideran deficientes para la calidad de vida de la comunidad, por ejemplo, la energía eléctrica generada mediante paneles solares no siempre permite cubrir todas las necesidades domésticas. En general, se percibe un ambiente carente de apoyo administrativo, a pesar de que Canto del Agua ha tenido un crecimiento dinámico y que es un sector de condiciones poco propicias. Por esta razón, el desarrollo agrícola de la zona ha sido muy complejo, lo que también ha significado que el crecimiento de la actividad sea paulatino y de esta forma, con un aumento controlado de la población. A pesar de ser una localidad pequeña, Canto del Agua se caracteriza por contar con una población esforzada que ha logrado superar las condiciones adversas del lugar y mejorar su situación económica, por lo que sería altamente beneficioso fomentar el desarrollo local proporcionando un mayor apoyo administrativo.

Las condiciones de pobreza en una localidad con escasa administración, pueden generar distintos efectos negativos sobre el medio ambiente. Un ejemplo bastante común, corresponde a las malas prácticas agrícolas por falta de recursos económicos, como sucede con la aplicación de agroquímicos de bajo costo que resultan altamente nocivos para los suelos y representan un riesgo para las napas subterráneas. Otro ejemplo, corresponde al

cambio de la actividad productiva principal, ya que ante una situación financiera precaria, pequeños agricultores podrían adquirir ganado, el cual, como ha quedado establecido en la presente investigación, conlleva distintos impactos y/o riesgos sobre el PNLLC.

Una mejor calidad de vida de la comunidad puede asegurar una mayor preocupación y cuidado por el territorio y su entorno, evitando así el surgimiento de nuevos problemas ambientales por medidas adoptadas en situaciones de pobreza. La administración de la Región debiera focalizarse en todos los elementos del territorio y no sólo concentrarse en el PNLLC, que si bien es un área protegida altamente vulnerable, los esfuerzos invertidos en él no serán efectivos si no se regula también la situación del entorno. Esto último hace alusión al ordenamiento territorial de la Región, ya que se deben considerar los distintos elementos del territorio como un conjunto, ya que todos éstos interactúan entre ellos. La ordenación de la Región debe ajustarse a la situación actual, ya que el PNLLC es bastante reciente, por lo que la existencia de esta área protegida requeriría una mayor regulación y administración de los asentamientos humanos y las actividades económicas y sociales del entorno.

Un análisis adicional que ha surgido tras el desarrollo de la presente investigación, es que para aquellas actividades productivas de mayor intervención sobre el medio ambiente, uno de los aspectos más relevantes a ser considerados durante la evaluación de sus impactos, es la permanencia en el tiempo. Conociendo los datos históricos del área de estudio en cuanto al desarrollo de actividades productivas, se logra una apreciación objetiva de los reales efectos e impactos derivados de ellas. De esta forma, dado que la actividad minera, tanto industrial como de pequeña y mediana escala, ha sido parte de la historia de la cuenca de la Quebrada Carrizal y de la Región de Atacama en general, los impactos sobre el medio ambiente ya debieran haberse manifestado en su mayor grado.

En el futuro sería relevante realizar un diagnóstico ambiental en caso de producirse un auge muy importante en la actividad minera o una modificación a gran escala, como es el caso del Proyecto de Ampliación de mina Los Colorados. Es de alta relevancia mantener reguladas todas las nuevas acciones consideradas y que, preferentemente, ocurran lo más paulatinamente posible. La pequeña y mediana minería en el sector de Carrizal Alto, también debe ser controlada y cumplir con requerimientos ambientales exigentes por su cercanía con el PNLLC. Una nueva investigación podría centrarse en la creación de indicadores de estado que permitan monitorear la situación tanto dentro del Parque como en su entorno. Hacia dentro, por ejemplo, mediante indicadores biológicos de fácil medición, como presencia de vegetación alrededor de aguadas; y hacia afuera del PNLLC, aplicando indicadores sociales y económicos que permitan predecir los cambios que puedan ocurrir en el entorno y sus posibles impactos ambientales.

La Matriz de Leopold presentada en este estudio puede ser utilizada y adaptada por un grupo de trabajo de la oficina provincial de CONAF, la cual se encarga de la gestión del PNLLC, de tal manera que permita evaluar los impactos que se vayan presentando de acuerdo a las condiciones futuras del entorno. La evaluación de impactos del presente

estudio fue realizada en base a la apreciación subjetiva de quien lo llevó a cabo, lo cual ocurre frecuentemente en la realización de un EIA. La objetividad dentro de la investigación se logra mediante el apoyo de métodos y consulta a diversas personas expertas en distintas materias y conocimientos científicos. De esta forma, mientras mayor sea la participación en el desarrollo de una investigación, menor será la subjetividad. Por esta razón, a futuro sería recomendable que la Matriz de Leopold, pueda ser discutida y actualizada por un mayor número de participantes familiarizados con la situación del entorno del Parque, ya que la valoración y calificación de los impactos puede resultar más representativa de la realidad.

## 7. CONCLUSIONES

Al desarrollarse actividades productivas en el entorno de un área protegida, la dimensión ambiental adquiere una alta importancia en cuanto a las posibles fuentes de impacto que afecten la conservación del patrimonio natural.

Mediante la presente investigación, se han podido identificar las principales fuentes de impacto ambiental en la cuenca de la Quebrada Carrizal. Las acciones derivadas de la actividad agrícola, resultaron las menos constituyentes de impacto ambiental, mientras que la ganadería y minería, tanto industrial como artesanal, tienen asociadas acciones causantes de diversos impactos con distintos grados de magnitud y/o importancia sobre los componentes ambientales del PNLLC.

Tras el análisis hidrogeológico, se constató que los tres sectores acuíferos que conforman la cuenca de la Quebrada Carrizal, corresponden a unidades diferenciadas y con escasa conexión entre ellas, por lo que las aguadas del PNLLC surgen de reservorios hídricos propios del sector acuífero Llano de Challe y no se verían afectadas por la disponibilidad hídrica de los sectores Llanos de Algarrobal y la Jaula y Llanos Chacritas y las Campanas. La humedad proveniente de la costa también favorece a la vegetación dentro del Parque y esto, a su vez, crea un ambiente propicio para las especies de fauna que alberga.

La presente investigación puede facilitar el futuro diagnóstico de los componentes ambientales o un plan de manejo a ser realizado por parte de CONAF, ya que han quedado establecidos aquellos impactos más relevantes producto de ciertas acciones antrópicas a las que debiera aplicarse un riguroso seguimiento y fiscalización. La gestión de CONAF es esencial para el mejoramiento de las condiciones del PNLLC, ya que a pesar de que se descartaron ciertas fuentes de riesgo e impacto, corresponde a un área protegida de alta vulnerabilidad y alta importancia para la conservación del patrimonio natural de la Región de Atacama.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

ATM Ingeniería y Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). ANEXO G de Guía “Condiciones Básica para la Aplicación de RILes de Agroindustrias en Riego”. Disponible en: [http://www2.sag.gob.cl/Recursos-Naturales/guia\\_riles\\_vinos/Anexo\\_G.pdf](http://www2.sag.gob.cl/Recursos-Naturales/guia_riles_vinos/Anexo_G.pdf)

Chiappe, R. y N. Fuentes. 2009. Monitoreo de Aguadas y Potencial Uso por Guanacos (*Lama Guanicoe*) en el Parque Nacional Llanos de Challe, Región de Atacama. Informe de Práctica Profesional, Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 11p.

Comisión Nacional de Riego (CNR) e Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 1999. Elementos de Riego Tecnificado. Cartilla divulgativa. 17p.

CONAF. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal. Ministerio De Agricultura. I. Benoit. Edit. Santiago. 115p.

CONAF. 1993. Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile. Corporación Nacional Forestal. Ministerio de Agricultura. Glade, A. Edit. Santiago. 68p.

CONAF Atacama. 1997. Plan de Manejo Parque Nacional Llanos de Challe. Documento de Trabajo N° 250. 139p.

CONAF Atacama. 2009. Parque Nacional Llanos de Challe. Información 2009. 5p.

COREMA III Región de Atacama. 2010. Resolución de Calificación Ambiental Proyecto "Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados". 64p.

COREMA Región de Atacama. 2010. Informe Técnico del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Los Colorados Este. 6p.

DICTUC Ingeniería. 2006. Evaluación Hidrogeológica Preliminar de los Sectores de Algarrobal Bajo y Alto, III Región. División Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Área Aguas Subterráneas. Santiago, Chile. 57p.

DGA. 2009. Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Quebrada Carrizal. Departamento de Administración de Recursos Hídricos. Santiago, Chile. 26p.

DGA. 2010. Guía para la Presentación de Solicitudes de Derecho de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas. Disponible en: [http://www.dga.cl/otros/faq/respuestas/cartillas/guia\\_ND.pdf](http://www.dga.cl/otros/faq/respuestas/cartillas/guia_ND.pdf) Leído 20 de agosto 2010. 7p.

Gestión Ambiental Consultores (GAC). 2009. Capítulo 2 – Estudio de Impacto Ambiental Proyecto “Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados” Región de Atacama, Chile. 61p.

Gestión Ambiental Consultores (GAC). 2009. Capítulo 5 – Línea de Base EIA Ampliación y Mejoras Operacionales en Mina Los Colorados Región del Atacama, Chile. 193p.

Hernández, R. 2009. Etnografía y Observación. Material docente, Antropología y Resolución de Conflictos Ambientales, Universidad de Chile.

Maksaev, V. 2001. Yacimientos de Hierro Chilenos. Disponible en: <http://www.cec.uchile.cl/> Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

Meléndez, M. 2007. Diagnóstico Ambiental PNLLCH, CONAF Atacama. 19p.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República (MINSEGPRES). Artículo 2° del D.S No. 95 de 2001: Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Organización de los Estados Americanos (OEA). 2007. Evaluación de los Impactos Ambientales y Capacidad Institucional Frente al Libre Comercio en República Dominicana. Secretaría General, Departamento de Desarrollo Sostenible, Santo Domingo. 16p. Disponible en: <http://www.oas.org/dsd/EnvironmentLaw/DOCUMENTS/presentacion%20indhira.pdf>

Taylor, G. 1947. Ground Water Studies, province of Atacama, Chile (CORFO) Informe geológico de George C. Taylor, U.S. Geological Survey: 135-161.

Zaror, C. 2000. Introducción a la Ingeniería Ambiental para la Industria de Procesos. Universidad de Concepción, Chile. 500p.

## APÉNDICE I

### Entrevistas para Reconocimiento del Contexto Histórico del Área de Estudio

La entrevista elaborada para los funcionarios de CONAF Atacama incluyó las siguientes preguntas:

- 1) Cuando se creó el PNLLC ¿cómo era la situación de los sectores poblados? ¿Había mayor o menor población?
- 2) ¿Siempre se ha desarrollado agricultura y ganadería en la zona? ¿Asocia usted a dichas actividades efectos negativos sobre el medio ambiente?
- 3) Cuando se creó el PNLLC o antes de eso ¿era posible avistar más individuos de fauna y/o mayor cobertura de vegetación? En caso de que así sea, ¿qué cree usted que haya generado el cambio?
- 4) Cuando se creó el PNLLC o antes de eso ¿se veía alguna aguada que ya no exista?
- 5) ¿Considera usted que la explotación del mineral de Los Colorados por la Compañía Minera Huasco tenga alguna repercusión sobre los recursos naturales del PNLLC?
- 6) ¿Cómo ha sido la evolución de la pequeña y mediana minería (pirquineros) en el entorno del PNLLC? ¿Cree usted que esta actividad puede afectar al PNLLC?

Mientras que la entrevista elaborada para los habitantes de Canto del Agua (localidad más cercana al PNLLC) fue la siguiente:

- 1) ¿Cuánto tiempo lleva viviendo en Canto del Agua?
- 2) ¿Cómo ha cambiado este sector con los años? ¿Ahora hay más o menos habitantes que antes?
- 3) Cuando usted llegó ¿a qué se dedicaba la gente? ¿Y usted?
- 4) ¿Cree que la agricultura y/o la ganadería pueden tener un efecto negativo sobre el medio ambiente?
- 5) ¿Había algún curso de agua superficial?
- 6) ¿Siempre se ha sacado agua de pozos?
- 7) ¿El agua que usted extrae ha cambiado con el tiempo en cuanto a cantidad y/o calidad?
- 8) ¿A usted le afecta que haya más gente viviendo en el sector? ¿Cree que esto afecte al medio ambiente?
- 9) ¿Cree que la Mina Los Colorados tenga un efecto negativo sobre la comunidad? ¿y sobre el medio ambiente?
- 10) ¿Actualmente hay más o menos pirquineros en la zona? ¿Cree que el trabajo que ellos realizan tenga un efecto negativo por estar cerca del PNLLC?



