

En Valparaíso a 06 de agosto de 2019

SEÑORES  
SOCIEDAD DE EXPLORACIÓN Y DESARROLLO MINERO  
PROYECTO MINA CARDENILLA  
PRESENTE

Estimados señores, en referencia al informe de experto titulado: "Reparabilidad de daño a la flora y vegetación en el área del Proyecto Mina Cardenilla, Comuna de Catemu, Provincia de San Felipe, Región de Valparaíso", del cual soy la autora, me permito darles a conocer la siguiente:

#### FE DE ERRATAS

En el capítulo 7.- Conclusiones, página 22, párrafo 3,

**Dice:** La afectación de **333** hectáreas de bosque de preservación con Guayacán, que significó la afectación de app. **46** individuos, no pone en riesgo de ninguna manera la continuidad de la especie nivel local (cuenca), regional ni nacional.

**Debe decir:** La afectación de **7.08** hectáreas de bosque de preservación con Guayacán, que significó la afectación de app. **43** individuos, no pone en riesgo de ninguna manera la continuidad de la especie nivel local (cuenca), regional ni nacional.

Adjunto informe corregido, con fecha de agosto 2019.

Sin otro particular los saluda cordialmente,



Lorena Flores Toro  
Magíster en Ciencias mención Botánica.  
Doctora en Biodiversidad y Conservación del Medio Natural.



# Informe de experto

Reparabilidad de daño a la flora y vegetación en el área del Proyecto Mina Cardenilla, Comuna de Catemu, Provincia de San Felipe, Región de Valparaíso.

## Descripción breve

Referente a la clasificación de gravedad de la infracción n°9 contenida en la RES. EX N°1/F009-2018 de la superintendencia del medio ambiente.

Dra. Lorena Flores Toro  
lflorestoro@gmail.com

---

Agosto 2019

## INDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Página
1.- Introducción	2
2.- Objetivo	3
3.- Antecedentes cuantitativos de los daños ocasionados	3
4.- Marco teórico que sustenta la reparabilidad de daño causado al suelo, flora y vegetación	4
5.- Valoración de la vulnerabilidad del entorno de los ecosistemas dañados	7
5.1. Selección y aplicación de indicadores y umbrales de vulnerabilidad	8
5.2. Valoración de los factores	15
6.- Reparabilidad de daño a la Flora y Vegetación	17
6.1. Distribución histórica y actual de <i>P. chilensis</i>	17
6.2. Posición ecológica y fitogeográfica de la especie	18
6.3. Capacidad de propagación de la especie y estructura poblacional	19
6.4. Tamaño de las poblaciones de Guayacán a nivel nacional, regional y local.	20
6.5. Amenaza a la continuidad de la especie por fragmentación a nivel local (microcuenca) y del Sitio Prioritario Cordillera El Melón.	21
7.- Conclusiones	22
8.- Literatura citada	23
ANEXO Componentes para un Plan de Reparación	11

## **1.- INTRODUCCIÓN.**

El proyecto Mina Cardenilla se encuentra emplazado dentro del sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad, Cordillera El Melón, establecido en la Estrategia Nacional de Biodiversidad (2003), en la Estrategia y Plan de Acción para la Conservación de la Diversidad Biológica de la Región de Valparaíso (2005) y en la Resolución N°739, del 28 de marzo de 2007 de la Intendencia Regional de Valparaíso. No obstante, lo anterior, el proyecto fue calificado ambientalmente favorable mediante RCA N°242/2008.

Con fechas 29 y 30 de marzo de 2017, La Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), en conjunto con el Servicio Agrícola y Ganadero y la Corporación Nacional Forestal, todos de la Región de Valparaíso, realizaron una inspección ambiental al Proyecto Mina Cardenilla, en el marco de las actividades de fiscalización programadas, según Resolución SMA N°1.210/2016 que fijó Programa y Subprogramas Sectoriales de Fiscalización Ambiental de Resoluciones de Calificación Ambiental para el año 2017.

Producto de lo anterior la SMA señala cargos en contra de Sociedad de Exploración y Desarrollo Minero, titular de Proyecto Minero Cardenilla según Res. Ex. N°1/F-009-2018, calificando como gravísima la infracción N° 9, de conformidad con lo dispuesto en los literales a) y f) del numeral 1 del artículo 36 de la Ley Orgánica de la SMA, por constituir hechos, actos u omisiones que contravienen las disposiciones pertinentes, que han ocasionado daño ambiental no susceptible de reparación, e involucran la ejecución de proyectos o actividades del artículo 10 de la ley N°19.300 al margen del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, constatándose en ellos alguno de los efectos, características o circunstancias previstas en el artículo 11 letras b) y d) de dicha ley, referidos respectivamente a efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire, y a la localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.

En cuanto al daño ambiental y su carácter de irreparable, la SMA efectúa la clasificación sobre la base de los aspectos constatados en la fiscalización ambiental que dan cuenta de la reducción y fragmentación irreversible del patrimonio natural del sitio prioritario para la conservación Cordillera El Melón. Lo anterior, está dado por los efectos sobre la flora y vegetación nativa, y sobre el hábitat de especies de fauna nativas expuestos en los numerales 12, 13, 14, 16 y 18 de esta resolución, que dan cuenta que el grado de perturbación es absoluto o total, en vista de que se constataron áreas con eliminación total de la vegetación a través de la sepultura y/o extracción total de la misma por el aumento y extensión del rajo; perdiendo completamente la estructura y funcionamiento de las comunidades vegetales en el área de influencia directa de las actividades.

El presente documento contiene fundamentos técnicos y científicos referentes la gravedad de la infracción N°9 contenida en la Res. Ex. N°1/F-009-2018 de la Superintendencia del Medio Ambiente, que permiten sostener la reversibilidad del daño ambiental provocado a los componentes suelo, flora y vegetación como consecuencia de la operación del proyecto Mina Cardenilla.

## 2.- OBJETIVO.

Entregar antecedentes técnicos y científicos, que permitan sostener la factibilidad de elaborar un Plan de Reparación del daño ambiental provocado a la flora y vegetación nativa en el área del Proyecto Mina Cardenilla.

## 3.- ANTECEDENTES CUANTITATIVOS DE LOS DAÑOS OCASIONADOS.

Los daños ocasionados abarcan una superficie de **26,61 hectáreas** de cubierta vegetal que fue eliminada producto de las excavaciones o se sepultó por la depositación de los residuos mineros a causa del aumento y extensión del rajo; perdiendo completamente la estructura y funcionamiento de las comunidades vegetales en el área de influencia directa de las actividades (Tabla 1).

Tabla 1.- Cuantificación de los daños ocasionados a los recursos vegetacionales en el área del proyecto Mina Cardenilla.

Formaciones vegetales afectadas	Tipo de daño	Duración en el tiempo	Superficie afectada (ha)
Bosque nativo de conservación y protección	Eliminación	Indefinida	9,19
Bosque nativo de preservación con <i>P. chilensis</i>	Eliminación	indefinida	7,08
Formación xerofítica	Eliminación	indefinida	10,34
<b>Total superficie vegetal afectada</b>			<b>26,61</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados en Res. Ex. N°1/F-009-2018 de la SMA.

De acuerdo a ECONETWORK (2019), todas las formaciones vegetales del área del Proyecto Mina Cardenilla comparten alrededor de 52 taxa, variando la dominancia y cobertura de estos elementos en las diferentes unidades de vegetación. Conociendo la estructura florística de las formaciones dañadas, se deduce que serían **doce las especies afectadas**, más importantes y que forman parte de a lo menos una de las formaciones vegetales que fueron dañadas (Tabla 2).

Tabla 2.- Especies afectadas producto del daño ocasionado a los recursos vegetacionales en el área del proyecto Mina Cardenilla.

Nombre científico	Nombre vulgar	Forma de crecimiento	Origen geográfico
<i>Porlieria chilensis</i> I.M. Johnst	Guayacán	árbol	Endémico
<i>Lithrea caustica</i> (Molina) Hook. & Arn.	Litre	árbol	Endémico
<i>Quillaja saponaria</i> Molina	Quillay	árbol	Nativo
<i>Flourensia thurifera</i> (Molina) DC.	maravilla del campo	Arbusto	Endémico
<i>Echinopsis chiloensis</i> (Colla) Friedrich & G.D. Rowley	Quisco	Arbusto suculento	Endémico
<i>Acacia caven</i> (Molina) Molina	Espino	árbol	Nativo

<i>Schinus latifolius</i> (Gillies ex Lindl.) Engl.	Molle	árbol	Endémico
<i>Retanilla trinervia</i> (Gillies & Hook.) Hook. & Arn.	Tevo	arbusto	endémico
<i>Colliguaja odorifera</i> Molina	Colliguay	arbusto	endémico
<i>Kageneckia oblonga</i> Ruiz & Pav.	Bollén	arbusto	endémico
<i>Baccharis linearis</i> (Ruiz & Pav.) Pers	Romerillo	arbusto	nativo
<i>Puya berteroniana</i> Mez	Chagual	hierba perenne	endémico

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por Álvarez & Godoy (2007), Amest-Explodesa (2018) y Econetwork (2019).

De estas doce especies afectadas directamente, dos de ellas se encuentran en alguna categoría de conservación:

- ✓ ***Porlieria chilensis*** en categoría VU (Vulnerable), de acuerdo al DS 51/2008 MINSEGPRES
- ✓ ***Echinopsis chiloensis*** en categoría NT (Casi Amenazada), de acuerdo al DS 41/2011 MMA

En este escenario, la Resolución de la SMA expresa que la reversibilidad de los efectos se considera imposible a una escala de tiempo humana, pues depende de que se recupere el suelo, como primer requisito, el cual es un recurso natural no renovable y que en este caso presenta características de vulnerabilidad extrema, por cuanto corresponde a suelo de clase 7 u 8 cuyas características principales es que son suelos escarpados, muy delgados, con abundante pedregosidad superficial, texturas finas a muy gruesas, excesivamente drenado, muy severa erosión, expuestos a inundaciones muy frecuentes, muy fuertemente sódico y extremadamente salinos.

#### **4.- MARCO TEÓRICO QUE SUSTENTA LA REPARABILIDAD DEL DAÑO CAUSADO AL SUELO, FLORA Y VEGETACIÓN.**

No obstante, la calificación de gravedad de daño descrita en la infracción N°9 contenida en la Res. Ex. N°1/F-009-2018 de la Superintendencia del Medio Ambiente, la teoría de la ciencia ecológica. permiten sostener la reversibilidad del daño ambiental provocado a los componentes suelo, flora y vegetación en el sitio prioritario cordillera El Melón, como consecuencia de la operación del proyecto Mina Cardenilla.

En la actualidad se puede decir que si, hoy existen diversas estrategias que se pueden implementar en la búsqueda de la reparación de daños ambientales causados a los ecosistemas y recuperación de áreas degradadas (CNRE, 2017), entre las que se pueden mencionar:

- ✓ **Revegetación**, acción que tiene por objetivo recuperar la cobertura vegetal plantando una o pocas especies originales de lugar.
- ✓ **Reconstrucción**, cuyos principales objetivos incluyen la estabilización de terrenos altamente degradados, ofrecer garantías de seguridad al público, mejorar estéticamente el lugar y mejorar un sitio degradado o sin utilidad, haciéndolo productivo otra vez. La reconstrucción de ecosistemas es comúnmente usado en sitios sometidos a actividades mineras

- ✓ **Rehabilitación**, acción que tiene como objetivo recuperar las funciones del ecosistema degradado (ej: fertilidad del suelo) e incrementar su capacidad de proveer bienes y servicios ecosistémicos. No considera necesaria la recuperación de la estructura, composición y diversidad del ecosistema histórico. Un ecosistema rehabilitado puede contener especies que realicen funciones similares a las del ecosistema histórico de referencia, pero no necesariamente se trata de las mismas especies que estaban presentes en el ecosistema antes de la perturbación.
- ✓ **Remediación**, se refiere a la utilización de un proceso tecnológico o de ingeniería ambiental para reparar un tipo de daño específico (ej: contaminación química).
- ✓ **Restauración ecológica**, acción humana cuyo objetivo es facilitar el tránsito del ecosistema degradado hacia algún estado de referencia histórico, que es representativo de la condición pre-perturbación, sea esta natural o semi-natural. La restauración ecológica tiene varios objetivos fundamentales, incluyendo: detener las causas que originaron la degradación, recuperar la vegetación y fauna propia de los ecosistemas históricos del área, facilitar y acelerar el proceso de sucesión ecológica, estimulando la regeneración natural, y promover acciones de auto-recuperación que permitan al ecosistema sostener su condición en el futuro. En consecuencia, las acciones de restauración buscan generar un ecosistema más resiliente, es decir, que sea capaz de mantener su estructura, composición de especies y procesos ecológicos frente a variaciones ambientales, y que a la vez se integre dentro de un paisaje más amplio, adaptándose a condiciones climáticas cambiantes.

Considerando que el daño causado compromete el suelo y la biodiversidad a nivel de especies y de ecosistemas de un sitio prioritario para la conservación de la diversidad biológica, la mejor estrategia para su reparación es diseñar e implementar dos planes, en primer lugar, un plan de **reconstrucción**, seguido de un plan de **restauración ecológica**.

Esta propuesta se sustenta teóricamente en el modelo hipotético de degradación de Whisenant, en donde los niveles de degradación del ecosistema son caracterizados en cinco estados de degradación, siendo el 0 el estado que correspondería a un ecosistema prístino (sin degradación) y en el otro extremo, el estado 4, de máxima degradación, se encuentra frecuentemente asociado a la construcción de obras civiles y mineras como es el caso de taludes, derrames, relaves, oleoductos, etc (Fig. 1).

Este modelo explica cómo un ecosistema pasa de una condición inicial no perturbada a una condición degradada y cómo eso se refleja también en pérdidas de su funcionalidad. La eficiencia en el uso de recursos se representa en el eje de las abscisas y la funcionalidad en el eje de las ordenadas (en la parte inferior de la figura).

La abscisa muestra la disminución de izquierda a derecha en la eficiencia en la captura y uso de recursos como agua, energía y nutrientes. De esta forma, el estado cero representa ecosistemas bien conservados, mientras que el estado 4 ecosistemas fuertemente degradados. La ordenada muestra el aumento en la funcionalidad de los procesos primarios como son la captura de carbono, energía, agua y nutrientes. En esta figura, además se ilustran dos umbrales (representados por barras verticales) que separan los cinco estados en tres grupos

Las dos barreras o umbrales; bióticos y abióticos impiden el retorno a una condición histórica menos degradada. Las barreras bióticas surgen cuando la degradación es baja (e.g., pérdida de algunas especies claves), en tanto que las barreras abióticas (o físicas) son limitantes del cambio bajo condiciones de alta degradación.

Mientras más grave o generalizado es el daño, degradación, fragmentación del paisaje o pérdida del ecosistema, es más difícil, o puede tomar más tiempo para que el sistema ecológico recupere su estructura y composición original a través de la sucesión ecológica natural. En este caso es necesario intervenir mediante manipulaciones físicas del paisaje y/o introducción de especies, de acuerdo al ecosistema de referencia para acelerar el proceso de sucesión.

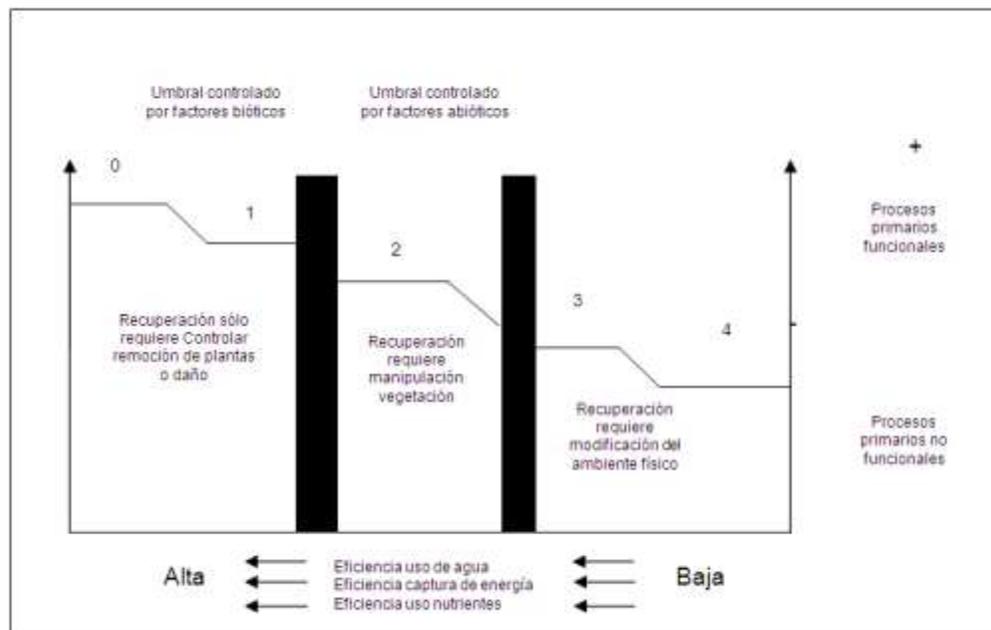


Figura 1.- Modelo conceptual de degradación de ecosistemas naturales. Adaptado de Whisenant (1999).

Una vez identificadas las barreras bióticas y abióticas es posible hacer propuestas concretas para la restauración del ecosistema hacia un estado estructuralmente menos degradado y de mayor funcionalidad. Por ejemplo, los ecosistemas que se encuentran en un nivel de degradación por sobre el umbral de transición controlado por interacciones bióticas requieren manipulación de la vegetación, en donde algunos individuos, e incluso especies, deben ser introducidos y/u otros removidos para restaurar esos ecosistemas. En el caso de los ecosistemas que se encuentren por sobre el umbral de transición controlado por limitaciones abióticas, requieren de manipulación física para que puedan ser restaurados, manipulaciones que, por ejemplo, la construcción de obras físicas como diques de contención, empalizadas, zanjas de infiltración y re-perfilamiento del terreno, entre otras (Whisenant, 1999).

Una de las ventajas de usar este modelo es que destaca la importancia de identificar previamente las barreras bióticas y físicas para la recuperación del sistema, lo que hace posible evaluar la

capacidad del ecosistema degradado de recuperarse sin intervención o con intervenciones menores o mayores, facilitando además la selección de los tratamientos y acciones a aplicar en áreas más degradadas.

De acuerdo al modelo hipotético de degradación propuesto por Whisenant (1999), los procesos de degradación de los ecosistemas provocados por operaciones de la Mina Cardenilla, han superado los dos umbrales importantes de degradación: (1) un umbral controlado por factores bióticos, (2) el umbral controlado por factores abióticos, llegando al nivel 4 de degradación (fig. 1). Para recuperar el ecosistema de este nivel de degradación es imperativo subsanar primero el umbral controlado por factores abióticos, siendo necesario para esta situación en particular partir por una **reconstrucción** física de las áreas dañadas. Una vez reconstruido y estabilizado el sustrato, se debe continuar con una **restauración** del ecosistema original, considerando el contexto del paisaje del sitio prioritario Cordillera El Melón. No hay que olvidar que los flujos de recursos, como agua, nutrientes, materia orgánica y propágulos, son controlados por las formas del paisaje y la microtopografía, por lo cual, se requiere en primer lugar manipular y dirigir estos flujos, basados en la comprensión de los atributos del paisaje, para facilitar la recuperación de los procesos ecosistémicos.

#### **5.- VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL ENTORNO DE LOS ECOSISTEMAS DAÑADOS.**

La vulnerabilidad es un concepto derivado de las ciencias sociales, utilizado ampliamente en el estudio de riesgos y desastres naturales. Se entiende como las características de una persona o grupo de personas en términos de su capacidad para anticiparse, hacer frente, resistir o recuperarse de un impacto o desastre natural o antrópico (Schneiderbauer & Ehlich, 2004). Sin embargo, el concepto ha sido modificado, ampliándose para abarcar una mayor escala y tener aplicación en las ciencias ambientales. A pesar de que diferentes disciplinas se refieren a la vulnerabilidad de diversas maneras, el concepto expresa cómo el ambiente natural y humano pueden responder a eventos externos, y como un sistema, subsistema o componente del sistema puede experimentar un impacto debido a la exposición, perturbación o una situación estresante (Turner *et al.*, 2003). Otro concepto importante es la resiliencia, entendida como la capacidad del sistema para volver a un estado de referencia después de una perturbación, y la capacidad del sistema de mantener ciertas estructuras y funciones a pesar de la perturbación. Ya que el ecosistema se considera como un sistema dinámico en continua evolución y cambio, la resiliencia se evalúa generalmente en términos de la cantidad de cambio que puede sobrellevar el ecosistema y seguir teniendo una misma configuración de estados naturales o deseables. Así, la vulnerabilidad al igual que la resiliencia es conceptualizada como una característica del sistema que es específica a un tipo de perturbación; un sistema es vulnerable a ciertas perturbaciones y no a otras. La vulnerabilidad hace referencia a la capacidad para preservar la estructura del sistema, mientras que resiliencia se refiere a la capacidad de recuperarse de cambios no estructurales en la dinámica, entendiendo estructura en términos de composición y grupos funcionales.

Dada la complejidad de los sistemas biológicos en sí mismos, así como la complejidad de los conceptos relacionados con la vulnerabilidad, es necesario entender en qué podría traducirse la vulnerabilidad de los sistemas biológicos:

A nivel de especies un concepto que puede ser utilizado para determinar la vulnerabilidad puede ser la rareza de la especie (Kattan, 1992). Este concepto por sí mismo incluye al menos tres factores ecológicos: la distribución geográfica, la especificidad del hábitat y el tamaño de las poblaciones (nivel de amenaza).

La valoración de la vulnerabilidad a nivel ecosistémico es el conjunto de propiedades de un ecosistema que determina su potencial para ser dañado por un estresor específico (Ippolito *et al.* 2010). Es decir, la vulnerabilidad a nivel de ecosistemas hace referencia a las características funcionales y estructurales del ecosistema que pueden verse modificadas por la ocurrencia de un impacto. Las características estructurales tienen relación con la composición de especies, y tanto la fragilidad como la estabilidad de un ecosistema se han relacionado con el grado de cambio en la abundancia y composición de especies posterior a un impacto (Christer y Gunnell, 1995). A mayor cambio de composición de especies o mayores fluctuaciones poblacionales se puede considerar que el ecosistema es más frágil.

Por otra parte, las características funcionales de los ecosistemas, contribuyen a la provisión de beneficios directos a la sociedad, conocidos como “servicios ecosistémicos” (ej., secuestro de carbono, mantenimiento de la composición atmosférica y estabilidad del clima, control de erosión, provisión de agua limpia, almacenaje de agua en humedales por su contribución a la amortiguación de inundaciones, entre otros). Así, la vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos, es el riesgo intrínseco de perder o reducir la provisión de un servicio ecosistémico, o un conjunto de servicios ecosistémicos utilizados por la sociedad, frente a la ocurrencia de un evento (o serie de eventos) de disturbio o frente a la influencia crónica de un factor de estrés, en ambos casos de origen natural o antrópico (Latterra *et al.*, 2011).

### **5.1. Selección y aplicación de indicadores y umbrales de vulnerabilidad.**

Toda valoración, por definición, tiene algo de subjetividad, lo que no significa que deba ser arbitraria. La vulnerabilidad será evaluada de acuerdo a la metodología de valoración cualitativa. Esta técnica consiste en valorar de forma subjetiva una serie de cualidades, asignando valores prefijados según la apreciación del grado de afectación del indicador de vulnerabilidad (alta, media, baja). Para disminuir la subjetividad se justifican de la mejor forma posible todos los juicios de valor que se realizan. Los valores obtenidos se traducen en un valor numérico que refleja el nivel de importancia de la vulnerabilidad de cada factor evaluado (Toro, 2013).

En este informe, la vulnerabilidad de los ecosistemas se evaluará a nivel de cuenca, por ser un límite natural que permite una mejor interpretación de los procesos ecológicos.

Los indicadores de vulnerabilidad y sus umbrales se escogieron de acuerdo con la disponibilidad de información del área encontrada en los estudios de Alvarez Rojas & Godoy Saez (2007), Amest-Explodesa (2018) y Econowork Ltda (2019), considerando además la relevancia del lugar como sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad de la región de Valparaíso.

En la Tabla 3. se resumen los indicadores propuestos para el cálculo de la vulnerabilidad de cada uno de los factores analizados, los cuales se explican a continuación.

Tabla 3.- Propuesta de indicadores de vulnerabilidad del entorno a los ecosistemas dañados en el área del proyecto Mina Cardenilla.

Nivel	Factores	Indicador de vulnerabilidad
I.- Ecosistema	Diversidad de formaciones vegetales	Presencia de objetos de conservación de biodiversidad
	Tamaño	Área de ecosistemas remanentes
II.- Especies vegetales	Diversidad de flora	Presencia de especies en categoría de conservación
	Distribución de especies	Presencia de especies en sus límites de distribución
	Endemismos	Presencia de especies endémicas de Chile mediterráneo
III.- Servicio ecosistémico	Formación y protección del suelo	Capacidad de uso del suelo
	Regulación de caudales	Grado de transformación de la cuenca

Fuente: Elaboración propia

Los factores ambientales flora y vegetación determinan la presencia de fauna por proveer las condiciones de hábitat, refugio y alimentación necesarias para esta, razón por la cual se privilegia la evaluación de la flora por sobre la fauna para aproximarse a una evaluación de las condiciones de los ecosistemas. La vegetación además responsable de la belleza escénica, el ciclaje de nutrientes, entre otros, el suelo y la disponibilidad de agua finalmente, son el sustento de todo el sistema biológico. En síntesis, la flora, vegetación, suelo y agua en su conjunto se interrelacionen de una manera estrecha aportando una buena información sobre el estado y la vulnerabilidad de los ecosistemas en general.

### I.- Nivel Ecosistema

Para determinar la vulnerabilidad a nivel de ecosistemas se propone como indicador la presencia de objetos de conservación de biodiversidad y su tamaño.

- **Presencia de objetos de conservación de biodiversidad.**

Los objetos de conservación son especies, comunidades, formaciones, hábitats o procesos ecológicos específicos seleccionados para representar y englobar la gama completa de biodiversidad en un área específica. Incluyen elementos que son considerados importantes para la conservación ya sea por su viabilidad, irremplazabilidad, distribución restringida o por ser raros o endémicos. En este caso se evaluó como objeto de conservación la singularidad del tipo de cobertura vegetal presentes en el área del proyecto Mina Cardenilla (Tabla 4).

Tabla 4. Calificación de la vulnerabilidad por presencia de Objeto de conservación de biodiversidad.

Grado de vulnerabilidad	Criterio
Alto	Presencia de objetos de conservación a nivel de formaciones vegetales (FV), sin importar su extensión
Medio alto	Presencia de objetos prioritarios para la conservación a FV en más del 50% del área evaluada
Medio bajo	Presencia de objetos prioritarios para la conservación a nivel FV en menos del 50% del área evaluada.
Bajo	Ausencia de objetos prioritarios para la conservación

Fuente: Elaboración propia

Considerando la presencia formaciones xerofíticas y de bosque nativo de preservación, dos formaciones vegetales de distribución restringida y que contienen especies clasificadas según su estado de conservación de acuerdo a lo estipulado en la Ley N° 19.300, el grado de vulnerabilidad de los ecosistemas de acuerdo a la presencia de estos dos objetos de conservación se considera Alto.

- **Área de ecosistemas remanentes en la microcuenca (AER).**

El área de ecosistemas remanentes expresa la cobertura de vegetación natural de un área como porcentaje del total de la misma. Se determinó el área de los ecosistemas naturales remanentes en la microcuenca afectada, en relación con el área total que presentaban antes de la afectación.

El área de ecosistemas remanentes se resume en la siguiente tabla (Tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje de vegetación remanente de la microcuenca

Tipo de vegetación	Superficie total (ha)	Superficie eliminada (ha)	Superficie remanente (ha)	Remanente
Bosque de preservación	17,07	7,08	9,9	57,99%
B. de conservación y protección	41,14	9,19	31,95	77,66%
Formación xerofítica	128,33	10,34	117,99	91,94%
TOTAL	186,54	26,61	159,84	86,68%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de AMEST-EXPLODESA (2018)

Este índice se utiliza para determinar la vulnerabilidad ante la reducción del área total de ecosistemas remanentes. Se considera que una zona con mayor AER será capaz de seguir brindando servicios ecosistémicos de manera suficiente a pesar de ser impactada, por lo cual es menos vulnerable ante la pérdida de área de ecosistemas que una zona con un AER menor (Tabla 6).

Tabla 6. Calificación de la vulnerabilidad por el área de ecosistemas remanentes

Grado de vulnerabilidad	Criterio
Alto	Ecosistemas naturales remanentes representan menos del 10% del área total de la cuenca.
Medio alto	Ecosistemas naturales representan del 10 al 20% del área total.
Medio bajo	Ecosistemas naturales representan del 20 al 70% del área total.
Bajo	Ecosistemas naturales representan más del 70% del área total.

Fuente: Pérez (2010)

De acuerdo a lo anterior, el grado de vulnerabilidad de los ecosistemas remanentes en la microcuenca afectada es MEDIO BAJO para el Bosque de preservación, BAJO para el bosque de conservación y protección, y BAJO para la formación xerofítica. En general, la vulnerabilidad de los ecosistemas remanentes ante la reducción de su área en la microcuenca es BAJO

## II. NIVEL ESPECIES (flora)

- **Presencia de especies en categoría de conservación.**

Este indicador se evalúa para determinar la vulnerabilidad de la diversidad de flora, pues teniendo en cuenta que las especies incluidas dentro de algunas de sus categorías pueden ser consideradas como vulnerables a desaparecer y por lo tanto son más susceptibles a las variaciones en las características del medio (impactos). Las categorías de las especies consideradas para la determinación del índice fueron:

i. En Peligro Crítico (CR): Un taxón está “En Peligro Crítico” cuando enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en el futuro inmediato.

ii. En Peligro (EN): Un taxón está “En Peligro” cuando, no estando “En Peligro Crítico”, enfrenta de todas formas un alto riesgo de extinción o deterioro poblacional en estado silvestre en el futuro cercano.

iii. Vulnerable (VU): Un taxón está en la categoría “Vulnerable” cuando, no estando ni “En Peligro Crítico” ni “En Peligro”, enfrenta de todas formas un moderado riesgo de extinción o deterioro poblacional a mediano plazo.

La vulnerabilidad se evaluó según la siguiente escala (Tabla 7):

Tabla 7. Calificación de la vulnerabilidad por la presencia de especies en categoría de conservación.

Grado de vulnerabilidad	Criterio
Alto	Presencia de especies “En Peligro Crítico”
Medio alto	Presencia de especies “En Peligro”
Medio bajo	Presencia de especies “Vulnerables”
Bajo	Ausencia de especies en las clasificaciones mencionadas.

Fuente: Elaboración propia

Revisando los listados de flora de la microcuenca entregados por Alvarez Rojas & Godoy Saez (2007) y Econowork Ltda (2019), se encontrarían solo dos especies en categoría de conservación Vulnerable en toda el área del proyecto Mina Cardenilla: *Eriocyce aurata* (asiento de la suegra) y *Porlieria Chilensis* (Guayacán). No se reportan especies en peligro ni en peligro crítico para este lugar.

De acuerdo a lo anterior, el grado de vulnerabilidad de los ecosistemas remanentes en la microcuenca por la presencia de especies en riesgo de extinción es MEDIO BAJO.

- **Presencia de especies en sus límites de distribución geográfica.**

Este indicador se evalúa para determinar la vulnerabilidad teniendo en cuenta que las especies que se encuentran en sus límites de distribución son más susceptibles a las variaciones en las características del medio y su impacto es mayor si estas son endémicas.

Para determinar estos umbrales se consideró que Cordillera El Melón, en su categoría de Sitio Prioritario marca los límites septentrionales o australes absolutos de al menos diez taxa (Flores Toro 2012).

La vulnerabilidad se evaluó según la siguiente escala (Tabla 8).

Tabla 8. Calificación de la vulnerabilidad por la presencia de especies en sus límites de distribución geográfica.

Grado de vulnerabilidad	Criterio
Alto	Presencia de especies que encuentran sus límites de distribución septentrional o austral en Cordillera El Melón.
Medio alto	Presencia de especies endémicas con límites de distribución septentrional o austral en la región de Valparaíso.
Medio bajo	Presencia de especies nativas con límites de distribución septentrional o austral en la región de Valparaíso.
Bajo	Ausencia de especies con límites de distribución septentrional o austral en cordillera El Melón o en la región de Valparaíso.

Fuente: Elaboración propia

La distribución de las especies de los ecosistemas de Mina Cardenilla se obtuvo cotejando el listado de especies de las Líneas Base de flora y vegetación (Alvarez Rojas & Godoy Saez, 2007; Econowork Ltda., 2019) con la información detallada de la flora del lugar publicada en Flores & Amigo (2013) y Flores Toro & Amigo (2014). De acuerdo esto, no se reportan para el lugar ninguna de las especies que encuentran sus límites de distribución en el Sitio Prioritario, pero si están presentes dos especies endémicas en el área del proyecto Mina Cardenilla, que encuentran su límite de distribución septentrional en la región de Valparaíso: *Lobelia tupa* (tabaco del diablo) y *Retanilla ephedra* (tebo).

De acuerdo a lo anterior, el grado de vulnerabilidad de los ecosistemas remanentes en la microcuenca por la presencia de especies de plantas que encuentran sus límites norte o sur en este sitio es MEDIO ALTO.

- **Presencia de especies endémicas.**

El endemismo se entiende como la propiedad de una especie de ser exclusiva de un sector o área particular. Para determinar estos umbrales se consideró que Cordillera El Melón, junto a otros macizos de la cordillera de la Costa de las regiones de Valparaíso y Metropolitana, conforman una unidad biogeográfica que alberga especies de flora endémica restringidas exclusivamente a estos cordones montañosos (Flores-Toro, 2012; García, 2010). Considerando esto, la vulnerabilidad se evaluó según la siguiente escala (Tabla 9).

Tabla 9. Calificación de la vulnerabilidad por la presencia de especies endémicas

Grado de vulnerabilidad	Criterio
Alto	Presencia de especies endémicas de los cordones montañosos de las regiones de Valparaíso y Metropolitana (endemismos estrictos).
Medio alto	Presencia de especies endémicas de Chile mediterráneo (regiones de coquimbo al Biobío).
Medio bajo	Presencia de especies endémicas de Chile con amplia distribución latitudinal.
Bajo	Ausencia de especies endémicas de Chile.

Fuente: Elaboración propia

El nivel de endemismo (local, regional o nacional) para las especies de plantas presentes en los ecosistemas de Mina Cardenilla se obtuvo cotejando los listados de especies de las Líneas de Base de flora y vegetación del sitio (Alvarez Rojas & Godoy Saez, 2007; Econowork Ltda., 2019) con los endemismos locales (Flores-Toro 2012), regionales y nacionales consignados en el catálogo de la flora de Chile (Rodríguez *et al.*, 2018).

No se encontraron especies endémicas locales (de los cordones montañosos de la cordillera de la costa de las regiones Metropolitana y Valparaíso), pero si se encontraron especies endémicas de Chile Mediterráneo, tales como: *Porlieria chilensis* (guayacán), *Retanilla trinervia* (tebo), *Schinus latifolius* (molle), *Puya berteroniana* (chagual), *Adesmia confusa* (varilla brava), *Calceolaria corymbosa* (capachito), entre otras, por lo tanto el grado de vulnerabilidad de los ecosistemas remanentes por la presencia de especies endémicas es MEDIO ALTO.

### III. SERVICIO ECOSISTÉMICO

- **Capacidad de uso del suelo.**

El sistema de clasificación del suelo usado en Chile, comprende 8 clases que se designan con números romanos de I a VIII y en el cual a medida que se aleja de la clase I aumentan el número e intensidad de los limitantes que presentan las tierras en relación con su uso y manejo, de tal manera que al llegar a la clase VIII aparecen suelos que no presentan vocación agrícola, pecuaria, ni forestal y solo pueden ser utilizadas para la protección y conservación de aguas y vida silvestre o para el desarrollo de la actividad turística o recreacional. De acuerdo con el factor o factores limitantes se obtienen las subclases. Estos limitantes son básicamente: susceptibilidad a la erosión, exceso de humedad, limitaciones en la profundidad efectiva, sea por factores físicos o químicos, y clima adverso.

La capacidad de uso del suelo se utiliza como un indicador de vulnerabilidad ante la pérdida del servicio ecosistémico de formación y protección del suelo, pues aquellas zonas con menor capacidad de uso (clases más altas) son más vulnerables a la erosión y degradación del suelo, dependen de las coberturas vegetales y de un manejo adecuado para su protección. La vulnerabilidad se valoró de acuerdo a la siguiente escala (Tabla 10).

Tabla 10. Calificación de la vulnerabilidad de acuerdo a la capacidad de uso del suelo.

Grado de vulnerabilidad	Criterio
Alto	Clases VI a VIII
Medio alto	Clases III a V
Medio bajo	Clase II
Bajo	Clase I

Fuente: Pérez Vizcaino (2010)

En el área de emplazamiento del proyecto, el suelo presenta una capacidad de uso de clase VII y clase VIII de secano, es decir, sin valor agrícola, ganadero o forestal. Luego, su uso está limitado solamente para la vida silvestre, recreación o protección de hoyas hidrográficas. De acuerdo a lo anterior, el grado de vulnerabilidad de los ecosistemas remanentes de acuerdo a la Clase de suelo que los sustenta se considera ALTO.

- **Grado de transformación de la cuenca.**

Las características ecológicas y de oferta de bienes y servicios ambientales de las cuencas (entre estos, el agua) dependen en gran parte del grado de intervención, en particular por la intensidad de las actividades de explotación que se aplican. En general, los principales problemas son la fragmentación y pérdida de conectividad entre coberturas vegetales estratégicas para la captación y regulación del agua.

Este indicador representa el grado de transformación de las cuencas hidrográficas medido a partir del porcentaje existente de cobertura vegetal natural. Se considera que cuencas hidrográficas con bajos porcentajes de cobertura vegetal natural (estados de conservación precarios), tienen pocas posibilidades de regulación del agua, dado que la ausencia de cobertura vegetal se puede ver traducida en poca retención y aumento de la erosión, por tanto, mayores diferencias entre periodos secos y húmedos (Corzo et al., 2009).

Los rangos de transformación de cuencas utilizados para la valoración de vulnerabilidad corresponden a una modificación de los establecidos por Corzo *et al.* (2009) y se muestran a continuación (Tabla 11).

Tabla 11. Calificación de la vulnerabilidad de acuerdo a la conservación de la cuenca.

Grado de vulnerabilidad	Criterio
Alto	Porcentaje de transformación de la cuenca superior al 90%
Medio alto	Porcentaje de transformación de la cuenca entre 50% y 89%
Medio bajo	Porcentaje de transformación de la cuenca entre el 20% y 49%
Bajo	Porcentaje de transformación de la cuenca menor al 20%

Fuente: Modificado de Corzo *et al.* (2009)

La superficie total de la microcuenca corresponde a 389,83 ha. Mientras que el Área del Proyecto, ocupa un total de 68,89 ha que equivale al 17,7% de la superficie de la microcuenca (Amest-Explodesa, 2018), por lo tanto, el grado de vulnerabilidad de los ecosistemas remanentes por la transformación de la superficie de la misma es Bajo.

## 5.2. Valoración de los factores.

Primero se calculó el valor de vulnerabilidad para cada uno de los factores de acuerdo a la escala de valoración considerando los niveles: baja, media-baja, media-alta y alta vulnerabilidad.

Dado que la vulnerabilidad del entorno a los ecosistemas dañados en la cuenca, son función de los ecosistemas remanentes, especies vegetales y servicios ecosistémicos, se propone estimar la vulnerabilidad global en función de estos tres factores. En este trabajo se ha optado por una relación aritmética simple, que ha sido escogida por su simplicidad y la capacidad de esquematizar el proceso en general y los criterios de aplicación (Pérez Vizcaino I, 2010).

La Tabla 12 presenta las funciones propuestas para estimar cada una de las variables consideradas, así como cada uno de los componentes de los factores de vulnerabilidad identificados.

Tabla 12. Funciones para la estimación de la vulnerabilidad y sus componentes.

Tipo de vulnerabilidad	Función
Vulnerabilidad Global (V)	$V = \frac{VE + VF + VS}{3}$ <p>VE: Vulnerabilidad ecosistemas del entorno            VP: Vulnerabilidad de especies de flora            VS: Vulnerabilidad de servicios ecosistémicos</p>
Vulnerabilidad de ecosistema (VE)	$VE = \frac{VFv + VTm}{2}$ <p>VFv: Vulnerabilidad formaciones vegetales            VTm: Vulnerabilidad tamaño ecosistemas</p>
Vulnerabilidad especies vegetales (VF)	$VF = \frac{VEf + VDe + Ven}{3}$ <p>VEf: Vulnerabilidad especies de flora            VDe: Vulnerabilidad distribución de especies            Ven: Vulnerabilidad especies endémicas</p>
Vulnerabilidad servicios ecosistémicos (VS)	$VS = \frac{VSu + VCa}{2}$ <p>VSu: Vulnerabilidad formación y protección suelo            VCa: Vulnerabilidad regulación de caudales</p>

Fuente: modificado de Albarracín y Vera (2017)

Para obtener el valor de importancia de la vulnerabilidad de los ecosistemas remanentes de la cuenca dañada, se procedió a asignar valores a los indicadores de vulnerabilidad según la siguiente escala (Tabla 13).

Tabla 13. Escala de valoración para las variables de vulnerabilidad.

Nivel de vulnerabilidad	Valores
Baja	20
Media-baja	40
Media-alta	80
Alta	100

Fuente: Pérez Vizcaino (2010)

En la Tabla 14, se resumen los resultados obtenidos de la estimación de la vulnerabilidad de los ecosistemas remanentes, circundantes a los daños ocasionados en la microcuenca donde se desarrolla el Proyecto Mina Cardenilla.

Tabla 14. Consolidado de los resultados obtenidos en la estimación de la vulnerabilidad (V) y sus componentes en la microcuenca afecta a daños ambientales.

Nivel	Indicador de vulnerabilidad	Nivel de vulnerabilidad	Importancia de V
I.- Ecosistema	Presencia de objetos de conservación de biodiversidad	Alta (100)	60 (MEDIA)
	Área de ecosistemas remanentes	Baja (20)	
II.- Especies vegetales	Presencia de especies en categoría de conservación	Media baja (40)	66,66 (MEDIA ALTA)
	Presencia de especies en sus límites de distribución	Media alta (80)	
	Presencia de especies endémicas de Chile mediterráneo	Media alta (80)	
III.- Servicio ecosistémico	Capacidad de uso del suelo	Alta (100)	60 (MEDIA)
	Grado de transformación de la cuenca	Baja (20)	

Como se evidencia en la Tabla 14, los resultados obtenidos indican que el nivel de vulnerabilidad de los ecosistemas (representados por las formaciones vegetales) remanentes en la cuenca es MEDIA, a nivel de especies vegetales, la vulnerabilidad es MEDIA ALTA y por último, a nivel de servicios ecosistémicos la vulnerabilidad es MEDIA.

Adicionalmente, como elemento de visualización del escenario, la Tabla 14 permite identificar cuáles son aquellos componentes o subcomponentes de la vulnerabilidad que deben ser intervenidos con el propósito de aumentar la capacidad de respuesta y adaptación de la microcuenca como sistema. Este instrumento permite la focalización de los componentes más

relevantes, facilitando así el diseño de gestión de la cuenca. En este caso, se evidencian dos indicadores con alta vulnerabilidad; los objetos de conservación de la cuenca (formaciones xerofíticas y bosque nativo de preservación), y los suelos. Por lo tanto, considerando la vulnerabilidad de los ecosistemas remanentes de la cuenca, su manejo debe apuntar a la preservación, enriquecimiento y/o restauración de los objetos de conservación (formaciones xerofíticas y bosque nativo de preservación), y considerar toda clase de medidas de reparación del componente suelo para evitar pérdidas por erosión u otro.

Los resultados obtenidos tienen varias fuentes de incertidumbre que es necesario resaltar. La primera de ellas tiene que ver con los márgenes de error en la generación de la información secundaria, esto es con las fuentes específicas empleadas para cada caso en particular. Otra fuente de incertidumbre tiene que ver con la forma de definición de la ponderación y cómputo de las variables y componentes de la vulnerabilidad, es decir, con la estructura del modelo, que en este caso en particular se efectuó con base en criterio experto.

## **6.- REPARABILIDAD DE DAÑO A LA FLORA Y VEGETACIÓN.**

Teniendo la certeza, de acuerdo al modelo de degradación de ecosistemas de Whisenant (1999), que es posible restaurar ecosistemas dañados, inclusive los que han sobrepasado los límites bióticos y abióticos de degradación, es necesario preguntarse, si acaso los ecosistemas dañados por las acciones del Proyecto Mina Cardenilla: Bosque nativo de conservación y protección, Bosque nativo de preservación con *P. chilensis* y Formación xerofítica, son factibles de recuperarse desde el punto de vista biótico.

Considerando que estas formaciones comparten la mayoría de los elementos florísticos y que en casi toda el área se puede encontrar *Porlieria chilensis*, especie endémica y vulnerable a la extinción, gran parte del esfuerzo de un plan de restauración se deben concentrar en dicha especie, sin dejar de lado el resto del elenco florístico (las otras especies leñosas y herbáceas que conforman comunidades y las distintas formaciones vegetales). Sin embargo, dada la gravedad que implica el haber dañado específicamente ejemplares de *P. chilensis*, a continuación, se entrega una serie de antecedentes científicos y técnicos que respaldan, por una parte, la reversibilidad del daño causado a las comunidades en las que participa, y en segundo lugar, sustentan la afirmación de que los daños causados no ponen en riesgo de ninguna manera la continuidad de la especie a nivel local (cuenca), regional ni nacional.

### **6.1. Distribución histórica y actual de *P. chilensis*.**

*Porlieria chilensis* crece desde la Región de Coquimbo, provincia de Limarí (Pta. Choros 29° 27' Lat Sur – 71° 10' Long. W) a la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, provincia de Colchagua (34° 25' Lat. Sur – 71° 10' Long. W), encontrándose desde el nivel del mar, hasta los 1.400 msnm), abarcando un área de ocupación total entre los 320 y 1.145 Km<sup>2</sup> (Muñoz & Serra, 2006; Loayza et al., 2015; Rodríguez et al., 2018).

Hasta el año 2007 existían sólo 333 registros en las bases de datos históricas actualizada de colecta de la especie, de los tres herbarios más importantes de Chile; Herbario de la Universidad de Concepción (CONC), Herbario del Museo Nacional de Historia Natural (SGO) y Herbario de la Universidad de La Serena (ULS). Un estudio más reciente, duplicó el número de registros de presencia de poblaciones (697) y, como consecuencia se incrementó la extensión de la presencia en 1.000 Km<sup>2</sup>. Específicamente, los datos de colectas históricas sugerían que la extensión de distribución de *P. chilensis* era aproximadamente 45.000 Km<sup>2</sup> mientras que los datos más actuales permitieron estimar el área de extensión total de la especie en aproximadamente 46.000 Km<sup>2</sup> (Loayza *et al.*, 2015).

A las 697 poblaciones registradas por Loayza *et al.* (2015), se le debe sumar además un número indeterminado de poblaciones que han sido detectadas en levantamientos de línea de base de variados proyectos que han ingresado al SEIA pero que no han sido reportados ni considerados en los estudios anteriores (CONAF, 2016).

Varias subpoblaciones de la especie se encuentran actualmente protegidas en distintas unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), totalizando más de tres mil hectáreas de formaciones vegetales con Guayacán con protección efectiva por el Estado (Tabla 15).

**Tabla 15. Superficie actual de *Porlieria chilensis* en el SNASPE.**

UNIDAD	COMUNA	REGIÓN	SUPERFICIE (Ha)
Monumento Natural Pichasca	Río Hurtado	Coquimbo	128,8
Parque Nacional Fray Jorge	Ovalle	Coquimbo	1.658,0
Reserva Nacional Las Chinchillas	Illapel	Coquimbo	529,3
Parque Nacional La Campana	Olmué	Valparaíso	678,8
Parque Nacional Río Blanco	Los Andes	Valparaíso	10,0
Reserva Nacional Río Clarillo	Pirque	Metropolitana	37,3
<b>Total SNASPE</b>			<b>3.042,2</b>

Fuente: Loayza *et al.* (2015)

## 6.2. Posición ecológica y fitogeográfica de la especie.

La especie encuentra su óptimo de crecimiento bajo condiciones de bioclima Mediterráneo, hiperoceánico y oceánico, ocupando varios pisos bioclimáticos: termomediterráneo superior, mesomediterráneo y supramediterráneo inferior, con ombrotipos árido, semiárido y seco (Rivas Martínez, 2004; Luebert & Pliscoff, 2017). De acuerdo a esto, es evidente que la especie es capaz de prosperar en un amplio rango de temperaturas y bajo diferentes condiciones de aridez a lo largo de la catena altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 1.400 msnm. Esto le permite ocupar un amplio rango de hábitat, se la encuentra desde los faldeos cordilleranos, pasando por pendientes costeras sobre sustratos rocosos, hasta llanuras con sustratos arenosos. La condición común es la exposición hacia una máxima insolación, en lugares secos, pero en situaciones con buen drenaje (Hechenleintner *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 1983; Serra *et al.*, 1986).

Reafirmando lo anterior, la propuesta de clasificación de la vegetación de Chile de Gajardo (1994), sostiene que las poblaciones de *P. chilensis* se encuentran formando parte de una serie de Formaciones Vegetales, todas, dentro de la Región del Matorral y Bosque Esclerófilo (Tabla 16).

**Tabla 16. Formaciones vegetales en las cuales se encuentra *Porlieria chilensis*.**

Región	Sub-Región	Formación Vegetal
Matorral y Bosque Esclerófilo	Matorral Estepario	Matorral Estepario Boscoso
	Matorral y del Bosque Espinoso	Matorral Espinoso de las Serranías
		Bosque Espinoso Abierto
Bosque Esclerófilo	Bosque esclerófilo de la Precordillera Andina	

Fuente: Gajardo (1994)

Es necesario tener presente, que cada Formación Vegetal, a su vez está compuesta de una serie de comunidades vegetales. De acuerdo a Amest-Explodesa (2018), en el área del Proyecto Mina Cardenilla, las comunidades vegetales con participación de *Porlieria chilensis* son:

- ✓ Bosque abierto de *Lithraea caustica* y *Porlieria chilensis*
- ✓ Bosque semidenso de *Lithraea caustica* y *Porlieria chilensis*

Otras especies, acompañantes de estas comunidades y muy frecuentes en el área del Proyecto Mina Cardenilla son: *Quillaja saponaria* (Quillay), *Flourensia thurifera* (Maravilla del Campo) y *Retanilla trinervia* (Tebo) (ECONETWORK 2019).

### 6.3. Capacidad de propagación de la especie y estructura poblacional.

*Porlieria chilensis* presenta una alta capacidad de regeneración vegetativa como mecanismo de adaptación a las condiciones de sequía y a las perturbaciones ocasionadas por el hombre y el ganado, pero la regeneración por semillas es difícil de encontrar en la naturaleza por el elevado grado de erosión en los suelos donde está presente la especie (Vita *et al.*, 2009). Sin embargo, en vivero presenta una buena capacidad germinativa si se siembra en primavera, alcanzando un crecimiento entre 5 y 15 cm en un año (Cabello, 1987). Y de acuerdo a Riedemann *et al.* (2006), a partir del cuarto año, el crecimiento es más rápido.

A lo largo de su rango de distribución, la estructura poblacional del Guayacán está conformada por las siguientes proporciones de estados del ciclo de vida identificados: Adultos (81,5%), Rebotes (13,8%), Juvenil tardío (1,8%), Juvenil temprano (1,4%) y Plántula (1,5%). En las regiones de Coquimbo y Metropolitana, las poblaciones de *P. chilensis* están compuestas sólo por adultos y rebotes, lo que sugiere que no hay reclutamiento de nuevos individuos. Mientras que el estado de juvenil tardío se encuentra sólo en la región de Valparaíso, y los estados de juvenil temprano y plántula de encuentran en las regiones de Coquimbo y Valparaíso (Loayza *et al.*, 2015). Esto indica que en la región de Valparaíso se encuentran individuos de todas las clases de edades, o estados del ciclo de vida de la especie. Y aunque existen muchos reportes que indican que la propagación por semillas en la naturaleza es baja, en ciertos sectores de esta cordillera se ha observado una buena propagación natural de la especie por semillas (observación personal). Por otra parte, hay que

considerar que la mayoría de los adultos que conforman las poblaciones de *P. chilensis*, son individuos reproductivos, esto es, que producen abundantes semillas. Lo anterior abre la posibilidad de restauración de estas poblaciones en Cordillera El Melón, con una alta probabilidad de éxito, siempre que se planifique correctamente la cosecha de semillas, un buen manejo a nivel de producción de plántulas en vivero, las condiciones óptimas de sustrato y humedad para su establecimiento en terreno y las medidas necesarias para asegurar su permanencia en el tiempo.

#### 6.4. Tamaño de las poblaciones de Guayacán a nivel nacional, regional y local.

El tamaño actual de las poblaciones de Guayacán, estimado recientemente por Loayza *et al.* (2015), se basa en valores calculados con dos estimaciones del área de ocupación, uno a partir de un buffer de 1 km y otro de 500 m alrededor de cada punto de colecta. En otras palabras, se consideró que la presencia de la especie en un punto no garantiza que la especie se encuentre más allá de un kilómetro para un caso, o más allá de 500 m para el segundo. Así, el tamaño poblacional del Guayacán, bajo una visión conservadora, se estima en más de siete millones de ejemplares, mientras que, en una postura optimista, habría alrededor de veintiséis millones de individuos en toda su área de distribución (Tabla 3). Según esta información, la Región de Valparaíso alberga aproximadamente entre uno y cinco millones de ejemplares de Guayacán.

Por otra parte, en el año 2017, se censaron y georreferenciaron todos los ejemplares de *Porlieria chilensis*, presentes en la microcuenca donde se desarrolla el Proyecto Mina Cardenilla, resultando un total de 1.032 ejemplares. Considerando que la superficie correspondiente a bosques de preservación con presencia de Guayacán en la microcuenca es de 170,99 ha, se obtuvo una densidad de 6,04 arb/ha (Amest-Explodesa, 2018). Con estos antecedentes se procedió a calcular cuántos ejemplares de Guayacán habrían sido afectados por la operación de la Mina Cardenilla (Tabla 17).

**Tabla 17.- Tamaño poblacional actual estimado de *P. chilensis* en la Regiones donde se encuentra distribuido. Cada estimación está asociada a una desviación estándar, calculada a partir de las parcelas en cada Región.**

Región	Densidad promedio $\pm$ d.e. por Km <sup>2</sup>	Buffer – 0,5 Km		Buffer – 1 km	
		Área de ocupación (Km <sup>2</sup> )	Tamaño de la población	Área de ocupación (Km <sup>2</sup> )	Tamaño de la población
Coquimbo	20016 $\pm$ 6016	233,4	4.671.734	844,8	16.909.516
Valparaíso	34880 $\pm$ 25632	38,6	1.346.368	139,3	4.858.784
Metropolitana	30480 $\pm$ 27424	46	1.402.080	154,8	4.718.304
O'Higgins*	24.000	1,6	35.840	6,3	141.120
<b>TOTAL</b>		<b>320</b>	<b>7.456.022</b>	<b>1.145</b>	<b>26.500.716</b>

\* existe solo una localidad con *P. chilensis*

Fuente: Loayza *et al.* (2015)

**Tabla 18.- Tamaño poblacional a nivel local (microcuena) y estimación del número de ejemplares eliminados por la operación de la Mina Cardenilla.**

Tipo de bosque	Sup. ocupada en Sitio Prioritario Cord. El Melón	Superficie ocupada en la Microcuena	Superficie eliminada según informe SMA	Densidad de Guayacán	Nºde ejemplares eliminados
Bosque de Preservación con guayacán	10.624,66 ha	170,99 ha	7,08 ha	6,04 árb/ha	43

Fuente: Amest-Explodesa, 2018.

De acuerdo con la Tabla 18, habrían sido eliminados 43 ejemplares de un total de 1.076 guayacanes que había en la microcuena, lo que representa una afectación del 4,0 % de la población local.

### **6.5. Amenaza a la continuidad de la especie por fragmentación a nivel local (microcuena) y del Sitio Prioritario Cordillera El Melón.**

La pérdida de hábitat de *Porlieria chilensis* por acciones del Proyecto Minero Cardenilla, alcanza a 7,08 ha (según cifras de la SMA), lo que equivale a un 3,98% de la superficie total de la microcuena. Tanto la disminución de ejemplares como la disminución de la extensión del hábitat en caso alguno comprometen la sobrevivencia de la especie en la microcuena. La disminución de la superficie de hábitat de la especie a nivel del Sitio Prioritario Cordillera el Melón es de 0,067%. Dicha disminución no compromete la sobrevivencia de la especie en este sitio prioritario. Las acciones del Proyecto Minero que han afectado directa e indirectamente a ejemplares de *Porlieria chilensis* no sugieren amenazas a la población de esta especie en la microcuena por una mayor fragmentación y generación de subpoblaciones con efecto en sus intercambios genéticos del área de distribución geográfica por cuanto la corta de 7,08 ha sólo afectará una muy reducida fracción del área de distribución local. Considerando las modalidades de polinización y de dispersión de las semillas de la especie, se estima que la eliminación de ejemplares de *Porlieria chilensis* no representa ni va a representar una barrera al flujo génico en la microcuena (Amest-Explodesa, 2018), menos si se considera que las poblaciones de *P. chilensis* frecuentemente se encuentran aisladas entre sí formando parches, y que esta distribución en parches parece ser una condición natural de la especie y no el resultado de un proceso de fragmentación severo causado por actividades antrópicas (Loayza et al., 2015).

## 7.- CONCLUSIONES

La afectación del Bosque nativo de conservación y protección, bosque de preservación con participación de *Porlieria chilensis* (Guayacán), y Formación xerofítica, por operación del Proyecto Minero Cardenilla, es un acto que contraviene las disposiciones pertinentes, por generar efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, específicamente sobre el suelo y la biodiversidad local, dentro del sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad de la región de Valparaíso, “Cordillera El Melón”. Sin embargo, el daño ambiental provocado sobre estos recursos naturales es reparable.

*Porlieria chilensis* (Guayacán) es una especie que ocupa un amplio rango de distribución latitudinal, abarcando cuatro regiones administrativas del país, y un amplio rango altitudinal (de 0 a 1.400 msnm). Prospera en condiciones de suelo bastante heterogéneas con regímenes de temperatura y precipitación amplios dentro del macrobioclima mediterráneo. Lo anterior determina que la especie es parte de varias Formaciones Vegetales de Chile Central.

La afectación de 7,08 hectáreas de bosque de preservación con Guayacán, que significó la afectación de app. 43 individuos, no pone en riesgo de ninguna manera la continuidad de la especie nivel local (cuenca), regional ni nacional.

La vulnerabilidad de los ecosistemas remanentes de la cuenca afectada oscila entre media y media alta, lo que significa que estos ecosistemas aún conservan características que les permiten seguir brindando servicios ecosistémicos, sin embargo son muy susceptibles de ser dañados gravemente por acciones antrópicas.

Los conocimientos científicos y técnicos actuales sobre la especie, sustratos, control de erosión y restauración de suelos y bosque nativo, permiten proponer la factibilidad de elaborar un Plan de Reparación que permita reponer en un plazo razonable (a escala humana), la vegetación natural de la microcuenca afectada a una calidad similar a la que tenía con anterioridad al daño causado.

## 8.- LITERATURA CITADA

AMIGO J. & FLORES-TORO L. (2017) Contribution to the syntaxonomy of the supramediterranean shrubby vegetation of Central Chile. *International Journal of Geobotanical Research*, Vol. nº 7: 105-122.

AMIGO J. & FLORES-TORO L. (2013) A new contribution to the syntaxonomy of the sclerophyllous forests and pre-forests of Central Chile: the *Lithraeion causticae* alliance. *International Journal of Geobotanical Research*, Vol. nº 3: 47-67.

AMIGO J. & FLORES-TORO L. (2012) Revisión sintaxonómica de los bosques esclerofilos de Chile Central: la alianza *Cryptocaryon albae*. *Lazaroo* Vol. 33: 171 – 196.

ALVAREZ ROJAS T. & GODOY SAEZ R. (2007) Estudio de Flora y Vegetación Mina Cardenilla. Consultora Santa Bárbara. 9 pp.

AMEST-EXPLODESA (2018) Proyecto Mina Cardenilla. Consideraciones técnicas respecto a la clasificación de la gravedad de la infracción nº9 contenida en la res. Ex nº1/f009-2018 de la superintendencia del medio ambiente. 32 pp.

BRITO-ROZAS E. & FLORES-TORO L. (2014) Estructura y dinámica de los bosques de belloto el norte (*Beilschmiedia miersii*) de la Cordillera El Melón, comuna de Nogales, región de Valparaíso, Chile. *Bosque* 35 (1): 13-21.

CABELLO A. (1987) Proyecto de protección y recuperación de especies arbóreas y arbustivas amenazadas de extinción. Parte II. (Doc. Tec. N°22), Corporación Nacional Forestal (CONAF). Santiago, Chile: Chile Forestal. 8 pp.

CNRE, COMITÉ NACIONAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA (2017) Documento marco para la restauración ecológica. Ministerio de Medio Ambiente, Chile. 78 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF) (2016) Plan Nacional de Conservación del Guayacán (*Porlieria chilensis*). Departamento de Áreas Silvestres Protegidas, Región Metropolitana. 78 pp.

CHRISTER N., GUNNEL G. (1995) The fragility of ecosystems: a review. *Journal of Applied Ecology*. No. 32, pp. 677-692.

CORZO C., ARCILA K. & SARMIENTO C. (2009) Zonas Aptas Ambientalmente Para El Cultivo De Palma De Aceite En Colombia Escala 1:500.000: Componente Ecológico. Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales – IDEAM, Instituto De Estudios Biológicos Alexander von Humboldt – IAvH, World Wildlife Fund, Inc. –WWF.

DS 51/2008 MINSEGPRES. Aprueba y oficializa nómina para el Tercer Proceso de Clasificación de Especies según su Estado de Conservación. Publicado en el Diario Oficial de la República de Chile, 30 Junio 2008.

ECONETWORK LTDA. CONSULTORA AMBIENTAL (2019) Informe de caracterización línea de base de flora y vegetación "Proyecto Mina Cardenilla". Comuna de Catemu, Provincia de San Felipe, Región de Valparaíso. 36 pp.

FLORES TORO L. (2012) Estudio fitosociológico de varias áreas disyuntas del norte de la región de Valparaíso (Chile): sintaxonomía de la vegetación mediterránea y su interés para la conservación.

Tesis para optar al grado de Doctora en Biodiversidad y Conservación del Medio Natural. Universidad de Santiago de Compostela, España. 314 pp.

FLORES-TORO L. & AMIGO J. (2013) Flora autóctona de la cordillera El Melón y del cerro Tabaco, sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, Región de Valparaíso, Chile. *Chloris Chilensis*, Año 16. N°1. [URL://WWW.CHLORISCHILE.CL](http://WWW.CHLORISCHILE.CL)

FLORES-TORO L. & AMIGO J. (2014) Nueva localidad en Chile Para *Adesmia resinosa* (Phil. ex Reiche). Martic. (Fabaceae). *Gayana Botanica* 71(2): 301-304.

GARCÍA N. (2010) Caracterización de la flora vascular de Altos de Chicauma, Chile (33º S). *Gayana, Bot.* 67(1): 65-112.

HECHENLEINTNER P, GARDNER M., THOMAS P., ECHEVERRIA C., ESCOBAR B., BRONWLESS P., & MARTINEZ C. (2005) Plantas amenazadas del Centro-Sur de Chile. Universidad Austral de Chile. Real Jardín Botánico de Edimburgo. 187 pp.

IPPOLITO, A., SALE S., FABER J. & VIGIL M. (2010) Ecological vulnerability analysis: A river basin case study. En: *Science of the Total Environment*. 408 (18), 3880-3890. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969709009450>.

KATTAN G. (1992) Rarity and Vulnerability: The Birds of the Cordillera Central of Colombia. *Conservation Biology*, Vol. 6, No. 1 pg. 64-70.

LATERRA P., JOBBAGY E. & PARUELO M. (2011) Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Ed. INTA, Argentina. 740 pp.

LOAYZA A. P., RIOS, R. S., CARVAJAL D. & GATICA A. (2015) Estado de conservación de *Porlieria chilensis*: Evaluación a través de modelos poblacionales matriciales, ecología y patrones de distribución. Informe Conaf. 37 pp.

LUEBERT F. & PLISCOFF P. (2017) Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Segunda edición. Editorial Universitaria. 381 pp.

MUÑOZ M. & SERRA M.T. (2006) Estado de Conservación de las Plantas de Chile. Ficha de antecedentes de la especie ID 155. Documento de Trabajo Museo Nacional de Historia Natural-CONAMA. 6 pp.

NAVAS LE (1976) Flora de la Cuenca de Santiago. Tomo II. Ed- Universidad de Chile. 559 pp.

PÉREZ VIZCAINO I (2010) Análisis de vulnerabilidad de los sistemas biológicos aplicado a la evaluación de impacto ambiental (eia) en Colombia. Tesis magister en medio ambiente y desarrollo. Universidad nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Económicas. Instituto de estudios ambientales. 107 pp.

RIVAS-MARTÍNEZ S. (2004 en adelante). Global Bioclimatics (Clasificación bioclimática de la Tierra): Version 27-08-04. Phytosociological Research Center: Madrid, University Complutense of Madrid. URL: [http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global\\_bioclimatics\\_2.htm](http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics_2.htm)

RIEDEMANN P., ALDUNATE G., & TEILLIER S. (2006) Flora Nativa de valor ornamental, Chile Zona Norte Identificación y Propagación. 405 pp.

RODRÍGUEZ R., MATTHEI O. & QUEZADA M. (1983) Flora arbórea de Chile. Ediciones Universidad de Concepción. Concepción Chile. 408 pp.

SCHNEIDERBAUER S. & EHRLICH D. 2004. Risk, hazard and people's vulnerability to natural hazards-A review of definitions, concepts and data. European Commission. Luxemburgo.

SER (Society for Ecological Restoration International), Estados Unidos. 2006. La restauración ecológica – un medio para conservar la biodiversidad y mantener los medios de vida. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.ser.org/docs/default-document-library/seriucn-global-rationale\\_spanish.pdf](http://www.ser.org/docs/default-document-library/seriucn-global-rationale_spanish.pdf)>. Consultado el: 04 de mayo de 2019.

SER (Society for Ecological Restoration International), Estados Unidos. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.ser.org/docs/default-document-library/spanish.pdf>>. Consultado el: 05 de mayo de 2019.

SERRA MT, GAJARDO R. & CABELLO A. (1986) *Porlieria chilensis*. Programa de protección y recuperación de la flora nativa de Chile. Ficha técnica de especies amenazadas. Corporación Nacional Forestal, Santiago de Chile, 23 pp.

TURNER B., KASPERSON R., MATSON P., MCCARTHY J., CORELL R., CHRISTENSEN L., ECKLEY N., KASPERSON J., LUERS A., MARTELLO M., POLSKY C., PULSIPHER A. & SCHILLER A. 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Vol. 100 No. 14 pp. 8074-8079.

VERA RODRÍGUEZ JM & ALBARRACÍN CALDERÓN AP. (2017) Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Vol. 27 (2): 109-136.

VITA A., LUNA G. & DÍAZ P. (2009) Manual de silvicultura, manejo y utilización del guayacán. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Santiago de Chile, 53 pp., apéndice y anexos

WHISENANT S. (1999) Repairing damaged wildlands: A process-orientated, landscape-scale approach. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 312 pp.

# ANEXO

## Componentes para un Plan de Reparación

MINA CARDENILLA, COMUNA DE CATEMU, PROVINCIA DE SAN FELIPE,  
REGIÓN DE VALPARAÍSO

## DESCRIPCIÓN DEL DAÑO AMBIENTAL OCASIONADO

Producto de la fiscalización realizada por la Superintendencia del Medio Ambiente, en conjunto con el Servicio Agrícola y Ganadero y la Corporación Nacional Forestal, al Proyecto Mina Cardenilla, con fechas 29 y 30 de marzo de 2017, se constató daño ambiental sobre el suelo, flora, vegetación nativa, y el hábitat de especies de fauna nativas.

El proyecto Mina Cardenilla se encuentra emplazado dentro del sitio prioritario para la conservación Cordillera El Melón establecido en la Estrategia Nacional de Biodiversidad (2003), en la Estrategia y Plan de Acción para la Conservación de la Diversidad Biológica de la Región de Valparaíso (2005) y en la Resolución N°739, del 28 de marzo de 2007 de la Intendencia Regional de Valparaíso.

El daño ambiental fue generado a consecuencia de la ampliación del open-pit de la mina, la habilitación de nuevos sectores denominados Lumbrera Norte, Lumbrera Sur y la habilitación de nuevos caminos. Lo anterior ocasionó reducción y fragmentación de la masa vegetacional de bosque nativo de preservación, bosque nativo de conservación y protección, y formaciones xerofíticas; así como disminución de hábitat de la especie “Vulnerable” *Porlieria chilensis* y disminución de hábitat de al menos 10 especies de flora endémica, de la cuenca de la quebrada La Cardenilla.

De acuerdo la RES. EX N°1/F009-2018 de la SMA, el grado de perturbación es absoluto o total, en vista de que se constataron áreas con eliminación total de la vegetación a través de la sepultura y/o extracción total de la misma por el aumento y extensión del rajo; perdiendo completamente la estructura y funcionamiento de las comunidades vegetales en el área de influencia directa de las actividades. En cuanto a la extensión de los efectos, se constató la eliminación de 9,19 ha. de bosque nativo de conservación y protección; de 7,08 ha. de bosque nativo de preservación con presencia de la especie de flora silvestre “vulnerable” *Porlieria chilensis* (Guayacán); y 10,34 ha. de formación xerofítica.

En este escenario, la Resolución expresa que la reversibilidad de los efectos se considera imposible a una escala de tiempo humana, pues depende de que se recupere en el suelo, como primer requisito, el cual es un recurso natural no renovable y que en este caso presenta características de vulnerabilidad extrema, por cuanto corresponde a suelo de clase 7 u 8 cuyas características principales es que son suelos escarpados, muy delgados, con abundante pedregosidad superficial, texturas finas a muy gruesas, excesivamente drenado, muy severa erosión, expuestos a inundaciones muy frecuentes, muy fuertemente sódico y extremadamente salinos.

Sin embargo, en la actualidad se cuenta con suficientes avances científicos y tecnológicos que permiten recuperar en un tiempo razonable superficies afectadas por este tipo de acciones, restableciendo su capacidad de uso, principalmente como sustento de biodiversidad.

## DEFINICIÓN DE MEDIDAS DE REPARACIÓN SOBRE EL COMPONENTE SUELO

De acuerdo al modelo hipotético de degradación propuesto por Whisenant (1999), los procesos de degradación de los ecosistemas provocados por operaciones de la Mina Cardenilla, han superado los dos umbrales importantes de degradación: (1) un umbral controlado por factores bióticos, (2) el umbral controlado por factores abióticos, llegando al nivel 4 de degradación según el modelo. Para recuperar el ecosistema desde este nivel de degradación es imperativo subsanar primero el umbral controlado por factores abióticos, siendo necesario para esta situación en particular partir por una **reconstrucción** física de las áreas dañadas. Una vez reconstruido y estabilizado el sustrato, se debe continuar con una **restauración** del ecosistema original, considerando el contexto del paisaje del sitio prioritario Cordillera El Melón.

### **Objetivo**

El plan de reparación de los suelos afectados tiene por objetivo recuperar las características físico-químicas y la microbiota del suelo, incluyendo reposición del relieve original, estabilización de los taludes, y control de erosión, para permitir la reintroducción y mantenimiento de la vegetación original, favoreciendo con estas acciones el restablecimiento de los procesos ecológicos de los ecosistemas que fueron dañados en el Sitio Prioritario Cordillera El Melón, de acuerdo a la RES. EX N°1/F009-2018 de la SMA.

Para alcanzar el objetivo planteado, se deben realizar estudios específicos que permitan implementar medidas de reparación especialmente adaptadas para las condiciones de la microcuenca afectada. Estos estudios deben considerar a lo menos:

#### **1.- Geomorfología del paisaje:**

Considerando que intentar reproducir la topografía previa a los daños provocados resultaría extraordinariamente oneroso o técnicamente imposible, se propone asemejar lo más posible la remodelación a las formas del terreno para que imiten la topografía (orientación norte, sur o zonas llanas) características del paisaje en la microcuenca, teniendo especial cuidado en la creación de pendientes y forma estables ecológicamente, trabajando con unidades funcionales definidas por la hidrología y el control de la escorrentía superficial.

#### **2.- Control de erosión:**

Dada la complejidad del ecosistema que se requiere restaurar, se hace imprescindible tomar todas las acciones necesarias que permitan detener los procesos erosivos en curso y prever los que puedan ocurrir como producto de las variadas operaciones de restauración de la morfología del paisaje. Es preciso asegurar la estabilidad mecánica al suelo antes de continuar con cualquier otra actividad de restauración.

La selección de los tratamientos de control de erosión debe estar estrechamente relacionados con las condiciones de sitio puntuales de cada escenario (pendiente, exposición, etc).

#### **3.- Mejoramiento del suelo:**

Producto del daño ambiental, las poblaciones de microorganismos se han perdido o han visto reducida su capacidad para realizar los procesos normales de reciclado de nutrientes, asimilación de residuos orgánicos y mantenimiento de la estructura del suelo. Esta situación puede ser revertida con prácticas agroecológicas, como el uso de biofertilizantes, enmiendas orgánicas,

microorganismos inoculantes obtenidos del mantillo del bosque original aledaño, facilitación en la formación de micorrizas (asociaciones entre hongo y raíz de una planta), todas, técnicas probadas que incrementan considerablemente la supervivencia de las plantas en un medio pobre en nutrientes, a la vez que propician el restablecimiento de la capacidad del sustrato para realizar los procesos normales de reciclado de nutrientes, asimilación de residuos orgánicos y mantenimiento de la estructura óptima para el enraizamiento de las plantas.

#### DEFINICIÓN DE MEDIDAS DE REPARACIÓN SOBRE LA BIODIVERSIDAD

Para asistir en la recuperación de los ecosistemas degradados, dañados o destruidos, de manera de restablecer algunas, no necesariamente todas, las funciones y servicios ecosistémicos existentes previos a la perturbación, la Society of Ecological Restoration (SER, 2004) no menciona retornar al ecosistema original debido a que resulta una condición imposible de determinar, en su remplazo se utiliza un ecosistema de referencia o imagen objetivo que representa el estado al que se espera recuperar el ecosistema degradado. Esta referencia puede ser un ecosistema real o modelo conceptual elaborado a partir de recopilaciones en base a varios sitios, que permite establecer metas y bases para un proyecto de restauración, pues se refiere a un estado avanzado que se encuentra en algún punto de la trayectoria ecológica del ecosistema degradado (SER, 2006).

Actualmente, se cuenta con bastante información referente a los estados sucesionales de la vegetación de Cordillera El Melón, en los trabajos de Amigo & Flores-Toro (2017), Amigo & Flores-Toro (2013), Amigo & Flores-Toro (2012) y Brito-Rozas & Flores-Toro (2014).

#### **Objetivo**

El plan de reparación sobre la biodiversidad tiene por objetivo restablecer la flora y vegetación original, en especial, las superficies de bosque nativo de preservación con presencia de la especie de flora silvestre “vulnerable” *Porlieria chilensis* (Guayacán), que fueron gravemente dañados por la operación del Proyecto Mina Cardenilla, al interior del Sitio Prioritario Cordillera El Melón, según consta en la RES. EX N°1/F009-2018 de la SMA.

Para cumplir con el objetivo planteado será necesario planificar cuidadosamente diferentes métodos de gestión para la restauración de la vegetación, dependiendo del tipo de daño ocasionado sobre la superficie afectada, el relieve, la estructura del suelo resultante, la disponibilidad de nutrientes, agua, etc., elementos determinantes de la estructura florística y dinámica de la vegetación.

De acuerdo a lo anterior, se deberá elaborar un estudio específico que permita elaborar un Plan de Restauración diseñado especialmente para esta microcuenca. El estudio de restauración deberá abordar a lo menos los siguientes temas:

- 1.- Evaluar la trayectoria sucesional de la vegetación:** Es esencial conocer las trayectorias sucesionales que ofrece el paisaje circundante a los sitios dañados. Como resultado de este estudio dinámico catenal, se tendrá como resultado el conocimiento preciso de las especies pioneras, tardías, tolerantes e intolerantes, propias del lugar y que determinarán que especies arbóreas, arbustivas, herbáceas y trepadoras y en que proporciones y momentos deben ser utilizadas para cumplir con el programa de restauración elaborado para las distintas situaciones en la microcuenca.
- 2.- Establecer las barreras para la restauración:** Las barreras de restauración son todos aquellos factores que impiden, limitan o desvían la sucesión natural en áreas alteradas por disturbios

naturales y antrópicos. Esto es, factores que influyen en los diferentes mecanismos de regeneración y colonización de las especies, es decir, los procesos necesarios para que ocurra dispersión de propágulos (dispersión de semillas), establecimiento de plántulas y persistencia de individuos y poblaciones de plantas, en especial lo relacionado a *Porlieria chilensis*. Para ello es necesario identificar todo factor que actúa como barrera en la zona a restaurar.

**3.- Seleccionar las especies adecuadas para la restauración:** Del listado de especies y el conocimiento de sus trayectorias sucesionales, se seleccionarán las especies más importantes considerando ciertos atributos o rasgos que puedan ser útiles en los polígonos que se van a restaurar (requerimientos hídricos, tolerancia a la luz, pioneras, tardías, estrategias de dispersión, valor de importancia dentro de la asociación, entre otras).

**4.- Diseñar las estrategias para la restauración:** En base a los antecedentes anteriores se diseñará un plan de restauración que contemple diferentes tratamientos, establecimientos de núcleos de vegetación, control de especies invasoras, control de erosión, adición de enmiendas orgánicas, optimización del recurso hídrico, creación de refugios artificiales para fauna, entre otros.

**5.- Ejecución de las estrategias de restauración:** De acuerdo a las especificaciones técnicas emanadas del estudio en cuestión se ejecutarán las estrategias para la restauración de la flora y vegetación en especial, el bosque nativo de preservación con presencia de guayacán, que fueron gravemente dañados por la operación del Proyecto Mina Cardenilla, al interior del Sitio Prioritario Cordillera El Melón.

Se espera que, en un tiempo razonable, las comunidades vegetales restauradas faciliten y/o permitan que el ecosistema que ha sido gravemente dañado evolucione de acuerdo a los objetivos planteados, mostrando variables de autosostenibilidad, tales como enriquecimiento de especies, recuperación de fauna y restablecimiento de algunos servicios ecosistémicos.

#### PLAN DE MONITOREO

El Plan de Restauración debe contemplar la entrega un protocolo de seguimiento o monitoreo de los resultados alcanzados y la evolución de las experiencias de restauración.

El monitoreo consiste en el seguimiento y evaluación continua de los cambios que experimentarán las comunidades vegetales y/o ecosistemas, bajo los diferentes tratamientos de restauración aplicados.

Las variables a considerar en el monitoreo deberán incluir por ejemplo parámetros físicos del suelo que proporcionen información sobre el estado físico de la matriz del suelo, variables químicas, como el contenidos en nutrientes esenciales, variables microbiológicas, que aporten información sobre la microbiota del suelo y su efectividad en el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos y disponibilidad de nutrientes para la vegetación, estudios de la estructura y dinámica de la vegetación y la colonización de los espacios por la fauna, entre otros. Todos los parámetros deben apuntar a la caracterización de los procesos de madurez del ecosistema que se espera restaurar.

La información proporcionada por el monitoreo permitirá resolver problemas no previstos que puedan surgir y planificar un manejo adaptativo de las medidas de restauración aplicadas en la microcuenca.

### CRONOGRAMA PRELIMINAR PARA UN PLAN DE REPARACION

#### AÑO 1.

Actividad	Producto
Estudio técnico-científico para los componentes suelo y aguas.	Plan de Reconstrucción física de sectores de la cuenca.
Estudio técnico-científico para componentes Flora y Vegetación.	Plan de Restauración en núcleo para la Flora y Vegetación.
Colecta de material vegetal (semillas).	Semillas y plántulas de las especies de interés, definidas de acuerdo al Plan de Restauración.
Inicio de viverización	

#### AÑO 2.

Actividad	Producto
Construcción obras para detención erosión, captación y canalización aguas, etc.	Sustrato habilitado para las plantas.
Mejoramiento del sustrato.	
Continúa colecta y viverización.	Núcleos de plantación con diferentes especies según plan de restauración.
Plantación y riego	

#### AÑO 3.

Actividad	Producto
Continua construcción obras para detención erosión, captación y canalización aguas, etc.	Sustrato habilitado para las plantas.
Continúa mejoramiento del sustrato.	
Continúa colecta y viverización.	Núcleos de plantación con diferentes especies según plan de restauración.
Inicio monitoreo de variables físicas y biológicas	Informe que de cuenta del estado de avance de la restauración

A partir del cuarto año en adelante, se continúa con el monitoreo de variables físicas y biológica, y se implementa un Plan de Mantenimiento, con manejo adaptativo, para la Restauración ecológica, hasta el décimo año.

**AÑO 10.** Al finalizar el décimo año del proceso de restauración, se espera que los ecosistemas se autorregulen y mantengan en el tiempo, con independencia de cualquier tipo de medida correctiva o de mantenimiento externo.

**MAT.:** Rectifica Informe Técnico que indica.

**ANT.:** 1) Res. Ex. N° 17/Rol N° F-009-2018, de 22 de julio de 2019, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

2) Res. Ex. N° 18/Rol N° F-009-2018, de 1 de agosto de 2019, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

**REF.:** Expediente Sancionatorio Rol N° F-009-2018.

**ADJ.:** Anexo en formato digital (CD).

Santiago, 8 de agosto de 2019.

**Sra. Andrea Reyes Blanco**

Fiscal instructora, División de Sanción y Cumplimiento

Superintendencia del Medio Ambiente

Teatinos N° 280 piso 8, Santiago

Presente

**Cecilia Urbina Benavides**, en representación de Sociedad de Exploración y Desarrollo Minero (EXPLODESA), ambos domiciliados para estos efectos en calle Badajoz N° 45, Piso 8, Las Condes, Región Metropolitana de Santiago, en procedimiento sancionatorio **Rol N° F-009-2018**, vengo en rectificar lo indicado en presentación de fecha 25 de julio de 2019, en los siguientes términos.

Que, el Resuelvo I de la Res. Ex. N° 17/Rol N° F-009-2018, de 22 de julio de 2019, ordenó a mi representada materializar la entrega del “informe mencionado en su escrito de descargos, referido en el considerando 3 de esta resolución”, es decir, “un informe técnico forestal elaborado por doña Lorena Flores Toro, ingeniera forestal y académica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, que desarrolla estudios técnicos vinculados precisamente al sitio Cordillera El Melón, donde se ubica el proyecto”.

Así, dicho informe ha sido presentado a vuestra autoridad en escrito de fecha 25 de julio de 2019, habiéndose tenido por acompañado mediante resuelvo I de la Res. Ex. N° 18/Rol N° F-009-2018, de 1 de agosto de 2019, de esta misma Superintendencia.

Que, no obstante lo anterior, mi representada se ha percatado de un error de copia en las conclusiones de dicho informe, el que se encuentra corregido mediante una constancia formal de “fe

de erratas” de fecha 6 de agosto de 2019, emitida por la misma profesional, y que se adjunta en anexo de esta presentación, junto al informe rectificado en los mismos términos.

Al respecto, se hace presente que dicho error, corregido, no considera modificación alguna a la metodología utilizada en el mismo informe, ni de sus conclusiones, correspondiendo sólo a un dato de cálculo mal referenciado. En consecuencia, el informe rectificado no considera ningún otro cambio distinto al contenido en la constancia de “fe de erratas” antes indicada.

**Por tanto**, solicito a Usted tener por rectificado lo indicado en Informe Técnico adjunto en presentación de fecha 25 de julio de 2019, de acuerdo a lo informado en esta presentación.

Sin otro particular, se despide atentamente,

**Cecilia Urbina Benavides**  
**pp. Sociedad de Exploración y Desarrollo Minero (EXPLODESA)**

Anexos (formato digital):

- Informe de Experto, Reparabilidad de daño a la flora y vegetación en el área del Proyecto Mina Cardenilla, comuna de Catemu, Provincia de San Felipe, Región de Valparaíso (versión rectificada), elaborado por Dra. Lorena Flores Toro.
- Fe de erratas, de 6 de agosto de 2019, elaborada por Dra. Lorena Flores Toro.