

Plan de Reparación de Daño  
Ambiental del ecosistema forestal de  
la “Cordillera El Melón”

Mina Cardenilla  
Región de Valparaíso

Marzo, 2020



Elaborado por:

**Gestión Ambiental Consultores S.A.**  
General del Canto 421, Piso 6, Providencia  
Fono: +56 2 2719 5600  
[www.gac.cl](http://www.gac.cl)



## INDICE GENERAL

<b>1 ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
1.1 Procedimiento sancionatorio Rol F-009-2018.....	7
1.2 Titular: Sociedad de Exploración y Desarrollo Minero ("EXPLODESA") .....	8
1.3 Del Proyecto Mina Cardenilla.....	9
1.4 Sitio donde se localiza el proyecto y su línea de base.....	9
<b>2 ENFOQUE DE SERVICIOS ECOSISTEMICOS PARA DETERMINAR EL OBJETO DE REPARACIÓN .....</b>	<b>10</b>
2.1 Objeto de la reparación.....	11
2.2 Medio ambiente dañado: componentes ambientales presentes en área y que fueron afectados con la infracción sancionada .....	12
2.2.1 Medio ambiente dañado: Componente Suelo .....	13
2.2.2 Medio ambiente dañado: Componente biodiversidad .....	14
2.3 Servicios Ecosistémicos .....	21
2.3.1 Identificación de servicios ecosistémicos asociados a los componentes ambientales dañados .....	21
2.4 Conclusiones.....	24
<b>3 OBJETIVOS DEL PLAN DE REPARACIÓN .....</b>	<b>26</b>
3.1 Objetivos de alcance general del Plan de Reparación .....	26
3.2 Objetivos específicos del Plan de Reparación .....	26
<b>4 METODOLOGÍA A APLICAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA IDONEIDAD Y SUFICIENCIA DE LAS ACCIONES CONTENIDAS EN EL PLAN DE REPARACIÓN .....</b>	<b>27</b>
4.1 Enfoque del criterio de equivalencia.....	27
4.2 Definiciones.....	28
4.3 Etapas .....	29
4.4 Aplicación metodología al caso Cardenilla.....	29
4.4.1 Evaluación preliminar.....	29
4.4.2 Determinación y cuantificación del daño (débito).....	30
4.4.3 Determinación y cuantificación de las ganancias (crédito).....	34
4.5 Escalar las acciones de remediación .....	37
4.5.1 Cálculo de ganancias por unidad (créditos) .....	37
4.5.2 Escalar la reparación.....	38
4.5.3 Estimación de costos .....	39
4.6 Monitoreo e informes .....	40
<b>5 MEDIDAS DE CONTENCIÓN QUE SE HAN ADOPTADO Y LAS QUE SE PROPONEN PARA CONTROLAR EL DAÑO AMBIENTAL CAUSADO .....</b>	<b>40</b>
5.1 Antecedentes .....	40
5.2 Cierre de la faena minera e ingreso al SEIA de un EIA de cierre .....	42
<b>6 PLAN DE ACCIÓN PARA LA REPARACIÓN DEL DAÑO AMBIENTAL.....</b>	<b>44</b>
6.1 PLAN DE REPARACIÓN: MEDIDAS .....	46
6.2 Medidas de Reparación <i>in situ</i> .....	46

6.2.1	Medida 1.....	46
6.2.2	Medida 2.....	51
6.3	Medidas de Reparación Complementarias – Ex Situ.....	57
6.3.1	Medida 3.....	57
6.3.2	Medida 4.....	60
6.3.3	Medida 5.....	63
6.3.4	Medida 6.....	67
6.4	Cronograma con los plazos para alcanzar los objetivos, la implementación de las medidas y de su seguimiento. ....	70
6.5	PRESUPUESTO Y FLUJO DE REQUERIMIENTOS DE CARÁCTER FINANCIERO .....	71
<b>7</b>	<b>LISTADO DE PROFESIONALES.....</b>	<b>72</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>75</b>

### INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Antecedentes de la compañía .....	8
Tabla 1-2.	Antecedentes del Representante Legal.....	8
Tabla 2-1.	Componentes Ambientales y subcomponentes relacionados en la superficie dañada.....	12
Tabla 2-2.	Servicios ecosistémicos identificados en el sistema global considerado.....	21
Tabla 2-3.	Componentes Ambientales y servicios ecosistémicos seleccionados para reparar.....	23
Tabla 2-4.	Componentes Ambientales y servicios ecosistémicos indirectos .....	23
Tabla 4-1.	Cálculo del débito para el caso de Mina Cardenilla .....	33
Tabla 4-2.	Cálculo del crédito para el caso de Mina Cardenilla .....	38
Tabla 5-1.	Antecedentes del Cierre de Mina Cardenilla.....	42
Tabla 6-1.	Proyecto de reparación y forma de cumplimiento .....	45
Tabla 7-1.	Listado de Profesionales responsables de la coordinación del Plan de Reparación .....	72
Tabla 7-2.	Listado de profesionales-responsables por capítulos del Plan de Reparación. ....	72
Tabla 7-3.	Profesionales responsables de los Estudios Específicos de la Línea de Base, Anexo N°1 del PdR .....	73

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 2-1. Extensión de la presencia y área de ocupación conocida de guayacán ( <i>P. chilensis</i> ).....	18
Figura 2-2. Distribución de ejemplares de guayacán ( <i>P. chilensis</i> ) en la microcuenca .....	19
Figura 2-3. Proyecto y su relación con el área involucrada.....	24
Figura 4-1. Función para escalar la Reparación.....	39
Figura 4-2. Aplicación al caso de Mina Cardenilla .....	39
Figura 6-1. Esquema de remodelación de taludes .....	49
Figura 6-2. Combinación de acciones en restauración .....	55

## 1 ANTECEDENTES

El presente Plan de Reparación se basa en aquello que ha sido imputado en el Cargo N° 9 de la Res. Ex. N° 1/Rol F-009-2018, de 23 de abril de 2018, de la Superintendencia del Medio Ambiente, tal como se expondrá en el Capítulo 1.1 de este documento.

Así, y considerando el cargo formulado, y la presentación Plan de Reparación respectivo (Resuelvo Tercero de la Resolución Sancionatoria, Res. Ex. N° 1786/2019, SMA), el titular considerará todos los componentes ambientales asociados al sitio objeto de daño ambiental, desde una perspectiva de los "Servicios Ecosistémicos" (SSEE) que dichos componentes proveían.

En este contexto, se hace presente que el titular ha desarrollado la mencionada metodología precisamente por la calificación jurídica de "daño no susceptible de reparación" indicada tanto en la formulación de cargos como en la resolución sancionatoria. Para ello, y omitiendo desvirtuar dicha calificación, en este Plan, EXPLODESA ha desarrollado su Plan bajo la perspectiva de SSEE de modo de identificar en el sitio dañado los componentes ambientales perdidos o menoscabados de modo de asignar a cada uno de ellos un valor que permita su reparación, ya sea *in situ* o *ex situ*.

Lo anterior, habida consideración de la redacción del art. 2 letra s), de la Ley N° 19.300, en relación con la letra e) del mismo artículo, desde donde se desprende que el objetivo esencial de la actividad de reparación es el "medio ambiente", definido como "el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones" (art. 2 letra II, Ley N° 19.300).

En otras palabras, la reparación no consiste -por definición- en restaurar un sitio específico afectado, sino que más bien da cuenta del restablecimiento de los servicios ecosistémicos presentes en el área donde se ejecuta o circunda el proyecto, lo que podrá ejecutarse mediante diversas acciones de "reparación". Dentro de estas acciones pueden incluirse, para el objetivo establecido por el propio art. 2 letra s) de la Ley N° 19.300, medidas en equivalencia o compensatorias cuyo objetivo precisamente sea restablecer los servicios ecosistémicos dañados o derechamente sacrificados a un estado similar.

En este sentido, se reitera que los distintos estatutos de responsabilidad han surgido en base a un mismo objetivo, este es, buscar la reparación de daños. Al respecto, se ha considerado que las formas de reparación que establece la regulación ambiental vigente corresponden a manifestaciones de la reparación en naturaleza del derecho de daños, ello debido a que la acción de reparación de daño ambiental busca reponer materialmente el medio ambiente dañado. A su vez, el derecho de daños define a la reparación en naturaleza o en especie, como la forma más perfecta de reparación, toda vez que, busca remover la causa del daño y propender a la realización de todas las actividades necesarias para reponer

las cosas o bienes dañados a su estado primitivo, esto es, a un estado anterior a la ocurrencia de los hechos dañosos<sup>1 2</sup>.

Sin embargo, se ha señalado que, en sede de daño ambiental la reparación establecida por la regulación vigente no corresponde exactamente a la reparación en naturaleza establecida por el derecho de daños. Lo anterior, se debe a que, en atención a la naturaleza del bien jurídico que se tutela, la reparación ambiental en ningún caso podría lograr un restablecimiento exacto del medio ambiente dañado, sino que, tiene un fin de reparación más modesto, toda vez que postula el restablecimiento en una calidad similar al medio ambiente dañado que jamás hará que retorne a su estado primitivo<sup>3-4</sup>.

Respecto de los alcances de este tipo de reparación, se ha sostenido que es más adecuado el empleo de la expresión de *restitutio in pristinum* que reparación in natura, debido a que la primera posee un alcance más amplio que la segunda. En este sentido se sostiene que, a diferencia de la reparación in natura, la *restitutio in pristinum* no se fundamenta en la mera restitución de los bienes afectados a su estado inicial, sino que, persigue la adopción de medidas correctoras que permitan evitar la ocurrencia de daños futuros, eliminando la causa del daño o cesando la actividad lesiva<sup>5 6</sup>. Al respecto, la Corte Suprema manifiesta esta idea al señalar, en un pronunciamiento sobre daño ambiental, que las medidas de reparación in natura de los daños ambientales no pretenden la creación de un escenario óptimo del medio ambiente que nunca ha existido, puesto que, dicho fin es de carga del Estado y sus órganos<sup>7</sup>.

---

<sup>1</sup> Ricardo de Ángel Yáguez, *La Responsabilidad Civil* (Bilbao: Publicaciones Universidad de Deusto, 1989), 321. En: Bastián Cabrera Jorquera, *Reparación en equivalencia del daño ambiental irreversible*, Memoria de Prueba para optar al grado e Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 2017, p. 17.

<sup>2</sup> De acuerdo con Barros, la restitución en naturaleza comprende un conjunto de prestaciones cuyo fin es restituir a la condición efectiva en que se encontraba la víctima con anterioridad al hecho demandado, pudiendo exigir ser restituida de la forma más cercana posible al estado anterior al provocado por el ilícito demandado. Enrique Barros Bourie, *Tratado de Responsabilidad Extracontractual*, p. 877.

<sup>3</sup> Al respecto, se sostiene que, debido a la naturaleza de los bienes tutelados, no debe ser entendida como una reparación idéntica de los elementos dañados, sino que debe propender al restablecimiento de los servicios ambientales en una calidad similar. Jorge Bermúdez Soto, *Fundamentos del Derecho Ambiental* (Valparaíso: Ediciones Universitarias Valparaíso, 2016), pp. 408 – 412.

<sup>4</sup> La reparación *in natura* en el ámbito de la responsabilidad ambiental opera pero con matices, puesto que, exigir que el medio ambiente o su componente por la ejecución de la medida de reparación vuelva al estado exacto es un objetivo prácticamente inalcanzable. En efecto, a lo que se puede aspirar a través de una medida reparatoria es a recuperarlo a un estado aproximado o similar, pero nunca a uno idéntico. En todo caso, los sistemas de responsabilidad que se analizan integran este matiz y reconocen una técnica reparatoria especial. María Jesús Pinochet Abalos, *Responsabilidad ambiental en Chile. Análisis basado en la regulación comunitaria y española*. M+A Revista Electrónica de Medioambiente, Tomo 18, N°2.p. 155.

<sup>5</sup> Antonio Sánchez. "La 'Restituo in pristinum' como mecanismo deseable para la reparación de los daños causados al Medio Ambiente", *Medio Ambiente & Derecho*, N°. 3, 1999. Al respecto, citando a Jordano Fraga, el autor señala que "de nada nos serviría la *restitutio in pristinum* si con posterioridad se sigue dañando el entorno, justificando así una especie de derecho a dañar indemnizando". Jordano Fraga, Jesús, *La Responsabilidad de la Administración con ocasión de los daños al Medio Ambiente*. En: Antonio Sánchez. "La 'Restituo in pristinum' como mecanismo deseable para la reparación de los daños causados al Medio Ambiente".

<sup>6</sup> Al respecto, la Corte Suprema señala en un pronunciamiento que el objetivo de reparación establecido en el artículo 2 letra s) de la Ley N° 19.300, consiste en "reponer el medio ambiente a una calidad similar a la que tenía antes de la intervención de los demandados. En caso de no ser ello posible, se ha de buscar restablecer sus propiedades básicas, **las que deben siempre prevenir el acaecimiento de daños mayores**". Ver: Considerandos 12 de la sentencia de reemplazo de la Corte Suprema, pronunciada con fecha 07 de agosto de 2019. Rol 1239-2018.

<sup>7</sup> En una reciente sentencia en que la Corte Suprema se pronunció acerca de un recurso de casación en el fondo, proveniente de una demanda de reparación por daño ambiental, el máximo tribunal cuestionó algunas de las medidas de reparación que fueron otorgadas en la causa, señalando que dichas medidas se alejaban del fin de reparación *in natura* del daño ambiental, toda vez que su fin se encaminaba a crear un escenario óptimo para la laguna dañada que nunca ha existido, señalando que dicha tarea corresponde al Estado y sus órganos (Ver: Considerandos 13 y 14 de la sentencia de reemplazo de la Corte Suprema, pronunciada con fecha 07 de agosto de 2019. Rol 1239-2018).

Es más, en derecho comparado ya se ha postulado que puedan existir casos en que, pese a que la reparación por naturaleza pueda ser materialmente posible, es probable que no pueda efectuarse, al no ser ventajosa ni razonable para el medio ambiente, ni en términos económicos<sup>8</sup>. Por ello, se postula que, en atención al principio de proporcionalidad, la aplicación de la reparación en naturaleza siempre será adecuada y sólo tendrá lugar cuando sea técnicamente posible y económicamente razonable<sup>9</sup>.

Por ello, se ha planteado que, en ciertos casos, conviene evitar los costos excesivos que supone la reparación por una vía, si existen otras vías "más eficientes", de lo contrario, imponer al responsable del daño la opción más gravosa podría resultar un abuso. De esta manera, resulta relevante, a la hora de determinar las medidas de reparación, tener en consideración los hipotéticos beneficios ecológicos de la reparación y, conforme a un test de proporcionalidad, determinar que, si los beneficios ecológicos son inferiores a los costes de reparación en especie, ésta no debería llevarse a cabo<sup>10</sup>.

A partir de los elementos expuestos, resulta plausible considerar que, en materia de daño ambiental, el cumplimiento por equivalencia pueda tener un rol relevante como alternativa de reparación de daños. Al respecto, en la doctrina comparada se ha señalado que las medidas de reparación deben considerar el principio de proporcionalidad, adoptando un juicio de racionalidad al momento de ser adoptadas. Lo anterior significa que, para adoptar medidas de reparación *in integrum*, se debe ponderar el coste de su ejecución con las ventajas ambientales obtenidas. Incluso, para algunos autores, la aplicación de criterios de racionalidad de las medidas de reparación admite la adopción directa de medidas compensatorias (cumplimiento por equivalencia) si se pueden lograr los mismos objetivos, pero con menor coste en otro lugar<sup>11</sup>.

Al respecto, se ha sostenido que la reparación por equivalencia no se trata de una fórmula subsidiaria de reparación, a la que sólo se puede acudir cuando la reparación específica no sea posible, sino que se utiliza cuando resulta materialmente imposible, o sencillamente excesiva la medida de reparación *in natura*.

Para sostener la factibilidad de esta vía de reparación al medio ambiente dañado, se ha señalado que, es deseable la adopción de medidas tendientes a alcanzar un efecto ecológico equivalente, dado que, su adopción permitirá tutelar de manera íntegra el interés ecológico protegido<sup>12</sup>.

---

<sup>8</sup> Albert Ruda González, *El Daño Ecológico Puro. La responsabilidad civil por el deterioro al Medio Ambiente, con especial atención a la Ley 26/2007* (Navarra: Thomson Aranzadi, 2008), pp. 465 – 466.

<sup>9</sup> Albert Ruda González, *El Daño Ecológico Puro. La responsabilidad civil por el deterioro al Medio Ambiente, con especial atención a la Ley 26/2007* (Navarra: Thomson Aranzadi, 2008), 260. En: Jorge Femenías Salas, *El régimen general de responsabilidad por daño ambiental en la Ley N° 19.300, sobre bases generales del medio ambiente*, Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid y Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, p. 323.

<sup>10</sup> Albert Ruda González, *El Daño Ecológico Puro*, pp. 467 – 469.

<sup>11</sup> Iñigo Sanz Rubilares, *Aspectos Jurídicos de la Remediación Ambiental. El Modelo Europeo*. En: Jorge Femenías Salas, *El régimen general de responsabilidad por daño ambiental en la Ley N° 19.300, sobre bases generales del medio ambiente*, p. 322 – 327.

<sup>12</sup> Lucía Gomis Catalá, *Responsabilidad por Daños al Medio Ambiente*, (Pamplona: Editorial Aranzadi, 1998) pp. 260 – 265.

En atención a ello, el cumplimiento por equivalencia podría considerarse como una buena alternativa para complementar las medidas de reparación, en el caso que el daño ambiental sea reparable, o sustituir la reparación in natura, en aquellos casos en que el daño ambiental sea irreparable<sup>13</sup>.

Lo anterior, sin olvidar que en atención al bien jurídico que se tutela, la reparación en naturaleza, es decir, en el mismo entorno o elementos dañados, es la vía reparatoria preferente<sup>14</sup>, mientras que, el cumplimiento por equivalencia vendría a ser una fórmula complementaria al cumplimiento in natura, con los alcances descritos en el párrafo anterior<sup>15</sup>.

En este sentido, en la doctrina comparada se ha sostenido que las medidas de compensación de carácter ambiental han tomado mayor fuerza, haciendo referencia al enfoque adoptado por la Directiva 2004/35/CE, que establece la posibilidad de compensar a través de medidas ambientales, como, por ejemplo, a través de la proporción de recursos naturales y/o servicios del mismo tipo, calidad y cantidad a los dañados<sup>16</sup>.

Respecto de ello, el Anexo II de la Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daño ambientales, hace referencia a la reparación del daño ambiental. En dicho Anexo, se consideran medidas de reparación de distinta naturaleza, cuyo contenido no se limita a la reparación *in natura*. En lo que atañe a esta presentación, se contempla tres tipos de medidas de reparación: primaria, complementaria y compensatoria.

La primera, tiene un alcance muy similar al que establece el artículo 2 letra s) de la Ley N° 19.300, puesto que, contempla la ejecución de toda medida reparadora que restituya o aproxime los recursos naturales y/o servicios dañados a su estado básico<sup>17</sup>.

---

<sup>13</sup> Esta última hipótesis se defiende en los trabajos: Bastián Cabrera Jorquera, *Reparación en equivalencia del daño ambiental irreversible* y Jorge Femenías Salas, *El régimen general de responsabilidad por daño ambiental en la Ley N° 19.300, sobre bases generales del medio ambiente*.

<sup>14</sup> Cabe recordar que la función de la acción de reparación por daño ambiental consiste en la reparación ambiental del medio ambiente dañado. Los autores que plantean la posibilidad de considerar el cumplimiento por equivalencia como alternativa de reparación ambiental, siempre lo sujetan a la imposibilidad o dificultad de ejecución de las medidas correctivas establecidas en el art. 2 letra s) de la Ley N° 19.300. Ver: Bastián Cabrera Jorquera, *Reparación en equivalencia del daño ambiental irreversible* y Jorge Femenías Salas, *El régimen general de responsabilidad por daño ambiental en la Ley N° 19.300, sobre bases generales del medio ambiente*.

<sup>15</sup> Al respecto, se ha sostenido que es necesario "derrumbar el mito de la irreparabilidad del Medio Ambiente, si bien matizando, como antes hemos hecho, que lo difícil es la restitución in pristinum de aquello dañado, no ya tanto la reparación de ello. El llamado valor de sustitución da mucho juego: por ejemplo, cuando una empresa ha contaminado por emisiones excesivas a la atmósfera, podría repararlas aumentando la superficie de arbolado que circunda la empresa, o regenerando bosques que filtren ese gas. O cuando otra contamina un río, podría compensarse con un cierre de la empresa por el tiempo que se estime biológicamente que tardará ése en regenerarse [...]. También son usuales en EE.UU. (el país más avanzado en estos casos), las reforestaciones obligadas a las empresas por la contaminación que vierten a la atmósfera, aunque se produzcan en sitios muy distantes. Así, si una empresa de Dallas que vertiera diariamente el equivalente en CO2 que respiran 2.000 árboles de gran tamaño, deberá replantar (aunque sea en el Amazonas) esa cantidad de árboles, como justo valor de sustitución. Loperena Rota, Demetrio, *Los Principios del Derecho ambiental*. En: Antonio Sánchez. "La 'Restitución in pristinum' como mecanismo deseable para la reparación de los daños causados al Medio Ambiente", *Medio Ambiente & Derecho*, N° 3, 1999.

<sup>16</sup> Pascal Gastineau y Emmanuelle Taugourdeaub, *Compensating for environmental damages*. En: *Ecological Economics*, N°97, (2014) p. 150.

<sup>17</sup> Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daño ambientales. Anexo II: reparación del daño medio ambiental.

Por otra parte, tanto la reparación complementaria como compensatoria, tienen un alcance que se supedita a la reparación primaria. En este sentido, se define la reparación complementaria como toda medida reparatoria que busca compensar el hecho que la reparación primaria no haya dado lugar a la plena restitución de los recursos naturales o servicios. Y, la reparación compensatoria, corresponde a toda acción adoptada para compensar las pérdidas provisionales que tengan lugar desde la fecha en que se produjo el daño, hasta el momento en que la reparación primaria haya surtido todo su efecto<sup>18-19</sup>.

En el escenario nacional, si bien, no se contempla en forma expresa la reparación por equivalencia del daño ambiental, este concepto no resulta ser ajeno a nuestra regulación vigente. En este sentido, se establece tanto en la Ley N° 19.300, como en el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) que, los Estudios de Impacto Ambiental deben contemplar un plan de medidas de mitigación, reparación y compensación, al igual que en la regulación de bosques nativos e infracciones Planes de Manejo y Planes de Trabajo, o en el caso de corta no autorizada de bosque nativo.

A partir de lo expuesto, es posible desprender que nuestro ordenamiento jurídico ambiental y sectorial considera la implementación de medidas compensatorias frente a ciertos escenarios en que se busca generar alternativas para evitar o recuperar la pérdida recursos o elementos del medio ambiente, ya sea, como mecanismos ex ante que autorizan la ejecución de una actividad o ex post, mediante medidas correctivas de hechos infraccionales.

Por otra parte, a nivel jurisprudencial, si bien a la fecha no se han decretado medidas de compensación en juicios por reparación por daño ambiental, existen ciertos pronunciamientos que han establecido medidas que no se encuentran ajenas a dicho concepto. Un caso corresponde a la demanda por daño ambiental vinculada a la ejecución de un proyecto de desarrollo minero, que ocasionó menoscabo en un sector de la Cordillera El Melón<sup>20</sup>. En este caso, se condenó a la empresa por daño ambiental, ordenando, entre otras medidas, la reposición de 21,65 hectáreas de suelo, subsuelo y bosque nativo del ecosistema eliminado (Cordillera El Melón, Quebrada El Gallo). Lo particular de esta medida consiste en que, se establece que, en caso de no ser posible técnicamente dicha reposición, su ejecución se efectuará en un ecosistema de

---

<sup>18</sup> Ídem.

<sup>19</sup> Por otra parte, esta naturaleza accesoria a la reparación primaria se establece dentro de sus objetivos:

**Medidas complementarias:** La finalidad de la reparación complementaria **es proporcionar un nivel de recursos naturales y/o servicios —inclusive, si procede, en un paraje alternativo— similar al que se habría proporcionado si el paraje dañado se hubiera restituido a su estado básico**. En la medida en que sea posible y adecuado, el paraje alternativo deberá estar vinculado geográficamente al paraje dañado, teniendo en cuenta los intereses de la población afectada.

**Medidas compensatorias:** Esta reparación compensatoria consiste en **aportar mejoras adicionales a las especies y hábitats naturales protegidos o a las aguas, ya sea en el paraje dañado o en un paraje alternativo**, y no en compensar económicamente al público.

<sup>20</sup> La demanda se tramitó bajo el Rol 22916-2012 del 21° Juzgado Civil de Santiago, Caratulado Fisco de Chile/ Anglo American Sur S.A. En este caso, la demanda por daño ambiental se fundamentó en que la ejecución del Proyecto Continuación Norte Rajo Abierto El Soldado, ocasionó menoscabo en un sector de la Cordillera El Melón, generando graves daños ambientales que fueron constatados por la autoridad sectorial en el mes de septiembre de 2011. Específicamente, se afectó una superficie de 5,6 ha de bosque nativo al margen de lo autorizado por la RCA, en la Quebrada El Gallo (de las cuales 0,3 ha corresponden a Bosque Higrófilo con presencia de Belloto del Norte; 2,6 ha de Bosque Esclerófilo; y, 1,8 ha a formaciones vegetaciones arbustivas).

manera EX SITU (en otro lugar), debiéndose formular y ejecutar un plan de reforestación del ecosistema del bosque nativo de protección y conservación en un área de 44 hectáreas<sup>21</sup>.

Otro caso corresponde a una demanda por daño ambiental que se resolvió mediante una transacción que, contempla entre las concesiones recíprocas de acuerdo, la proposición de un plan de compensación por daño a la flora y fauna silvestre del área, con medidas que tiendan a la repoblación y reforestación de las especies<sup>22</sup>.

Lo expuesto en estos párrafos permite señalar que, si bien, el cumplimiento por equivalencia no se ha considerado como una vía de reparación frente a los daños ambientales, su implementación no resulta ser extraña ni contradictoria con nuestro ordenamiento jurídico, ni -en específico- con el propio art. 2 letra s) de la Ley N° 19.300, tal como se ha acreditado en los párrafos anteriores.

Así, si se considera que el medio ambiente consiste en un sistema global, de acuerdo con la definición que nos brinda el artículo 2 letra II) de la Ley N° 19.300, resulta razonable sostener que, el objetivo de la reparación del daño ambiental consiste en restablecer el sistema dañado en atención a la función y servicios ambientales que presta, más allá de pretender el restablecimiento de un individuo o sitio afectado determinado<sup>23</sup>.

En función de ello, EXPLODESA ha desarrollado una metodología que precisamente da contenido a lo dispuesto por el art. 2 letra e) y II) de la Ley N° 19.300, identificando -primero- el objeto de la reparación en razón de la identificación de los SSEE que del sitio respectivo se desprenden (Cap. 2) para luego (Cap. 4) determinar la idoneidad y suficiencia de las medidas de reparación bajo un enfoque de equivalencia. Para ello, se expone la justificación técnica vinculada con la posibilidad de reparación de los servicios ecosistémicos que presta el Sitio Prioritario, vinculado a los recursos afectados que además son sustento de aquellos servicios presentes. El objeto de reparación, es entonces, aquellos servicios dependientes del recurso suelo y del recurso forestal afectado. El canon de reparación, es resultado de la aplicación de la metodología de la Unión Europea "*Directive 2004/35/EC of the European Parliament and of the Council on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage*", que desarrollan los criterios de equivalencia para cuatro niveles; recurso-recurso, servicio-servicio, valor-valor y valor-costo.

---

<sup>21</sup> Sentencia pronunciada con fecha 06 de enero de 2015, por el 21° Juzgado Civil de Santiago. Confirmada en Corte de Apelaciones de Santiago y desistida en Corte Suprema.

<sup>22</sup> La demanda se tramitó bajo el Rol 188-2006 del 1° Juzgado Civil de Valparaíso, Caratulado CDE con Inversiones Bosques del Mauco S.A. En este caso, la demanda por daño ambiental se fundamentó en una inspección efectuada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios en diciembre de 2004. En dicha inspección, se detectó que el producto de una deficiente operación de la planta productora de champiñones de Inversiones Bosques del Mauco S.A., se generaban emanaciones de malos olores, daño al suelo y a las aguas producto de la acumulación e infiltración de residuos líquidos industriales y, daño a la fauna por la degradación de su hábitat natural. Con fecha 24 de junio de 2008, el ° Juzgado Civil de Valparaíso aprueba la transacción presentada por las partes.

<sup>23</sup> Ramón Martín Mateo, *Valoración de los daños ambientales*. En: Jorge Femenías Salas, *El régimen general de responsabilidad por daño ambiental en la Ley N° 19.300, sobre bases generales del medio ambiente*, p. 326.

Finalmente, (Cap. 5) se desarrolla el Plan de Acción de esta Reparación, compuesto por medidas tendientes a la reparación del recurso, y a la implementación de medidas compensatorias vinculadas con el daño ocasionado y la merma de los servicios ecosistémicos de provisión.

## 1.1 Procedimiento sancionatorio Rol F-009-2018

La Resolución Sancionatoria estima que concurre la circunstancia de haberse producido daño ambiental (cons. 74 y siguientes), al ser éste significativo (cons. 76 y siguientes, en atención a que el emplazamiento del Proyecto era relativamente singular y a que había presencia de especies de relevancia o interés) para señalar que éste es irreparable (cons. 135 y siguientes, fundándose en un modelo hipotético de degradación de sistemas).

En este sentido, se recuerda que durante los días 29 y 30 de marzo de 2017, la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), realizó una fiscalización ambiental al Proyecto y posteriormente formuló cargos en contra su titular (Res. Ex. N°1/F-009-2018). De dicha resolución, la infracción N°9 fue calificada como gravísima de conformidad con lo dispuesto en los literales a) y f) del numeral 1 del artículo 36 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente (LOSMA), 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.

En cuanto al daño ambiental imputado, la infracción N°9 consideró que el mismo no era susceptible de reparación, 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. En lo específico, la ejecución de las obras señaladas en la infracción N°9 a Mina Cardenilla, ha derivado en modificaciones en la extensión, magnitud y duración de los impactos ambientales de éste, como consecuencia de la ampliación de la superficie directamente afectada en un total de 33,98 ha, de las cuales, el Proyecto intervino 26,61 ha (78,3% del área afectada), de las siguientes formaciones vegetales:

- 7,08 ha de bosque nativo de preservación con *Porlieria chilensis*,
- 9,19 ha de bosque nativo de conservación y protección, y
- 10,34 ha de matorrales clasificados como formaciones xerofíticas.

La pérdida de estas 26,61 ha de formaciones vegetales, detalladas anteriormente implican una pérdida de los servicios ecosistémicos presentes en el sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad Cordillera El Melón.

El sitio prioritario Cordillera El Melón posee una superficie aproximada de 66.757 ha y cuya importancia para la biodiversidad radica en la alta diversidad botánica, y en particular, por corresponder a una de las

áreas con mayor concentración de *Beilschmiedia miersii* (belloto del norte), especie vulnerable a nivel nacional. Cabe destacar que en múltiples estudios realizados por el titular en el área de intervención y en sectores aledaños no se ha registrado la presencia de dicha especie. Por otro lado, el Ministerio de Medio Ambiente (MMA, s.f.) identifica dentro de los ecosistemas presentes en este sitio prioritario dos que también se encuentra dentro de la microcuenca donde se localiza en proyecto, a saber; Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo interior de *Quillaja saponaria* y *Porlieria chilensis* y, Matorral espinoso mediterráneo interior de *Puya coerulea* y *Colliguaja odorifera*, cuyas superficies alcanzarían las 23.634,5 ha y 8.873,0 ha respectivamente, lo que equivale en su conjunto al 48,7% del sitio.

La superficie intervenida corresponde al 0,03% del del sitio prioritario y el 0,08% de las formaciones vegetales intervenidas en su conjunto, y en específico corresponde al 0,07% del Matorral arborescente esclerófilo mediterráneo interior de *Quillaja saponaria* y *Porlieria chilensis* y al 0,11% Matorral espinoso mediterráneo interior de *Puya coerulea* y *Colliguaja odorifera*. Al elevar la escala de análisis a una unidad territorial menor, esto es a nivel de cuenca hidrográfica, y considerando los datos reportados por Amest-Explodesa (2018), el área intervenida objeto del cargo N°9 representa el 6,8% de la superficie de la cuenca (389,83 ha), intervención que de acuerdo a los criterios de vulnerabilidad expuestos por Corzo *et al.* (2009) permiten clasificar la intervención como aquella que genera el menor grado de vulnerabilidad (límite propuesto 20% de transformación de la cuenca).

Si bien, la pérdida de hábitat por los hechos constatados no es de carácter significativo, ésta contiene elementos de relevancia desde un punto de vista de la biodiversidad que requieren ser reparados.

## 1.2 Titular: Sociedad de Exploración y Desarrollo Minero (“EXPLODESA”)

Tabla 1-1. Antecedentes de la compañía

Nombre del titular	Sociedad de Explotación y Desarrollo Minero (EXPLODESA)
RUT	79.812.520-6
Domicilio	Miraflores 178 piso 7, Santiago, Chile
Fono	+56224713600

Fuente: GAC

Tabla 1-2. Antecedentes del Representante Legal

Nombre del representante legal	Eugenio Ramírez Cifuentes
RUT	10.967.227-0
Domicilio legal	Miraflores 178, piso 7, Santiago, Chile
Nacionalidad	Chileno
Profesión	Abogado
Correo electrónico	<a href="mailto:myanez@cemin.com">myanez@cemin.com</a>
Fono	+5694445788

Fuente: GAC

### 1.3 Del Proyecto Mina Cardenilla

Sociedad de Exploración y Desarrollo Minero (en adelante e indistintamente, EXPLODESA), es titular del proyecto "Mina Cardenilla", calificado ambientalmente favorable mediante Resolución Exenta N° 242 emitida por la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Valparaíso con fecha 18 de marzo de 2008 (RCA N° 242/2008), cuyo objeto fue el reinicio de la explotación a cielo abierto de un yacimiento masivo de cobre.

El proyecto se ejecutó en la Región de Valparaíso, Provincia de San Felipe, Comuna de Catemu. Específicamente, en el cerro La Carpa que se ubica al interior de la propiedad minera que el Titular posee, a 10,3 Km. al Norte de la localidad de Catemu, y que, a su vez, se emplaza en el Lote B, de la Hacienda Los Cerrillos.

Se hace presente que el proyecto Mina Cardenilla, aprobado por la citada Comisión Regional del Medio Ambiente, se emplazó en un área anteriormente intervenida, cuyo título habilitante para hacerse dueño de los minerales contenidos en la entraña de la tierra fueron constituidos a fines del Siglo XIX, y que se han mantenido vigentes hasta estos días.

La Mina Cardenilla fue descubierta en 1814, por don Rosario Vega. Formalmente se le conoce como la Mina La Patagua. Se desconocen mayores antecedentes hasta 1914, cuando comenzó a hacer explotada por la Compañía Minera Disputada de Las Condes, propietaria hasta 1929. Desde esa fecha se abandonó hasta 1964, cuando Disputada de Las Condes cedió en arriendo a la Compañía Minera Cardenilla, la que explotó subterráneamente el yacimiento por un periodo de 8 años.

Luego de un tiempo en que no se conocen antecedentes sobre la explotación de la concesión, la referida faena reinició su operación en la década de los 90' por pequeños mineros, mientras que, recién a partir del año 2008, EXPLODESA comenzó a explotar esta faena.

Finalmente, se hace presente que desde el mes de noviembre de 2018 EXPLODESA voluntariamente ha paralizado sus operaciones, elaborándose en la actualidad un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) el que no sólo cumplirá lo dispuesto en la Acción N° 25 del Programa de Cumplimiento (PdC), aprobado mediante Res. Ex. N° 12/Rol F-009-2018 de 12 de febrero de 2019, sino que además establecerá el cierre de Mina Cardenilla, dando con ello término formal a la única causa que ha originado la imputación de elusión al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y el daño ambiental descrito a propósito del hecho infraccional N° 9 de la resolución del ANT.

### 1.4 Sitio donde se localiza el proyecto y su línea de base

El proyecto Mina Cardenilla, en parte, se encuentra emplazado dentro del sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad "Cordillera El Melón", definido en la Estrategia Nacional de Biodiversidad

(2003), Estrategia y Plan de Acción para la Conservación de la Diversidad Biológica de la Región de Valparaíso (2005), y Res. Ex. N°739 del 28 de marzo de 2007 de la Intendencia Regional de Valparaíso.

Administrativamente, el Proyecto se emplaza en la Región de Valparaíso, Provincia de San Felipe de Aconcagua y Comuna de Catemu, a 3,7 km al noroeste de la localidad Cerrillos de Catemu, en una subsubcuenca compuesta por más de 10 microcuencas, las cuales pertenecen a la subcuenca del Estero Catemu en la cuenca del Río Aconcagua.

Al respecto, se adjunta en Anexo 1 de este documento, la línea de base actualizada total del proyecto Mina Cardenilla.

## **2 ENFOQUE DE SERVICIOS ECOSISTEMICOS PARA DETERMINAR EL OBJETO DE REPARACIÓN**

La presente sección dará cuenta de la construcción metodológica que sustenta los fundamentos y acciones específicas que el Plan de Reparación propone.

Para ello, es necesario determinar técnica y jurídicamente el objeto de reparación, entendido como aquel «medio ambiente» efectivamente dañado en razón de lo imputado mediante Res. Ex. N° 1/RoI F-009-2018 de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), lo que significará la ejecución de un ejercicio técnico capaz de identificar la totalidad de las variables ambientales asociadas a los componentes afectados.

Determinado el objeto específico de reparación será posible establecer la (s) metodología (s) idóneas para llevar a efecto esta reparación, considerando la eficiencia y eficacia de acciones que apunten precisamente a hacerse cargo de la totalidad de los componentes ambientales afectados.

De esta manera, el presente capítulo será fundamental para establecer una conexión coherente que fundamente la propuesta de las acciones de reparación que dan contenido al Plan. En base a ello, es posible indicar como objeto general primario el lograr determinar y caracterizar el objeto de la reparación de modo de aplicar al mismo la (s) metodología (s) más eficaz y eficiente en la materia.

Considerando lo anterior, se logrará.

- Identificar, dentro de lo imputado y sancionado por la SMA, el objeto específico de la reparación bajo el concepto legal actualmente vigente de «medio ambiente» y «reparación».
- Identificar, en base a lo anterior, la metodología específica aplicable a la reparación que se describe en el Plan.
- En base a lo anterior, sustentar una relación coherente e idónea entre el daño imputado y las acciones propuestas en el Plan.

## 2.1 Objeto de la reparación

De acuerdo con lo establecido en la propia formulación de cargos (Res. Ex. N° 1/Rol F-009-2018), el daño ambiental y su carácter de irreparable, se funda sobre la base de aspectos constatados en la fiscalización ambiental y 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 dicha resolución, y que dan cuenta que el grado de perturbación sería 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"*.

Asimismo, 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, lo que a juicio de esta Fiscal Instructora se considera extenso"*.

Por otra parte, la duración o persistencia del efecto sería prolongada, considerando que la regeneración de la vegetación depende de la existencia de un sustrato que lo mantenga (el cual se eliminó como consecuencia de las excavaciones, o se sepultó por la depositación del material estéril proveniente de la mina e instalaciones auxiliares a la operación que se emplazaron en el área ), mientras que la duración de los efectos se considera permanente e indefinida, sosteniendo 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 o 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"*.

Considerando esta determinación, es posible concluir que la imputación precisa corresponde a un total de **26,61 ha de superficie dañada**.

La superficie determinada, tanto en la formulación de cargos, como en la resolución sancionatoria (Res. Ex. N° 1786/2019, SMA), cuenta con una determinación preliminar acerca de los elementos bióticos que en ella se encontraba, tales como *"bosque nativo de conservación y protección", "bosque nativo de preservación con presencia de la especie de flora silvestre "vulnerable" Porlieria chilensis (Guayacán); y formaciones xerofíticas"*.

Sin perjuicio de lo anterior, la referida superficie comprende componentes ambientales que superan la dimensión biótica o vegetal. En este sentido, de acuerdo al art. 2 letra e), de la Ley N° 19.300, el «Daño Ambiental» se define como ***“toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes”***.

Así, y dado que el daño se entiende legal y técnicamente inferido al *“medio ambiente o a uno o más de sus componentes”*, cabe también precisar que dicho concepto es establecido por la misma ley en su art. 2 letra II), el que indica expresamente que ello corresponde al ***“sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones”***.

Bajo este concepto, es posible concluir que todo «medio ambiente», y en particular, todo «medio ambiente dañado», da cuenta de una serie de componentes cuya reparación debe ser abordada en un Plan de Reparación, y que dan contenido al propósito de «conservación del patrimonio ambiental» sostenido por la misma Ley N° 19.300, la que define dicha expresión como *“el uso y aprovechamiento racionales o la reparación, en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellos propios del país que sean únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración”*.

Sobre esta base, y sin perjuicio de considerar los elementos que considera la propia SMA en el procedimiento sancionatorio de rigor, el presente instrumento estudia y determina en forma precisa todos los «componentes ambientales» que dan contenido al «medio ambiente» existente en las **26,61 ha de superficie dañada**, lo que precisamente definirá al «objeto de reparación» considerado en el Plan.

## 2.2 Medio ambiente dañado: componentes ambientales presentes en área y que fueron afectados con la infracción sancionada

Con el objetivo de ejecutar una tarea de reparación eficaz, es necesario dar cuenta de los componentes ambientales específicos que emanan de la superficie dañada de **26,61 ha.**, incluyendo además los servicios ecosistémicos que estos prestan.

A continuación, es posible exponer la presencia de los siguientes componentes ambientales involucrados:

**Tabla 2-1. Componentes Ambientales y subcomponentes relacionados en la superficie dañada**

Componente	Subcomponentes
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estabilidad física.</li> <li>- Soporte de la biodiversidad.</li> </ul>

Componente	Subcomponentes
Biodiversidad	- Bosque nativo de preservación, bosque nativo de conservación y protección, matorral xerofítico, matorral esclerófilo, praderas, ambientes para fauna.
	- Composición de especies (riqueza y abundancia/densidad) de flora y fauna.
	- Especies en categoría de conservación.
	- Formaciones Vegetacionales

Fuente: GAC

### 2.2.1 Medio ambiente dañado: Componente Suelo

La Comuna de Catemu, se encuentra enmarcada en la zona edáfica de suelos de la Zona Mediterránea Árida (Luzio et al. 2010), específicamente se encuentra en la zona precordillerana de la Región de Valparaíso. Corresponde a un área ubicada en los primeros cordones de la Cordillera de Los Andes y algunos cerros que se extienden, como prolongaciones de ella, hacia la depresión intermedia. En estas áreas dominan dos posiciones geomorfológicas en las que se han desarrollado suelos característicos: a) los cerros, piedmonts y planos aluvio-coluviales y b) las terrazas aluviales más o menos planas, asociadas a los valles de los ríos que bajan desde la cordillera.

En la valoración ambiental del factor clase de capacidad de uso de suelo, la calidad del recurso presenta una relevancia alta, debido a que presenta bajo nivel de alteración, son suelos que corresponden a CCUS VI y VIII; y poseen fragilidad moderada producto que las condiciones de base de este sector, está a merced de efectos climáticos (escorrentía) favorecida por el relieve y la escasa cobertura vegetal. Este tipo de suelos presta el servicio de soporte y provisión de hábitat asociado a la presencia de especies en categoría de conservación.

Por otro lado, la estabilidad de la superficie del suelo en este sector posee una valoración ambiental alta, asociada al riesgo de erosión inherente producto de las pendientes en donde se desarrolla el sitio del Proyecto, que de acuerdo con AMEST (2020), la condición actual de desarrollo corresponde a una evolución pedogenética y posición geomorfológica; «Misceláneo Quebrada», «Misceláneo Escarpe» y «Botadero de Estériles».

Los servicios ecosistémicos posibles de identificar en este componente se vinculan con el soporte y regulación. El primero de ellos, relacionado con el soporte para la formación de nuevas bases pedogénicas que a su vez permiten el desarrollo de biomasa forestal, la que en conjunto con el componente biodiversidad (flora) aportan al control de erosión e inundaciones.

## 2.2.2 Medio ambiente dañado: Componente biodiversidad

Considerando que dentro de lo imputado existe parte de la superficie asociada al Sitio Prioritario «Cordillera El Melón», es posible extraer de su propio establecimiento la existencia de componentes ambientales dados por la categoría de protección.

Al respecto, cabe recordar que la Estrategia Regional de Biodiversidad (ERB), tiene como objetivo central conservar la diversidad biológica del país, promoviendo su gestión sustentable, con el objetivo de resguardar su capacidad vital y garantizar el acceso a los beneficios para el bienestar de las generaciones actuales y futuras.

La biodiversidad es una propiedad de los sistemas ecológicos que se refiere tanto al número de las especies presentes en ellos, como a la abundancia relativa de cada una de ellas, al número total de individuos de todas las especies existentes en un determinado sistema ecológico y a la cantidad, calidad y oportunidad de las interacciones en y entre cada nivel de la cadena o trama trófica. Considera todas las especies de plantas, animales silvestres y microorganismos que interactúan dentro del sistema.

El sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad «Cordillera el Melón» posee una superficie de 66.757,48 hectáreas y se emplaza en una zona de transición entre los valles transversales del norte chico y el valle central. El área de estudio se enmarca en un escenario geomorfológico delimitado por dos grandes unidades de relieve; Cordillera de la Costa y Fondo de Valle Fluvial, que definen la fisonomía a partir de la cual se estructura y organiza el territorio. Por una parte, se encuentran las áreas que conforman la Cordillera de la Costa que se caracterizan por una sucesión de cumbres estrechas, laderas con pronunciada pendiente y taludes que desembocan en conos aluvionales, y por otra, se encuentran las áreas que conforman el Fondo de Valle Fluvial correspondiente al tramo intermedio de la cuenca del río Aconcagua.

Esta cordillera se encuentra al noroeste de la ciudad de Valparaíso, entre la latitud sur 32°25' y 32°50' y longitud 70°55' y 71°14'; emplazándose por el norte en las comunas de La Ligua y Cabildo (Provincia de Petorca); por el sur y oeste las comunas de La Calera, Hijuelas y Nogales (Provincia de Quillota); y al este en la Comuna de Catemu (Provincia de San Felipe de Aconcagua). Sus distancias máximas aproximadas son 45 km de norte a sur, y 30 km de este a oeste. La conforman numerosas cumbres, registrando más de 40 cotas superiores a los 2.000 m s.n.m. Está representada vegetacionalmente por las formaciones denominadas "Bosque Esclerófilo Costero", con gran cantidad de especies endémicas, de las cuales, algunas se encuentran clasificadas en estado de conservación.

Existe un gran contraste climático y vegetacional entre la zona poniente (oeste) y oriente (este) a partir de las altas cumbres del sitio prioritario, lo cual se refleja en una mayor influencia oceánica en la vertiente poniente de la Cordillera El Melón por estar a barlovento, lo que se traduce principalmente en una mayor humedad atmosférica, lo que posibilita la presencia de bosques hidrófilos, mayor cobertura arbórea y presencia de bosque adultos densos, a diferencia de la vertiente oriente, la cual se encuentra a sotavento,

lo que se ve reflejado en una menor humedad relativa, lo que genera condiciones de mayor aridez, lo cual imposibilita la presencia de las formaciones hidrófilas antes descrita, predominando los bosques espinosos y matorrales esclerófilos, compuestos por especies mejor adaptadas a largos períodos de escasez hídrica.

Por lo mismo, esta zona corresponde a un área de amortiguamiento de las áreas núcleo del Sitio Prioritario Cordillera El Melón, que si bien, geográficamente está incluido, su existencia y protección están vinculados a la protección del área más sensible, graficada por los ecosistemas hidrófilos presentes en la Cordillera El Melón. Cabe resaltar que esta distinción se realiza, debido a las grandes diferencias climáticas y vegetacionales entre los ecosistemas presentes en la vertiente occidental (no considerada como referencia) y la oriental (considerada en este caso particular), dada la ubicación de la faena minera.

En consecuencia, los servicios ecosistémicos que entrega la biodiversidad dañada presente en el sitio prioritario se pueden mencionar:

- Alta diversidad botánica por coexistencia de bosque esclerófilo y serranías precordilleranas, esto se asocia con el servicio ecosistémico de provisión de madera y forraje.
- Riqueza de especies de flora, que aporta la mantención de bancos de semilla, control biológico y mantención del pool genético.
- Presencia de Formaciones vegetales que prestan el servicio ecosistémico como corredor biológico de fauna.
- Provisión de hábitat para especies de flora y fauna con problemas de conservación.

En las siguientes secciones se describen aquellas características relevantes que permiten justificar el servicio ecosistémico entregado por cada una de ellas, que será el objeto de reparación.

### **2.2.2.1 Medio Biótico**

#### **i. Vegetación y Flora**

De acuerdo con Gajardo (1994), el área del estudio se encuentra en la Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo, la que se extiende a través de la zona central de Chile. En términos generales, esta región de Matorral y Bosque Esclerófilo es una de las formaciones vegetacionales más perturbadas de Chile debido a la intensa actividad agrícola, ganadera y minera (Fuentes & Prenafeta 1988; Aranson *et al.* 1998). Pese a lo anterior, es una región de alta diversidad biológica y endemismo, asociado a la riqueza de hábitats naturales y a la sobreposición de elementos florísticos de distinto origen fitogeográfico: componentes de ecosistemas áridos y templados de Chile (Cowling *et al.* 1996, Myers *et al.* 2000). Dentro de esta región ecológica el sistema global se inserta en la Sub-Región del Bosque Esclerófilo, específicamente en la formación vegetal del Bosque Esclerófilo Costero.

A continuación, se presentan las formaciones vegetacionales presentes en el sitio prioritario y que corresponden a los recursos presentes en el área que brindan servicios ecosistémicos.

a) *Formaciones vegetacionales de la Cordillera de la Costa al poniente de las altas cumbres*

Formación de Bosque Esclerófilo en quebradas

Relacionada a la formación anterior, este bioma también se asocia a lugares húmedos y a laderas de exposición sur, en donde formas arbóreas de tipo esclerófilo, de hojas duras y brillantes, comparten con especies de carácter hidrófilo. Entre las especies esclerófilas se encuentran boldo (*Peumus boldus*), quillay (*Quillaja saponaria*), litre (*Lithraea caustica*). Otras especies arbóreas acompañantes son y maitén (*Maytenus boaria*) y bollén (*Kageneckia oblonga*). Escasamente presente al oriente, pero se considera parte del recurso para este caso en particular.

Matorral Esclerófilo Arborescente

En este matorral predominan especies arbustivas de sucesión post tala o post incendios. Se consideran, por lo tanto, como estados de sucesión secundaria, a partir de un bosque esclerófilo. Esta formación se encuentra en los cerros bajos y que limitan con las zonas urbanizadas. En esta formación la vegetación es dispersa, pero contiene una abundante riqueza de especies, tanto del bosque hidrófilo, del bosque esclerófilo de ambas laderas de exposición como peumo, boldo, quillay, litre y espino (*Acacia caven*) en laderas de exposición norte en la parte más baja de los cerros. De escasamente representatividad en ladera oriente, pero se considera parte del Sistema global para este caso en particular.

b) *Formaciones vegetacionales de la Cordillera de la Costa al oriente de las altas cumbres*

Estepa o Sabana de Acacia caven

Es una formación vegetal típica, conformada principalmente por espino (*Acacia caven*) la cual se encuentra en fondos de valles, rinconadas y zonas de lomajes. Presenta un aspecto de formación abierta con arbustos y arbustos arborescentes muy bien adaptados a largos períodos de sequía (ocho meses). Otras especies dominantes son el tevo (*Trevoa trinervis*), quilo (*Muehlenbekia hastulata*) y crucero (*Colletia spinosa*). En sectores más protegidos, es posible observar una estrata arbórea dominada por especies esclerófilas como molle (*Schinus latifolius*), maitén y boldo.

En sectores de mayor pedregosidad y en laderas de exposición norte, se desarrolla una estrata de especies suculentas dominada por el quisco (*Trichocereus chiloensis*). La estrata herbácea está compuesta por gramíneas como *Avena barbata*, *Stipa* sp., y *Vulpia* sp., azulillo (*Pasithaea coerulea*) soldadillo (*Tropaelum tricolor*), alfilerillo (*Erodium cicutarium*) y manzanillón (*Anthemis cotula*). Forma parte del sistema global considerado.

Matorral Esclerófilo Degradado

Esta formación agrupa las unidades dominadas por arbustos que representan estados sucesionales del bosque esclerófilo. En esta formación algunas especies del bosque y matorral esclerófilo tienen baja

presencia o incluso la ausencia de especies arbóreas. Los árboles a menudo quedan reducidos a la presencia de individuos bajos de litre y espino. Corresponden a sectores de post cultivo, o áreas sobre pastoreadas, taladas, o incendiadas recientemente. Las especies dominantes corresponden siempre a arbustos, entre ellos chilca (*Baccharis linearis*), colliguay (*Colliguaja odorifera*), tevo (*Trevoa trinervis*), quilo (*Muehlenbeckia hastulata*), tomatillo (*Solanum crispum*), huañil (*Proustia ilicifolia*) y palqui (*Cestrum parqui*). Dadas las condiciones de reducción de la cobertura, la abundancia y diversidad de hierbas anuales y alóctonas es mayor, apareciendo frecuente y abundantemente especies de herbáceas y gramíneas introducidas. Forma parte del sistema global considerado.

### Matorral Esclerófilo con Suculentas

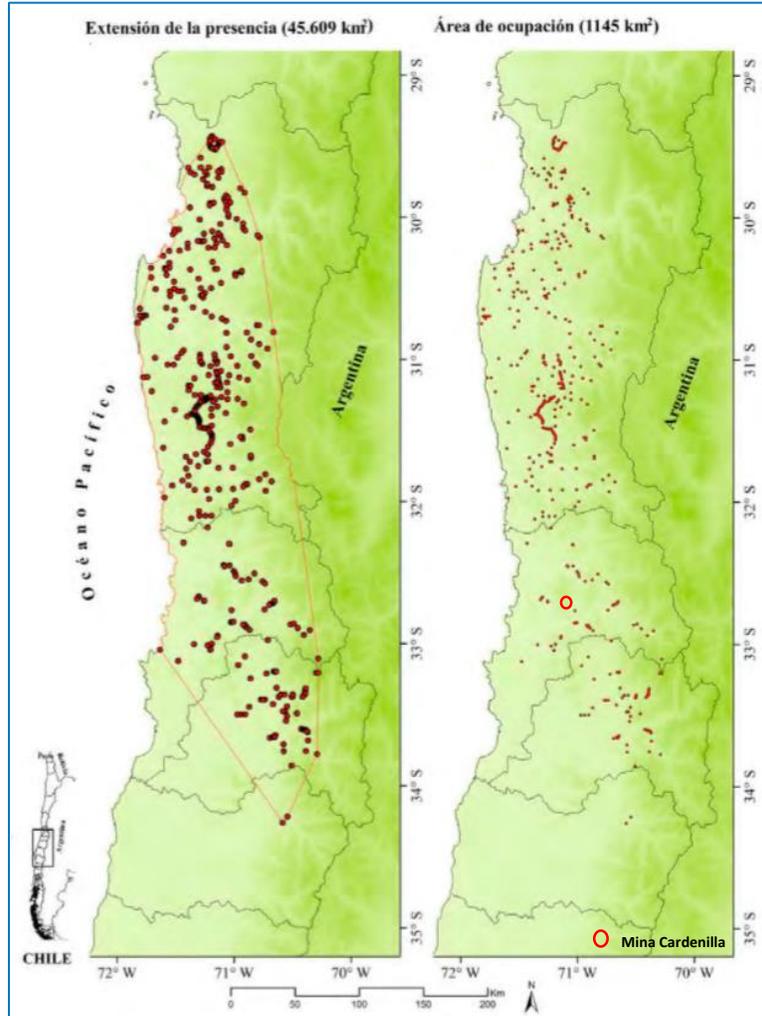
Corresponde a un matorral con dominancia de arbustos, especialmente colliguay, junto a otras especies arbóreas menos abundantes como el litre y espino, el arbusto mitique (*Podanthus mitiqui*) y las suculentas quisco (*Trichocereus chiloensis*) y chagual (*Puya berteroniana*). Se desarrolla principalmente en las laderas de solana (exposición norte). Forma parte del sistema global considerado.

#### c) *Especies arbóreas emblemáticas*

### Guayacán

De acuerdo con el estudio de Loayza *et al.* (2015), hasta el año 2007 existían 333 registros de la especie, número que se duplico (679). Los datos obtenidos confirman observaciones anteriores que indican que el guayacán (*Porlieria chilensis*), a pesar de ser regionalmente común, localmente es rara. Esta especie se distribuye entre la Provincia del Elqui (Región de Coquimbo) hasta la Provincia de Colchagua (Región de O'Higgins), donde se reporta principalmente en faldeos cordilleranos y en pendientes rocosas de cerros, en ecosistemas áridos y semiáridos. Como muestra la Figura 2-1, en la zona de la Mina Cardenilla, el citado estudio no registró la población presente en la microcuenca del Proyecto, sin embargo, está dentro del rango de distribución de esta especie.

Figura 2-1. Extensión de la presencia y área de ocupación conocida de guayacán (*P. chilensis*)



Fuente: Loayza *et al.* 2012

A nivel local, considerando toda la microcuenca donde se localiza la Mina Cardenilla y de acuerdo con los datos proporcionados por AMEST-CEMIN (2019), existe la presencia de al menos 1.032 ejemplares registrados de la especie (Figura 2-2). En consecuencia, debido a la presencia de esta especie en la vertiente oriental de la Cordillera El Melón, se reconfirma su presencia en el sistema global considerado.

Figura 2-2. Distribución de ejemplares de guayacán (*P. chilensis*) en la microcuenca



Fuente: AMEST-CEMIN 2018

## ii. Fauna

Los reptiles potenciales presentes en el sitio prioritario, considerando a Veloso & Navarro (1988) mencionan a la lagartija lemniscata (*Liolaemus lemniscatus*), habitante frecuente de pastizales, que sería la especie más frecuente en los ambientes mediterráneos. También se menciona a *Liolaemus chiliensis* y *L. fuscus*, de hábitos terrícolas y *L. tenuis*, arborícola, también habitan en ambientes de matorral o bosque esclerófilos y probablemente ambientes agrícolas, mientras que la iguana (*Callopistes palluma*), de hábitos saxícolas, estaría restringida a laderas norte con vegetación con matorral xerófito. También se registran las dos culebras de la zona central, *Phylodrias chamissonis* y *Tachymenis chilensis*.

En períodos de lluvias y mayor humedad están presentes tres especies de anfibios, el sapito de cuatro ojos, (*Pleuroderma thaul*), el sapo de rulo (*Bufo chilensis*) y la rana chilena (*Caudiverbera caudiverbera*), todas en categoría de conservación.

Respecto a los mamíferos, se describen cerca de 20 especies potenciales, entre ellas carnívoros como los zorros chilla (*Lycalopex griseus*) y culpeo (*L. culpaeus*), mustélidos como el quique (*Galictis cuja*). Varias especies de micromamíferos, como un marsupial, la yaca (*Thyllamys elegans*), los roedores que constituyen el orden dominante, donde destaca el endémico degú (*Octodon degu*), lauchón orejudo de

Darwin (*Phyllotys darwini*), lauchita de los espinos (*Oligoryzomys longicaudatus*), laucha de pelo largo (*Abrothrix longipilis*) y laucha olivácea (*Abrothrix olivaceus*) entre otros (Muñoz & Yañez 2000).

Existen además cinco especies de mamíferos introducidos, dos de ellos habitan en ambientes agrícolas, matorrales y praderas; liebre (*Lepus europaeus*) y conejo (*Oryctolagus cuniculus*), y otros tres roedores en ambientes antropizados; guarén (*Rattus norvegicus*), rata (*Rattus rattus*) y laucha (*Mus musculus*).

La avifauna descrita para la zona del sitio prioritario corresponde a la clase más numerosa y está dominada por especies del orden Passeriformes, siendo comunes y abundantes chincol (*Zonotrichia capensis*), diuca (Diuca diuca), loica (*Sturnella loyca*), son abundante también algunas especies gregarias como el tordo (*Curaeus curaesus*), jilguero (*Carduelis barbata*) y chirihue (*Sicalis luteiventris*). En general, el ensamble está dominado por pocas especies, en tanto varias otras son menos frecuentes y abundantes, como por ejemplo el pitio (*Colaptes pitius*) y el carpinterito (*Picoides lignarius*), la rara (*Phytotoma rara*), el churrín (*Scytalopus magellanicus*) y el rayadito (*Aphrastura spinicauda*). Entre las especies de los bosques esclerófilos densos, se menciona a la torcaza (*Columba araucana*), siempre asociada a bosques.

Entre las aves migratorias de invierno, algunas de las cuales sólo se alimentan en esta región, no nidificando o lo hacen en una relativamente baja proporción, se encuentran aquellas que tienen desplazamientos latitudinales como la viudita (*Colorhamphus parvirostris*), picaflor (*Sephanoides galeritus*) y diucón (*Xolmis pyrope*) y otras de desplazamientos altitudinales, dormilona tontita (*Muscisaxicola macloviana*) y cometocino (*Phrygilus gayi*). Entre las especies de aves migratorias de verano, que se reproducen en el área, se menciona al fio-fio (*Elaenia albiceps*), picaflor gigante (Patagonas gigas) y mirlo (*Molothrus bonariensis*).

Las rapaces constituyen un grupo singular, ya que, por ser predadores topos, dan cuenta del estado en que se encuentran los niveles tróficos inferiores. El ave rapaz más característico de esta área es el tiauque (*Milvago chimango*). Luego vienen otras menos abundantes, pero frecuentes, cernícalo (*Falco sparverius*), aguilucho (*Buteo polyosoma*), peuco (*Parabuteo unicinctus*), bailarín (*Elanus leucurus*) y halcón perdiguero (*Falco femoralis*). Otras aves menos frecuentes son águila (*Geranoaetus melanoleucus*), habitante de las mayores cumbres dentro de la zona, vari (*Circus cinereus*), característico de ambientes húmedos, y halcón peregrino (*Falco peregrinus*), especie migratoria del hemisferio norte.

De las rapaces nocturnas, la más común en ambientes arbolados, es el chuncho (*Glacidium nanum*), en ambientes de bosques densos está presente el tucúquere (*Bubo virginianus*), en el suelo en diferentes ambientes se encuentra el pequén (*Athene cunicularia*) y en ambientes antropizados, la lechuza blanca (*Tyto alba*).

Entre las especies endémicas se encuentra la perdiz (*Nothoprocta predicaria*), canastero (*Asthenes humicola*), tapaculo (*Scelorchilus albicollis*) y tenca (*Mimus thenca*). Por otra parte, la codorniz (*Callipepla californica*), es una especie introducida, abundante en matorrales y zonas agrícolas.

## 2.3 Servicios Ecosistémicos

De acuerdo con el MMA (2014), existe consenso a nivel mundial que para disminuir las actuales tasas de degradación ambiental es necesario medir y visibilizar, no sólo la extensión y estado actual de los ecosistemas, sino también entender cómo su funcionamiento afecta el bienestar humano (MEA 2005; TEEB 2010; OECD 2012). Con este último propósito surge en la literatura de los últimos años, y en especial a partir de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA 2005), el concepto de **servicios ecosistémicos (en adelante, SS.EE.)**. MEA (2005), define los SS.EE. como **“los beneficios que obtenemos los seres humanos directa o indirectamente de los ecosistemas”**, y los clasifica en cuatro grupos: soporte (e.g. ciclo de nutrientes), provisión (e.g. madera, fibras, agua), regulación (e.g. control de erosión, de inundaciones, de pestes), culturales (e.g. espirituales, recreación).

La definición de SS.EE. que se propone es la utilizada por TEEB (2014) y otros autores, quienes conciben los SS.EE. como “la contribución directa o indirecta de los ecosistemas al bienestar humano”. Aquellos SS.EE. de contribución directa son llamados servicios finales mientras que aquellos de contribución indirecta son clasificados como servicios intermedios.

### 2.3.1 Identificación de servicios ecosistémicos asociados a los componentes ambientales dañados

En aplicación de los cuatro grupos de servicios ecosistémicos, es posible precisar cuáles de éstos están presentes en el sistema global del Sitio Prioritario Cordillera El Melón, para posteriormente, vincularlo con aquellos que se vieron mermados producto de la infracción que da origen a este Plan de Reparación.

**Tabla 2-2. Servicios ecosistémicos identificados en el sistema global considerado.**

Servicios Ecosistémicos				
Sección	División	Grupo	Servicio	Servicio caracterizado
Servicios de Provisión	Nutrición	Biomasa	Animales	Cacería de animales como conejos y codornices
			Frutos	Recolección de frutos (peumo)
			Miel	Producción de miel por parte de pequeños apicultores
			Hierbas medicinales	Extracción de hierbas como quillay, matico, entre otras
	Materiales	Agua	Agua	Recolección de agua para consumo humano
		Biótico	Madera	Recolección de especies maderables para construcción
	Fibra vegetal		Extracción de pastos y coirones para bioconstrucción (adobe).	

Servicios Ecosistémicos					
Sección	División	Grupo	Servicio	Servicio caracterizado	
			Tierra de hojas	Extracción de tierra de hoja como fertilizante orgánico	
			Alimento	Forraje para consumo animal	
		Abiótico	Piedras	Extracción de piedras para construcción	
			Greda	Extracción de greda para construcción o artesanía	
		Agua	Fuente superficial	Provisión de agua para los animales	
	Energía	Biomasa	Leña	Extracción de leña de distintas especies arbóreas y arbustivas	
		Energía mecánica	Actividades ganaderas	Uso de animales de tracción en el cerro (caballos)	
	Servicios de Regulación y Soporte	Regulación de los flujos	Regulación (gaseoso, masas y líquidos)	Regulación del cambio climático	Captación de carbono
				Regulación climática y atmosférica	Regulación del clima
					Purificación del aire
Protección del viento				Árboles protegen de fuertes corrientes	
Soporte		Ciclos de nutrientes	Mantenimiento equilibrio biogeoquímico	Presencia de vegetación permite la generación y filtrado de nutrientes	
			Formación y regulación de suelo	Prevención de erosión	Cubierta vegetal permite la retención de suelo y el control de la erosión
		Soporte de los ciclos de vida	Hábitat y refugio para las especies	Ciclo de vida de las especies	
			Dispersión de semillas	Zoocoria, anemocoria e hidrocoria	
			Control biológico	Control de plagas	
			Mantenimiento del pool genético	Polinización	
Servicios Culturales		Educación	Interacciones intelectuales, culturales y educativas	Científico	Investigaciones académicas
				Patrimonio	Rescate de tradiciones y manifestaciones culturales
				Educacional	Educación ambiental
	Espiritual	Interacciones espirituales con el medio	Religioso y espiritual	Uso del espacio para manifestaciones religiosas	
	Recreación	Interacciones recreativas con el medio	Entretenimiento	Sitios de reuniones sociales	
				Baño en pozones	
				Actividades al aire libre (cabalgata, escalada, <i>mountainbike</i> y <i>trekking</i> )	
				Contemplación de paisaje	

Fuente: GAC

Así, los **servicios antes mencionados que se relacionan directamente con las 26,61 ha de superficie de formaciones vegetales** dañadas son:

**Tabla 2-3. Componentes Ambientales y servicios ecosistémicos seleccionados para reparar**

Componentes ambientales	Subcomponentes	Servicios ecosistémicos
Suelo	Estabilidad física. Soporte de la biodiversidad.	1.- Soporte - Formación de suelo. 2.- Soporte - Ciclos de nutrientes. 3.- Soporte - Ciclo de vida de microorganismos. 4.- Regulación - Control de erosión. 5.- Regulación - Control de inundaciones.
Biodiversidad	Bosque nativo de preservación, bosque nativo de conservación y protección, matorral xerofítico, matorral esclerófilo, praderas, ambientes para fauna.	6.- Provisión – Madera. 7.- Provisión – Forraje. 8.- Provisión – Agua.
	Composición de especies (riqueza y abundancia/densidad) de flora y fauna.	9.- Soporte – Ciclo de vida de las especies. 10.- Soporte – Bancos de semillas. 11.- Soporte – Control biológico. 12.- Soporte – Mantenimiento del pool genético (polinización, dispersión).
	Especies en categoría de conservación.	13.- Conservación de la biodiversidad.
	Formaciones Vegetales	14.- Soporte – Conectividad a escala de paisaje.

Fuente: GAC

Por otra parte, los **servicios que se relacionan indirectamente con las 26,61 ha de superficie de formaciones vegetales** dañadas son:

**Tabla 2-4. Componentes Ambientales y servicios ecosistémicos indirectos**

Componentes ambientales	Subcomponentes	Servicios ecosistémicos
<b>Aspectos Socioculturales para propuesta de Acciones de Reparación Equivalentes.</b>		
Socioculturales	Uso comunitario del territorio. Generación de conocimiento. Innovación. Difusión.	15- Cultural- Desarrollo local 16.- Cultural – Investigación. 17.- Cultural – Educación. 18.- Cultural – Recreación.

Fuente: GAC

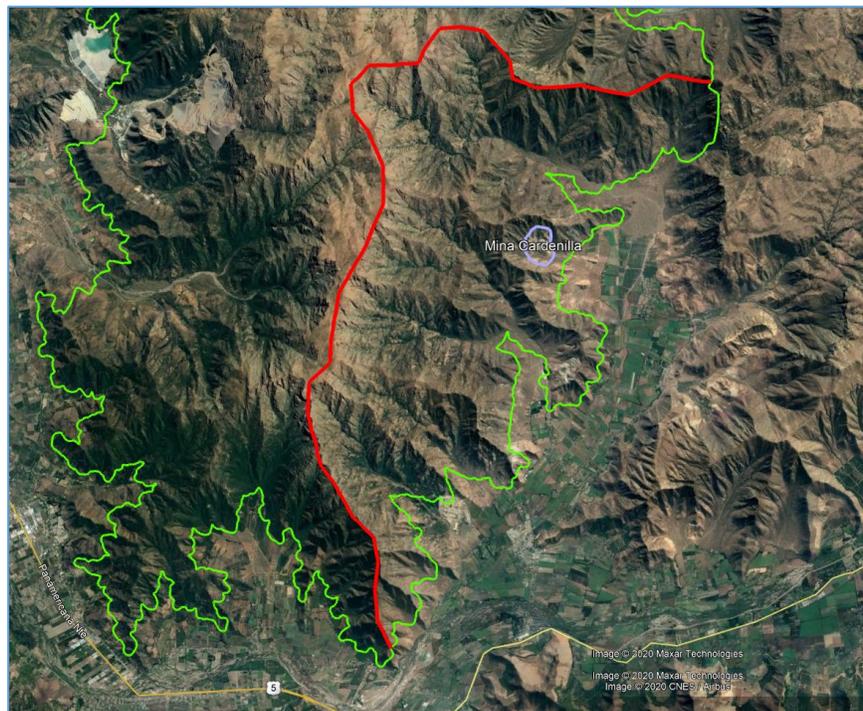
## 2.4 Conclusiones

En relación con los antecedentes presentados, el medio ambiente dañado, considerado como ecosistema de referencia en el marco del Plan de Reparación de Mina Cardenilla, corresponde a **26,61 ha de superficie** ricas en una serie de componentes ambientales, naturales y artificiales, descritos y desarrollados en el presente documento, y que incluye dentro de su contenido una parte del sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad Cordillera El Melón que forma parte de la Comuna de Catemu.

Esta delimitación se realiza en función de las condiciones climáticas y vegetacionales específicas del área suroriente del sitio prioritario, y las relaciones socioculturales, vínculos con la población cercana y los accesos presentes que demuestran la rica interrelación de elementos que subyacen a aquello imputado como "dañado".

A continuación, la Figura 2-3 muestra espacialmente el medio ambiente, entendido como sistema global y su relación con la superficie dañada por las partes, obras y acciones de Mina Cardenilla sancionadas por la SMA.

**Figura 2-3. Proyecto y su relación con el área involucrada**



Fuente: GAC

Entre las relaciones biofísicas y socioculturales identificadas, se mencionan aquellas asociadas a los servicios ecosistémicos del tipo soporte, regulación, provisión y cultural.

Relacionado con el soporte que ofrecen los ecosistemas forestales, se da cuenta que la vegetación presente contribuye al ciclado (generación y filtrado) de nutrientes, manteniendo el equilibrio biogeoquímico del sistema global. Por otra parte, la cubierta vegetal contribuye a la formación y regulación del suelo, ya sea mediante el aporte de materia orgánica al sistema (hojarasca y otros elementos vegetales) y el control de erosión producto de la presencia subterránea de los sistemas radiculares, los cuales aportan estabilidad.

La presencia de biomasa superficial, representada mediante diversas estructuras vegetales (árboles, arbustos, suculentas y herbáceas) disminuye y regula la energía que ingresa al sistema al momento de producirse fenómenos climáticos extremos (lluvias en cortos períodos de tiempo), adicionalmente, la vegetación permite el soporte de vida para otros organismos, proporcionando diferentes tipos de hábitats y microhábitats, los cuales permiten el crecimiento y reproducción de diferentes clases de fauna de vertebrados, invertebrados y microorganismos terrestres. Desde un punto de vista de conservación genética, los servicios específicos identificados dan cuenta de la presencia de bancos de semilla, junto con mejorar las condiciones de los sitios particulares para el establecimiento, desarrollo, reproducción y dispersión de la flora vascular y no vascular presente. A su vez, existe una retroalimentación positiva con los grupos de insectos y fauna presente, ya que, generan mecanismos de dispersión que permiten la mantención de los flujos genéticos inter-especies y de la polinización. Por otra parte, la biodiversidad presente y el ensamble ecosistémico contribuye al control biológico de plagas, esto es de gran importancia para los sectores aledaños al sistema global descrito en este documento, debido a que corresponden a usos de suelo agrícola y agropecuario.

En cuanto a los servicios de provisión, aun cuando no se pudo identificar estos servicios directamente asociados a las 26, 61 hectáreas, en el «Sitio Prioritario Cordillera El Melón», se identifican aquellos relacionados con la nutrición humana, materiales de construcción y de energía. En el primer grupo, destaca la presencia de actividades de caza de especies exóticas invasoras, donde se reconoce la caza de lagomorfos y avifauna, la recolección e interacción de la población local con la flora mediante la colecta de frutos, hierbas medicinales, producción de miel y la colecta de agua para consumo humano desde el nacimiento de las escasas quebradas con presencia de flujos superficiales o subterráneos. En el segundo grupo se menciona la recolección y extracción de madera, fibras vegetales, piedras y greda para la construcción y bioconstrucción, tierra de hojas como abono orgánico, junto con el alimento (forraje) y agua para el consumo del ganado, el tercer grupo se relaciona con la extracción de leña y la tracción animal en los cerros.

En el mismo sentido, y relacionado con las comunidades cercanas, el sistema global, perteneciente al Sitio Prioritario Cordillera El Melón, da cuenta de los servicios culturales vinculados con la educación, espiritualidad y recreación de la población. En este sector, las autoridades locales, así como el Ministerio de Medio Ambiente, ha destacado la importancia de este sitio para realizar investigaciones académicas, lo que sin duda revierte un valor agregado que es posible desarrollar en este sistema global.

Finalmente, el rescate de tradiciones y manifestaciones culturales, relacionado con la cultura campesina y minera, propia de la identidad comunal y local, la presencia de sitios donde se realizan reuniones sociales, lugares de descanso y contemplación del paisaje, y el desarrollo de actividades recreativas o turísticas (baño en pozas naturales en los sectores Sol y Lluvia y, El Boldo, entre otros, junto con actividades al aire libre, tales como, cabalgatas junto a los arrieros de la zona, bicicleta de montaña por senderos existentes, senderismo y excursionismo, principalmente asociado a las grandes cumbres presentes, entre las que destaca el Cerro El Caqui, y la escalada en roca en paredes verticales, dan cuenta que el sistema global de la Cordillera El Melón, específicamente en la Comuna de Catemu, tiene elementos particulares, los cuales pueden ser puestos en valor mediante acciones de reparación que mejoren sitios y lugares usados actualmente por la comunidad local, aun cuando no se ha podido establecer una afectación directa a estos servicios.

### 3 OBJETIVOS DEL PLAN DE REPARACIÓN

#### 3.1 Objetivos de alcance general del Plan de Reparación

Reponer el medio ambiente de la Cordillera El Melón a una calidad similar a la que tenía con anterioridad al daño causado, mediante una combinación de acciones de reparación en naturaleza, por vía de equivalencia y por vía de compensación, que sean idóneas y eficaces para restablecer los servicios ecosistémicos afectados en dicho sistema global, conforme al art. 2 letra s) de la Ley N° 19.300.

#### 3.2 Objetivos específicos del Plan de Reparación

Para dar cumplimiento al objetivo general de este Plan de Reparación a continuación, se presentan los objetivos específicos que permitirán lograr los resultados esperados en el medio ambiente de la Cordillera El Melón, ya sea mediante reparación in situ, como también a través de una reparación complementaria.

- Realizar una restauración ecológica del ecosistema afectado, el cual posee un alto nivel de singularidad y se localiza -en parte- al interior del Sitio Prioritario para la conservación de la biodiversidad "Cordillera El Melón", enfocado en mejorar las características fisicoquímica del suelo de las zonas intervenidas por la Mina Cardenilla y sus inmediaciones.
- Realizar una restauración ecológica del ecosistema afectado, el cual posee un alto nivel de singularidad y se localiza al interior del Sitio Prioritario para la conservación de la biodiversidad "Cordillera El Melón", enfocado reestablecer la flora y vegetación de las zonas intervenidas por la Mina Cardenilla y sus inmediaciones.
- Realizar una restauración ecológica del ecosistema afectado, el cual posee un alto nivel de singularidad y se localiza al interior del Sitio Prioritario para la conservación de la biodiversidad "Cordillera El Melón", enfocado en rehabilitar las condiciones de hábitats para la fauna silvestre de las zonas intervenidas por la Mina Cardenilla y sus inmediaciones.

- Conservar formaciones vegetales colindantes con las zonas afectadas por las nuevas obras del Proyecto, protegiéndolas y restringiendo cualquier tipo de actividad o uso diferente al de preservación.
- Enriquecer hábitats asociados a las especies en categoría de conservación presentes, entre las que se encuentran *Porlieria chilensis*, *Echinopsis chiloensis*, *Eriogyne aurata*, *Prosopis chilensis* y *Adiantum chilense* (flora), como también de *Lycalopex griseus*, *L. culpaeus*, *Callopistes maculatus*, *Liolaemus monticola*, *L. lemniscatus*, *L. fuscus*, *L. tenuis*, *Thylamys elegans*, *Spalacopus cyanus*, *Philodryas chamissonis* y *Vultur gryphus* (fauna).
- Desarrollo de un Plan de Acción comunitario que considere los siguientes tópicos: educación ambiental, conservación y Protección de la Cordillera El Melón, Programas de Monitoreos participativos y Apoyo Técnico-Económico para Pequeños Productores Agrícolas de la comuna de Catemu.

## 4 METODOLOGÍA A APLICAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA IDONEIDAD Y SUFICIENCIA DE LAS ACCIONES CONTENIDAS EN EL PLAN DE REPARACIÓN

### 4.1 Enfoque del criterio de equivalencia

Para determinar la idoneidad y suficiencia de las acciones contenidas en el Plan de Reparación del Daño Ambiental ocasionado al ecosistema forestal de la cordillera El Melón producto de las partes, obras y acciones de la Mina Cardenilla al margen del SEIA, se propone utilizar una adaptación de la metodología emanada de la Directiva Europea "*Directive 2004/35/EC of the European Parliament and of the Council on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage*", usando como referencia el documento "*Environmental Liability Directive (ELD). Training Handbook and Accompanying Slides*" de la Comisión Europea (European Commission et al. 2013) que, a su vez, utiliza la metodología de "*Habitat Equivalency Analysis: An Overview. Damage Assessment and Restoration Program*" de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de América (NOAA, 2000).

Entre los documentos consultados se incluyen la "*Estructura y contenidos generales de los proyectos de reparación de daños medioambientales*" del Ministerio para la Transición Ecológica de España (MITECO 2018), "*The Environmental Liability Law (ELL) and the equivalency methods. Methodological Guide*" del Ministerio de Ecología, Desarrollo Sostenible y Energía de Francia (MEDDE 2012) y, "*Guia para a Avaliação de Ameaça Iminente e Dano Ambiental*" de la Agencia Portuguesa de Medioambiente de Portugal (APA 2011), los que desarrollan los **criterios de equivalencia para cuatro niveles; recurso-recurso, servicio-servicio, valor-valor y valor-costo.**

De acuerdo con estos criterios, se considerarán en primer lugar acciones que proporcionen recursos naturales y/o servicios del mismo tipo, calidad y cantidad que los dañados. De no ser esto posible, se

proporcionarán recursos naturales y/o servicios alternativos. Si no es posible utilizar criterios preferentes de equivalencia recurso-recurso o servicio-servicio, se aplicarán técnicas de valoración alternativas que pueden incluir métodos de valoración monetaria del tipo valor-costos, para determinar la magnitud de las medidas reparatorias complementarias o compensatorias necesarias.

## 4.2 Definiciones

La metodología propuesta considera las siguientes definiciones:

**Crédito:** es una expresión del recurso natural o beneficio del servicio obtenido a través de remediación complementaria y compensatoria.

**Débito:** es una expresión de la cantidad de pérdida sufrida como resultado del daño ambiental; puede ser multidimensional, ya que el daño puede tener efectos negativos en varias especies, hábitats, funciones del ecosistema y valores humanos diferentes.

**Descuentos:** es el uso de una tasa de descuento (por ejemplo, 3%). Esto refleja que, manteniendo constantes todos los demás factores, las pérdidas por daños y las ganancias por remediación se acumulan durante diferentes períodos. Además, también supone que los servicios obtenidos de la remediación futura son menos valiosos para el público que los servicios disponibles en la actualidad. Permite que las ganancias y pérdidas se reflejen en su valor actual.

**Escalado:** proceso mediante el cual la cantidad esperada de beneficio (el crédito) generada a partir de la remediación se iguala al débito, cuando se cuantifica en términos de la misma métrica.

**Métrica(s):** una o más mediciones de pérdida, generalmente determinadas en estrecha consulta con científicos ambientales relevantes, que sirven como índices de recursos naturales clave o servicios sujetos a daños. Se debe usar la misma métrica para expresar el daño total (débito) y el beneficio de la reparación (crédito).

**Pérdidas provisionales:** las pérdidas derivadas del hecho de que los recursos naturales o los servicios de recursos naturales dañados no puedan desempeñar sus funciones ecológicas o prestar servicios a otros recursos naturales o al público hasta que hayan surtido efecto las medidas de reparación primarias o complementarias.

**Reparación compensatoria:** se trata de toda acción implementada para compensar las pérdidas provisionales de recursos naturales o servicios ecosistémicos que tengan lugar desde la fecha en que se produjo el daño ambiental, hasta el momento en que la reparación primaria haya surtido todo su efecto. No consiste en una compensación financiera al público.

**Reparación complementaria:** corresponde a las medidas adoptadas en relación con recursos naturales o servicios ecosistémicos para compensar lo que la reparación primaria no haya permitido la plena restitución de los recursos naturales o servicios ecosistémicos dañados.

**Reparación primaria:** corresponde a todas las medidas implementadas que restituyan o aproximen al máximo los recursos naturales o servicios de recursos naturales dañados a su estado inicial.

### 4.3 Etapas

En general, para realizar un análisis de equivalencia se requieren cinco pasos fundamentales, para cualquiera de los cuatro niveles antes descritos:

1. **Evaluación preliminar:** implica identificar los datos disponibles, las opciones de remediación, la escala adecuada de análisis y la evaluación de esfuerzo.
2. **Determinación y cuantificación del daño ambiental (débito):** implica determinar las causas del daño, seleccionando las métricas para evaluar el daño, incluidas las pérdidas provisionales, determinar y cuantificar la línea de base, comprender la exposición al daño, características de los recursos y servicios dañados, determinando los beneficios de la remediación primaria.
3. **Determinación y cuantificación de las ganancias de la remediación (crédito):** implica identificar las opciones de remediación, seleccionar la mayor cantidad opciones apropiadas y factibles, que estiman los beneficios de remediación usando las mismas métricas que la etapa 2.
4. **Escalar las acciones de remediación:** implica determinar la cantidad total de remediación, y estimar el costo de remediación.
5. **Monitoreo e informes:** implica la preparación de un plan de remediación (objetivos, diseños, metas) y el monitoreo de su implementación.

### 4.4 Aplicación metodología al caso Cardenilla

#### 4.4.1 Evaluación preliminar

En primer lugar, se debe precisar el área objeto de la imputación del daño ambiental, donde la SMA indica que si estimación como "irreparable" se efectuó 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. En lo específico, la ejecución de las obras señaladas por el proyecto ha derivado en modificaciones en la extensión, magnitud y duración de los impactos ambientales de éste, como consecuencia de la ampliación de la superficie directamente afectada de 26,61 ha de las siguientes formaciones vegetales:

- 7,08 ha de bosque nativo de preservación con *Porlieria chilensis* (guayacán),

- 9,19 ha de bosque nativo de conservación y protección, y
- 10,34 ha de matorrales clasificados como formaciones xerofíticas.

La pérdida de estas 26,61 ha de formaciones vegetales implicó una pérdida de servicios ecosistémicos presentes en el sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad Cordillera El Melón.

A continuación, se desarrolla una línea de base de acuerdo con los objetos de reparación del plan, para este caso, el suelo, la biodiversidad y variables socioculturales según los datos disponibles, se analizan opciones de remediación, se define la escala apropiada de análisis y esfuerzo a realizar, identificando las incertidumbres y asumiendo suposiciones. Se aplica por igual a todos los métodos de análisis de equivalencia (recurso a recurso, servicio a servicio o valor a valor).

#### **4.4.2 Determinación y cuantificación del daño (débito)**

Implica determinar las causas del daño, cuantificar los daños, seleccionar las métricas para evaluar el daño, determinar y cuantificar la línea de base, determinar las tasas recuperación, considerando las pérdidas provisionales, para finalizar con el cálculo de los débitos a lo largo del tiempo. A continuación, se describen las subetapas consideradas.

##### **4.4.2.1 Determinación de las causas del daño**

Múltiples factores estresantes pueden influir en los recursos naturales y sus servicios. Algunos factores estresantes son naturales y pueden ser relativamente constantes, periódicos o episódicos. Otros factores estresantes son antropogénicos, pero no están relacionados con un incidente específico. Se deben identificar los efectos del incidente en cuestión para determinar y cuantificar los daños asociados con el incidente, debiéndose definir con la mayor precisión posible el vínculo causal entre el incidente y el daño resultante.

Para este caso particular, las causas del daño son las partes y obras de Mina Cardenilla ejecutadas al margen del SEIA, lo cual considera una superficie de 26,61 hectáreas bajo daño ambiental irreparable de acuerdo con lo establecido en la Res. Ex. N° 1786/2019, SMA.

##### **4.4.2.2 Cuantificación de daños**

La cuantificación del daño incluye una evaluación de los siguientes aspectos:

- La extensión espacial del daño y la pérdida de recursos o servicios.
- El alcance temporal (pasado, presente y futuro esperado) del daño y la pérdida del servicio.
- El grado de daño y pérdida de servicio (e.g. porcentaje de los servicios prestados en relación con las condiciones de referencia, en términos de número de organismos, o como una reducción en la calidad de una característica del organismo o hábitat).

#### **4.4.2.3 Métricas de cuantificación**

Las métricas de cuantificación se utilizan para expresar tanto el grado de daño a los recursos naturales o los servicios atribuibles a un incidente, como al grado de beneficios atribuibles a un proyecto de reparación. La selección de una métrica apropiada es importante porque la cantidad de pérdida y ganancia estimada puede variar dependiendo de la métrica utilizada.

Las métricas pueden incluir atributos cuantitativos fácilmente medidos, tales como densidad de población, cobertura vegetal, estimaciones de productividad o visitas de usuarios, así como atributos más complejos, conceptuales y cualitativos, como idoneidad del hábitat o índices de calidad, índices de múltiples variables o clasificaciones subjetivas.

La métrica debe ser la misma tanto en el lado de la pérdida (débito) como en el de ganancia (crédito) de la ecuación para permitir los cálculos de equivalencia. Si las métricas son diferentes, no es posible equilibrar los débitos y créditos, que es el objetivo de un análisis de equivalencia de recursos o servicios.

La métrica también debe ser útil para examinar las diferencias en la calidad y cantidad de servicios prestados por los hábitats de referencia, dañados y compensatorios. Por ejemplo, si el daño se cuantifica en términos del porcentaje de cobertura de vegetación nativa por hectárea restante después de un incidente, la ganancia de la restauración también debe ser en términos de porcentaje de cobertura de vegetación nativa por hectárea creada. Si el daño se cuantifica como una reducción de la población en relación con la línea de base, la ganancia debe medirse como un aumento de la población en relación con la línea de base. Los ejemplos de métricas de cuantificación incluyen:

- Extensión de un tipo de hábitat específico.
- Unidades o cantidad de algún recurso (e.g. hectáreas de un tipo de hábitat, km de un río, volumen de agua utilizable, entre otros).
- Medidas de densidad de vegetación, cobertura o biomasa.
- Porcentaje de cobertura de una especie de vegetación deseable, dominante o esencial.
- Índices de calidad de hábitat.
- Productividad biológica (e.g. productividad primaria o secundaria), abundancia de especies, biomasa, diversidad o medidas de composición de las comunidades.
- Tasas reproductivas.
- Días de uso del hábitat (e.g. cuando un incidente ha reducido la disponibilidad del hábitat de modo que menos organismos puedan ocuparlo).
- Medidas de procesos ecológicos, tales como tasas de mineralización de carbono, exportación de nutrientes o descomposición.
- Para un análisis de equivalencia de valor, el dinero puede considerarse como la métrica para medir el daño y la reparación.

El daño a los recursos naturales individuales puede causar reducciones de los servicios a nivel de ecosistema. Los analistas deben considerar estas pérdidas de servicio a nivel de ecosistema interdependientes al seleccionar métricas y cuantificar las pérdidas de servicio.

Para el caso particular de Mina Cardenilla, se ha seleccionado una métrica de extensión de una determinada superficie de hábitat calculada en hectáreas (ha), del tipo Servicio con Descuento Hectáreas-Años (SDHAs).

#### **4.4.2.4 Determinación de la línea base**

Las condiciones de referencia son las condiciones de los recursos o el hábitat que habrían existido si el daño ambiental no hubiera ocurrido. Las condiciones de referencia pueden cuantificarse utilizando datos previos al incidente del sitio dañado o datos de sitios similares no afectados por el incidente (e.g. sitios de referencia) o incluso mediante modelos. En el Anexo 1 se presenta la Línea de base del área de estudio.

#### **4.4.2.5 Determinar las tasas de recuperación**

Para algunos ecosistemas, la recuperación inicial de un estado de destrucción completa a un sistema marginalmente funcional puede ser rápida. Sin embargo, la recuperación completa de la función puede llevar muchos años incluso después de que el hábitat sea visualmente similar a las condiciones de referencia. Tal trayectoria podría describirse en segmentos lineales, donde el primer segmento tiene una pendiente de recuperación pronunciada, seguido de una pendiente más gradual para los años futuros. Si hay datos disponibles para describir una trayectoria más complicada, dicho modelo puede incorporarse fácilmente en un análisis de equivalencia.

Para el caso de Mina Cardenilla se ha considerado una tasa de recuperación de los servicios del 10% los primeros cinco años, para luego alcanzar una tasa del 5% los siguientes cinco años, considerando que se necesitan 10 años para la recuperación de un 75% de los servicios perdidos. Este periodo de tiempo se sustenta en las recomendaciones de la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER), mediante sus principios y estándares (Gann *et al.* 2019) y en los casos de estudio propuestos por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, 2000) de EE. UU. en su metodología de análisis de equivalencia.

#### **4.4.2.6 Cálculo de los débitos a lo largo del tiempo: descuento**

Los débitos y créditos que se entregan en el pasado o en el futuro no se valoran de la misma manera que los que se entregan hoy. Hay dos razones principales para esta diferencia. El primero es la preferencia en el tiempo de los individuos, lo que significa que, en igualdad de condiciones, los individuos prefieren consumir ahora (hoy), en lugar de esperar. La implicación de esta impaciencia es que se necesita una compensación por posponer el consumo de bienes. La segunda razón de esta diferencia es el costo de capital: los recursos (dinero) que están disponibles hoy en día pueden usarse para generar beneficios adicionales que se perderían si no estuvieran disponibles hasta años posteriores.

Por lo tanto, se debe utilizar un factor para garantizar que los débitos y créditos que se producen en diferentes momentos se comparen de manera equitativa. Este procedimiento utiliza un multiplicador de valor presente que tiene en cuenta una tasa ( $r$ ) para ajustar los valores futuros o pasados en términos actuales.

El factor de descuento presente usado para el caso de Mina Cardenilla corresponde al 4% para el año base 2018, siguiendo la tendencia de la mayor parte de países de la Comunidad Europea (European Commission *et al.* 2013).

De forma adicional, se ha considerado en este caso particular que el daño comenzó a producirse el año 2011 de forma paulatina y al 2015 el porcentaje de servicio perdido ya había alcanzado el 100%.

La Tabla 4-1 muestra el cálculo del débito para una hectárea de superficie dañada, donde la métrica se expresa en Servicio con Descuento Hectáreas-Años (SDHAs).

**Tabla 4-1. Cálculo del débito para el caso de Mina Cardenilla**

Año	Porcentaje del servicio perdido	Factor de valor presente	Débito (SDHAs)
2011	20	1,28	0,256
2012	40	1,24	0,496
2013	60	1,20	0,720
2014	80	1,16	0,928
2015	100	1,12	1,120
2016	100	1,08	1,080
2017	100	1,04	1,040
2018 (año base)	100	1,00	1,000
2019	100	0,96	0,960
2020	100	0,92	0,920
<b>Total</b>			<b>8,520</b>

Nota: El factor de descuento presente corresponde al 4% para el año base 2018 de acuerdo con lo recomendado por la Comisión Europea (European Commission *et al.* 2013). SDHAs = Servicios descontados por hectáreas al año.

Fuente: GAC

### 4.4.3 Determinación y cuantificación de las ganancias (crédito)

En esta etapa, la evaluación de daños y el análisis de equivalencia de recursos o servicios define tres tipos de reparación, a saber; primaria, complementaria y compensatoria. En esta etapa, el foco está en la reparación complementaria y compensatoria. El propósito de determinar y cuantificar los beneficios de reparación (créditos) de los recursos (o servicios de recursos) creados o mejorados que pueden usarse para compensar los daños cuantificados.

El enfoque general es identificar las opciones del proyecto de reparación y cuantificar los beneficios (o créditos), utilizando la misma métrica utilizada para la cuantificación del débito, que se generaría mediante la implementación de la reparación

Los beneficios de la reparación son las ganancias ecológicas, tales como mejoras en el hábitat o aumentos en la población de un recurso específico cuantificado en términos de mejoras de recursos o servicios (e.g. variables biofísicas). En el caso de una métrica monetaria (e.g. para variables socioculturales), las ganancias pueden expresarse en términos de mayores usos humanos de un recurso (valores de uso) o aumentos en el valor que los individuos tienen para un recurso o servicio.

#### **4.4.3.1 Identificar y evaluar opciones de remediación complementarias y compensatorias**

El proceso de identificación y evaluación de opciones de remediación puede incluir los siguientes pasos:

- Establecer criterios de evaluación para evaluar las opciones de remediación.
- Desarrollar una lista o base de datos de posibles opciones de remediación.
- Aplicar criterios de evaluación para identificar posibles acciones de remediación.
- Utilizar las métricas apropiadas para comparar los créditos de corrección con los débitos.
- Estimar los costos unitarios para acciones de remediación prioritarias. Los costos deben tener en cuenta la implementación y administración de la acción, así como los gastos de operación, mantenimiento y monitoreo requeridos para garantizar que el proyecto brinde los beneficios incorporados en el análisis de equivalencia.

Los proyectos de remediación apropiados dependerán de varias variables que incluyen el tipo de hábitats o poblaciones de especies afectadas, el tipo de daño producido y las presiones más amplias que actúan sobre estos hábitats y poblaciones de especies.

Hay seis principios fundamentales que deben tenerse en cuenta al seleccionar los proyectos apropiados:

- Método de generación de beneficios.
- Fragmentación y aislamiento del hábitat.
- Designación/protección del hábitat.

- Diferencias entre el hábitat y la compensación de especies.
- Compensación y remediación de múltiples especies.
- Orientación sobre la compensación ex situ por daños ambientales.

#### **4.4.3.2 Criterios de evaluación para opciones de reparación**

Después que se hayan identificado las posibles opciones de reparación, se deben evaluar con respecto a los requisitos o preferencias de las Autoridades y las partes interesadas. El Anexo II de ELD menciona explícitamente una serie de criterios para evaluar opciones de reparación razonables utilizando las mejores tecnologías disponibles:

- Efecto sobre la salud pública y la seguridad.
- Costo de cada opción.
- Probabilidad de éxito de cada opción.
- Hasta qué punto cada opción evitará daños futuros y evitará daños colaterales como resultado de implementar la opción.
- Preocupaciones sociales, económicas, culturales y factores locales.
- Tiempo necesario para la recuperación del daño.
- Alcance de la restauración del sitio dañado.
- Vinculación geográfica al sitio del daño.

La información anterior se utiliza con tres fines: (i) identificar proyectos apropiados, relevantes y beneficiosos, (ii) usar en el modelado de equivalencia para escalar el proyecto de modo que compense el daño y, (iii) preparar un plan de reparación final.

#### **4.4.3.3 Descripciones de las acciones de reparación**

Las descripciones de las acciones de reparación abordan lo siguiente:

- Objetivos del proyecto.
- Acciones requeridas para implementarlas.
- Tamaño potencial de las acciones.
- Beneficios anticipados y el tiempo estimado para lograr los beneficios.
- Actividades continuas de operación y mantenimiento requeridas para sostener la acción o sus beneficios.
- Costo aproximado requerido para la implementación y operación y mantenimiento continuos;
- Requisitos de permisos.
- Un plan de monitoreo y evaluación.

#### **4.4.3.4 Cálculo de las ganancias (créditos) de las opciones de remediación**

Las acciones de reparación generalmente se sugieren porque abordan un recurso o servicio que fue dañado. Una acción podría tener como objetivo la remediación del mismo tipo de hábitat que fue dañado, pero en una ubicación diferente. Si los hábitats son similares, entonces, teóricamente, los beneficios asociados a las acciones de reparación (e.g. aumento de la cobertura, mejorar la composición de especies, hábitat para el desarrollo y reproducción de las especies) deberían ser similares a los servicios perdidos como resultado del daño.

A continuación, se mencionan tres consideraciones al evaluar los beneficios potenciales de una opción de proyecto de remediación:

- Proximidad geográfica.
- Grado de similitud.
- Otros asuntos ecológicos, culturales, económicos o sociológicos.

##### **i. Determinar el grado de mejora**

El grado de mejora, o crédito, se estima de manera similar a la determinación del grado de daño o débito. Se identifican los beneficios que las acciones de reparación pueden proporcionar. El grado de mejora se calcula estimando el valor actual y posterior a la implementación de las métricas.

Para el caso de Mina Cardenilla, se estima que el grado de mejora alcanzará un 75% de su condición inicial, lo cual se encuentra en línea con los resultados obtenidos en estudios que han analizado los resultados de algunas iniciativas de restauración ecológica, los que mediante el meta-análisis, han evaluado los resultados de la restauración ecológica de forma global, principalmente en zonas templadas, usando múltiples indicadores, midiendo el progreso y la finalización de la restauración, analizando el efecto de los factores de contexto y explorando la relación diversidad-función.

Entre los trabajos mencionados, destacan los elaborados por Rey Benayas *et al.* (2009), el que evaluó múltiples ecosistemas, analizando 89 casos de estudio de restauración y 526 medidas asociadas, Meli *et al.* (2014), el que evaluó humedales, analizando 70 casos de estudio de restauración y 2.792 medidas asociadas, Barral *et al.* (2015), el que evaluó agroecosistemas, analizando 54 casos de estudio de restauración y 153 medidas asociadas, y Meli *et al.* (2017), el que evaluó bosques, analizando 166 casos de estudio de restauración y 1.805 medidas asociadas.

Dentro de los principales resultados de dichos estudios, se menciona que la restauración incrementa tanto la biodiversidad como los servicios ecosistémicos, los ecosistemas de referencia usados presentan mejores condiciones ambientales que los ecosistemas restaurados, el incremento de biodiversidad desde valores bajos tiene un impacto relativamente fuerte en la función ecosistémica, la relación se aplana para valores

de biodiversidad relativamente altos, así, la biodiversidad está positivamente relacionada con las funciones ecológicas que subyacen la provisión de servicios ecosistémicos (Rey Benayas *et al.* 2009).

## ii. Determinar curvas de recuperación

El tiempo previsto y el grado de productividad de las acciones de remediación se evalúan en términos de la métrica elegida, en este caso Servicio con Descuento por Hectáreas-Años (SDHAs). La estimación de la cantidad y la trayectoria futura de los beneficios se basa en información de acciones similares en sitios similares, literatura científica, uso de modelos y/o juicio experto.

El modelado también se realiza para estimar el tiempo requerido para que los recursos o hábitats reparados brinden beneficios completos. La provisión de servicios ecológicos podría restaurarse a una tasa diferente de la provisión de servicios de uso humano o de no uso, por lo que ambos deben considerarse dependiendo del análisis de equivalencia utilizado, ya sea servicio a servicio en el primer caso, o valor a valor en el segundo caso.

La estimación de la recuperación considera los agentes externos y las perturbaciones que podrían afectar la tasa de recuperación, como también las acciones de mantenimiento que se ejecutarán para favor el éxito de las acciones durante los próximos años.

Para el caso de Mina Cardenilla, se ha establecido que la curva de recuperación considera una tasa de recuperación de los servicios del 10% los primeros cinco años, para luego alcanzar una tasa del 5% los siguientes cinco años, considerando que se necesitan 10 años para la recuperación de un 75% de los servicios perdidos. Este período de tiempo se sustenta en las recomendaciones de la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER), mediante sus principios y estándares (Gann *et al.* 2019) y en los casos de estudio propuestos por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, 2000) de EE. UU. en su metodología de análisis de equivalencia.

## 4.5 Escalar las acciones de remediación

### 4.5.1 Cálculo de ganancias por unidad (créditos)

Los créditos se pueden calcular como créditos totales de remediación o la cantidad de crédito por unidad de la opción de remediación. Los cálculos de crédito por unidad se refieren a la cuantificación de las ganancias del servicio de una acción de reparación que se expresa en términos de cada unidad de servicio, recurso, hábitat o valor que se recuperará. Si las opciones de recuperación se pueden dividir en cantidades medibles de unidades, el tamaño total de la recuperación se puede ajustar para adaptarse al alcance del daño. Por ejemplo, en un ejemplo de servicio a servicio, el crédito por unidad se definiría en términos de la ganancia en servicios de hábitat por hectárea (e.g. Servicio con Descuento Hectáreas-Años (SDHAs) x hectáreas de hábitat reparados).

El factor de descuento presente usado para el caso de Mina Cardenilla corresponde al 4% para el año base 2018, siguiendo la tendencia de la mayor parte de países de la Comunidad Europea (European Commission *et al.* 2013).

De forma adicional, se ha considerado en este caso particular que las acciones de reparación comienzan a ejecutarse el año 2021, comenzando de forma paulatina a recuperarse los servicios perdidos, con una tasa de recuperación del 10% los primeros cinco años, para luego alcanzar una tasa del 5% los siguientes cinco años, considerando que se necesitan 10 años para la recuperación de un 75% de los servicios perdidos.

La Tabla 4-2 muestra el cálculo del crédito para una hectárea de superficie dañada, donde la métrica se expresa en Servicio con Descuento Hectáreas-Años (SDHAs).

**Tabla 4-2. Cálculo del crédito para el caso de Mina Cardenilla**

Año	Porcentaje del servicio ganado	Factor de valor presente	Crédito (SDHAs)
2021	10%	0,88	0,088
2022	20%	0,84	0,168
2023	30%	0,80	0,240
2024	40%	0,76	0,304
2025	50%	0,72	0,360
2026	55%	0,68	0,374
2027	60%	0,64	0,384
2028	65%	0,60	0,390
2029	70%	0,56	0,392
2030	75%	0,52	0,390
<b>Total</b>			<b>3,090</b>

Nota: El factor de descuento presente corresponde al 4% para el año base 2018 de acuerdo con lo recomendado por la Comisión Europea (European Commission *et al.* 2013)

SDHAs = Servicios descontados por hectáreas al año.

Fuente: GAC

#### 4.5.2 Escalar la reparación

La reparación se escala para que los beneficios de ella (créditos) sean iguales a los de daño ambiental (débitos). El objetivo es determinar la cantidad de remediación necesaria, utilizando una métrica no monetaria (e.g. Análisis de Equivalencia de Recursos o Hábitat -REA o HEA-) o una métrica monetaria (e.g. Análisis de Equivalencia de Valor -VEA-). Las entradas para esta estimación son los débitos totales y los créditos por unidad. En el caso de una VEA que se basa en un marco de valor a costo, la única entrada es el débito total.

La remediación de escala es un procedimiento sencillo. El daño (costos) y la remediación (beneficios) deben medirse utilizando la misma métrica (e.g. servicios de hábitat, unidades de recursos o valor monetario). La reparación se mide en términos de la métrica por unidad provista.

**Figura 4-1. Función para escalar la Reparación**

$$\begin{aligned} \text{Escalar la Reparación} &= \text{DÉBITOS Totales} / \text{CRÉDITOS por unidad} \\ &= \text{Cantidad de unidades de Reparación adicionales} \end{aligned}$$

Fuente: GAC

**Figura 4-2. Aplicación al caso de Mina Cardenilla**

$$\begin{aligned} \text{Escalar la Reparación} &= 8,520 \text{ débito (SDHAs)} / 3,090 \text{ crédito (SDHAs)} \\ &= \mathbf{2,757} \text{ hectáreas de Reparación adicionales por hectárea dañada} \end{aligned}$$

Fuente: GAC

Finalmente, y dado que la infracción imputada y que da lugar al presente Plan considera 26,61 hectáreas dañadas, multiplicándolas por las 2,757 hectáreas adicionales a reparar por cada hectárea dañada y considerando las perdidas provisionales de servicios y/o recursos, se obtiene que se requerirían **73,3 hectáreas** adicionales para realizar reparaciones complementarias *ex situ*.

### 4.5.3 Estimación de costos

De modo ilustrativo, la estimación de costos considerará lo siguiente:

- Los costos de evaluar el daño ambiental y las opciones de reparación.
- Costos administrativos, legales y de ejecución.
- Los costos de recolección de datos, otros costos generales, costos de monitoreo y supervisión.
- Costos de remediación.

Focalizado en los costos de remediación, se consideran:

- Componentes del costo de remediación.
- Estimación de costos de remediación.
- Consideración de costos desproporcionados.

Mayores antecedentes sobre el presupuesto y flujos requeridos se presentan en la sección 6.5 del presente Plan de Reparación.

## 4.6 Monitoreo e informes

La última etapa de la evaluación de daños y el análisis de equivalencia de recursos considera el desarrollo de marcos de referencia para los monitoreo y posibles enfoques de informes.

El desarrollo de planes de monitoreo permite a la Autoridad y las partes interesadas conocer si las acciones de reparación se han implementado según lo planificado y si las acciones han creado los beneficios de los recursos naturales y/o servicios previstos. De forma adicional, permiten evaluar si se requerirán acciones adicionales o corregir las actuales.

Aunque no es un componente del análisis de equivalencia, per se, el monitoreo y la notificación del progreso y la eficacia deberían ser un aspecto integral de una evaluación general de responsabilidad. Los pasos clave en la fase de monitoreo y presentación de informes de un proyecto incluyen la planificación e implementación de la remediación, el monitoreo y la presentación de informes.

A continuación, se presentan los principales componentes de un programa de monitoreo y seguimiento:

- Tipos de monitoreo de acciones correctivas.
- Momento de las acciones de monitoreo.
- Reportes.

Mayores antecedentes sobre el monitoreo y seguimiento se presentan en la sección 6.4 del presente Plan de Reparación.

## 5 MEDIDAS DE CONTENCIÓN QUE SE HAN ADOPTADO Y LAS QUE SE PROPONEN PARA CONTROLAR EL DAÑO AMBIENTAL CAUSADO

En cumplimiento de la letra f) del artículo 19 del D.S. N° 30/2012, MMA, establece como contenido mínimo la "Descripción de las medidas de contención que se han adoptado y las que se proponen para controlar el daño ambiental causado", esta sección describe los esfuerzos, acciones adoptadas y a adoptar por EXPLODESA, presentado el contexto en el cual se han ejecutado y planificado.

### 5.1 Antecedentes

Previo a describir las acciones de reparación del Plan propiamente tal, es necesario indicar que EXPLODESA ha propuesto, e incluso ejecutado, una variedad de acciones tendientes a subsanar los efectos negativos derivados de la infracción imputada.

En efecto, en el Programa de Cumplimiento (PdC) asociado al que hoy es el procedimiento Rol N° P-001-2019, EXPLODESA ha reconocido que el cargo de elusión al SEIA efectivamente habría provocado impactos significativos en los componentes de flora y vegetación y fauna, para lo cual defendió la procedencia de un PdC que incluyó acciones de reparación temprana del medio ambiente dañado. Por lo mismo, EXPLODESA propuso 3 acciones (N° 31, 32 y 33 del PdC), fundando jurídica y técnicamente la conveniencia de ejecutar acciones de reparación temprana en el marco de un programa de cumplimiento.

No obstante lo anterior, en el marco de la Acción N° 25 del PdC, que había sido parte del Cargo N° 9, pero que debió ser incluida en el Cargo N° 6 (considerando la exclusión del primero en el procedimiento Rol N° P-001-2019), se comprometió la "Presentación de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) ante el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) que considere la implementación de canales de perimetrales para la evacuación de aguas lluvia en la cabecera del botadero de estériles y aguas arriba de la cantera con sus cámaras de sedimentación asociadas, y obtención de RCA favorable".

Dicha acción, con un costo de \$290.939.000 considera, en la actualidad, el cierre del proyecto "Mina Cardenilla", eliminando con ello la causa directa del daño ambiental imputado y, a su vez, procurando que el cierre se realice en consideración de todas las medidas de mitigación que la autoridad competente indique.

En efecto, desde el mes de noviembre de 2018, EXPLODESA dispuso la paralización voluntaria del proyecto minero, y se inició el proceso interno para evaluar ambientalmente el cierre de la faena Mina Cardenilla, como la medida más idónea para contener el daño causado, en tanto se hace cesar la causa que origina el hecho infraccional y permite, de este modo, impedir que se continúe con la producción de sus efectos. Lo anterior, resulta conforme al criterio otorgado por el Tribunal Ambiental de Valdivia, en tanto señala que *"cuando el daño ambiental se ocasiona repetidamente (...) lo aconsejable es suprimir, eliminar o intervenir las causas que lo originan para que no siga produciéndose. (...) La intervención, por lo tanto, no sólo debe realizarse en el resultado sino también en las fuentes o causas que lo producen. Se trata, en síntesis, de generar las condiciones para que el propio medio ambiente logre su restauración"*<sup>24</sup>.

Lo anterior, a pesar de que el proyecto cuenta actualmente con los permisos sectoriales para continuar su operación bajo los umbrales de ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

En efecto -desde un punto de vista sectorial- el propio Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), mediante Res. Ex. N° 2371 de 11 de septiembre de 2019, ha levantado la sanción de cierre total temporal de Mina Cardenilla por cumplir con las condiciones para ello, aduciendo el cumplimiento total de las medidas correctivas impuestas por el mismo Servicio, desapareciendo las condiciones de riesgo identificadas en fiscalización de fecha 31 de octubre de 2018. En este sentido, se da cuenta de la autorización del botadero de estériles "Curva El Zorro", aprobado mediante Res. Ex. N° 1781/2019 de la Subdirección Nacional de Minería, y que viene a regularizar -a ese momento- un lugar de

---

<sup>24</sup> Cons. 142, Sentencia Rol D-30-2017 del Tercer Tribunal Ambiental.

disposición de acuerdo con la normativa actualmente aplicable, lo que se suma a la Res. Ex. N° 1782/2019 del mismo subdirector mediante el cual se aprueba el proyecto “Explotación minera a cielo abierto Lumbrera Central de faena minera Mina Cardenilla”, dando lugar -sectorialmente- a la continuidad del proyecto, a pesar de que finalmente se ha decidido cerrar el mismo.

Así también, la misma resolución del SERNAGEOMIN ha indicado que EXPLODESA cumplió con todas las medidas necesarias para asegurar la estabilidad estructural de las operaciones, resguardando la seguridad de las personas e instalaciones, considerando un control topográfico del avance de la explotación y un monitoreo geotécnico periódico de la geometría Banco-berma con inspecciones geomecánicas periódicas para verificar la estabilidad de los bancos en operación, permitiendo la conciliación (determinación de la coincidencia entre el *pit* planificado y el realmente implementado) de la operación minera, obtener aviso temprano de posibles inestabilidades que se desarrollen durante la construcción del *pit*, reconocer mejores prácticas operativas y finalmente evaluar oportunidades de mejora. Ello, ha sido ratificado en una nueva fiscalización del mismo Servicio, efectuada con fecha 12 de febrero de 2019.

Por lo mismo, es dable considerar que en el ámbito sectorial, EXPLODESA ha dado cumplimiento a todas las medidas necesarias para dar continuidad al proyecto, sin embargo, y a pesar de ello, el titular ha decidido cesar voluntariamente la operación del mismo, comprometiendo incluso su patrimonio, para avocar todos sus esfuerzos en las acciones asociadas al Programa de Cumplimiento (Rol N° P-001-2019) y a las acciones que se presentan en este Plan de Reparación (asociado a la infracción sancionada en Rol N° F-009-2018), de modo de considerar una inversión ambiental directamente destinada a la recuperación de los componentes ambientales considerados por vuestra autoridad en la resolución sancionatoria.

## 5.2 Cierre de la faena minera e ingreso al SEIA de un EIA de cierre

Tabla 5-1. Antecedentes del Cierre de Mina Cardenilla

Variables	Descripción
OBJETIVO DE LA MEDIDA DE CONTROL Y CONTENCIÓN DE DAÑO	<p><b>Objetivo General:</b>                      Eliminar la causa directa del daño ambiental imputado y permite, de este modo, impedir que se continúe con la producción de sus efectos.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar la estabilidad física y química de la operación minera, de modo de eliminar riesgos de nuevas afectaciones al medio ambiente.</li> <li>• Procurar que el cierre de la faena se realice en consideración de todas las medidas de mitigación que la autoridad competente indique.</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA Y FORMA DE IMPLEMENTACIÓN	<p>Estas medidas contemplan las siguientes acciones adoptadas y por adoptar:</p> <p>a) <b>Cese funciones de las operaciones mineras en la faena minera Cardenilla.</b>                      Desde el mes de noviembre de 2018, el proyecto minero actual ha cesado sus operaciones, y se ha determinado el cierre de la faena Mina Cardenilla como la medida más idónea para contener el daño causado, en tanto se hace</p>

Variables	Descripción
	<p>cesar la causa que origina el hecho infraccional y permite, de este modo, impedir que se continúe con la producción de sus efectos.</p> <p>b) <b><u>delngreso al SEIA de un proyecto de cierre de la actividad minera:</u></b> Adicionalmente, se compromete el ingreso al SEIA de un Estudio de Impacto Ambiental, que contempla el cierre de la faena, actualmente en ejecución. Este proyecto contempla, al menos, las siguientes acciones que permanecerán después de la fase de cierre (canteras de explotación y botaderos de estériles):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las acciones de restauración que contemplará el plan de cierre tendrán por objetivo dejar una superficie similar a la inicial de manera que esta no produzca un contraste significativo del ecosistema. Las acciones que se implementarán para ello serán el manejo natural de las aguas lluvias que drenan hacia las canteras de explotación y los botaderos de estériles y de aquellas que caen directamente sobre la superficie de los botaderos de estériles, la contención de deslizamientos eventuales de material rocoso, la revegetación natural del talud de los botaderos de estériles y la compactación de la superficie de los botaderos de estériles. En cuanto al manejo de aguas lluvias se considera que el Botadero de Estériles Cardenilla y Cantera Lumbrera se encuentran protegidos en su parte superior por un pretil revestido con HDPE para el desvío de las aguas lluvias de la escorrentía superficial y que descarga al este y al sur a los cursos naturales adyacentes. Asimismo, para el manejo de aguas lluvias se proyecta la construcción de un canal de cintura en la parte superior de la Cantera Cardenilla y el Botadero El Zorro para la recolección de las aguas lluvias de la escorrentía superficial y que descargará al oeste y este a los cursos naturales adyacentes.</li> <li>• Para contener los eventuales desplazamientos de rodados de material rocoso y, en definitiva, para limitar el perímetro durante el abandono de los botaderos de estériles, en su cota más baja se construirá un muro de contención, el cual estará construido con material de empréstito y tendrá una altura de 1,5 metros de alto, un ancho superior de 0,5 metros y su base será el trapecio que se conforma por el derrame natural del material, adoptando el ángulo de reposo, generando de esta manera el pretil de contención de rodados.</li> <li>• La superficie de los botaderos será continuamente compactada por los equipos que llegarán a vaciar el estéril, como camiones, bulldozer y rodillo. Estos son equipos de gran peso que realizarán una compactación natural del suelo. Esta situación le confiere mayor estabilidad, menor susceptibilidad a movimientos con lluvias de altas precipitaciones y menor activación de su superficie a la erosión eólica. Además, la superficie de los botaderos será sellada con una capa de limos arcillosos para evitar la infiltración de aguas lluvias al interior de las estructuras.</li> <li>• A la superficie del botadero de estériles Cardenilla se le agregará una cobertura de material de valor edafológico para la reforestación con árboles nativos y su revegetación natural.</li> <li>• Asimismo, Se procederá a reforestar con especies arbóreas nativas en las bermas de los bancos de explotación para producir un apantallamiento vegetal en el entorno. La plantación contará con un cerco perimetral y sistema de riego tecnificado</li> </ul>

Variables	Descripción
JUSTIFICACIÓN DE LA MEDIDA	Eliminación causa del daño e impedir la continuación de efectos ambientales derivados del hecho infraccional imputado.
DESCRIPCIÓN DE LOS POTENCIALES EFECTOS ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MEDIDA	El EIA respectivo identificará los impactos de las actividades de cierre incluyendo las medidas para hacerse cargo de ellos, en su caso.
LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN	Faena minera Cardenilla
PLAZO DE IMPLEMENTACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plazo de ingreso al SEIA: Una vez aprobada la declaración de interés nacional presentada a CONAF, se presentará el EIA en el plazo de 1 mes, contando desde la notificación de la resolución respectiva<sup>25</sup>.</li> <li>Se estima que el plazo de tramitación del EIA corresponde a 24 meses.</li> </ul>
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cese de operación de las actividades mineras, salvo que se obtenga RCA favorable para operar.</li> <li>Ingreso al SEIA del proyecto de cierre de faena minera y obtención de RCA favorable.</li> </ul>
MONITOREO O SEGUIMIENTO ASOCIADO A LA MEDIDA	Se presentará en los informes trimestrales respectivos los antecedentes de la tramitación del procedimiento de evaluación de impacto ambiental.
RESULTADO ESPERADO	Ingreso al SEIA del proyecto de cierre de la faena y obtención de RCA favorable.

Fuente: GAC

## 6 PLAN DE ACCIÓN PARA LA REPARACIÓN DEL DAÑO AMBIENTAL

A continuación, se describe el proyecto de reparación con su respectivo plan de acción, dando cumplimiento a lo exigido en los **literales g), h) y k) del artículo 19 del D.S. N° 30/2012, MMA.**

Este plan, conforme a los objetivos antes descritos, y ajustándose al contenido regulado en el artículo 19 del D.S. 30/2012 de Ministerio del Medio Ambiente, identifica las medidas de reparación primaria in situ, y las medidas complementarias, describiendo la medida de reparación propuesta, la forma, lugar, plazo en que se ejecutará, el seguimiento y sus costos estimados.

Cabe hacer presente que, según se indicara en la sección N°4, la aplicación de la metodología (criterio de equivalencia) implicara una reparación *ex situ*, en una superficie equivalente a 73,3 ha. Adicionalmente, considerando el contexto socioambiental del ecosistema a reparar, se incluye una medida de tendiente a la reparación de aquellos servicios ecosistémicos de provisión, que fueron mermados producto del daño,

<sup>25</sup> Solicitud ingresada ante la Dirección Ejecutiva de CONAF mediante Carta N°RP\_073/2020, de 20 de marzo de 2020, acompañada en Anexo de esta presentación.

aun cuando no se pudo identificar estos servicios directamente asociados a las 26, 61 hectáreas, en el Sitio Prioritario Cordillera El Melón.

Como se desprende de su definición, todas las medidas de reparación primaria in situ se ejecutan en el lugar donde se ha producido el daño. Por su parte, las medidas de reparación complementarias planteadas en el presente proyecto de reparación se ejecutarán sobre el mismos recursos y servicios sobre los que se produjo el daño medioambiental en un lugar alternativo dentro del ecosistema del Sitio Prioritario de la Cordillera El Melón, consiguiendo con ello una mejora del estado básico de los mismos en el mismo ecosistema dañado.

En cuando a la descripción de la medida, para cada medida propuesta se identifica su forma de implementación, lugar de ejecución, plazo, indicador y seguimiento asociado, que permita ejecutar las acciones comprometidas con su consecuente acción alternativa.

En esta misma sección, y asociado a cada medida, se presenta la descripción de los **potenciales efectos asociados a la implementación de las medidas de reparación**, así como las medidas para hacerse cargo de ellos, si correspondiere, y la descripción de la forma de **cumplimiento de la normativa ambiental aplicable** a las medidas, incluyendo las acciones que involucren.

En cuanto a los **costos**, este plan realiza una estimación previa de los costos de las medidas de reparación propuestas, la que, en todo caso, no determina la posterior definición y concreción de la técnica de reparación primaria propuesta, pero permite informar, el orden de magnitud del plan de reparación propuesto. El costo total estimado del plan de reparación presentado asciende a la suma de 4.524.443 dólares americanos.

El plazo total de implementación de las acciones corresponde a 10 años, contados a partir del año calendario siguiente a la fecha de aprobación del Plan de Reparación. Este tiempo, está en concordancia con los supuestos y condiciones estimadas para el cálculo de las ganancias (créditos) de la superficie a reparar (Ver Sección 4.4.3).

A continuación, la Tabla 6-1 resume el proyecto de reparación y la forma que se da cumplimiento a estos requisitos:

**Tabla 6-1. Proyecto de reparación y forma de cumplimiento**

Requisitos de contenido del artículo 19 Reglamento	Cumplimiento de los requisitos en el Proyecto Plan de Reparación
g) Descripción de las medidas de reparación que se proponen, y la forma, lugar y plazo en que se implementarán.	Este plan contempla medidas primarias de reparación <i>in situ</i> y medidas complementarias de reparación, cuya elección y evaluación se efectuó en base a metodología de criterio de equivalencia. Para ello, se presenta, según categoría, la descripción de la medida, su forma de implementación, plazos, costos y seguimiento.

Requisitos de contenido del artículo 19 Reglamento	Cumplimiento de los requisitos en el Proyecto Plan de Reparación
h) Descripción de los potenciales efectos asociados a la implementación de las medidas de reparación, así como las medidas para hacerse cargo de ellos, si correspondiere.	Se identifica los potenciales efectos de cada medida propuesta.
k) Descripción de la forma de cumplimiento de la normativa ambiental aplicable a las medidas, incluyendo las acciones que involucren.	Se identifica la normativa aplicable y su forma de cumplimiento para cada medida propuesta.

Fuente: GAC

## 6.1 PLAN DE REPARACIÓN: MEDIDAS

### 6.2 Medidas de Reparación *in situ*

#### 6.2.1 Medida 1

Variables	Descripción
OBJETIVO DE LA MEDIDA	<p><u>Objetivo General:</u> Realizar una restauración ecológica del ecosistema afectado enfocado en mejorar las condiciones del suelo de las zonas intervenidas por la Mina Cardenilla y sus inmediaciones favoreciendo con estas acciones el restablecimiento de los procesos ecológicos de los ecosistemas dañados de acuerdo con la RES. EX N°1/F009-2018 de la SMA.</p> <p><u>Objetivos específicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar una topografía de detalle actualizada a una escala que permita identificar y zonificar las distintas intervenciones necesarias a ejecutar.</li> <li>• Reestablecer el relieve a su forma lo más cercana a la original, permitiendo de esta forma la estabilización de los taludes intervenidos.</li> <li>• Realizar un control de la erosión actual y futura, implementando para ello diversas técnicas de manejo.</li> <li>• Recuperar las características fisicoquímicas y microbiota del suelo con el fin de permitir la reintroducción y mantenimiento de la vegetación original.</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	<p>A continuación, se describen las medidas asociadas a cumplir los cuatro objetivos específicos planteados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lo primero que debe realizarse es un estudio topográfico de detalle, actualizado a la situación de la operación actual de la Mina Cardenilla, graficando, entre otros factores, la pendiente, orientación y nivel de pedregosidad del microrelieve resultante, sumado a una caracterización fisicoquímica de las áreas intervenidas</li> </ul>

Variables	Descripción
	<p>que formen parte del Plan de Reparación, lo cual será la base para todas las actuaciones posteriores.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se busca es asemejar lo más posible la remodelación de las geoformas del paisaje a las del terreno actual, intentando imitar, dentro de lo técnicamente factible, la topografía (e.g. orientaciones, pendientes, microrelieve), considerando la creación de pendientes y formas estables ecológicamente, usando para ello unidades funcionales, definidas principalmente, en base a la hidrología y el control de la escorrentía superficial.</li> <li>• Se deben tomar todas las acciones necesarias que permitan controlar los procesos erosivos, actuales o futuros, producto de la implementación de técnicas de restauración de la morfología del paisaje. Se debe asegurar la estabilidad mecánica del suelo antes de continuar con cualquier otra actividad de restauración. La selección de los tratamientos de control de erosión, deben responder a las condiciones puntuales de cada micrositio (e.g. pedregosidad, compactación, pendiente, exposición).</li> <li>• Como las poblaciones de microorganismos se han perdido o han visto reducida su capacidad para realizar procesos de reciclado de nutrientes, asimilación de residuos orgánicos y/o 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), técnicas probadas que incrementan la supervivencia de las plantas en ambientes pobres en nutrientes, mejoran la estructura para el enraizamiento de las plantas y las condiciones de micrositio.</li> </ul>
<p>JUSTIFICACIÓN DE LA MEDIDA</p>	<p>En base 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 de acuerdo con 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, continuando con una restauración del ecosistema original, para lo cual se debe considerar el contexto del paisaje del sitio prioritario Cordillera El Melón.</p>
<p>DESCRIPCIÓN DE LOS POTENCIALES EFECTOS ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MEDIDA</p>	<p>Una vez implementadas las actividades consideradas en esta medida, se mejorará la estructura y el funcionamiento de los ciclos del agua, del aire y de los nutrientes, así como para la biodiversidad. Esto ya que el suelo es parte esencial de los ciclos biogeoquímicos, en los cuales hay distribución, transporte, almacenamiento y transformación de materiales y energía.</p> <p>Otro de los efectos asociados a la medida es la disminución de la degradación física, ya sea por erosión o compactación. Adicionalmente, se mejorarán las propiedades químicas del suelo, neutralizando su pH y aumentando la relación C/N. Finalmente, las propiedades biológicas del suelo se verán favorecidas por el aumento de materia</p>

Variables	Descripción
LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN	<p>orgánica, el equilibrio de la actividad biológica y el control de los procesos de mineralización del suelo.</p> <p>Esta medida de reparación considera una parte in situ, y otra complementaria o ex situ. Esto ya que la definición precisa de la superficie a recuperar dependerá expresamente del cumplimiento del Reglamento de Seguridad minera, así como la viabilidad de la medida propiamente tal. En la siguiente figura, se presenta el detalle del lugar propuesto para ejecutar la Medida N°1.</p> 
FORMA DE IMPLEMENTACIÓN	<p><b>Preparación de terreno:</b> La preparación del terreno para la restauración exige, en primer lugar, la división de la zona de actuación en sectores de acuerdo con su litología, pendiente, orientación, vegetación y drenaje. La combinación de la cartografía temática disponible, ortofotos e inspecciones de campo permite realizar un mapa georreferenciado de sectores a una resolución que incluya cambios a microescala del relieve y manchas o individuos de especies bajo algún grado de protección o amenaza, o de interés para la restauración que deben ser conservados.</p> <p><b>Remodelación de taludes:</b> Consiste en el movimiento de tierras para reducir la pendiente de taludes y evitar así el riesgo de deslizamientos, la erosión por escorrentía y problemas en la recolonización o instauración de la vegetación natural o a implantar. Se recomienda remodelar el perfil de aquellos taludes artificiales con pendientes superiores a los 20°. Este método de preparación del terreno también favorece la integración paisajística de la zona, aumentando su naturalidad. En perfiles topográficos planos o allanados artificialmente también pueden realizarse movimientos de tierras para crear perfiles alomados que aumenten la diversidad paisajística y favorezcan la creación de microhábitats para la fauna y flora.</p> <p>La remodelación de taludes se recomienda para restauraciones ecológicas de tipo transformación, aunque localmente, y en función de la disponibilidad presupuestaria</p>

Variables	Descripción
	<p>pueden aplicarse a laderas sobre rocas consolidadas con repoblaciones mediante la creación de terrazas.</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 6-1. Esquema de remodelación de taludes</b></p> <div data-bbox="521 407 1352 1077" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p><b>Figura 4.3.</b> Remodelación de taludes de una terrera (A) en la que previamente se ha retirado y almacenado la capa superficial del suelo. La remodelación (B) incluye reducción de la pendiente y creación de taludes de formas sinuosas e irregulares (imagen derecha), para reducir el impacto visual. El aporte de la capa de tierra vegetal conservada (B) promoverá la revegetación natural y facilitará las tareas de siembra o plantación posteriores.</p> </div> <p style="text-align: center;">Fuente: Restauración ecológica en ambientes semiáridos (CSIC 2017).</p> <p><b>Estabilización de taludes:</b> Mediante la estabilización se pretende reducir la acción erosiva de las aguas superficiales en situaciones de elevada pendiente, por formación de cárcavas que pueden favorecer el colapso o los movimientos en masa. La estabilización también trata de evitar el encharcamiento en superficie o la formación de bolsas de humedad subterráneas en contrapendientes, perfiles cóncavos y terrazas, lo que reduce la resistencia del sustrato. Se pueden usar contrafuertes de drenaje a base de bloques, diques de gavión, incrustaciones de <i>mulch</i> en regueros, estaquillado de taludes, zanjas con <i>mulch</i> y bloques, empalladas, entre otras.</p> <p><b>Descompactación:</b> La descompactación se utiliza para reducir la densidad e incrementar la porosidad de un sustrato intervenido de manera que se mejore el drenaje, la aireación y la capacidad de penetración radicular. Esta técnica se aplica a suelos o sustratos fuertemente compactados por el uso directo o el tránsito ocasional de maquinaria pesada (caminos). Existen tres técnicas de descompactación de suelos: escarificado, subsolado o ripado, las que difieren en la profundidad de aplicación. Requiere del uso de maquinaria, por este motivo, en los casos en los que la presencia de una costra pueda limitar el crecimiento radicular se sustituye el subsolado tradicional por una rotura puntual de la costra en el sitio de plantación mediante ahoyado mecánico. Se usarán geomallass volumétricas de</p>

Variables	Descripción
	<p>alta durabilidad que admitan revegetación mediante hidrosiembra u otra técnica de plantación extensiva.</p> <p><u>Manejo de la capa superficial del suelo:</u>          Estos horizontes superficiales que constituyen las capas más fértiles del suelo, deben ser usados en la restauración posterior los terrenos y/o de otros cercanos. El manejo consiste en la retirada con pala o excavadora de los primeros centímetros de suelo. Su principal función es la de favorecer la recuperación de los procesos edafogenéticos, comenzando por la recuperación de la cubierta vegetal a partir del propio banco de semillas del suelo.</p> <p>Es importante conocer el tipo de suelo de la zona, así como su variabilidad en función de la orientación, cambios de pendiente y tipo de cubierta vegetal, ya que el suelo puede variar significativamente a escala local. Los espesores recomendados oscilan entre los 20 y 40 cm de profundidad.</p> <p><u>Enmienda y fertilización:</u>          Se utiliza para mejorar las propiedades físicas y químicas de sustratos que han sido denudados de su capa superficial de suelo y de la que no se dispone en el momento de la restauración. Estos sustratos suelen mostrar algunos de los problemas siguientes: encostramiento por textura arcillosa, excesiva porosidad en sustratos arenosos o formados por cantos o bloques, muy baja materia orgánica, falta de nutrientes, excesiva acidez o alcalinidad, problemas de salinidad, toxicidad por metales pesados u otros elementos. Se aplica de modo puntual, a escala de hoyo, para disminuir los efectos colaterales de su aplicación extensiva sobre la vegetación existente. La fertilización se hace con fertilizantes orgánicos e inorgánicos. Entre los primeros, los residuos compostados suelen dar menos problemas de contaminación por metales pesados que los residuos domésticos o el abono. El mulch de paja o de virutas de madera también da buenos resultados, al mejorar la textura del sustrato y presentar una alta relación C/N. Los fertilizantes inorgánicos (nitrato amónico, sulfato amónico, etc.) son baratos y fáciles de aplicar, aunque se recomienda su aplicación combinada con el aporte de una fuente de materia orgánica, para aumentar la capacidad de retención de nutrientes (VV.AA. 1989). También en este caso es recomendable ajustar correctamente la dosis para evitar problemas de exceso de nutrientes. Esto puede tener efectos negativos sobre los organismos edáficos y la dinámica de la vegetación recolonizadora, al favorecer la instauración de comunidades nitrófilas ruderales muy persistentes.</p>
<p>OPORTUNIDAD DE IMPLEMENTACIÓN</p>	<p>La implementación de esta medida se realiza como la primera actividad a realizar dentro del Plan de Reparación, siendo fundamental su correcto y completo desarrollo para las posteriores medidas consideradas, según cronograma descrito en el Capítulo 6.4.</p>
<p>INDICADOR DE CUMPLIMIENTO</p>	<p><u>Preparación de terreno:</u>          Informe a la autoridad con respaldo fotográfico de la actividad desarrollada, indicando superficies y tipo de enmiendas.</p> <p><u>Remodelación de taludes:</u>          Informe a con una nueva topografía de detalle, comparando con las topografías existentes previo a la ejecución de la medida.</p>

Variables	Descripción
MONITOREO O SEGUIMIENTO ASOCIADO A LA MEDIDA	<p><u>Preparación de terreno:</u> Trimestral durante el primer año de aplicación del Plan. Se llevará un registro escrito y grafico de los avances de la actividad, incluyendo las metas alcanzadas, el detalle de las zonas intervenidas y los resultados obtenidos.</p> <p><u>Remodelación de taludes:</u> Trimestral durante el primer año de aplicación del Plan. Se llevará un registro escrito y grafico de los avances de la actividad, incluyendo las metas alcanzadas, el detalle de las zonas intervenidas y los resultados obtenidos.</p> <p><u>Estabilización de taludes:</u> Trimestral durante el primer año de aplicación del Plan. Se llevará un registro escrito y grafico de los avances de la actividad, incluyendo las metas alcanzadas, el detalle de las zonas intervenidas y los resultados obtenidos.</p>
RESULTADO ESPERADO	Restaurar la flora y vegetación en un total de 26,61 ha intervenidas por el Proyecto Mina Cardenilla. Esto será ejecutado en las áreas intervenidas por el proyecto que cuenten con características que hagan viable la ejecución de la medida.
PERMISOS, O PRONUNCIAMIENTO SECTORIAL REQUERIDO	Permiso Ambiental Sectorial 137 del Reglamento de Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA) denominado "Aprobación del Plan de Cierre de una faena minera".
FORMA DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	De forma paralela a la implementación de estabilidad de taludes, es necesario recalcar que esa medida será complementaria a la que se indica en el EIA del Plan de Cierre del Proyecto Mina Cardenilla. En Dicho EIA se espera la aprobación de PAS 137 previo a la implementación de esta medida, cuya autoridad con competencia ambiental es el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).

Fuente: GAC

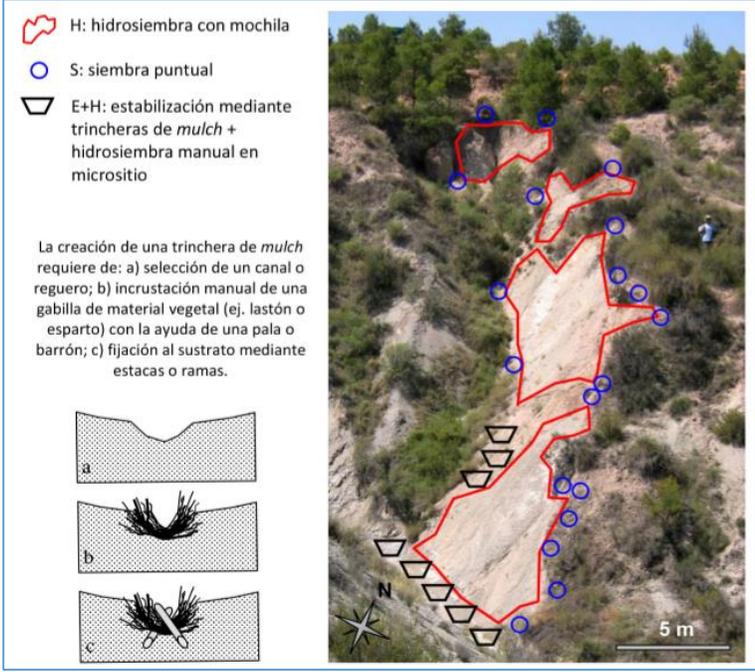
## 6.2.2 Medida 2

Variables	Descripción
OBJETIVO DE LA MEDIDA	<p><u>Objetivo General:</u> Realizar una restauración ecológica del ecosistema afectado, enfocado en mejorar las condiciones para establecer flora nativa en las zonas intervenidas por la Mina Cardenilla y sus inmediaciones favoreciendo con estas acciones el restablecimiento de los procesos ecológicos de los ecosistemas dañados de acuerdo con la RES. EX N°1/F009-2018 de la SMA.</p> <p><u>Objetivos específicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar el conocimiento sobre la restauración ecológica en la zona mediterránea en Chile central.</li> </ul>

Variables	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar material genético de origen local para ser usado posteriormente en las distintas técnicas a utilizar, hidrosiembra, revegetación, enriquecimiento y plantaciones de especies vegetales a llevar a cabo.</li> <li>• Restablecer la flora y vegetación original, en especial, las superficies de bosque nativo de preservación, bosque nativo de conservación y protección, y formaciones xerofíticas que fueron dañados por la operación del Proyecto.</li> <li>• Realizar un control de especies exóticas invasoras, contribuyendo que los sistemas biológicos recuperen su composición y funciones, recuperando hasta cierto punto la sucesión natural y luego según su capacidad de resiliencia, lo que sólo puede lograrse cuando no existen elementos con una mayor capacidad competitiva o mejor adaptados que las especies nativas.</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	<p>A continuación, se describen las medidas asociadas a cumplir los tres objetivos específicos planteados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigaciones sobre las sucesiones ecológicas presentes en el paisaje próximo a los sitios dañados. Como resultado del estudio, se mejorará el conocimiento sobre las especies pioneras, tardías, tolerantes e intolerantes, propias del lugar, lo que determinará que especies arbóreas, arbustivas, herbáceas, suculentas y/o trepadoras a utilizar, y sobre las densidades y momentos en que deben ser utilizadas.</li> <li>• Colección, propagación y producción de plantas, para lo cual se considera la construcción e implementación de un invernadero con una capacidad 10.000 plantas, una producción de 10.000 plantas/año, y una plantación de 10.000 plantas/año.</li> <li>• Implementación de ensayos de restauración y rehabilitación, considerando para ello diversas técnicas, entre las que destacan la plantación de pequeños bloques de árboles o arbustos imita el proceso de regeneración natural conocido como nucleación (Yarranton &amp; Morrison 1974), la restauración pasiva facilitando la regeneración natural, a partir de árboles semilleros sobrevivientes, parches remanentes con suelo y hojarasca, o matorrales de bordes de bosques que pueden actuar como nodrizas de la regeneración arbórea, o la utilización de protecciones especiales a cada planta, usando por ejemplo, tubos u otros elementos similares.</li> <li>• Se debe evaluar si hay especies invasoras en la zona intervenida o en los alrededores y evitar que se introduzcan estas especies tanto de plantas como de animales. Planear actividades continuas para el manejo de especies invasoras, sin que se considere remover especies introducidas naturalizadas (no invasoras) que desarrollen una importante función ecológica dentro del ecosistema.</li> </ul>
JUSTIFICACIÓN DE LA MEDIDA	<p>En base 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 de acuerdo con el modelo. Para recuperar el ecosistema desde este nivel de degradación es imperativo subsanar primero el umbral</p>

Variables	Descripción
	<p>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, para lo cual se considera el contexto del paisaje del sitio prioritario Cordillera El Melón.</p>
<p>DESCRIPCIÓN DE LOS POTENCIALES EFECTOS ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MEDIDA</p>	<p>Una vez implementadas las actividades consideradas en esta medida, se reestablecerá la composición vegetal de flora, favoreciéndose e incrementándose los servicios ecosistémicos que el sistema entrega, aumentando la cobertura vegetal y con ello la captura de CO<sup>2</sup>, aumentando la biodiversidad presente, aumentando la generación de hojarasca y como consecuencia los suelos, disminuyendo los riesgos de erosión.</p>
<p>LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN</p>	<p>Esta medida de reparación considera una parte in situ, y otra complementaria o ex situ. Esto ya que la definición precisa de la superficie a recuperar dependerá expresamente del cumplimiento del Reglamento de Seguridad minera, así como la viabilidad de la medida propiamente tal. En la siguiente figura, se presenta el detalle del lugar propuesto para ejecutar la Medida N°2.</p> 
<p>FORMA DE IMPLEMENTACIÓN</p>	<p><b>Metodología</b> <b>Actividades específicas por realizar</b> <u>Investigación:</u> Se llevarán a cabo análisis a 5 años respecto de las sucesiones ecológicas presentes en la microcuenca afectada dentro del sitio prioritario Cordillera El Melón, teniendo resultados sobre las especies pioneras, nodrizas, tardías, tolerantes e intolerantes. <u>Selección de la técnica a utilizar:</u> Se implementarán ensayos de restauración y rehabilitación en los sitios afectados, considerando para ello; plantación de parches de árboles o arbustos generando islas que imitan al proceso de nucleación en zonas de menor pendiente; utilización de protecciones especiales para cada planta mediante el uso de tubos que protegen las hoyaduras en zonas con media pendiente; restauración pasiva facilitando la regeneración</p>

Variables	Descripción
	<p>natural a partir de árboles semilleros sobrevivientes en zonas de media a alta pendiente; hidrosiembra en las zonas de mayor pendiente.</p> <p><u>Selección de especies:</u>          Es fundamental la selección adecuada de las especies vegetales objeto de plantación o manejo. Para este caso en particular, estas son parte de las especies dominantes de las formaciones vegetales afectadas, se encuentran a categoría de conservación, y/o son nativos o endémicas del país, a saber; <i>Porlieria chilensis</i>, <i>Prosopis chilensis</i>, <i>Acacia caven</i>, <i>Kageneckia oblonga</i>, <i>Lithrea caustica</i>, <i>Quillaja saponaria</i>, <i>Schinus latifolius</i>, <i>Flourensia thurifera</i>, <i>Echinopsis chiloensis</i>, <i>Puya berteroniana</i>, <i>Retanilla trinervia</i>, <i>Colliguaja odorifera</i> y <i>Baccharis linearis</i>. Se debe estudiar la composición de especies de herbáceas que pudieran ser incluidas.</p> <p><u>Colecta de semillas y material vegetativo:</u>          El método de recolección a emplear seguirá los protocolos de recolección y manejo de semillas desarrollado por el Banco de Semillas del INIA, el que se encuentra detallado en el Manual de Recolección de Semillas de Plantas Silvestres para fines de Conservación a largo Plazo y Restauración (Gold <i>et al.</i> 2004). De acuerdo con estos autores, para especies raras y en peligro de extinción, se requeriría una cantidad entre 500 y 1.000 semillas viables para su conservación, y eventuales usos de investigación y restauración. En términos generales, el manual en referencia contempla desde la preparación para la colecta, mantenimiento y evaluación. Lo anterior se establece según los siguientes pasos o etapas: i) Planificación para la recolección de semillas; ii) Identificación y evaluación de poblaciones para la recolección de semillas; iii) Recolección de semillas; iv) Recolección de datos; v) Recolección de ejemplares de herbarios; y vi) Manejo de postcosecha de las semillas.</p> <p><u>Propagación:</u>          Se propagarán las especies seleccionadas. Las densidades para cada especie y para cada sitio se ajustarán a los rangos propios observados para cada especie en la línea base.</p> <p><u>Plantación manual en hoyaduras:</u>          Consiste en la plantación puntual de un plantón en bolsa producidos previamente en vivero o invernadero, mediante una hoyadura de tamaño variable según la especie. El hoyo puede realizarse a mano, usando un pala, picota y chuzo. El procedimiento considera las siguientes actividades: i) La plantación de ejemplares provenientes de viveros, los que ya tienen un proceso de endurecimiento necesario para soportar las nuevas condiciones ambientales. ii) Previamente se acondicionará el terreno que recibirá los ejemplares, facilitando su plantación y otorgándole las condiciones necesarias de establecimiento, y iii) Una vez que los ejemplares se encuentren ubicados en el terreno, se realizan medidas de protección (barreras físicas), cuidado de los recursos (desmalezamiento) y riego.</p> <p><u>Plantación manual en fajas o banquetas:</u>          La plantación se realiza en fajas o banquetas mediante la creación de caballones de 1,5-5 m de longitud, 0,2-1 m de ancho y 10-40 cm de profundidad. Recomendada para la creación de parches de vegetación en laderas de pendiente superior a los 20°. Se utilizarán biorrollos de fibra vegetal a modo de caballón en taludes de elevada pendiente, pero con suelos blandos.</p>

Variables	Descripción
	<p><u>Siembra puntual:</u> Se realiza de modo manual, realizando hoyaduras en la superficie y la creación de casillas de 10-30 cm de profundidad. En sustratos diversos donde solo se necesita un chuzo y pala.</p> <p><u>Hidrosiembra:</u> Las hidrosiembras consisten en la siembra a presión de una mezcla de agua y semillas, que en ocasiones se acompañan de algunos aditivos que tienen la función de crear un efecto mulch, fertilizar la mezcla y favorecer la suspensión homogénea de ésta. Las hidrosiembras son útiles para revegetar taludes. En lugares con difícil acceso se utilizan generalmente hidro sembradoras mecánicas que cuentan con mangueras de aplicación de largo alcance.</p> <p><u>Control de especies exóticas invasoras (EEI):</u> De forma periódica se evalúa la presencia de EEI en la zona o en los alrededores, de encontrarse este tipo de especies, se procede a su erradicación de forma manual en una primera aproximación, en segundo lugar, se debe evaluar el potencial invasivo de la especie, para luego definir la necesidad de realizar un plan de contención y erradicación de la especie para que no se transformen en una barrera para la restauración.</p> <p style="text-align: center;"><b>Figura 6-2. Combinación de acciones en restauración</b></p> <div data-bbox="558 968 1313 1640" style="border: 1px solid black; padding: 10px;">  <p>H: hidrosiembra con mochila</p> <p>S: siembra puntual</p> <p>E+H: estabilización mediante trincheras de <i>mulch</i> + hidrosiembra manual en micrositio</p> <p>La creación de una trinchera de <i>mulch</i> requiere de: a) selección de un canal o reguero; b) incrustación manual de una gabilla de material vegetal (ej. lastón o esparto) con la ayuda de una pala o barrón; c) fijación al sustrato mediante estacas o ramas.</p> <p style="text-align: center;">Fuente: Restauración ecológica en ambientes semiáridos (CSIC 2017).</p> </div>
<p>OPORTUNIDAD DE IMPLEMENTACIÓN</p>	<p>El calendario de ejecución de esta obra es posterior a la implementación de la medida asociada a restituir la estabilidad física y química de los suelos, comenzando al segundo año de iniciado el Plan de Reparación, según cronograma descrito en el Capítulo 6.</p>
<p>INDICADOR DE CUMPLIMIENTO</p>	<p><u>Investigación:</u> 01 publicación anual de difusión de los resultados obtenidos en las líneas de investigaciones desarrolladas en torno al Plan de Recuperación.</p>

Variables	Descripción
	<p><u>Selección de la técnica a utilizar:</u> &gt;03 métodos de restauración in situ aplicados.</p> <p><u>Selección de especies:</u> 100% de las especies seleccionadas son nativas y/o endémicas del país. Se seleccionan más de 10 especies.</p> <p><u>Colecta de semillas y material vegetativo:</u> 100% de las especies seleccionadas son colectadas. 50% de las semillas y/o el material vegetativo colectado es viable.</p> <p><u>Propagación:</u> 25% de los ejemplares propagados logran sobrevivir.</p> <p><u>Plantación manual en hoyaduras:</u> 75% de sobrevivencia de los ejemplares plantados.</p> <p><u>Plantación manual en fajas o banquetas:</u> 75% de sobrevivencia de los ejemplares plantados.</p> <p><u>Siembra puntual:</u> 75% de supervivencia de los ejemplares sembrados.</p> <p><u>Hidrosiembra:</u> 75% de sobrevivencia de herbáceas en los taludes implementados.</p> <p><u>Control de especies exóticas invasoras:</u> &lt;10% de la riqueza de especies corresponden a EEI.</p>
<p>MONITOREO O SEGUIMIENTO ASOCIADO A LA MEDIDA</p>	<p><u>Investigación:</u> Revisión en plataforma online</p> <p><u>Selección de la técnica a utilizar:</u> Análisis de prioridades para seleccionar las técnicas a implementar.</p> <p><u>Selección de especies:</u> Revisión de las cantidades de ejemplares utilizados para cada especie.</p> <p><u>Colecta de semillas:</u> Establecimiento de especies en un invernadero.</p> <p><u>Propagación:</u> Establecimiento de especies en un invernadero.</p> <p><u>Plantación manual en hoyaduras:</u> Labores de mantenimiento mensuales los primeros dos años. Labores de mantenimiento trimestrales desde el tercer año en adelante.</p> <p><u>Plantación manual en fajas o banquetas:</u> Labores de mantenimiento mensuales los primeros dos años. Labores de mantenimiento trimestrales desde el tercer año en adelante.</p> <p><u>Siembra puntual:</u> Labores de mantenimiento mensuales los primeros dos años. Labores de mantenimiento trimestrales desde el tercer año en adelante.</p> <p><u>Hidrosiembra:</u> Labores de mantenimiento mensuales los primeros dos años. Labores de mantenimiento trimestrales desde el tercer año en adelante.</p> <p><u>Control de especies exóticas invasoras:</u> Labores de mantenimiento mensuales los primeros dos años.</p>

Variables	Descripción
	Labores de mantenimiento trimestrales desde el tercer año en adelante.
RESULTADO ESPERADO	Restaurar la flora y vegetación en un total de 26,61 ha intervenidas por el Proyecto Mina Cardenilla. Esto será ejecutado en las áreas intervenidas por el proyecto que cuenten con características que hagan viable la ejecución de la medida.
PERMISOS, O PRONUNCIAMIENTO SECTORIAL REQUERIDO	No se requieren ningún permiso o pronunciamiento sectorial.
FORMA DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	En base a lo anterior, no aplica para esta medida.

Fuente: GAC

## 6.3 Medidas de Reparación Complementarias – Ex Situ

### 6.3.1 Medida 3

Variables	Descripción
OBJETIVO DE LA MEDIDA	<p>Objetivo General:            Realizar una restauración ecológica del ecosistema afectado, enfocado en rehabilitar los hábitats para la fauna silvestre en las zonas intervenidas por la Mina Cardenilla y sus inmediaciones favoreciendo con estas acciones el restablecimiento de los procesos ecológicos de los ecosistemas dañados de acuerdo con la RES. EX N°1/F009-2018 de la SMA.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la calidad y cantidad de los hábitats para atraer a la fauna silvestre.</li> <li>• Aumentar y diversificar la disponibilidad de refugios para reptiles y micromamíferos.</li> <li>• Facilitar la nidificación de la avifauna que se desarrolla en o próxima a las zonas intervenidas.</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	<p>A continuación, se describen las medidas asociadas a cumplir los tres objetivos específicos planteados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rehabilitación de hábitats terrestres que faciliten y atraigan la colonización por parte de la fauna silvestre presente. De importancia son las acciones de manejo sobre las paredes verticales de elevada pendiente, y se pueden sumar actuaciones específicas en taludes existentes en las inmediaciones de la zona de daño ambiental, favoreciendo la reproducción de especies.</li> </ul>

Variables	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción de materiales naturales (e.g. rocas, piedras, troncos, ramas, palos), que generen condiciones de refugio en los micrositios, facilitando el desarrollo y alimentación para reptiles y micromamíferos.</li> <li>• Aumento de la disponibilidad de superficie para la nidificación, los que ofrecen un resguardo óptimo para la avifauna, maximizando sus probabilidades de éxito reproductor. Las cajas se instalan con distintas orientaciones y en zonas de difícil acceso, implementándolas en variadas formas y tamaños aumentando la oferta para distintos grupos de especies.</li> </ul>
JUSTIFICACIÓN DE LA MEDIDA	<p>En base 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 de acuerdo con 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, para lo cual se considera el contexto del paisaje del sitio prioritario Cordillera El Melón.</p>
DESCRIPCIÓN DE LOS POTENCIALES EFECTOS ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MEDIDA	<p>Favorecer la disponibilidad de hábitat para fauna, para fortalecer los servicios de control biológico, conservación de la biodiversidad, mantención de pool genético a través del ensamble ecosistémico y capacidad de dispersión de semillas de la fauna residente.</p>
LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN	<p>Predio Cerros de Secano (Comunidad Colonia Nueva) en el sector de Sol y Lluvia en las serranías al noroeste de la localidad de El Seco, Comuna de Catemu. Específicamente en los rodales 1, 2, 3 y 4.</p>

Variables	Descripción
	
FORMA DE IMPLEMENTACIÓN	<p>La forma de implementación de esta medida considera lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterizar y evaluar preliminarmente en detalle la disponibilidad y condiciones actuales de hábitat en los rodales seleccionados.</li> <li>• Introducir materiales naturales (e.g. rocas, piedras, troncos, ramas, palos) de acuerdo con la evaluación anterior, favoreciendo a reptiles y micromamíferos.</li> <li>• Incorporar elementos y adecuar superficies para la nidificación (e.g. cajas nido, adecuación de taludes), instaladas en lugares adecuados para la avifauna.</li> <li>• Instalar perchas para facilitar la presencia y movimientos de aves rapaces.</li> </ul>
OPORTUNIDAD DE IMPLEMENTACIÓN	<p>Esta medida se implementará a partir del segundo año de ejecución del Plan, y considera un año de implementación, luego de la implementación, las acciones de monitoreo y seguimiento consideran una duración de dos años.</p>
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	<p>Informe final con la implementación de las actividades descritas.</p>
MONITOREO O SEGUIMIENTO ASOCIADO A LA MEDIDA	<p>Monitoreo semestral, durante 2 años, donde se indique la riqueza y diversidad de especies presentes.</p>
RESULTADO ESPERADO	<p>Aumento de la presencia de especies de fauna terrestre, mediante el registro continuo de las comunidades de fauna presentes en los sitios propuestos.</p>

Fuente: GAC

### 6.3.2 Medida 4

Variables	Descripción
OBJETIVO DE LA MEDIDA	Conservar formaciones vegetales cercanas a las zonas afectadas por las nuevas obras del Proyecto, protegiéndolas y restringiendo cualquier tipo de actividad o uso diferente al de conservación, investigación o educación.
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	Se busca proteger y conservar formaciones vegetales equivalentes a las afectadas por las obras de Mina Cardenilla al margen del SEIA que se encuentren cercanas a la zona afectada.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEDIDA	La metodología presentada en la sección 4 de este Plan de Reparación, en base al análisis de equivalencia de servicios, indica que se requieren 73,363 ha de reparación adicional para nivelar las pérdidas actuales y provisionales ocasionadas por el daño ambiental irreparable sobre las 26,61 ha de formaciones de vegetación nativas reguladas por ley. En la selección de la localización de las zonas donde se implementarían las acciones de reparación complementaria fuera del área con daño ambiental, se privilegiaron aquellas áreas que tuvieran características similares en cuanto a topografía, capacidad de uso de suelo, proximidad espacial, estuvieran en los mismos pisos vegetacionales (Luebert & Pliscoff 2018) y se ubicaran dentro de los límites del sitio prioritario Cordillera El Melón.
DESCRIPCIÓN DE LOS POTENCIALES EFECTOS ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MEDIDA	Favorecer la disponibilidad de fuentes de suministro, regulación y provisión de recursos naturales y servicios asociados, aumentar la superficie de hábitat para la fauna nativa, conservar la biodiversidad en todos sus niveles, facilitar el establecimiento de bancos de semillas, mejorar la conectividad a escala de paisaje, facilitar el intercambio genético.
LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN	Predio Cerros de Secano (Comunidad Colonia Nueva) en el sector de Sol y Lluvia en las serranías al noroeste de la localidad de El Seco, Comuna de Catemu. Específicamente en los rodales 3 y 4.

Variables	Descripción
	
FORMA DE IMPLEMENTACIÓN	<p>La recuperación de matorrales y bosques en los sectores que se encuentran degradados, con bosques en estado de matorral arborescente o con gran erosión del suelo, requieren de la ejecución de trabajos de restauración de suelos y vegetación. Para propiciar una regeneración natural asistida de los ecosistemas, se propone implementar las siguientes acciones pasivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exclusión del ganado doméstico mediante la instalación de extensos cercos perimetrales en los rodales seleccionados que restrinjan el ingreso de animales que ramoneen y pisoteen la vegetación, además de provocar compactación del suelo e incorporar fecas a la superficie. La exclusión del ganado es fundamental para que las formaciones vegetales recuperen su estructura y diversidad. Los cercos serán diseñados para que no obstruyan el paso a la fauna de vertebrados nativos.</li> <li>• Incorporación de señalética informativa y de seguridad, que cumpla una función educativa y de prevención de accidentes.</li> <li>• Monitoreo permanente para establecer cambios estacionales y temporales en la composición de especies de flora y fauna, porcentaje de cobertura vegetal, niveles de productividad primaria, entre otros.</li> <li>• Investigación científica a largo plazo sobre los procesos de restauración implementados, dinámicas de las sucesiones ecológicas locales en ambientes degradados, evaluación de servicios ecosistémicos de provisión y regulación, valoración de recursos naturales y servicios asociados.</li> </ul>
OPORTUNIDAD DE IMPLEMENTACIÓN	<p>El calendario de ejecución de esta obra comienza al momento desde que se empieza a ejecutar el plan, desde el primer mes y se mantiene durante los 10 años considerados por el Plan de Reparación.</p>

Variables	Descripción
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	<p>Se consideran como indicadores de cumplimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informe a la autoridad que dé cuenta de la instalación del cerco perimetral de los sectores propuestos.</li> <li>• Reporte fotográfico con la instalación de la señalética planificada en su lugar y en buen estado.</li> <li>• Ejecución de 4 monitores estacionales al año. En dichos monitoreos se registrará los cambios estacionales de la flora, cobertura vegetal y se evaluará el ensamble ecosistémico mediante la generación de información de fauna nativa asociada a estos sectores.</li> <li>• Patrocinio de al menos 1 proyecto de investigación o vinculación con el medio asignado.</li> <li>• Publicación de carácter divulgativo o científico relacionado con la restauración ecológica propuesta.</li> </ul>
MONITOREO O SEGUIMIENTO ASOCIADO A LA MEDIDA	<p>El monitoreo a esta medida considera el seguimiento a las siguientes variables de forma trimestral durante 10 años, comparando la situación base sin medida con la aplicación de las acciones pasivas para facilitar la regeneración natural.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura de la comunidad vegetal.</li> <li>• Establecimiento de nuevas especies.</li> <li>• Capacidad reproductiva de las plantas.</li> <li>• Presencia de polinizadores.</li> <li>• Aporte de hojarasca al suelo.</li> <li>• Ciclo de nutrientes en el suelo.</li> <li>• Humedad del suelo.</li> <li>• Diversidad de otros niveles tróficos.</li> </ul>
RESULTADO ESPERADO	<p>Conservación de 38,3 ha en dos parches de vegetación (32,3 ha y 6 ha), ubicados próximos (2,7 a 3,5 km) de las zonas afectadas por daño ambiental para que actúen como zonas núcleo, proveyendo de servicios ecosistémicos de regulación y soporte a las áreas donde se implementará la reparación <i>in situ</i>, facilitando así los procesos de restauración ecológica esperado mediante la implementación de diferentes acciones para restablecer la estabilidad física y biótica del sistema.</p>
PERMISOS, O PRONUNCIAMIENTO SECTORIAL REQUERIDO	<p>No se requieren ningún permiso o pronunciamiento sectorial para implementar esta medida.</p>
FORMA DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	<p>En base a lo anterior, esto no aplica para esta medida.</p>

Fuente: GAC

### 6.3.3 Medida 5

Variables	Descripción
OBJETIVO DE LA MEDIDA	<p>Enriquecer hábitats degradados asociados a las especies en categoría de conservación presentes en el área de influencia, entre las que se encuentran <i>Porlieria chilensis</i>, <i>Eriosyce aurata</i>, <i>Pellaea myrtillofolia</i>, <i>Adiantum chilense</i>, <i>Cheilanthes hypoleuca</i> y <i>Cheilanthes mollis</i> (flora), como también de <i>Pseudolapex griseus</i>, <i>Liolaemus monticola</i>, <i>Liolaemus lemniscatus</i>, <i>Liolaemus fuscus</i>, <i>Liolaemus pseudolemniscatus</i>, <i>Liolaemus tenuis</i>, <i>Philodryas chamissonis</i>, <i>Spalacopus cyanus</i> y <i>Thylamys elegans</i> (fauna).</p>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	<p>Se plantean las acciones tendientes a la restitución y eventual aumento del número de individuos intervenidos, que se encontraban en el área del proyecto.</p> <p>Las especies que son sujeto de estas medidas, se replicarán partiendo por el rescate de germoplasma de la cuenca en donde se desarrolló la Mina Cardenilla. Esta acción tiene como propósito mantener la diversidad genética de las poblaciones ya que este material será utilizado en las actividades de propagación, reforestación y enriquecimiento en el marco del cumplimiento de las acciones mitigatorias propuestas. En este sentido la conservación de la diversidad genética cumple un rol estratégico como mecanismo de protección frente a las diversas presiones a las que se ven enfrentados los ecosistemas en su estado natural.</p> <p>La medida de repoblamiento y aumento del número de individuos contempla la realización de dos acciones principales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantar individuos de las especies <i>Porlieria chilensis</i>, <i>Eriosyce aurata</i>, <i>Pellaea myrtillofolia</i>, <i>Adiantum chilense</i>, <i>Cheilanthes hypoleuca</i> y <i>Cheilanthes mollis</i> con el objeto de incrementar la abundancia de ejemplares de estas especies en la zona. No se considera forestación en la forma de una plantación tradicional por considerarse inviable, proponiendo el enriquecimiento con estos nuevos ejemplares en sectores desprovistos de vegetación, como única alternativa factible.</li> <li>• Contempla la multiplicación y cuidados en vivero del material genético obtenido a partir de los ejemplares presentes en la cuenca en donde se desarrolló el proyecto minero, plantaciones en los sectores de forestación y enriquecimiento, cuidados culturales y monitoreo para asegurar que las plantas puedan alcanzar autosuficiencia ecosistémica (retiro de insumos como riego y fertilizantes).</li> <li>• Se plantarán en forma complementaria y proporción acorde a la observada en terreno, las especies acompañantes de los bosquetes remanentes que no fueron intervenidos por el proyecto.</li> </ul>
JUSTIFICACIÓN DE LA MEDIDA	<p>El compromiso de destinar áreas específicas para el resguardo de las especies o un hábitat propicio para su recuperación permite darles a dichas áreas una categoría de protección, lo que tiende a aumentar su valor ambiental.</p> <p>El enriquecimiento corresponde a un conjunto de acciones destinadas a mejorar la composición de un bosque o matorral, mediante la siembra o plantación de especies de valor (Vita, 1998). Además, la práctica del enriquecimiento generalmente ocupa menos de un 30% de la cobertura, por lo cual no se altera significativamente la estructura del</p>

Variables	Descripción
	<p>rodal presente, al menos en su primera etapa. Se consideran tres tipos de enriquecimiento, a saber, por fajas, en bosquetes bajo abrigo vertical y en núcleos sobre los claros.</p> <p>De acuerdo con lo señalado en la tabla de valores entregada por el Decreto N°41/2011 del Ministerio de Agricultura, relativa a las bonificaciones que entrega la Ley N° 20.283, se define el concepto de enriquecimiento ecológico como la incorporación de plántulas de especies nativas o autóctonas a un terreno, con el objeto de acelerar la recuperación de la composición, estructura y densidad de una formación vegetal hacia una condición similar o cercana a la que tendría naturalmente. Los individuos considerados provienen de semillas o propágulos de aquellas poblaciones silvestres de las especies a establecer más próximas al área a manejar.</p>
DESCRIPCIÓN DE LOS POTENCIALES EFECTOS ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MEDIDA	<p>Conservación de especies en categoría de conservación, facilitación al establecimiento de bancos de semillas, conservación del pool genético local, mayor disponibilidad de hábitat para el ciclo de vida de las especies y microorganismo, aumento en la provisión de madera y forraje, mayor control de la erosión y formación de suelo.</p>
LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN	<p>Predio Cerros de Secano (Comunidad Colonia Nueva) en el sector de Sol y Lluvia en las serranías al noroeste de la localidad de El Seco, Comuna de Catemu. Específicamente en los rodales 1 y 2.</p>  <p style="text-align: right; font-size: small;">Image © 2020 CNES / Airbus Image © 2020 Maxar Technologies</p>
FORMA DE IMPLEMENTACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de estructuras (empalizadas, mini diques y pequeñas terrazas) y técnicas de manejo y conservación de suelos que permitan controlar la erosión en zonas de alto riesgo (e.g. pendientes pronunciadas) o cárcavas.</li> </ul>

Variables	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para la conservación de suelos, se realizan micro terrazas, zanjas de infiltración, plantación individual en curva de nivel y riego por goteo. Es importante iniciar procesos de recuperación en pequeñas superficies. El rol educativo que cumplen estos procesos es muy relevante, ya que a medida que se van implementando permiten involucrar a más personas y hacer conciencia en ellas a través de la experiencia práctica.</li> <li>• Conservación y uso de los individuos vegetales preexistentes para que cumplan el rol de plantas “nodrizas”, protegiendo a otras plantas más vulnerables a las condiciones climáticas adversas.</li> <li>• Plantación de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas nativas reproducidas con material vegetal local, en núcleos de plantación, generando el repoblamiento del suelo desnudo o bien enriquecer bosques o matorrales degradados.</li> <li>• Para iniciar el proceso de restauración de un bosque nativo esclerófilo, se propone una mezcla de especies que tengan bajo requerimiento de agua, nutrientes y alta tolerancia a condiciones climáticas adversas. Especies como el quillay, litre, guayacán, bollen, espino, maravilla de campo, trevo y colliguay, forman parte de las especies dominantes en la zona de estudio y se encuentran adaptadas al clima semiárido.}, para posteriormente considerar las especies en categoría de conservación.</li> </ul>
<p>OPORTUNIDAD DE IMPLEMENTACIÓN</p>	<p>Esta medida empieza a implementarse desde el primer año de ejecución del Plan y se mantiene durante toda la duración de este, el cual considera dos acciones principales, las cuales consideran subactividades.</p> <p><b>Preparación del sitio de repoblación:</b>        En forma previa al proceso de plantación de las especies de plantas, se preparará el sitio. La construcción de la hoyadura de plantación se realizará con palas y tendrá el tamaño adecuado para dar cabida al pan de tierra contenedor de cada especie. Su ubicación <i>in situ</i> será en función de las coberturas puntuales existentes y de la densidad de plantación. La distribución de las casillas será cercana al azar, lo que propende a mantener una estructural “natural” de las formaciones en lugar de las tradicionales hileras. No obstante, lo anterior, se propiciará -en la medida posible – que la ubicación de casillas en sectores con cierta protección de otros individuos existentes o piedras (efecto nodriza). El sitio de plantación de las especies estará debidamente señalado, indicando el número de sitio y fecha de disposición. Así mismo, los caminos de acceso a estos sectores deberán contar con la señalética adecuada que permita llegar a ellos sin mayor problema. De igual forma, el sitio será georreferenciado en coordenadas UTM. La ubicación de estos sitios será traspasada a un plano, de manera de facilitar el seguimiento.</p> <p><b>Enriquecimiento:</b>        La especies arbóreas, arbustivas y herbáceas seleccionadas y producida en vivero a utilizar serán plántulas en cepellón, contenedor o tubete y deberán cumplir con los siguientes atributos básicos antes de salir del vivero:        - Cuello lignificado (a excepción de las herbáceas).        - Altura mínima de la parte aérea de 30 cm.        -Relación largo parte aérea/largo del pan de tierra (raíces) de 2:1.</p> <p>Se privilegiará que los trabajos de plantación sean ejecutados en los meses de invierno, para aprovechar la mayor humedad atmosférica, del suelo y las precipitaciones, en caso de existir, junto con el período de crecimiento en primavera. Esta actividad se ejecutará</p>

Variables	Descripción
	<p>de manera manual, con personal especializado en este tipo de trabajos. Cada planta contará con protección individual compuesta por una malla (tipo corrumet), de modo de evitar la mortandad por lagomorfos.</p> <p>Al momento de efectuar la plantación, se considerará la aplicación de una capa de "Mulch" de 5 cm compuesta por una mezcla de tierra y paja, a objeto de otorgar una mayor disponibilidad de nutrientes y favorecer el desarrollo radicular. Una vez debidamente asentada la planta y apisonada la tierra de relleno (no excesivamente), se aplicará un riego de establecimiento y se instalará la malla protectora (tipo corrumet). Asimismo, cada planta será marcada con una cinta de color de material biodegradable, que permita reconocerla en los seguimientos e inventarios de prendimiento.</p> <p>El riego del repoblado se llevará a cabo en el establecimiento de la plantación, lo que consistirá en el vertimiento de 3 a 5 litros de agua promedio por cada planta, conforme al tamaño y requisito de cada especie con el objeto de adaptar la planta lo más rápido posible a la rigurosidad del ambiente (INFOR 1995). Luego, para cada planta se instalará, en la casilla y a nivel del suelo, una capa de hidrogel (según disponibilidad y costo) o, en su defecto, un "ponchito" (cuadrado de área igual a la de la casilla de polietileno) de manera de conservar la humedad del riego de establecimiento y de otras fuentes (rocío, niebla o eventual precipitación).</p> <p>Se considerará la aplicación de riegos estivales, en el período de mayor sequía (octubre a abril), a razón de 10 lt/planta/mes, en dos ciclos de riego mensual de 5 lt cada uno. Es decir, se agregarán 5 lt de agua cada 15 días durante el primer año. El segundo año se reducirá a la mitad el riego, humectando con 2,5 lt de agua cada 15 días. Esta disminución es con la finalidad de que la planta se adapte de mejor manera a la condición de sequía en los meses de verano. Luego de estos dos períodos, se evaluará terminar con el riego.</p>
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	<p>Se consideran como indicadores de cumplimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 75% de supervivencia de los individuos plantados.</li> <li>• Buen estado fitosanitario de los individuos plantados.</li> <li>• Tasas de crecimiento de los individuos plantados.</li> <li>• Aumento del porcentaje de cobertura vegetal.</li> <li>• Cambios en la composición (riqueza y abundancia) de especies.</li> </ul>
MONITOREO O SEGUIMIENTO ASOCIADO A LA MEDIDA	<p>El monitoreo a esta medida considera el seguimiento de los indicadores de cumplimiento de forma trimestral durante los primeros 5 años, para luego pasar a una frecuencia semestral los últimos 5 años.</p>
RESULTADO ESPERADO	<p>Enriquecimiento de 37,5 ha en dos parches de vegetación (uno de 20 ha y otro de 17,5 ha) próximos a las zonas afectadas por daño ambiental (0,9 a 2,2 km) para que actúen como zonas núcleo, proveyendo de servicios ecosistémicos de regulación y soporte a las áreas donde se implementará la reparación <i>in situ</i>, facilitando así los procesos de restauración ecológica esperado mediante la implementación de diferentes acciones para restablecer la estabilidad física y biótica del sistema.</p>
PERMISOS, O PRONUNCIAMIENTO SECTORIAL REQUERIDO	<p>No se requieren ningún permiso o pronunciamiento sectorial para implementar esta medida.</p>

Variables	Descripción
FORMA DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE	En base a lo anterior, esto no aplica para esta medida.

Fuente: GAC

### 6.3.4 Medida 6

Variables	Descripción
OBJETIVO DE LA MEDIDA	Desarrollo de un Plan de Acción comunitario que considere los siguientes tópicos: educación ambiental, conservación y Protección de la Cordillera El Melón, Programas de Monitoreos participativos y Apoyo Técnico-Económico para Pequeños Productores Agrícolas de la comuna de Catemu.
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	<p>La medida se basa en el diseño participativo de un Plan de Acción comunitario orientado en la realidad local.</p> <p>Para ello se propone la realización de intervenciones con las comunidades de para el desarrollo de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de material a utilizar en las diversas actividades que surjan de un taller conjunto con la Comunidad donde se releven en profundidad y detalle los elementos identitarios de su sistema de producción y creencias, así como los usos del Sitio Prioritario Cordillera El Melón.</li> <li>• Elaboración de planes de trabajo individuales y globales. Estos planes presentarán inversión en tecnología e insumos agropecuarios, que fortalezcan el sistema productivo local, la educación ambiental y la conservación. Si bien el detalle del trabajo se co-diseñará en conjunto con la Comunidad, se sugerirá trabajar en base a las siguientes dimensiones: uso y manejo del agua; uso y manejo del suelo; propiedad y tenencia del suelo y aguas; insumos; herramientas; maquinaria; cultivos; comercialización, por citar las áreas más relevantes que se pueden abordar. En específico, los planes de trabajo individuales tendrán un enfoque personalizado por productor. A su vez, los planes de trabajo globales tendrán una orientación en aspectos comunes que sean de utilidad colectiva a la Comunidad.</li> <li>• Ejecutar talleres de capacitación. Cabe precisar que la formulación de los planes de trabajo individuales y globales, así como la asistencia técnica y los talleres se hacen en base a la información local de los sistemas productivos y creencias relevadas en los talleres.</li> <li>• Mesa de Trabajo: Para el diseño, implementación y seguimiento de la medida se generará una mesa de trabajo entre la municipalidad de Catemu y el Titular, la cual tendrá por función gestionar el diseño, la implementación y el seguimiento de la medida. Esta mesa de trabajo sesionará en reuniones trimestrales para llevar un control de la ejecución de la medida. Adicionalmente, existirán visitas trimestrales en terreno, las cuales permitirán registrar el estado de avance de la implementación de la medida.</li> </ul>
JUSTIFICACIÓN DE LA MEDIDA	Aun cuando no se ha generado un daño en la provisión de servicios socioambientales, este plan contempla medidas que permiten mejorar estos servicios en el Sitio Prioritario.

Variables	Descripción
DESCRIPCIÓN DE LOS POTENCIALES EFECTOS ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MEDIDA	<ul style="list-style-type: none"> <li>El Titular elaborará un plan de trabajo en conjunto con la Municipalidad de Catemu, con el fin identificar y cuantificar los requerimientos que la Comunidad defina en cuanto a tecnología disponible, conocimientos del área, intereses comunitarios y servicios ecosistémicos valorados para compensar.</li> <li>Una vez identificadas y definidas las necesidades y condiciones que la Comunidad presente, el Titular dispondrá de los especialistas necesarios para llevar a cabo los estudios de prefactibilidad que se requieran con el propósito de evaluar los diagnósticos surgidos en conjunto con la Comunidad.</li> <li>En base a lo definido entre el Titular y la Comunidad, se ejecutarán individual o grupalmente los planes de trabajo y con ello la adquisición, habilitación y/o mejora, por parte del Titular, de insumos tecnológicos y capacitaciones necesarias para desarrollar prácticas equivalentes a la pérdida generada.</li> <li>En paralelo a la ejecución de los planes de trabajo, durante la implementación de la medida, el Titular dispondrá de los especialistas y/o técnicos necesarios para asesorar en la ejecución eficiente del plan de trabajo, como también en la mantención y/o reparación de los insumos tecnológicos utilizados.</li> <li>De modo complementario, el Titular asesorará la elaboración de proyectos al cual los miembros de la comunidad concursan, ya sean de licitaciones públicas o privadas.</li> </ul>
LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN	Comuna de Catemu.
FORMA DE IMPLEMENTACIÓN	Esta medida requiere de la creación de una mesa de trabajo entre la I. Municipalidad de Catemu y el Titular del Proyecto.
OPORTUNIDAD DE IMPLEMENTACIÓN	Una vez aprobado el Plan de Reparación, el Titular del Proyecto tendrá 12 meses para conformar la mesa público-privada. Se espera que dicha mesa de trabajo tenga una duración de 10 años, acorde con las medidas relacionadas con los componentes a reparar.
INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	Informes Anuales con el detalle de las actividades desarrolladas en conjunto con la mesa de Trabajo.
MONITOREO O SEGUIMIENTO ASOCIADO A LA MEDIDA	Para medir este parámetro se llevará un control trimestral de actas de la mesa de trabajo encargada, así como visitas trimestrales en terreno, con participación del Titular del Proyecto en conjunto con representantes de la Comunidad y técnicos que deje registrada la visita.
RESULTADO ESPERADO	La creación de la mesa de trabajo público privada, permitirá realizar una puesta en valor de los servicios ecosistémicos que presta el sitio prioritario cordillera El Melón. Estos están referidos al desarrollo local y cultural. El resultado de este trabajo, se basa en la colaboración de la comunidad en la identificación de aquellas actividades, cultos y creencias relacionadas con el uso comunitario del territorio.
PERMISOS, O PRONUNCIAMIENTO SECTORIAL REQUERIDO	No se requieren ningún permiso o pronunciamiento sectorial para implementar esta medida.
FORMA DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA	En base a lo anterior, esto no aplica para esta medida.

Variables	Descripción
AMBIENTAL APLICABLE	

Fuente: GAC

#### 6.4 Cronograma con los plazos para alcanzar los objetivos, la implementación de las medidas y de su seguimiento.

Conforme a lo descrito previamente, el monitoreo y seguimiento a todas las acciones del Plan, se detalla de cada una de las medidas en el capítulo anterior.

Medida	Actividades	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10	S .. 20
1	Implementación											
	Seguimiento											
2	Implementación											
	Seguimiento											
3	Implementación											
	Seguimiento											
4	Implementación											
	Seguimiento											
5	Implementación											
	Seguimiento											
6	Implementación											
	Seguimiento											
7	Fin del Plan de Reparación											
	Informe a la autoridad que dé cuenta del total de medidas implementadas y la evaluación de su éxito.											

## 6.5 PRESUPUESTO Y FLUJO DE REQUERIMIENTOS DE CARÁCTER FINANCIERO

En esta sección del plan, se realiza una estimación de los costos de las medidas de reparación propuestas, la que, en todo caso, no determina la posterior definición y concreción de la medida de reparación, pero permite informar, el orden de magnitud del plan de reparación propuesto.

N° Medida	Costo CLP	Costo USD
1	\$ 830.253.171	964.211
2	\$ 906.375.400	1.052.615
3	\$ 600.000.000	696.807
4	\$ 545.903.280	633.982
5	\$ 847.436.280	984.167

Cabe hacer presente que, según se indicara en la sección N°4, la aplicación de la metodología implicaría únicamente una reparación *ex situ*, en una superficie equivalente a 73,3 ha. Sin embargo, considerando el contexto socioambiental del ecosistema a reparar, se incluye adicionalmente una medida de tendiente a la reparación de aquellos servicios ecosistémicos de provisión, que fueron mermados producto del daño.

El costo asociado a la medida **alternativa N°6 es de 163.761.000**, equivalente a 192.660 USD. Con todo lo anterior, el costo aproximado del Plan de Reparación es de \$3.893.729.131 pesos chilenos, equivalentes a **4.524.443 USD**.

## 7 LISTADO DE PROFESIONALES

El Plan de Reparación fue preparado por la empresa Gestión Ambiental Consultores S.A.

En la Tabla 7-1 se presentan los profesionales a cargo de la coordinación general del Plan.

**Tabla 7-1. Listado de Profesionales responsables de la coordinación del Plan de Reparación**

Profesional	Profesión	Cargo
Ricardo Katz	Ingeniero Civil, MSc	Director de Proyecto
Felipe Bravo	Ingeniero en Recursos Naturales, PhD	Jefe de Proyecto
Andrés Madrid	Ecólogo Paisajista, MSc	Coordinador de Proyecto

Fuente: GAC

En la Tabla 7-2 se presentan los profesionales-responsables que trabajaron en la elaboración de cada uno de los capítulos del PdR.

**Tabla 7-2. Listado de profesionales-responsables por capítulos del Plan de Reparación.**

Capítulo Plan de Reparación	Descripción del Capítulo	Tarea Desarrollada	Profesional
Capítulo 1	Antecedentes	Revisor	Felipe Bravo
		Ejecutor	Felipe Bravo
Capítulo 2	Enfoque de Servicios Ecosistémicos	Revisor	Ricardo Katz
		Ejecutor	Felipe Bravo Andrés Madrid
Capítulo 3	Objetivos del Plan de Reparación	Revisor	Felipe Bravo
		Ejecutor	Andrés Madrid
Capítulo 4	Metodología para aplicar para la determinación de la idoneidad y suficiencia de las acciones contenidas en el plan de reparación	Revisor	Ricardo Katz
		Ejecutor	Andrés Madrid Felipe Bravo
Capítulo 5	Medidas de contención que se han adoptado y las que se proponen para controlar el daño ambiental causado	Revisor	Felipe Bravo
		Ejecutor	Andrés Madrid
Capítulo 6	Monitoreo y Seguimiento	Revisor	Felipe Bravo
		Ejecutor	Andrés Madrid
Capítulo 7	Listado de Profesionales	Revisor	Felipe Bravo
		Ejecutor	Andrés Madrid

A continuación, en la Tabla 7-3 se presentan los responsables de la elaboración de los Estudios Específicos de la declaración de impacto ambiental.

**Tabla 7-3. Profesionales responsables de los Estudios Específicos de la Línea de Base, Anexo N°1 del PdR**

Estudio Específico	Profesional	Profesión	Empresa
Anexo N°1. Línea de Base Plan de Reparación Cardenilla	Rodrigo Figueroa Andrés Madrid	Ingeniero Ambiental. Ecólogo Paisajista, MSc.	GAC
Dirección y Revisión Técnica	Daniel Alvarez Pardo	Geógrafo	AMEST
Coordinación Estudios Específicos	Raphael Ortega Carvacho / Marianela Toro Castillo	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables / Ingeniero en Gestión Industrial	AMEST
Caracterización Ambiental Flora y Vegetación	Andrés Estuardo País / Pablo Céspedes Carreño	Ingeniero Forestal. Diplomado en Restauración y Rehabilitación Ambiental / Biólogo. Magíster en Ciencias Biológicas c/mención en Ecología y Biología Evolutiva	ECONETWORK Ltda. Consultora Ambiental
Caracterización Ambiental Fauna	Pablo Céspedes Carreño/ Claudio Santibáñez Villegas	Biólogo. Magíster en Ciencias Biológicas c/mención en Ecología y Biología Evolutiva / Biólogo Marino. Magister en Gestión y Ordenamiento Ambiental	ECONETWORK Ltda. Consultora Ambiental
Caracterización Ambiental Suelos	Tonci Tomic	Asistente Social. Doctor en Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo	AMEST
Caracterización Ambiental Acústico	Mauricio Soler	Ingeniero Civil en Sonido y Acústica	Ruido Ambiental Ltda.
Caracterización Ambiental Arqueológica	Sonia Palacio	Arqueóloga	AMEST
Caracterización Medio Humano	Tonci Tomic	Asistente Social. Doctor en Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo	AMEST
Estimación de Emisiones Atmosféricas	Christopher Lopez	Ingeniero Civil Ambiental	AMEST
Caracterización Geológica, Hidrología e Hidrogeología	Joachim Zora / Rodrigo Meza	Geólogo / Ingeniero Civil Hidráulico Mg.	AMEST / ECONETWORK Ltda. Consultora Ambiental

<b>Estudio Específico</b>	<b>Profesional</b>	<b>Profesión</b>	<b>Empresa</b>
Caracterización Áreas Protegidas y Sitios Prioritarios y Paisaje	Raphael Ortega Carvacho	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables	AMEST
Caracterización Ambiental Patrimonio Cultural	Tonci Tomic	Asistente Social. Doctor en Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo	AMEST

Fuente: GAC

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Amest-Explodesa. 2018. Proyecto Mina Cardenilla. Consideraciones técnicas respecto a la clasificación de la gravedad de la infracción N°9 contenida en la Res. Ex. N°1/F-009-2018 de la Superintendencia del Medio Ambiente. 32 p.
- Barral, P., J.M. Rey Benayas, P. Meli y N. Maceira. 2015. Quantifying the impacts of ecological restoration on biodiversity and ecosystem services in agroecosystems: a global meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 202: 223-231.
- Bachmann, P., De la Barrera, F. & Tironi, A. 2014. Recopilación y sistematización de información relativa a estudios de evaluación, mapeo y valorización de servicios ecosistémicos en Chile. Cineciambiental Consultores. Informe Final. Subsecretaría del Medio Ambiente. 55 pp.
- BBOP. 2012a. Biodiversity Offset Design Handbook-Updated. Business and Biodiversity Offsets Programme. Washington D.C, USA.
- BBOP. 2012b. Standard on Biodiversity Offsets. Business and Biodiversity Offsets Programme. Washington D.C., USA.
- European Commission, Eftec, Stratus Consulting. 2013. Environmental Liability Directive (ELD). Training Handbook and Accompanying Slides. 147 p.
- Gann, G.D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C.R., Jonson, J., Hallett, J.G., Eisenberg, C., Guariguata, M.R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K. & Dixon, K.W. 2019. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition.
- Hobbs, R.J. y J.A. Harris. 2001. Restoration ecology: repairing the Earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology* 9: 239–246.
- Jones, C.A. y DiPinto, L. 2018. The role of ecosystem services in USA natural resource liability litigation. *Ecosystem Services* 29(B): 333–351.
- Lipton, J., LeJeune, K., Calewaert, JB. y Ozdemiroglu, E. 2008. Toolkit for Performing Resource Equivalency Analysis to Assess and Scale Environmental Damage in the European Union (REMEDE). Deliverable N°13.
- MEA. 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis. Millenium Ecosystem Assessment, World Resources Institute. Washington, D.C.
- MEDDE. 2012. The Environmental Liability Law (ELL) and the equivalency methods. Methodological Guide. Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy. Francia. 122 p.
- Meli, P., Holl K.D., Rey Benayas, J.M., Jones, H.P., Jones, P.C. y Montoya, D. 2017. A global review of past land use, climate, and active vs. passive restoration effects on forest recovery. *PLoS ONE* 12(2): e0171368.
- Meli, P., J.M. Rey Benayas, P. Balvanera y M. Martínez-Ramos. 2014. Restoration enhances wetland biodiversity and ecosystem service supply, but results are context-dependent. *PLOS ONE* 9(4): e93507.

- MITECO. 2018. Estructura y contenidos generales de los proyectos de reparación de daños medioambientales. Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales, Ministerio para la Transición Ecológica. España. 62 p.
- NOAA. 2000. Habitat Equivalency Analysis: An Overview. Damage Assessment and Restoration Program National Oceanic and Atmospheric Administration Department of Commerce. March 21, 1995 (Revised October 4, 2000). 23 p.
- Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4(4): 355-364.
- NU. 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica. Naciones Unidas. Río de Janeiro, Brasil. 32 p.
- Potschin, M. y Haines-Young, R. 2016b. Chapter 3: Defining and measuring ecosystem services. In: Potschin, M. Haines-Young, R. Fish, R. y Turner, R.K. (eds). *Routledge Handbook of Ecosystem Services*. Routledge, London and New York, pp 25-44.
- Rey Benayas, J.M., A.C. Newton, A. Díaz y J.M. Bullock. 2009. Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science* 325: 1121-1124.
- Rey Benayas, J.M., Barral, P. y Meli, P. 2017. Lecciones de cuatro meta-análisis globales sobre la restauración de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. *Ecología Austral* 27: 193-198
- SEA. 2014. Guía para la compensación de biodiversidad en el SEIA. Servicio de Evaluación Ambiental, Ministerio del Medio Ambiente. Chile. 40 p.
- Shaw, W.D. y Wlodarz, M. 2013. Ecosystems, ecological restoration, and economics: does habitat or resource equivalency analysis mean other economic valuation methods are not needed? *Ambio* 42: 628-643.
- UICN. 2014. Restauración Ecológica para Áreas Protegidas: Principios, directrices y buenas prácticas. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Gland, Suiza. 129 p.
- Whisenant, S. 1999. *Repairing damaged wildlands: A process-orientated, landscape-scale approach*. Cambridge, UK. Cambridge University Press. 312 p.
- Worboys, G.L., Francis, W.L. y M. Lockwood. (eds). 2010. *Connectivity Conservation Management: A Global Guide*. Earthscan, Londres.