“Medida de Compensación por *Metharme lanata*”

RCA N°74/2018: Proyecto Quebrada Blanca, Fase 2



Teck

Contenido

1 INTRODUCCIÓN 6
2 ANTECEDENTES DE LA MEDIDA DE COMPENSACIÓN 7
3 ANTECEDENTES DE *METHARME LANATA* Y SU VINCULACIÓN AL PROYECTO. 9
3.1 Estudio de Impacto Ambiental 10
3.2 Fase de Construcción Proyecto QB2 13
3.3 Medida Rediseño de obras en formaciones con *Metharme lanata*, MM-11 16
3.4 Descripción de Sectores con presencia de *Metharme lanata* cercanos al proyecto 20
3.4.1 Sector Ductos Tramo 1 20
3.4.2 Quebradas Adyacentes a ductos 25
3.4.3 Área Proyecto Collahuasi 35
3.4.4 Quebradas al norte y sur del área de ductos 37
4 DEFINICIÓN Y DIMENSIÓN DEL IMPACTO SOBRE *METHARME LANATA* 46
5 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE COMPENSACIÓN POR BIODIVERSIDAD 48
5.1 Definición de la Medida de Compensación por *Metharme lanata* 50
5.1.1 Selección de alternativa para el área de compensación 51
5.1.2 Adherencia a Jerarquía de medidas 53
5.2 Ganancias de Biodiversidad 70
6 ESTABLECIMIENTO DEL ÁREA DE COMPENSACIÓN 79
6.1 Figura de Protección 82
6.2 Plan de Conservación 83
6.3 Plan de Monitoreo del Área de Compensación 90
7 ACCIONES COMPLEMENTARIAS A LA MEDIDA DE COMPENSACIÓN 91
7.1 Estudios sobre la biología y ecología de la especie 92
7.1.1 Caracterizar el hábitat, estructura y dinámica poblacional. 92
7.1.2 Rescate de semillas *M. lanata* 94
7.1.3 Estudio de genética poblacional 96
7.1.4 Estudio del ecosistema asociado a *M. lanata* 98
7.1.5 Estudio de germinación ex-situ 100
7.1.6 Estudio de Modelación nicho ambiental frente a Cambio Climático 102

8 PLAN DE SEGUIMIENTO ANUAL MEDIDA DE COMPENSACIÓN Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS 105
9 CONCLUSIONES 109
10 BILIOGRAFÍA 111

Figura 1. Variación de altura de las plantas de *Metharme lanata* en el sector ductos Tramo 1 24
Figura 2. Variación del diámetro de las plantas de *Metharme lanata* en el sector ductos Tramo 1 24
Figura 3. Número de individuos por parcela, en el sector norte de ductos 27
Figura 4. Distribución de alturas (en cm) de las plantas de *Metharme lanata* en sector norte de ductos 28
Figura 5. Distribución general de tamaños (diámetro en cm) de *Metharme lanata* en sector norte de ductos 29
Figura 6. Número de individuos por parcela, en el sector sur de ductos 33
Figura 7. Distribución de alturas (en cm) de las plantas de *Metharme lanata* en el sector sur de ductos 33
Figura 8. Distribución general del tamaño (diámetro en cm) de *Metharme lanata* en el sector sur de ductos 34
Figura 9. Aplicación de la jerarquía de medidas para obtener una pérdida neta cero o una ganancia neta de biodiversidad 49
Figura 10. Esquema del Proceso del manejo adaptativo para el manejo de proyectos de conservación de la biodiversidad 84
Figura 11. Ciclo de manejo adaptativo de los Estándares Abiertos para la Práctica de la Conservación 85
Figura 12 Programas propuestos a considerar en plan de manejo 87
Figura 13. Medidas complementarias de investigación 92

Imagen 1. Esfuerzo de muestreo en levantamiento de línea de base EIA QB2..... 11
Imagen 2: Traza del Tramo 1 con camino reubicado informado a la SMA el 24 de agosto 2021 19
Imagen 3. Identificación del sector ductos Tramo 1 para el levantamiento de información 20
Imagen 4. Fisonomía del ambiente de *Metharme lanata* en el sector del Tramo 1..... 22
Imagen 5. Estado de desarrollo de las plantas observadas en el Tramo 1 del sector ductos 23
Imagen 6. Fisionomía de las formaciones y otros recubrimientos del sector norte de ductos 25
Imagen 7. Estado de desarrollo de las plantas observadas en el sector norte de ductos. 29
Imagen 8. Ejemplo de un individuo de *metharme lanata* con mayores desarrollos de diámetros y alturas observadas en el sector norte de ductos..... 30
Imagen 9. Fisionomía de las formaciones y otros recubrimientos en el sector sur de ductos 31
Imagen 10. Estado de desarrollo de las plantas observadas en el sector sur de ductos.. 34
Imagen 11: Obras del proyecto y cuadrantes de conteo de individuos de *Metharme lanata.* (A) Obras presentadas en la Adenda. (B) Obras presentadas en la Adenda Complementaria 36
Imagen 12. Quebradas estudiadas con presencia de *Metharme lanata.* 37
Imagen 13. Estado de desarrollo de las plantas observadas camino Pintados 38
Imagen 14. Registros de *Metharme lanata* en quebrada del camino Pintados..... 39
Imagen 15. Estado de desarrollo de las plantas observadas en quebrada al norte de ductos 40
Imagen 16. Registros de *Metharme lanata* en Quebrada al norte de ductos..... 40
Imagen 17. Estado de desarrollo de las plantas en Quebrada al sur de quebrada Maní.. 41
Imagen 18. Registros de *Metharme lanata* en Quebrada al sur de quebrada Maní..... 42
Imagen 19. Estado de desarrollo de las plantas observadas en el sector de quebrada Piscala..... 43
Imagen 20. Registros de *Metharme lanata* en quebrada Piscala 44
Imagen 21. Estado de desarrollo de las plantas observadas en el sector de quebrada Piscala..... 44
Imagen 22. Faja necesaria para la etapa de operación con afectación de *M. lanata*..... 46
Imagen 23: Representación cualitativa de las densidades en sector al sur de ductos 55
Imagen 24: Presencia de *Metharme lanata* en sector sur de ductos..... 56
Imagen 25. Ubicación de la formación de Desierto de Aluviones y descripción de familias, géneros y especies presentes 73
Imagen 26: Ubicación y límites del área de compensación propuesta 80

Tabla 1. Puntos de muestreo por campaña 11
Tabla 2. Puntos de muestreo, estacionalidad, abundancia y formación vegetal con registros de *Metharme lanata* en el área de influencia 12
Tabla 3. Muestreos específicos para la detección de *Metharme lanata* 12
Tabla 4. Esfuerzo total de campañas para la identificación de *Metharme lanata* 14
Tabla 5. Medida MM-11 Rediseño de obras en formaciones con *Metharme lanata* 16
Tabla 6. Puntos de muestreo COT en sector ductos 21
Tabla 7. Especies de flora registradas en el sector ductos Tramo 1 22
Tabla 8. Especies de flora registradas en el sector norte de ductos 26
Tabla 9. Especies de flora registradas en el sector sur de ductos 32
Tabla 10. Criterios de selección para los sitios de compensación 51
Tabla 11. Comparación de las alternativas para área de compensación según criterios de selección 52
Tabla 12. Características del hábitat en el área afectada y el área de compensación 54
Tabla 13. Biodiversidad presente en áreas de obras y en área de compensación 57
Tabla 14. Criterios para determinar relevancia de la biodiversidad impactada en las formaciones vegetacionales 59
Tabla 15. Relación de relevancia en conservación 59
Tabla 16. Criterios para la evaluación de la condición de la biodiversidad 61
Tabla 17. Evaluación de condiciones de biodiversidad en el área afectada después de aplicar las medidas de mitigación 63
Tabla 18. Evaluación de condiciones de biodiversidad en el área de compensación 65
Tabla 19. Multiplicador de riesgo 67
Tabla 20. Especies de fauna de presencia potencial en el área de compensación Sector sur de ductos 75
Tabla 21. Especies de fauna en categoría de conservación y de amenaza en el área de compensación 78
Tabla 22. Coordenadas geográficas de ubicación del área de compensación propuesta Sector sur de ductos 80
Tabla 23: Medida de Compensación: Establecimiento de un área de conservación 81
Tabla 24. Propuesta de programas y definición 87
Tabla 25. Plan de Conservación Ambiental *M. lanata* 89
Tabla 26. Variables del Plan de monitoreo del Área de Compensación 90
Tabla 27. Acción Complementaria caracterización hábitat 93
Tabla 28. Acción Complementaria Rescate Semillas 95
Tabla 29. Acción complementaria estudio de genética poblacional 97
Tabla 30. Acción complementaria estudio de ecosistema asociado a *M. lanata* 99
Tabla 31. Acción complementaria estudio de germinación ex-situ 101
Tabla 32. Acción complementaria estudio modelación nicho ambiental frente a cambio climático 103

1 INTRODUCCIÓN

El Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2 se ubica en la Región de Tarapacá, abarcando las provincias de Iquique y Tamarugal, dentro de las comunas de Iquique, Pica y Pozo Almonte, y tiene como objetivo extender la vida útil de la actual operación minera mediante un cambio en el tipo de procesamiento del mineral incorporando una planta concentradora, e instalaciones en cuatro áreas: mina, obras lineales, pampa y puerto.

Este Proyecto fue aprobado por la RCA N° 074 el 17 de agosto del año 2018, resolución que incluye la Medida de mitigación MM-11 Rediseño de obras en formaciones de *Metharme lanata*, mediante la cual se evita el impacto sobre esta especie en categoría de conservación. Durante la ejecución de la etapa de construcción, en el área de proyecto relacionada con la línea de alta tensión (LAT) y el área de ductos, se constató un aumento significativo de ejemplares en dicho sector – probablemente relacionado a los eventos de precipitaciones ocurridos posteriormente al año 2017 – motivo por el cual se determinó la aplicación de la MM-11. Debido a esto, el Titular del Proyecto desarrolló una serie de acciones tendientes a verificar la presencia y cuantificar los ejemplares de *M. lanata* e identificar precisamente los sitios donde se encontraban estas.

En este contexto, iniciada la fase de construcción, el Titular ha realizado todos los esfuerzos para adecuar el proyecto a las nuevas circunstancias, tantas veces como fuera necesario, con la finalidad de dar cumplimiento a la medida MM-11, alcanzando la nula intervención de la especie. Como resultado del rediseño de las obras lineales, se modificaron los trazados de la LAT, los ductos del Tramo 1, 2 y 3 y camino asociado, cumpliendo con el objetivo de no afectación de ningún individuo de *Metharme lanata*.

Sin embargo, a pesar de estos numerosos esfuerzos, con el fin de consolidar un trazado técnicamente viable en el sector Tramo 1 de los ductos para la fase de operación del proyecto QB2, se requiere la implementación de fajas adicionales en algunos sectores del tramo indicado, que implicarían la intervención de individuos de esta especie.

Es así como, la actual y creciente vocación productiva de la zona en que han proliferado los ejemplares de *Metharme lanata*, constituiría una amenaza, incidiendo en futuras afectaciones a la especie. Por ello, a través de un área de compensación ambiental se pretende marginar de cualquier potencial uso minero en el futuro por parte del Proyecto Quebrada Blanca.

De igual forma, el escaso conocimiento que existe sobre la especie también implica una amenaza, pues inhibe y limita la gestión ambiental posible del recurso. Por lo mismo, se plantean acciones orientadas a contribuir significativamente en la generación del conocimiento científico necesario para el efectivo ejercicio de actividades de conservación y desarrollo de la especie.

Como consecuencia, el Titular solicitará a través del artículo 25 quinquies de la LBGMA, la revisión de la RCA N°74/2018 que calificó ambientalmente el proyecto, con la finalidad de adoptar las medidas necesarias para hacerse cargo de la evolución de la variable ambiental *Metharme lanata*, a causa de la variación sustantiva de esta, respecto de lo previsto en el procedimiento de evaluación.

Por tanto, este documento tiene por objetivo describir una medida de compensación por pérdida de biodiversidad que se haga cargo de compensar el impacto generado sobre *Metharme lanata* mediante acciones y obras del proyecto en el sector ductos Tramo 1 en este nuevo escenario. Esto, se realizará primero seleccionando la mejor opción de sitio de compensación, luego calculando el impacto residual, y posteriormente desarrollando una medida de compensación junto con acciones complementarias dirigidas a disminuir el desconocimiento de la especie.

2 ANTECEDENTES DE LA MEDIDA DE COMPENSACIÓN

Metharme lanata Phil. es una especie endémica, de género monotipo, con distribución restringida en la precordillera de la Región de Tarapacá, y clasificada en peligro de extinción (D. S. N° 42/2011 MMA). Esta especie, históricamente ha presentado escasos reportes de presencia y, por ende, existe una baja cantidad de estudios científicos respecto de su biología y ecología. Dado este escenario, la propuesta de compensación, va en la vía de asegurar un área de protección que permita la permanencia en el tiempo de un número importante de individuos, que asegure su preservación a largo plazo, a excepción de los efectos posibles provocados mediante alteraciones por efectos del cambio climático que pudieran ocurrir; generando de esta manera un área de protección cuyo objeto de conservación corresponde a la especie vegetal mencionada y su ecosistema asociado.

La propuesta planteada en este documento como Medida de Compensación por pérdida de Biodiversidad, considera un análisis específico tanto de la medida como del área propuesta para este fin, para realizar una adecuada compensación, junto con actividades complementarias que permitirán en el corto, mediano y largo plazo mejorar el conocimiento de la especie. En este sentido, la línea de acción de esta medida de compensación es la generación de un Área de Conservación, que escinda o margine esta área de cualquier potencial uso distinto al de conservación. Tal objetivo es posible dado que actualmente las concesiones mineras pertenecen a Quebrada Blanca y la propiedad superficial al Fisco de Chile, condiciones que aseguran la no injerencia de terceros en esta área.

Conjuntamente, el escaso conocimiento actual sobre la biología y ecología de *M. lanata* no permite responder preguntas sobre la reproducción y sobrevivencia de sus individuos, sus características fenológicas, ciclo de vida, distribución y otras características ecológicas. Es así como, la escasez de los estudios necesarios que permitan entender su ciclo biológico y relación con las comunidades de su ecosistema afecta negativamente en la generación de planes de conservación de la especie o en el planteamiento de medidas de reparación. Por

esto, es necesario considerar un manejo adaptativo respecto a la nueva información o conocimiento adquirido sobre la especie, tal como es planteado por numerosos autores (Lee, 1999; Maxwell et al. 2017; Westgate et al. 2013), quienes plantean que la ausencia de conocimiento científico respecto de las características biológicas y ecológicas de las especies es una de las principales amenazas para estas, como para la conservación de biodiversidad (Primack et al 2001, Fisher & Young 2007, Riera et al 2014).

Por los motivos planteados, abordar y subsanar esta falta de conocimiento sobre *Metharme lanata* es fundamental para tener herramientas de gestión sobre una especie que ha aumentado el número de individuos reportados, posterior a las lluvias, en un rango altitudinal que va entre los 1.830 m.s.n.m. y los 2.500 m.s.n.m. de la precordillera de la Región de Tarapacá.

Por lo anteriormente expuesto, además de la generación del Área de Compensación, se plantea la necesidad de realizar una serie de acciones complementarias tendientes a generar conocimiento en el corto, mediano y largo plazo y la mejora que supone este conocimiento sobre la gestión ambiental de la especie y su conservación.

Para lograr este objetivo, se plantea establecer un Plan de Conservación Ambiental acorde al impacto sobre la especie y a los actuales principios ecológicos de la conservación biológica, siendo recomendable que el conjunto de medidas a implementar considere las distintas escalas ecológicas en las que ocurre la presencia de la especie, esto es, desde el nivel de individuo al nivel ecosistémico.

Según el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCE) (DS N°75/2005, MINSEGPRES), las Categorías de Conservación corresponden al estado en que pueden encontrarse las especies de flora y fauna silvestres, atendido el riesgo de extinción de sus poblaciones naturales. Los estados de conservación dictados en los Decretos Supremos derivados del RCE, se basan en las Categorías y Criterios de Lista Roja de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], 2012), por lo que, siguiendo sus lineamientos, se consideran “bajo amenaza” a las especies clasificadas en las siguientes categorías de conservación: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), y Vulnerable (VU).

Al considerar el estado de conservación como criterio principal para la aplicación de medidas, el Reglamento de Clasificación de Especies sugiere el tipo de medidas que deben ser aplicadas según categoría de conservación. Es así que, las especies clasificadas En Peligro y Vulnerable presentan un estatus relacionado a reducciones notorias en el tamaño poblacional o de su hábitat; o como en el caso de *M. lanata*, a especies cuyas poblaciones descritas son naturalmente reducidas en número y escasas en cantidad de individuos. Lo anterior, las hace altamente susceptibles a las alteraciones del hábitat donde se encuentran. En estos casos las medidas de conservación deben apuntar, como se mencionó anteriormente, a acciones que van desde el nivel individual al comunitario o de

ecosistema, con un enfoque adaptativo, que permita adecuar este plan al conocimiento del ciclo de vida de la especie; tales como:

- Evitar la mortalidad directa de individuos;
- Evitar la reducción del tamaño poblacional;
- Minimizar la alteración del hábitat;
- Proteger el hábitat mediante la mantención o mejora, y
- Ejecutar acciones que favorezcan la reproducción y sobrevivencia de la especie.

Tal como se mencionó, en el caso de *Metharme lanata* la ausencia, en la actualidad, de conocimiento científico sobre su biología y ecología es una limitante para la implementación de acciones inmediatas de conservación, acotándose la mayor parte de la información disponible a su taxonomía y a la descripción de las poblaciones conocidas. Por lo tanto, el Plan de conservación a desarrollar será de carácter adaptativo y participativo – incorporando a las autoridades competentes - el que permitirá incluir los resultados de estudios complementarios, y mejorar los planes y acciones de conservación con el tiempo, a medida que se aumente el conocimiento de la especie, en la línea de las acciones planteadas por el Reglamento de Clasificación de Especies del Ministerio del Medio Ambiente.

3 ANTECEDENTES DE *METHARME LANATA* Y SU VINCULACIÓN AL PROYECTO

A raíz de observar la variación en el comportamiento de la especie *Metharme lanata* respecto al aumento de su presencia durante la fase de construcción del proyecto QB2, sumado a los nuevos registros en la zona por Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, en la misma época con el interés de mejorar el conocimiento de esta especie, se han recopilado antecedentes relacionados a su rango de distribución, información importante de relevar al momento de proponer medidas respecto de la especie. Es así como, durante los últimos años, el levantamiento de información ha permitido observar cómo se amplía el rango de distribución latitudinal de la especie *Metharme lanata*, en razón al ya descrito hasta el año 2009 por R. Pinto.

Estos nuevos antecedentes surgen inicialmente mediante la información generada entre los años 2019 y 2021, vinculados a la fase construcción del proyecto QB2, donde, además de prospectar el sector relacionado a Tramo 1 – junto a Quebrada al norte de ductos, y sectores adyacentes a dicha área- se realizó un levantamiento en nuevos sectores, correspondientes a:

- Área proyecto minero Collahuasi
- Quebrada Camino Pintados
- Quebrada sin nombre, al sur de quebrada el Maní
- Quebrada Piscala

Por otra parte, para la definición y dimensión del impacto ambiental que será abordado en la presente medida de Compensación por Biodiversidad, es de suma relevancia conocer el detalle de los elementos evaluados en términos de las secuencias y ocurrencia del impacto a compensar. Para esto, se detalla a continuación el proceso de identificación del impacto a generar sobre la especie, en caso de ser aprobada la presente solicitud, que se relaciona con el comportamiento de la variable ambiental *Metharme lanata*, la cual ha evolucionado de manera diferente a la predicción considerada en el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto.

Para el caso de la presentación de antecedentes vinculados al impacto sobre *Metharme lanata* y al proyecto Quebrada Blanca Fase 2, para una mejor comprensión, se analizará a continuación la situación por separado; es decir, lo considerado en el Estudio de Impacto Ambiental; lo observado tras el inicio de la fase de construcción del proyecto y los sectores donde se ha determinado la presencia de la especie fuera del área del proyecto. A razón de lo señalado, se describe lo observado en *Metharme lanata* durante las fases del proyecto desarrolladas a la fecha.

3.1 Estudio de Impacto Ambiental

Durante los levantamientos de línea de base del proyecto Quebrada Blanca Fase 2, se identificó la presencia de la especie *Metharme lanata* en el sector del desierto, hacia la zona del piedemonte específicamente en un sector del sitio destinado al emplazamiento de las obras lineales del proyecto minero. El registro de la especie ocurrió en una zona que abarca desde la intersección con la Pampa del Tamarugal hasta el piedemonte de la Cordillera de los Andes, que en términos de altitud se registra entre los 2.000 y los 2.200 m.s.n.m.

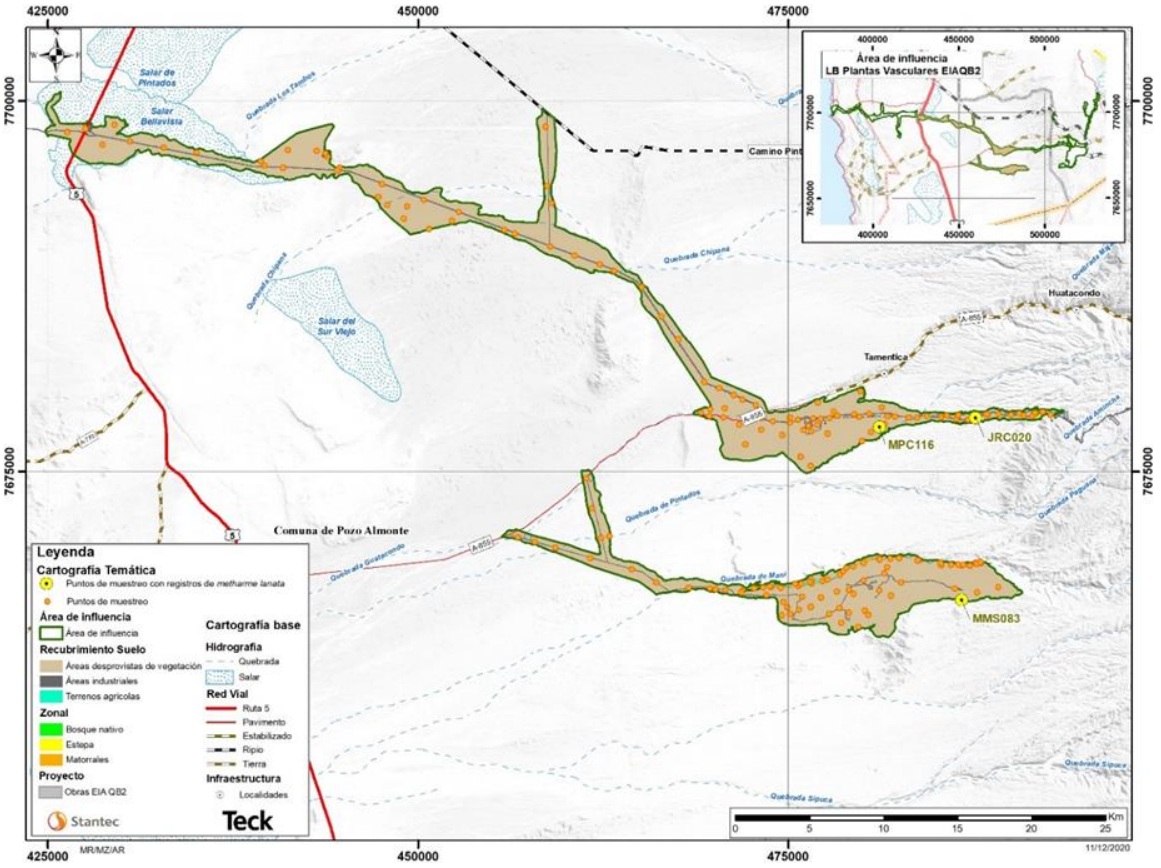
Los registros de la especie en este sector se obtuvieron a partir de un esfuerzo de muestreo de siete campañas estacionales, con un total de 183 puntos de muestreo que incluyeron inventarios florísticos, sumados a la descripción de las formaciones vegetacionales presentes en dichos sectores. Además, considerando la repetición de las campañas de terreno por el carácter estacional de estas, se cubrió más del 60% de los puntos de muestreo en más de una campaña, lo que permitió alcanzar un total de 516 muestreos en el sector de interés, observando comportamientos en más de una temporada, como es sugerido por la Autoridad[1]. Es así como, la distribución de puntos de muestreo por campaña fue la siguiente (Tabla 1):

[1] GUÍA DE EVALUACIÓN AMBIENTAL VEGETACIÓN Y FLORA SILVESTRE, SAG.2010

TABLA 1. PUNTOS DE MUESTREO POR CAMPAÑA

Año	Campaña	N° puntos muestreo
2014	Otoño	74 puntos
	Invierno	20 puntos
	Primavera	14 puntos
2015	Verano	8 puntos
	Otoño	13 puntos
	Invierno	7 puntos
	Primavera	47 puntos

IMAGEN 1. ESFUERZO DE MUESTREO EN LEVANTAMIENTO DE LÍNEA DE BASE EIA QB2



Fuente: Cedrem Consultores

En la Imagen 1 se observa en color naranjo los puntos de muestreo correspondientes a levantamientos realizados para estas áreas en el EIA; mientras en amarillo se observan los registros de *Metharme lanata* para la línea de base del mismo estudio aprobado por la RCA N° 074/2018. Cabe indicar que, del total de puntos de muestreo mencionados, la especie fue registrada en rangos de abundancia inferiores al 0,1% en tres puntos asociados a unidades vegetacionales denominadas desprovistas de vegetación (Tabla 2).

TABLA 2. PUNTOS DE MUESTREO, ESTACIONALIDAD, ABUNDANCIA Y FORMACIÓN VEGETAL CON REGISTROS DE *METHARME LANATA* EN EL ÁREA DE INFLUENCIA

Punto de Muestreo	Campaña/Abundancia Relativa						Formación Vegetal
	Otoño 2014	Invierno 2014	Primavera 2014	Verano 2015	Otoño 2015	Invierno 2015	
JRC020	27/03 "r"		21/11 "r"				Áreas desprovistas de vegetación
MMS083	29/03 "p"	09/08 "-"	23/11 "p"	23/01 "-"	18/06 "p"	02/07 "p"	
MPC116		13/09 "-"	04/12 "-"	20/01 "-"	14/05 "p"	06/07 "r"	

*: Rangos de abundancia relativa Braun-Blanquet corresponden a: *p* = registro de especie fuera de la unidad de muestreo, pero observada en la misma formación vegetal; *r* = 1 a 2 individuos y cobertura muy baja (<0,1%). (-) corresponde a nulo registro de la especie en su respectiva replica.
Fuente: Cedrem Consultores.

Posteriormente, durante las campañas de microrruteo realizadas el año 2016, previo al ingreso del EIA, se identificó la presencia de 8 individuos en áreas de obras del proyecto (Tabla 3). Como ambas campañas fueron realizadas con cuatro meses de diferencia, entre marzo y julio, no hubo cambios poblacionales perceptibles entre un muestreo y el siguiente. De igual forma, los individuos quedaron georreferenciados individualmente para un posterior seguimiento de la especie[2].

TABLA 3. MUESTREOS ESPECÍFICOS PARA LA DETECCIÓN DE *METHARME LANATA*

Campaña	Fecha	Descripción	Número de individuos
Otoño 2016	14 al 18 de marzo	Plan de acción en obras del proyecto	7 vivos 1 muerto
Invierno 2016	06 al 12 de julio	Plan de acción en obras del proyecto	7 vivos 1 muerto

Fuente: Cedrem Consultores.

Según los antecedentes disponibles, a través de la RCA N° 074/2018 el titular adquirió el compromiso de llevar a cabo la medida de mitigación "MM-11: Rediseño de obras en formaciones con *Metharme lanata*"; cuyos objetivos son no intervenir individuos de la especie *Metharme lanata*, mediante el rediseño de obras de ingeniería del Proyecto y evitar la afectación de ejemplares de la especie *Metharme lanata*.

[2] Cedrem, 2016.

3.2 Fase de Construcción Proyecto QB2

Como parte del cumplimiento de los compromisos ambientales del proyecto, el titular inició las actividades de la medida MM-11 en la fase de construcción en las obras proyectadas y aprobadas por la RCA N° 074/2018. Habiendo iniciado esta fase del proyecto, en julio de 2019, se detectó la presencia de un total de 296 individuos[3] en áreas del proyecto, lo que no había sido constatado previamente, pese a los esfuerzos de campaña realizados (Tabla 4). A partir de este hallazgo se inició una serie de campañas para la verificación del hecho en el sector.

De acuerdo con las campañas de muestreos y censos, realizados entre julio 2019 y octubre 2020, se determinó la presencia de al menos 24.000 individuos en sectores de emplazamiento de las obras de ductos y LAT los que previamente no manifestaron expresión en los sectores levantados. Lo señalado respecto de años anteriores, posibilita indicar en principio que el fenómeno podría estar relacionado con el aumento en las precipitaciones ocurridas dicho año en el sector registrado, sumadas a las precipitaciones de los años previos[4].

Se debe hacer notar que los estudios de línea de base se realizaron durante los años 2014 y 2016 cuando sólo se registró un evento de precipitaciones en marzo de 2015, a diferencia de lo sucedido a partir de enero de 2017 cuando aumenta la frecuencia de precipitaciones con más de un evento de verano durante tres años sucesivos[5]. Al respecto, cabe precisar que tales lluvias oscilaron entre 4,0 y 4,5 mm para los meses de enero y febrero del año 2019 en la estación Guatacondo de la Dirección General de Aguas (DGA) (https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes), representativa para estos efectos de las lluvias en el sector precordillerano, y marcan una sucesión continua de lluvias estivales en la sección baja de la cordillera entre los años 2017 y 2019, con máximos registrados de hasta 28,5 mm en febrero de 2017. En contraposición a esta condición, conforme a los datos que arroja esta estación para los años de toma de línea de base ambiental que comprendió los años 2014 y 2017, no hubo precipitaciones en esta zona.

Lo observado, puede respaldarse mediante literatura científica sobre comunidades vegetales de zonas áridas que indican que la respuesta de las plantas a las precipitaciones en ambientes altamente variables e inciertos corresponde a un ajuste evolutivo en su respuesta a una combinación precisa de factores ambientales o a una secuencia de eventos, que evitan las “partidas falsas” ante eventos de precipitaciones aislados que no

[3] Gestiona, 2019.
[4] Tellier, 2001.
[5] Se suman a estas, las precipitaciones de verano 2020, no incluidas en el análisis.

permitirían la sobrevivencia y reproducción de las especies (Cohen 1966; Inouye 1991; Armesto et al. 1993; Gutiérrez, 2008).

El comportamiento de *M. lanata* fuera de lo proyectado en la evaluación de impacto ambiental, deja entrever que los requerimientos de la especie en términos hídricos podrían estar cercanos al umbral de las precipitaciones presentadas durante el año 2019, período de una frecuencia de precipitación que, probablemente, permitió una acumulación de agua suficiente en el suelo, lo que posibilitó la aceleración de las actividades metabólicas de las plantas, las que podrían permanecer largos períodos inactivas en ausencia de agua disponible, provocando la brotación de estas, una vez que alcanzan su requerimiento hídrico.

La activación de los individuos de *Metharme lanata* en el área de las obras lineales, se asocia a una mayor disponibilidad hídrica, toda vez que, en el estudio de prospección realizado por Pinto el año 2009, sólo se identificó un total de 14 individuos en el sector, lo que corroboraría que la especie asume un estado inactivo (receso) que no permite observar su presencia en términos de vegetación activa, en épocas de escasez hídrica, lo que es característico de esta zona, dadas sus características de subarbusto, según Tellier (2001).

De acuerdo con lo indicado, se efectuó una serie de campañas de levantamiento y monitoreo para asegurar el número de individuos real existente en el sector, asociados a las obras del proyecto, incluso fuera del área de influencia yendo más allá de lo señalado en la medida MM-11 de la RCA N°074/2018. En la Tabla 4 a continuación, se observa el detalle de las campañas realizadas.

TABLA 4. ESFUERZO TOTAL DE CAMPAÑAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE *METHARME LANATA*

Campaña	Fecha	Descripción
Invierno 2019	7 al 10 de julio 12 al 14 de julio	Seguimiento a la especie
	15 al 21 de agosto	Microrruteo ducto del proyecto
Primavera 2019	07 al 14 de octubre	Microrruteo alternativa ducto norte
	05 al 10 de diciembre	Microrruteo alternativa ducto sur
	15 al 20 de diciembre	Muestreo en quebradas norte y sur del área de obras
Verano 2019	26 al 30 de diciembre	Caracterización poblacional
Verano 2020	03 al 05 de enero	Caracterización poblacional
	21 al 26 de enero	Microrruteo alternativa ducto
Otoño 2020	mayo	Muestreo en área ductos
	mayo	Muestreo en área ductos

Campaña	Fecha	Descripción
Invierno 2020	22 al 27 de agosto	Refuerzo microrruteo en ductos
Primavera 2020	5 al 17 de septiembre	Censo
	3 al 15 de octubre	Censo
	31 al 12 de noviembre	Censo
	28 de noviembre al 10 de diciembre	Censo
Verano 2021	26 de diciembre al 7 de enero	Censo
	23 de enero al 4 de febrero	Censo
	20 de febrero al 4 de marzo	Censo
Otoño 2021	20 de marzo al 1 de abril	Censo
	17 al 29 de abril	Censo
	15 al 27 de mayo	Censo

Fuente: Cedrem Consultores, 2021

Es así como, tras el aumento del esfuerzo de muestreo en el marco de la MM-11, con la finalidad de asegurar la no afectación de la especie, se identificó más de 24.000 individuos de *Metharme lanata* en el sector correspondiente a la zona de Tramo 1 del proyecto.

En esta área se realizaron dos tipos de registros sistemáticos:

- Censos de plantas: a lo largo de las áreas de obras (LAT, alternativas de trazados de ductos).
- Muestreo estratificado: dirigido mediante parcelas, abarcando tanto obras como áreas entre obras, con el propósito de caracterizar la población en términos de densidad, tamaño, condición y estado fenológico.

De esta forma, considerando el mayor número de individuos identificados respecto del primer levantamiento de información, se procedió a efectuar una revisión entre agosto y diciembre de 2019, realizando una serie de campañas sucesivas con el fin de censar (microrutear) los individuos de *M. lanata* que se encontraban en cada una de las obras del área.

3.3 Medida Rediseño de obras en formaciones con *Metharme lanata*, MM-11

La Medida de Mitigación MM-11, vinculada a esta especie en estado de conservación, *Metharme lanata* y generada durante el proceso de evaluación de impacto ambiental del proyecto QB2, señala que no puede existir intervención a individuos de la especie durante la fase de construcción del proyecto, comprometiéndose el Titular a no afectar a la especie mediante el rediseño de obras, lo que se detalla a continuación (Tabla 5):

TABLA 5. MEDIDA MM-11 REDISEÑO DE OBRAS EN FORMACIONES CON *METHARME LANATA*

MM-11	Rediseño de obras en formaciones de Metharme lanata
Fases del Proyecto	Construcción
Componente ambiental	Plantas (Flora Vascular y Vegetación)
Impacto ambiental asociado	PLA-1 Pérdida de ejemplares de flora amenazada (*Metharme lanata*)
Tipo de Medida	Mitigación
Nombre de la medida	Rediseño de obras en formaciones con *Metharme lanata*
Objetivo de la medida	No intervenir individuos de la especie *Metharme lanata*, por rediseño de obras de ingeniería del Proyecto. Evitar la intervención de ejemplares de la especie *Metharme lanata*, mediante el rediseño de obras de ingeniería del Proyecto.
Descripción de la medida	La medida consiste en el rediseño del trazado de las huellas de acceso a las estructuras P043, P044 y P045 de la línea eléctrica (LAT 220 kV), los cuales se redelinearon alejándose lo más posible de los 7 individuos de *Metharme lanata* declarados como impactados (ver figura 8.17-1, en respuesta 8.17 de la Adenda complementaria del EIA ¨Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2, lo anterior fue posible debido a la existencia del catastro de los individuos de *Metharme lanata* ejecutado en el sector.
Justificación de la medida	La ejecución de la medida se excluye del rescate y relocalización de flora a la especie *Metharme lanata*, indicada originalmente en el EIA, ya que, a solicitud de la autoridad, en respuesta 8.17 de la Adenda Complementaria, el titular se compromete a no intervenir esta especie por rediseño de obras y, por tanto, no se justifica el rescate y relocalización. Además del rediseño de obras, el titular se compromete a: i. Catastro de *Metharme lanata* previo a construcción, con registros fotográficos. ii. Medición de altura, longitud y fenología del individuo. iii. Cercados y señaléticas de advertencia de protección. iv. Monitoreo de individuos de *Metharme lanata* por especialistas del área biológica, por todo el periodo de desarrollo de actividades. v. Desmantelamiento de los cercos al finalizar los frentes de trabajo por tramo.
Lugar de la medida	Área Obras Lineales: a. Estructuras P043, P044 y P045 de la línea eléctrica (LAT 220 kV). b. Plataforma del Sistema de transporte de concentrado (STC) y agua desalinizada (STAD).

MM-11	Rediseño de obras en formaciones de Metharme lanata
Forma y oportunidad de implementación	La medida se ejecuta durante el desarrollo de la ingeniería de factibilidad del Proyecto, y en este sentido su implementación se verifica confirmando durante la etapa de evaluación ambiental del Proyecto las modificaciones consideradas como parte de la medida.
Indicador de cumplimiento	No afectación de ejemplares de *Metharme lanata*, en sector Desierto Interior.
Verificador de cumplimiento	Se realizarán inspecciones periódicas durante la fase de Construcción con el fin de verificar el estado de los individuos de *Metharme lanata*.
Informes	Se entregará a la Autoridad un informe final que incluirá el detalle pormenorizado de las actividades desarrolladas, los resultados obtenidos y las inspecciones comprometidas.

Fuente: RCA N° 074/2018

Es así como, una vez iniciada la fase de construcción y luego de los esfuerzos de muestreo realizados entre los años 2019 y 2021, debido al mayor número de individuos de *Metharme lanata* identificados en el sector de ductos, con relación a los identificados en el levantamiento de información de la línea de base del EIA, se realizó el rediseño de las obras en el sector del Tramo 1, con la finalidad de cumplir con la no afectación de individuos de la especie.

Tal como indica el informe entregado en febrero de 2020 a la autoridad (SNIFA N° 92294), como parte del cumplimiento de los compromisos ambientales del Proyecto, en julio de 2019 se detectó la presencia de un total de 296 individuos, sobre un sector de la traza de los ductos y LAT asociados al Proyecto.

Posteriormente, los muestreos y censos realizados entre julio 2019 y mayo 2021 revelaron la presencia de un total de 24.296 individuos de *M. lanata* en el llano donde se emplazarán las obras de los ductos para el Tramo 1. Esta abundante presencia de individuos probablemente estaría relacionada a períodos de lluvias abundantes, condición que se presentó entre los años 2017-2020 en la zona del proyecto.

Debido a los nuevos hallazgos registrados, se realizaron campañas específicas adicionales de microrruteo en las obras del proyecto, donde nuevamente se georreferenció a cada individuo de *Metharme lanata* identificado.

Es relevante indicar que existe sólo un estudio de presencia de poblaciones de *M. lanata* (Pinto, 2009) sobre el cual consultar este hallazgo. De la escasa información y registros existentes, la planta ha sido descrita hasta ahora en llanos arenosos, sobre dunas de arenas móviles y sobre ripio de caminos[6]. Sin embargo, en el marco de las campañas de terreno realizadas en los últimos meses por el proyecto QB2, también ha sido observada sobre sustratos de laderas pedregosas y cumbres de serranías en sectores de precordillera hacia el límite sur de la Provincia del Tamarugal. La especie se ha descrito como un subarbusto

[6] Pinto, 2009. Informe Final estudio poblacional de *Metharme lanata*, CONAMA.

caducifolio, que crece formando pequeños cojines de 10 cm de altura por 15 cm de diámetro, con ramas predominantemente horizontales, los que se estima rebrotan cuando se producen abundantes lluvias, tal como las del verano de 2001 y 2012 (Teillier, 2001; 2012). Corresponde a una planta muy frágil y quebradiza (Pinto, 2009), y podría poseer características de colonizadora (i.e. presente en suelos removidos); aunque se desconoce información efectiva sobre la tipología de su hábitat y de su forma de crecimiento, sus tallos lignificados muchas veces hacen suponer un subarbusto, pero pueden encontrarse o no los individuos en los sitios donde alguna vez fueron registrados (Teillier, 2012), sin embargo, durante los monitoreos realizados a partir de la aplicación de la medida MM-11 se ha observado los individuos registrados con anterioridad.

Tal como se señaló, a partir de la aparición del mayor número de plantas de la especie, se realizó un análisis del trazado de ductos y la LAT aprobado por la RCA N°074/2018, determinando que éste generaría un impacto a 4.117 individuos de *Metharme lanata*. Por lo anterior, se estableció la necesidad de rediseñar el trazado de las obras con el objetivo de evitar la afectación sobre los ejemplares de la especie, según lo indica la MM-11.

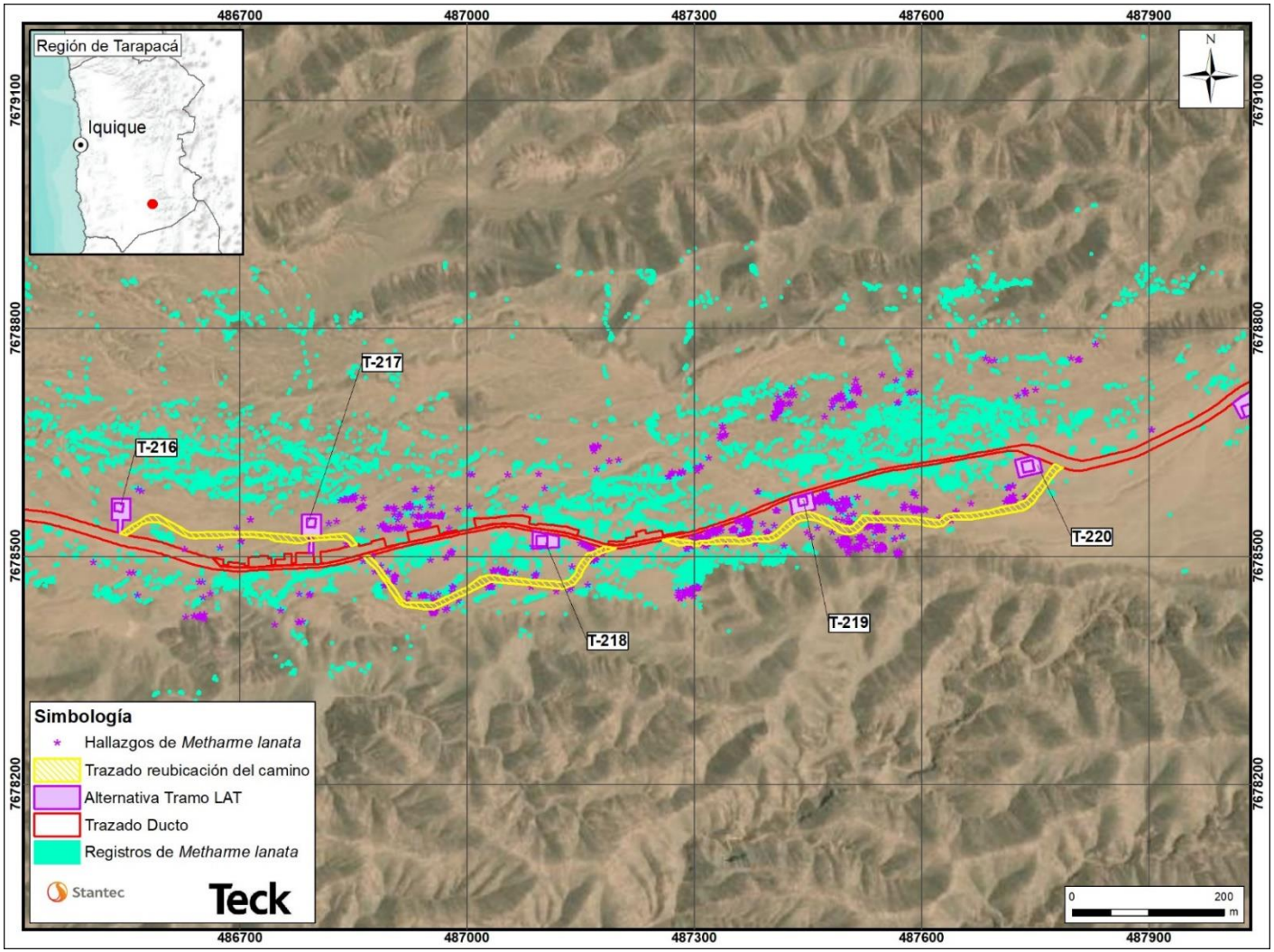
De esta manera, se revisaron diversas áreas alternativas para el nuevo diseño de trazado, a saber:

- Al norte del trazado aprobado en el EIA: alejado unos 200 m en promedio del área de los registros iniciales.
- Al sur: en el sector de serranías y lomajes.
- Próxima al proyecto original.

Estas alternativas, fueron descartadas debido a la abundante presencia de la especie, optándose por la elección de ajustar el diseño de ductos a través de un trazado que evita la afectación de individuos. De esta manera se llega al diseño, presentado en febrero de 2020 a la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) como parte de los informes correspondientes al cumplimiento de la MM-11 (SNIFA N° 92294). Sin embargo y en vista de los hallazgos registrados con posterioridad a dicha presentación, debió ser modificado nuevamente en noviembre de 2020 mediante informe ingresado a la SMA (SNIFA N° 103194). En última instancia, se realizó en agosto de 2021 una nueva revisión del trazado, la que también fue presentada a la SMA (SNIFA N° 114792), y corresponde a la reubicación del camino de construcción en el tramo de ductos (PK 38+800 a 39+800).

Finalmente, para evitar la afectación de individuos de *Metharme lanata* se reajustaron los tramos 1 (pK 37+000 a 42+000), 2 (pK 44+200 a 43+600), y 3 (44+500 a 45+100) de los ductos, así como la LAT en el sector que abarca los mismos tramos (pK 35+600 a 46+000), a lo que se suma la última modificación de agosto 2021 correspondiente a la reubicación del camino de construcción en el tramo de los ductos (PK 38+800 a 39+800) (Imagen 2).

IMAGEN 2: TRAZA DEL TRAMO 1 CON CAMINO REUBICADO INFORMADO A LA SMA EL 24 DE AGOSTO 2021



Fuente: Stantec, 2021

3.4 Descripción de Sectores con presencia de *Metharme lanata* cercanos al proyecto

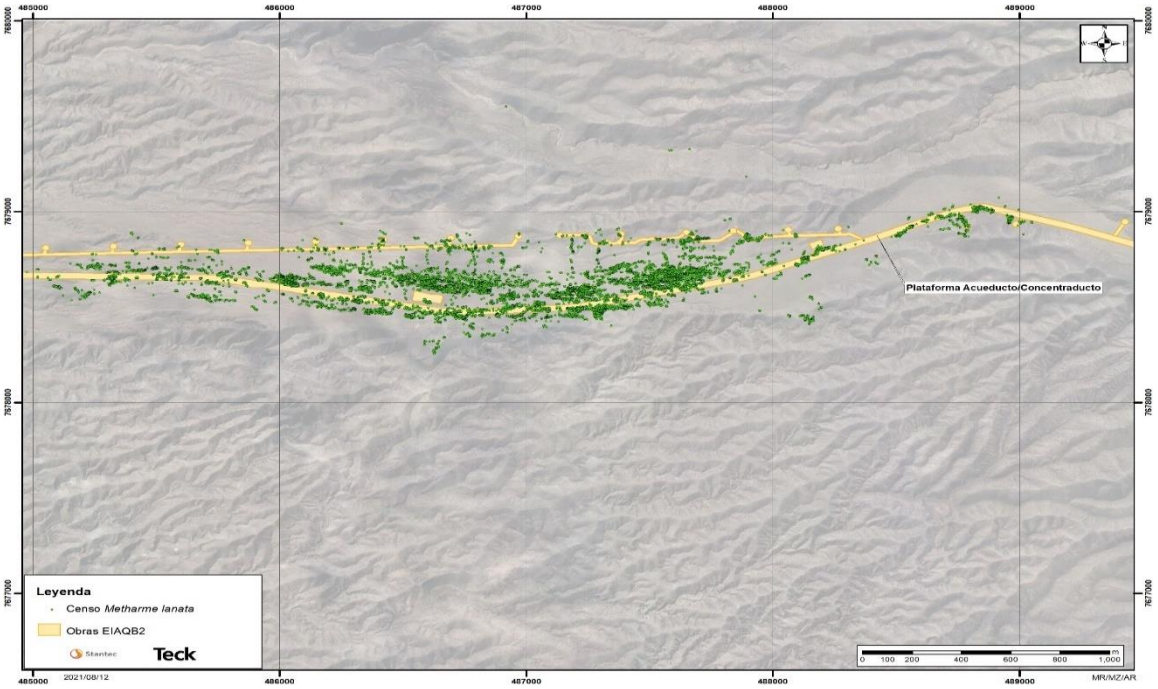
A continuación, se realizará una descripción de los antecedentes de la especie en algunos de los sectores cercanos al proyecto en los que existen registros de *Metharme lanata, c*omo parte del contexto de la especie, mediante prospecciones realizadas durante los años 2019 al 2021.

3.4.1 Sector Ductos Tramo 1

Considerando los antecedentes levantados de *Metharme lanata* durante la fase de construcción del proyecto, se vuelve relevante generar una caracterización del área de emplazamiento de ductos en el Tramo 1, a razón que la variable ambiental *Metharme lanata* se comportó de manera distinta a lo previsto.

De esta forma, el área señalada corresponde al llano que se extiende próximo a las obras del proyecto (Imagen 3), ubicado cerca de 5 km al sureste de la localidad de Tamentica, Provincia del Tamarugal, sector que concentra los registros de *Metharme lanata* conocidos hasta ahora. La información que se presenta recoge los antecedentes de los muestreos realizados durante los años 2019 y 2020 en el sector indicado.

IMAGEN 3. IDENTIFICACIÓN DEL SECTOR DUCTOS TRAMO 1 PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN



Fuente: Stantec, 2020

En la Imagen 3 se observa el sector ductos Tramo 1, el cual corresponde principalmente al llano donde se emplazan las obras lineales del proyecto Quebrada Blanca Fase 2 aprobadas en la RCA N°074/2018 y la presencia de la especie durante el censo realizado.

A partir de las campañas realizadas, se relevó un total de 13 puntos de muestreo de la vegetación mediante metodología COT (Carta de Ocupación de Tierras) en el sector de ductos, los que varían en altitud entre los 1.943 y 2.271 m.s.n.m. A estos puntos fueron asociados muestreos de inventarios florísticos, con base en recorridos exhaustivos por el área. Los puntos de muestreo se presentan en la Tabla 6.

TABLA 6. PUNTOS DE MUESTREO COT EN SECTOR DUCTOS

Puntos de muestreo (PM)	UTM E (WGS 84)	UTM N (WGS 84)	Altitud (mts)	Tipo de muestreo
LGF22	489.256	7.678.979	2.265	COT
LGF26	487.731	7.678.887	2.191	COT
LGF31	486.364	7.678.827	2.086	COT
LGF32	486.625	7.678.641	2.108	COT
LGF42	484.572	7.678.807	1.966	COT
LGF44	485.109	7.678.761	1.992	COT
LGF46	486.169	7.678.761	2.072	COT
LGF63	485.954	7.678.570	2.067	COT
LGF68	484.327	7.678.683	1.943	COT
UML001	489.308	7.678.913	2.271	COT
UML002	489.161	7.678.990	2.262	COT
UML003	488.739	7.678.098	2.241	COT
UML006	488.057	7.678.838	2.202	COT

Fuente: Cedrem Consultores

De acuerdo con los registros, el sector ductos en el Tramo 1 corresponde a recubrimientos de áreas denudadas, donde *Metharme lanata* se encuentra acompañada de otras especies herbáceas en bajas coberturas, pertenecientes a los géneros *Tiquilia* y *Cistanthe,* entre otras (Tabla 7). Los más de 24.000 registros de la especie en el área presentan una distribución altitudinal entre los 1.896 m.s.n.m. hasta los 2.363 m.s.n.m., con una mayor concentración de individuos entre los 2.100 y 2.200 m.s.n.m. aproximadamente.

TABLA 7. ESPECIES DE FLORA REGISTRADAS EN EL SECTOR DUCTOS TRAMO 1

Especie		Familia	Hábito	Origen	Categoría de conservación
***Bryantiella glutinosa* (Phil.)**	J.M. Porter	Polemoniaceae	Hierba anual	Nativa	-
***Cistanthe celosioides* (Phil.)**	Carolin ex Hershkovitz	Montiaceae	Hierba anual	Endémica	-
***Cistanthe cfr. salsoloides* (Barnéoud)**	Carolin ex Hershkovitz	Montiaceae	Hierba perenne	No determinado	-
Cristaria dissecta	Hook & Arn.	Malvaceae	Hierba anual o perenne	Nativa	-
***Metharme lanata* Phil**	Ex Engl.	Zygophyllaceae	Hierba perenne	Endémica	En Peligro D.S. N° 42/2011
***Nolana tarapacana* (Phil.)**	I.M. Jhonst.	Nolanaceae	Hierba perenne	Endémica	-
***Tetragonia microcarpa* Phil.**		Aizoaceae	Hierba anual	Nativa	-
***Tiquilia aff. grandiflora* (Phil.)**	A.T. Richardson	Boraginaceae	Arbustiva	No determinado	-
***Trichocline caulescens* Phil.**		Asteraceae	Hierba perenne	Endémica	-

Fuente: Cedrem Consultores

En general, la vegetación analizada se localiza sobre sustratos mixtos (pedregosos y arenosos) o arenosos, en un rango de pendientes de 6 a 38%, en ladera de exposición norte, en lomajes de depresión abierta de exposición noroeste, en depresión abierta de exposición norte y sur, y/o en pediplanos de exposición suroeste (Imagen 4).

IMAGEN 4. FISONOMÍA DEL AMBIENTE DE *METHARME LANATA* EN EL SECTOR DEL TRAMO 1



a) Depresión abierta de orientación norte y sur, sobre sustrato mixto (2.173 m.s.n.m.); b) Pediplano de exposición noroeste, sobre sustrato mixto (2.150 m.s.n.m.); c) Ladera de exposición norte, sobre sustrato arenoso (2.131 m.s.n.m.); d) Pediplano de exposición suroeste, sobre sustrato mixto-arenoso (2.045 m.s.n.m.). Fotografías del 29 de diciembre 2019.

Fuente: Cedrem Consultores

El análisis muestra que se trata en general de plantas pequeñas, con algunas excepciones de mayor tamaño, y en su mayoría en estado vegetativo. Los individuos se registraron igualmente con apariencia de receso (i.e. ausencia follaje verde-activo) con signos de fragmentación en las hojas y tallos de la planta. (Imagen 5).

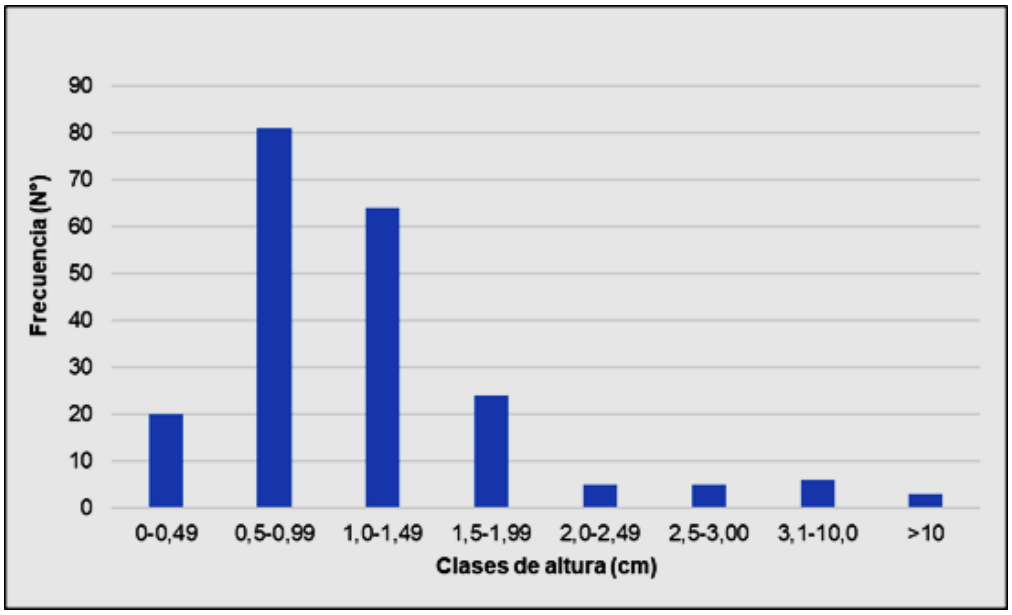
IMAGEN 5. ESTADO DE DESARROLLO DE LAS PLANTAS OBSERVADAS EN EL TRAMO 1 DEL SECTOR DUCTOS



a) Individuo en estado de latencia sin follaje, con signos de enterramiento; b) Individuo en estado de latencia con follaje, con signos de enterramiento; c) Individuo en estado de latencia fragmentado, con signos de enterramiento; d) Individuo en estado de latencia sin follaje, sin signos de enterramiento; e) Individuo en estado de latencia con follaje, sin signos de enterramiento; f) Individuo de gran dimensión en estado de latencia fragmentado, con signos de enterramiento (podría tratarse de más de un individuo). Fotografías del 29 de diciembre 2019.
Fuente: Cedrem Consultores.

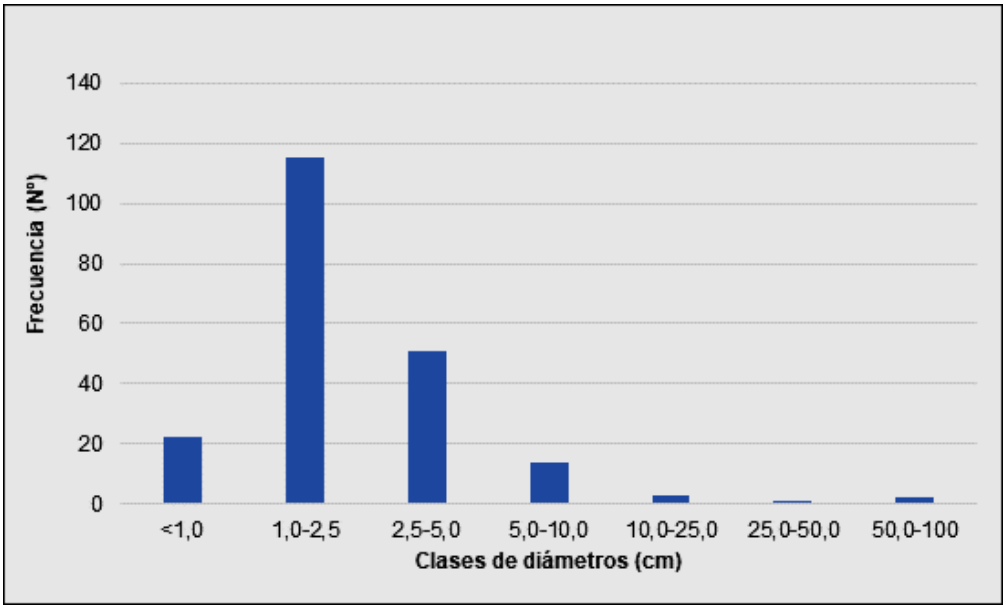
Al observar la distribución de tamaños de las plantas en el sector ductos Tramo 1, en términos generales, se observa principalmente plantas pequeñas, con una mayor frecuencia de plantas con alturas que van entre los 0,5 y 1,5 cm; y diámetros del follaje entre 1,0 y 5,0 cm. (Figura 1 y Figura 2).

FIGURA 1. VARIACIÓN DE ALTURA DE LAS PLANTAS DE *METHARME LANATA* EN EL SECTOR DUCTOS TRAMO 1



Fuente: Cedrem Consultores, 2020

FIGURA 2. VARIACIÓN DEL DIÁMETRO DE LAS PLANTAS DE *METHARME LANATA* EN EL SECTOR DUCTOS TRAMO 1



Fuente: Cedrem Consultores, 2020

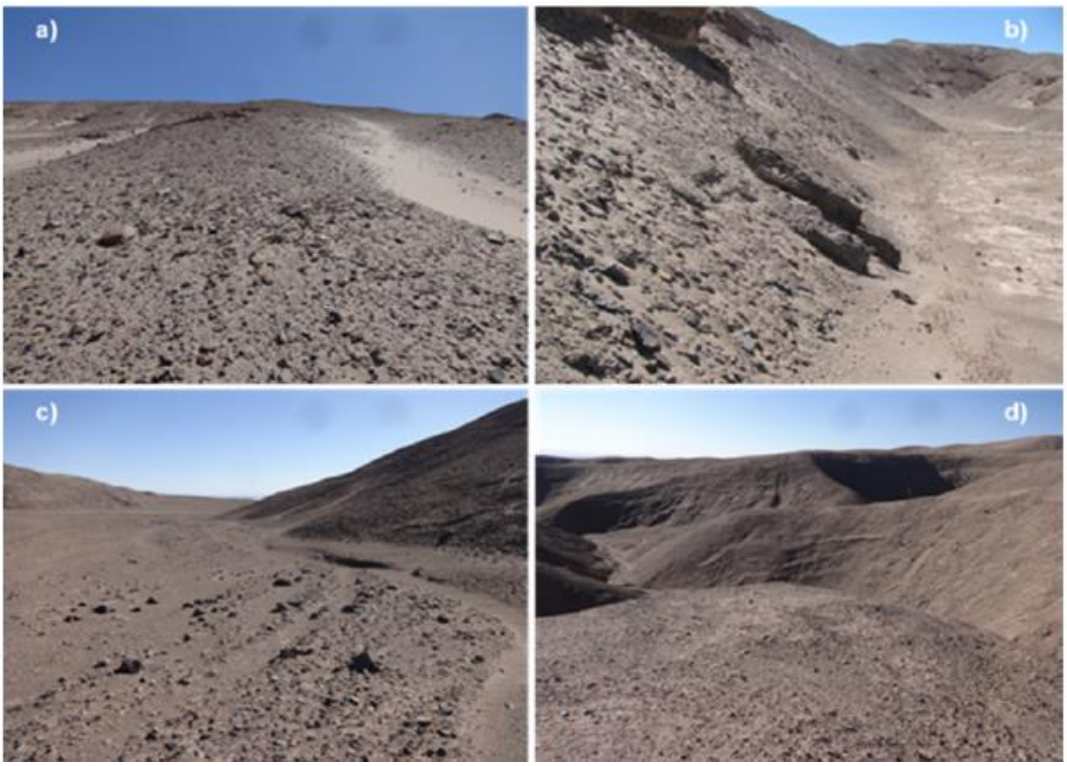
3.4.2 Quebradas Adyacentes a ductos

Del mismo modo, se realizó una caracterización del área colindante al norte y sur del sector de ductos. En distinto grado, ambas zonas abarcan secciones de llano, lomajes y serranías, distinguiéndolas del sector de obras, que corresponde predominantemente a un llano con lomajes.

3.4.2.1 Sector norte

En cuanto a la caracterización de la vegetación, el área inmediatamente al norte del sector ductos, presenta áreas sin vegetación en la mayoría de su superficie, correspondiendo principalmente a cordones de cerros, laderas y cumbres con áreas denudadas, donde se levantaron escasos registros de *Metharme lanata*. La vegetación representa un 5,15% de la superficie del sector, destacando dominancia de la especie en una quebrada. Igualmente, se registró la presencia de *Tiquilia grandiflora* en una quebrada al noreste del sector, por sobre los 2.200 m de altitud, presentando una cobertura vegetal clara, entre los 10 y 25%, en un estrato bajo en altura (<50 cm). Lo anterior se observa en la (Imagen 6).

IMAGEN 6. FISIONOMÍA DE LAS FORMACIONES Y OTROS RECUBRIMIENTOS DEL SECTOR NORTE DE DUCTOS



Fuente: Cedrem Consultores

Relacionado con la caracterización de la flora, en el área se registra una riqueza de nueve especies de plantas vasculares, las que pertenecen a siete familias y siete géneros, siendo la totalidad de las especies pertenecientes a la clase Magnoliopsida (Dicotiledóneas). Las familias Montiaceae y Boraginaceae son las más representativas con dos especies cada una, las otras cinco familias se encuentran representadas por una especie.

Respecto al origen geográfico, la composición de ellas está explicada por ocho especies nativas (88,9%), de las cuales cuatro son endémicas (44,4%); mientras que la restante no tiene un origen determinado pues fue identificada sólo a nivel de género. Por otra parte, y según la distribución geográfica de las especies presentes, la mayoría (siete) presenta una distribución moderadamente restringida (entre las regiones de Arica y Parinacota y Atacama), sólo una presenta una distribución no restringida, y el restante sólo se logró identificar a nivel de género.

En cuanto a las formas de crecimiento registradas en el sector, se componen de hierbas anuales (33,3%) y hierbas perennes (33,3%) con tres especies cada una. Luego, dos corresponden a la forma arbustiva (22,2%) y una a la forma subarbustiva (11,1%). Para detalles ver Tabla 8.

TABLA 8. ESPECIES DE FLORA REGISTRADAS EN EL SECTOR NORTE DE DUCTOS

Familia	Especie	Forma de Crecimiento	Origen geográfico	Distribución geográfica	Categoría de conservación
Montiaceae	*Cistanthe amarantoides* (Phil.) Carolin ex Hershkovitz	Hierba perenne	Endémica	No restringida (XV, I, II, III, IV)	NA
	Cistanthe celosioides (Phil.) Carolin ex Hershkovitz	Hierba anual	Nativa	Moderadamente restringida (XV, I, II, III)	NA
Boraginaceae	Tiquilia aff. *grandiflora* (Phil.) A.T. Richardson	Arbustiva	No determinado	No determinado	NA
	Tiquilia grandiflora (Phil.) A.T. Richardson	Arbustiva	Nativa	Moderadamente restringida (XV, I, II, III)	NA
Polemoniaceae	*Bryantiella glutinosa* (Phil.) J.M. Porter	Hierba anual	Nativa	Moderadamente restringida (XV, I, II, III)	NA
Nolanaceae	*Nolana tarapacana*	Hierba perenne	Endémica	Moderadamente restringida (XV, I, II, III)	NA

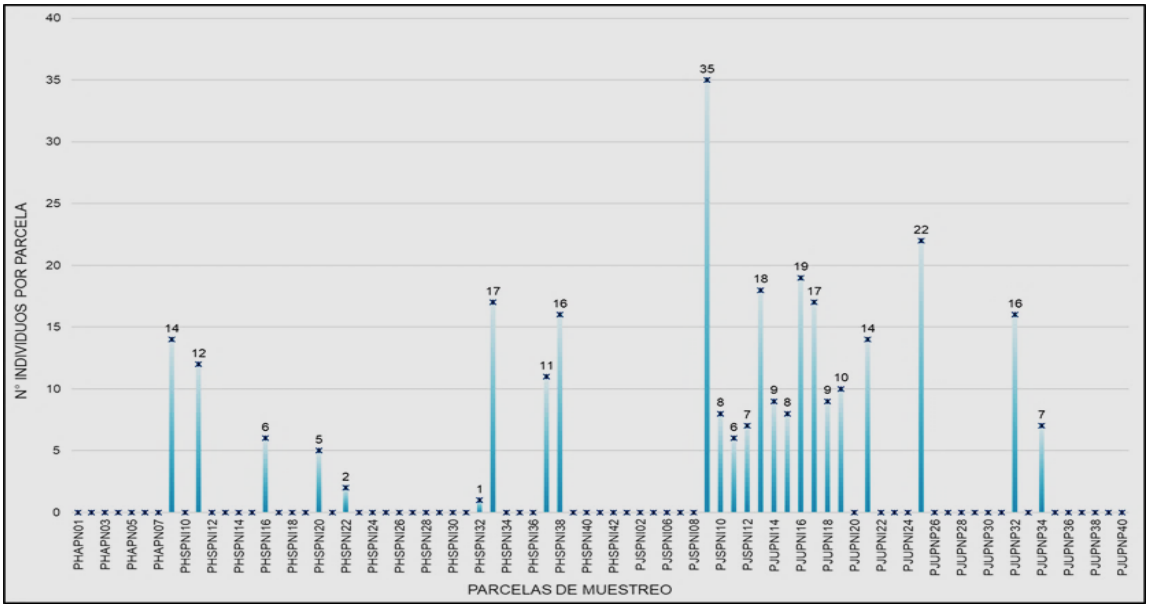
Familia	Especie	Forma de Crecimiento	Origen geográfico	Distribución geográfica	Categoría de conservación
	(Phil.) I.M. Johnst.				
Asteraceae	*Trichocline caulescens* Phil.	Hierba perenne	Endémica	Moderadamente restringida (XV, I, II)	NA
Aizoaceae	*Tetragonia microcarpa* Phil.	Hierba anual	Nativa	Moderadamente restringida (XV, I, II, III)	NA
Zygophyllaceae	*Metharme lanata* Phil. ex Engl.	Subarbustiva	Endémica	*Metharme lanata* Phil. ex Engl.	En Peligro DS N°42/2011

NA: No Aplica

Fuente: Elaboración propia en base a Cedrem Consultores

En el sector norte de ductos, se registró una abundancia promedio de 1.463 individuos por hectárea. A su vez, del total de 79 parcelas realizadas en 24 de ellas se registraron individuos de *Metharme lanata*, mientras que en 55 de ellas no se realizaron hallazgos de la especie (Figura 3). En esta zona, la especie se observó principalmente en fondos de quebradas y laderas con pendientes que van entre 5 y 80% en suelos de sustrato principalmente arenoso – pedregoso.

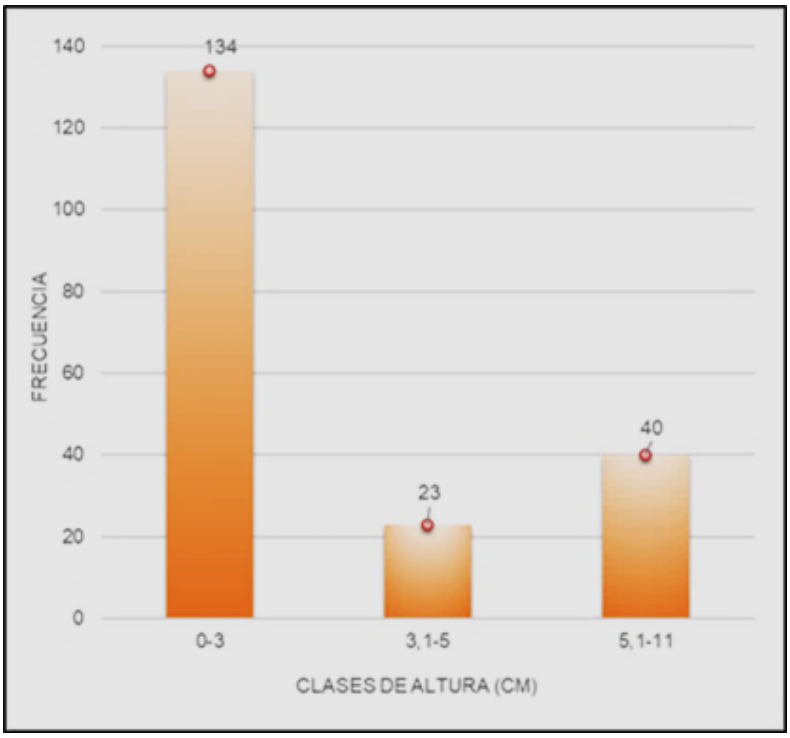
FIGURA 3. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR PARCELA, EN EL SECTOR NORTE DE DUCTOS



Fuente: Cedrem Consultores

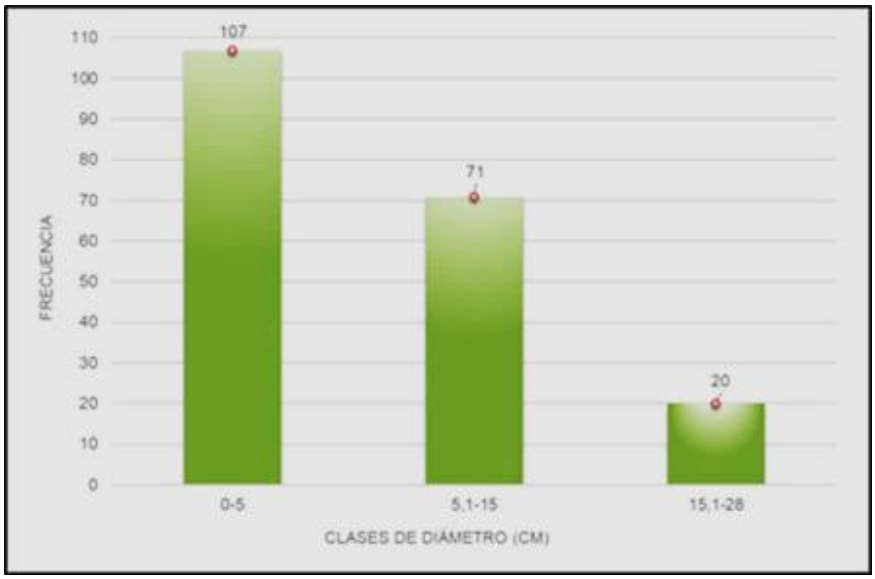
Las plantas registradas se presentan principalmente en condiciones de latencia o receso, de tamaño más bien pequeño con diámetros que van mayoritariamente entre 0,0 y 5,0 cm; y alturas entre 0,0 y 3,0 cm (Figura 4, Figura 5 e Imagen 7). No obstante, también se registraron individuos con diámetros y alturas hasta 28,0 cm y 11,0 cm, respectivamente (ver Imagen 8).

FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN DE ALTURAS (EN CM) DE LAS PLANTAS DE *METHARME LANATA* EN SECTOR NORTE DE DUCTOS



Fuente: Cedrem Consultores

FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN GENERAL DE TAMAÑOS (DIÁMETRO EN CM) DE *METHARME LANATA* EN SECTOR NORTE DE DUCTOS



Fuente: Cedrem Consultores

IMAGEN 7. ESTADO DE DESARROLLO DE LAS PLANTAS OBSERVADAS EN EL SECTOR NORTE DE DUCTOS



a) individuo en estado de latencia con follaje en sustrato arenoso, con signos de enterramiento; b) Individuo de mayor tamaño, vigoroso, en sustrato arenoso; c) Individuo en latencia con follaje, sin signos de enterramiento, en sustrato mixto; d) Individuo en latencia fragmentado, en sustrato mixto.
Fuente: Cedrem Consultores.

IMAGEN 8. EJEMPLO DE UN INDIVIDUO DE *METHARME LANATA* CON MAYORES DESARROLLOS DE DIÁMETROS Y ALTURAS OBSERVADAS EN EL SECTOR NORTE DE DUCTOS



Fuente: Cedrem Consultores.

3.4.2.2 Sector sur

En el área al sur del sector de obras, se realizaron 11 puntos de descripción vegetacional COT, ubicados entre los 1.985 y 2.262 m.s.n.m., y 90 parcelas de muestreo florístico, abarcando un rango altitudinal entre 1.988 y 2.318 m.s.n.m. Se determinó en cuanto a características de la vegetación que la mayor superficie del sector corresponde a áreas sin vegetación, representadas principalmente por cordones de cerros, laderas y cumbres con áreas denudadas, además de algunas cajas de cauces ocasionales en quebradas más amplias entre las serranías.

Destaca la presencia general de la especie *Metharme lanata* en varias de estas unidades, sin representar una cobertura y/o distribución que indique una formación vegetal propiamente tal, no obstante, la presencia de *M. lanata* en el sector es frecuente y, en algunos casos, con varios individuos agrupados.

La vegetación representa un 1,49% de la superficie del sector con dos unidades: la primera dominada por *Metharme lanata* en una quebrada menor de sustrato arenoso, al noreste del sector a unos 2.276 m de altitud, presentando una baja cobertura vegetal de no más del 10%, con individuos pequeños y de baja altura; y la segunda corresponde a formación arbustiva dominada por la especie *Tiquilia atacamensis*, la que es posible observar en una

quebrada amplia al noreste del sector y presenta una cobertura vegetal muy clara, entre 10 y 25% en un estrato bajo en altura (<50 cm) (Imagen 9).

IMAGEN 9. FISIONOMÍA DE LAS FORMACIONES Y OTROS RECUBRIMIENTOS EN EL SECTOR SUR DE DUCTOS



Fuente: Cedrem Consultores

En cuanto a las características de flora, la riqueza del sector está representada por cuatro especies en total, las cuales pertenecen a cuatro familias y cuatro géneros. La totalidad de ellas pertenecen a la clase Magnoliopsida (Dicotiledóneas). Mientras que, cada una de las especies pertenece a una familia independiente (Tabla 9).

TABLA 9. ESPECIES DE FLORA REGISTRADAS EN EL SECTOR SUR DE DUCTOS

Familia	Especie	Forma de Crecimiento	Origen geográfico	Distribución geográfica	Categoría de conservación
Zygophyllaceae	*Metharme lanata* Phil. ex Engl.	Subarbustiva	Endémica	Restringida a la I región	En Peligro DS N°42/2011
Nolanaceae	*Nolana tarapacana* (Phil.) I.M. Johnst.	Hierba perenne	Endémica	Moderadamente restringida (XV, I, II, III)	NA
Asteraceae	*Trichocline caulescens* Phil.	Hierba perenne	Endémica	Moderadamente restringida (XV, I, II)	NA
Aizoaceae	*Tetragonia microcarpa* Phil.	Hierba anual	Nativa	Moderadamente restringida (XV, I, II, III)	NA

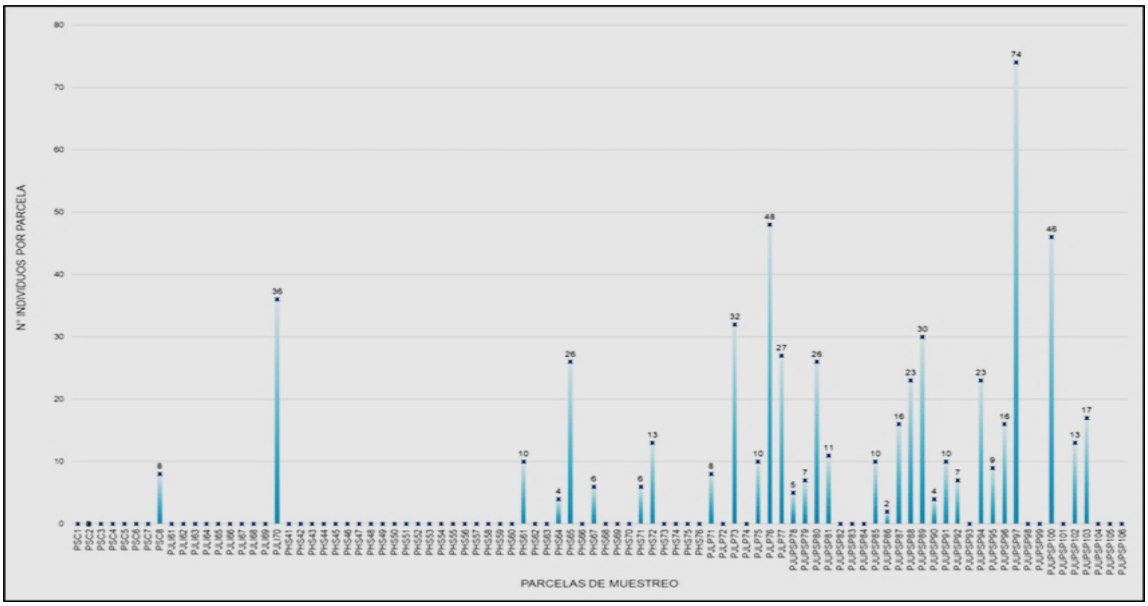
NA: No Aplica. Fuente: Modificado de Cedrem Consultores

La composición de especies respecto al origen geográfico está constituida por cuatro especies nativas, siendo tres de ellas especies endémicas (75%); la forma de crecimiento dominante en el sector es el de hierbas perennes, con dos especies (50%) y de las restantes, uno (25%) corresponde a hierba anual y otra (25%) corresponde a subarbusto. La distribución dentro del país es en un 100% moderadamente restringida, ya que la totalidad de las especies crecen entre la región de Arica y Parinacota, y la región de Atacama.

Sólo *Metharme lanata* se encuentra clasificada en categoría de conservación en el área.

En el área sur de ductos, del total de 90 parcelas realizadas, se registraron individuos de *M. lanata* en 32 de ellas, mientras que en 58 parcelas de muestreo no se encontraron, presentando una abundancia promedio de 2.126 individuos por hectárea (Figura 6). En esta área la especie se observa principalmente en altas laderas, cumbres y algunos fondos de quebradas, con sustrato mixto arenoso pedregoso y pendientes entre 10 y 100%.

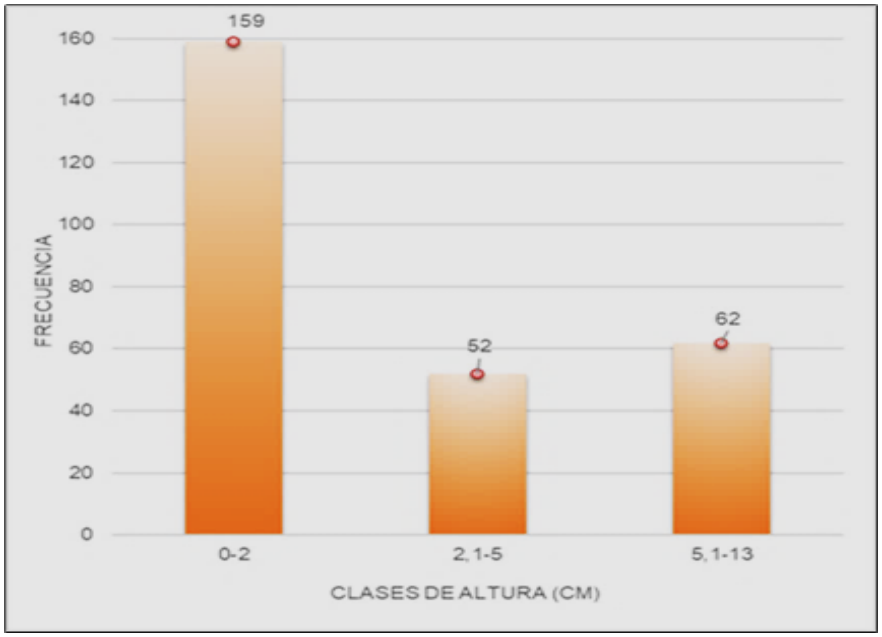
FIGURA 6. NÚMERO DE INDIVIDUOS POR PARCELA, EN EL SECTOR SUR DE DUCTOS



Fuente: Cedrem Consultores

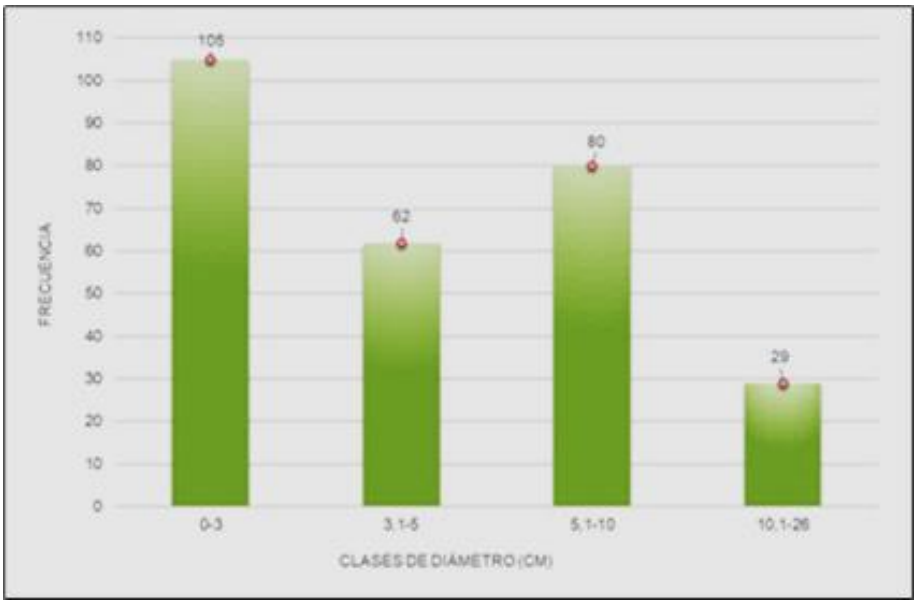
Los individuos registrados se presentan mayoritariamente en condiciones de latencia con tamaños pequeños, de diámetros que van entre 0,0 y 3,0 cm, y alturas entre 0,0 y 2,0 cm. Sin embargo, también se registraron individuos vigorosos, con diámetros y alturas hasta 26,0 y 12,5 cm respectivamente (ver Figura 7, Figura 8 e Imagen 10).

FIGURA 7. DISTRIBUCIÓN DE ALTURAS (EN CM) DE LAS PLANTAS DE *METHARME LANATA* EN EL SECTOR SUR DE DUCTOS



Fuente: Cedrem Consultores

FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN GENERAL DEL TAMAÑO (DIÁMETRO EN CM) DE *METHARME LANATA* EN EL SECTOR SUR DE DUCTOS



Fuente: Cedrem Consultores

IMAGEN 10. ESTADO DE DESARROLLO DE LAS PLANTAS OBSERVADAS EN EL SECTOR SUR DE DUCTOS



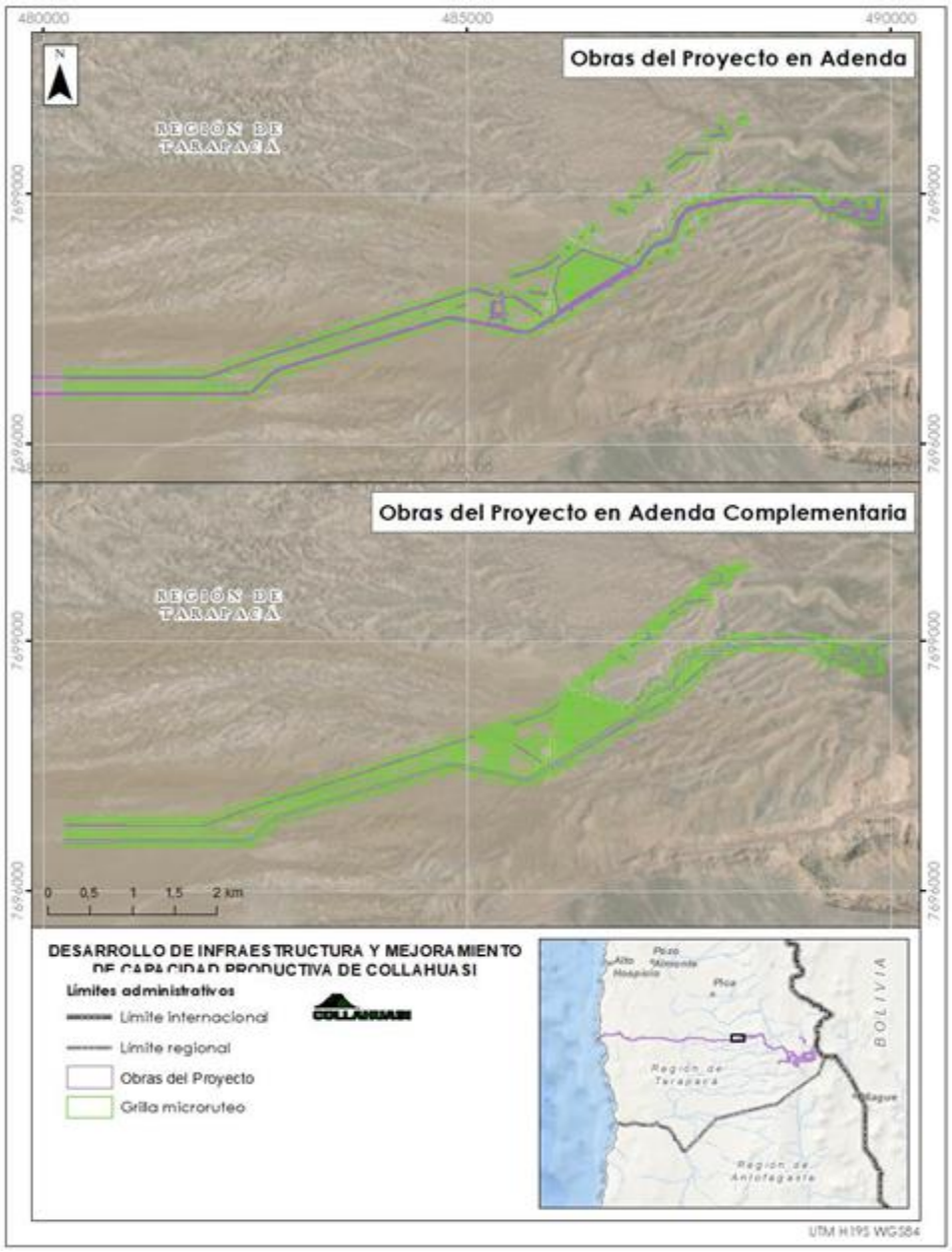
a) individuo en estado mixto con <70% de follaje verde, sin signos de enterramiento; b) Individuo de mayor tamaño, en estado de latencia, en sustrato mixto; c) Individuo pequeño en latencia con follaje, sin signos de enterramiento, en sustrato mixto; d) Individuo vigoroso de gran tamaño, en sustrato mixto.
Fuente: Cedrem Consultores.

3.4.3 Área Proyecto Collahuasi

En el marco de la evaluación del proyecto “Desarrollo de Infraestructura y Mejoramiento de Capacidad Productiva de Collahuasi – Región de Tarapacá” de Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, Geobiota ejecutó un censo en los sectores con potencial presencia de la especie *Metharme lanata*, durante el año 2019, y un microrruteo durante marzo de 2020, en las áreas a ser intervenidas por las obras proyectadas del proyecto mencionado (Imagen **11**). Como resultado, fue posible contabilizar un total de 158.972 de individuos presentes bajo el trazado de las obras del proyecto. La mayor abundancia de la especie se registró entre los 2.230 y los 2.370 m.s.n.m., siendo máxima a los 2.330 m.s.n.m. con 3.250 individuos en una cuadrícula de microrruteo. Por otro lado, se observó que sobre los 2.470 y bajo los 1.922 m.s.n.m. la especie no se encuentra presente, constituyendo los límites altitudinales de la misma.[7]

[7] Anexo 12H. Informe microrruteo de la especie *Metharme lanata* (Zygophyllaceae), agosto 2020. Adenda Complementaria, Proyecto EIA Desarrollo de Infraestructura y Mejoramiento de Capacidad Productiva de Collahuasi – Región de Tarapacá, Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi.

IMAGEN 11: OBRAS DEL PROYECTO Y CUADRANTES DE CONTEO DE INDIVIDUOS DE METHARME LANATA. (A) OBRAS PRESENTADAS EN LA ADENDA. (B) OBRAS PRESENTADAS EN LA ADENDA COMPLEMENTARIA

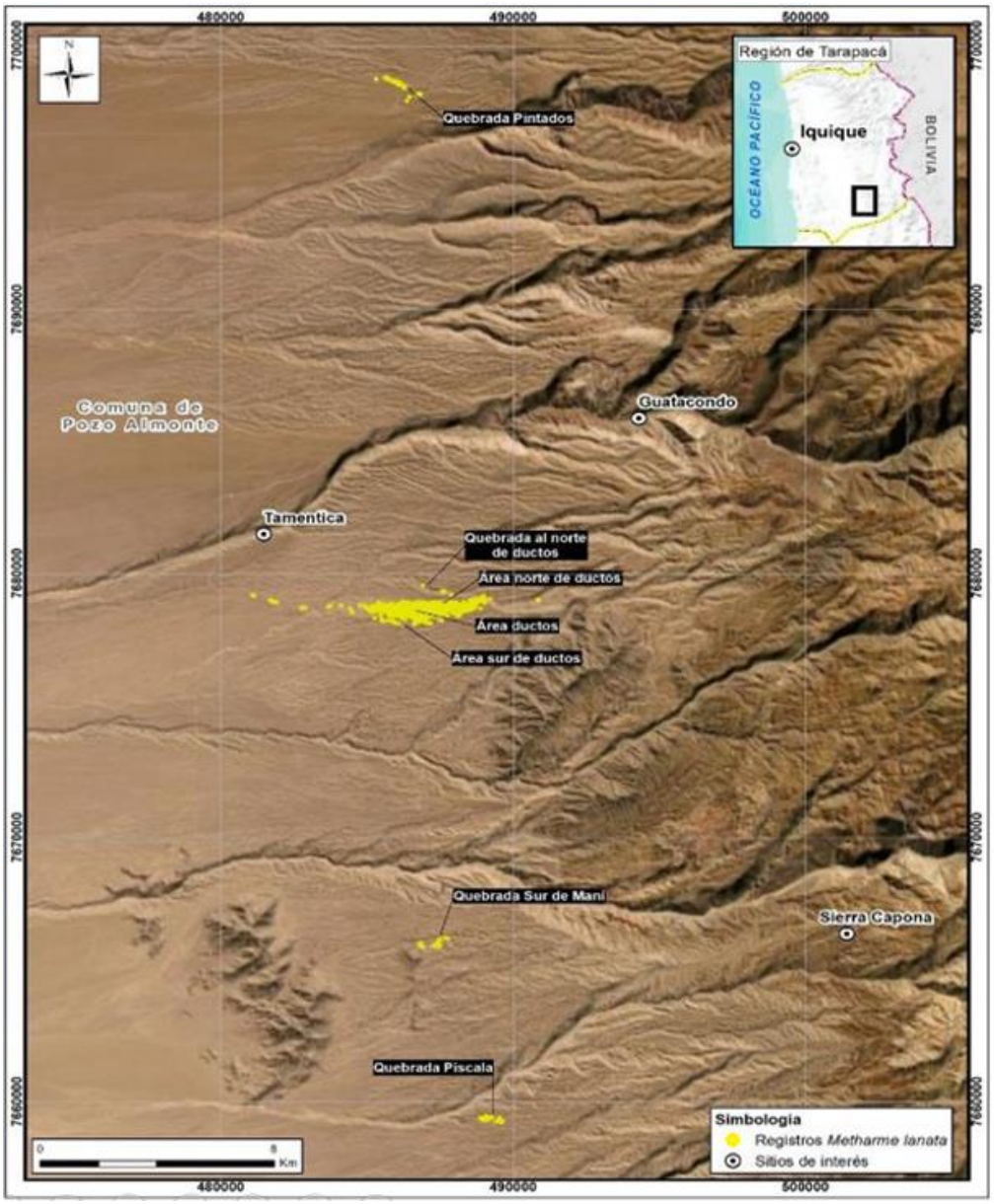


Fuente: Anexo 12H Informe microrruteo de la especie *Metharme lanata* (Zygophyllaceae), agosto 2020. Adenda Complementaria. Proyecto Desarrollo de Infraestructura y Mejoramiento de Capacidad Productiva de Collahuasi – Región de Tarapacá

3.4.4 Quebradas al norte y sur del área de ductos

Tal como se mencionó anteriormente, se realizó un muestreo con la finalidad de evaluar la presencia de la especie y las características generales que presenta en cuatro quebradas, ubicadas al norte y sur de las obras de ductos (Imagen 12).

IMAGEN 12. QUEBRADAS ESTUDIADAS CON PRESENCIA DE *METHARME LANATA*.



Fuente: Cedrem Consultores

3.4.4.1 Sector Camino Pintados

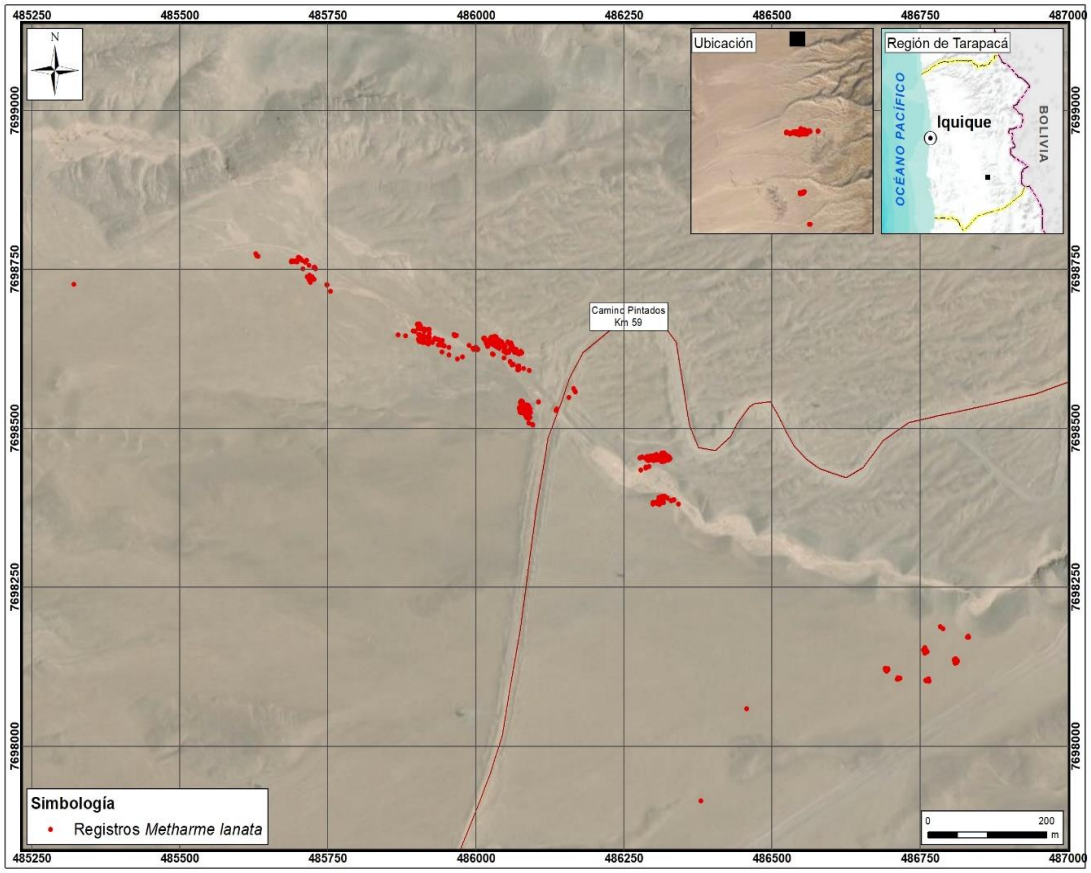
Ubicado al norte del área estudiada, este sector presenta características de pediplano hacia el noroeste formando una quebrada abierta hacia el sureste, con sustrato principalmente arenoso y pendiente suave en ambos sectores (5-10%) (Imagen 13). Se registraron 711 individuos de la especie, ubicados hacia ambos lados del camino Pintados (Imagen 14). Los individuos se encuentran concentrados principalmente hacia el noroeste del camino, donde una gran cantidad de ellos se encuentra en estado vigoroso y con presencia de flores; mientras hacia el sureste, se observan en latencia y fragmentados. Las principales especies acompañantes en esta área corresponden a *Atriplex imbricata*, *Tiquilia atacamensis*, y *Nolana tarapacana.*

IMAGEN 13. ESTADO DE DESARROLLO DE LAS PLANTAS OBSERVADAS CAMINO PINTADOS



Imágenes tomadas el 19 de diciembre de 2019
Fuente: Cedrem Consultores

IMAGEN 14. REGISTROS DE *METHARME LANATA* EN QUEBRADA DEL CAMINO PINTADOS



Fuente: Cedrem Consultores

3.4.4.2 Quebrada al norte del área ductos

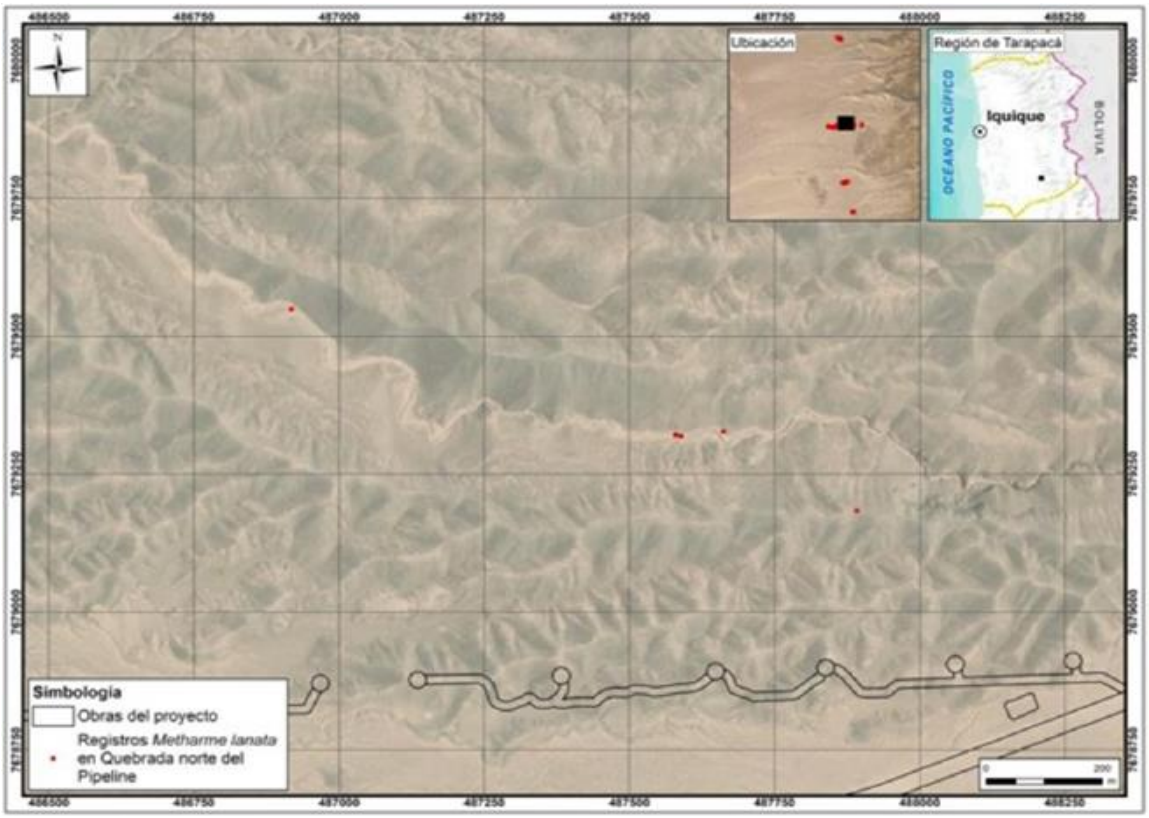
Esta área, ubicada al norte del sector ductos, corresponde a una depresión cerrada, con sustrato arenoso y pendiente suave (0-15%). Solo se registraron cinco individuos de *Metharme lanata*: uno en la cumbre de un cerro adyacente a la quebrada en dirección sur, y los otros cuatro restantes se ubican en el fondo de quebrada (Imagen 15). Los individuos se observan, en general, en estado de latencia con follaje, exceptuando uno, que se encuentra en estado vigoroso con abundantes flores (Imagen 16). Las principales especies acompañantes en esta área corresponden a *Tiquilia atacamensis, Tetragonia microcarpa, Cistanthe grandiflora, Bryantiella glutinosa, Nolana tarapacana, Trichocline caulescens, Atriplex glaucescens* y *Tarasa operculata*.

IMAGEN 15. ESTADO DE DESARROLLO DE LAS PLANTAS OBSERVADAS EN QUEBRADA AL NORTE DE DUCTOS



Imágenes tomadas el 18 de diciembre de 2019
Fuente: Cedrem Consultores

IMAGEN 16. REGISTROS DE *METHARME LANATA* EN QUEBRADA AL NORTE DE DUCTOS



Fuente: Cedrem Consultores

3.4.4.3 Quebrada sin nombre, al sur de quebrada Maní

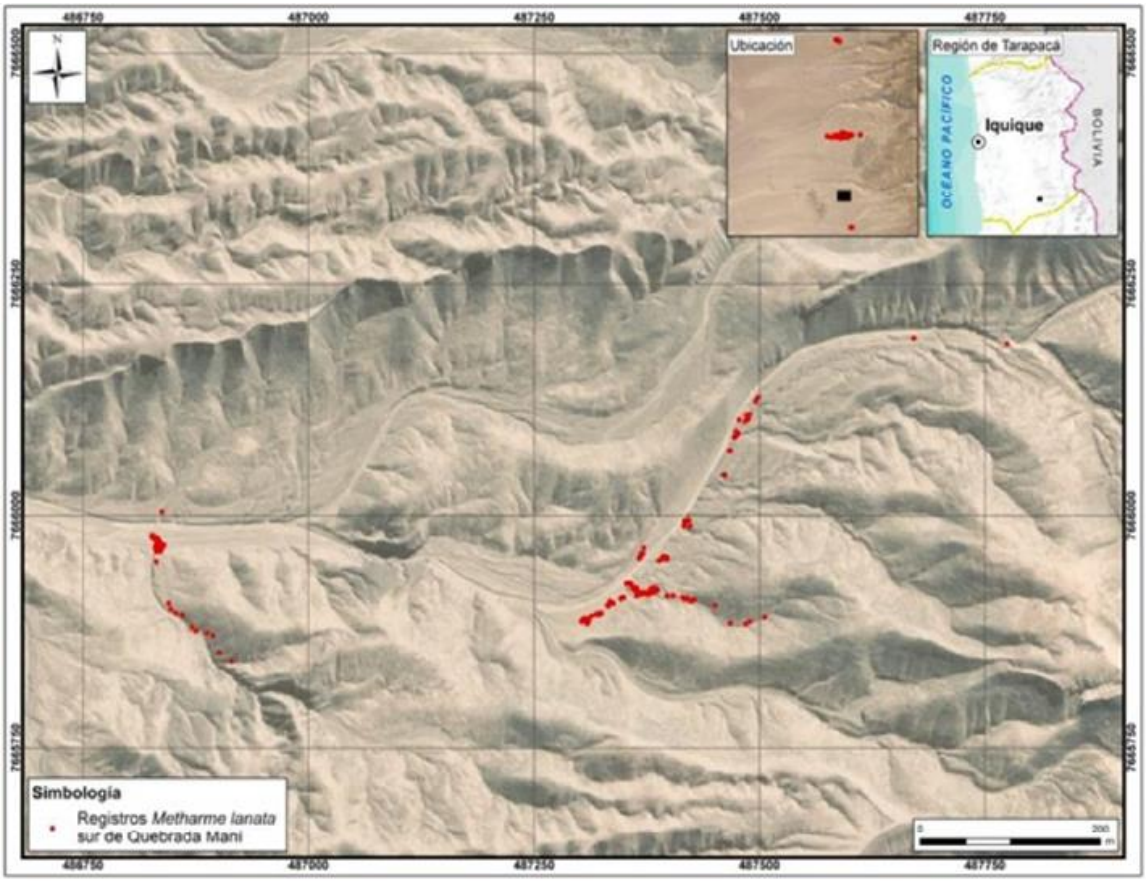
En el sector con presencia de *Metharme lanata*, la quebrada ubicada al sur de quebrada Maní, corresponde a una depresión cerrada, con sustrato mixto pedregoso-arenoso y de pendiente suave (10-15%). En este lugar se registró un total de 276 individuos de la especie, ubicados en su mayoría en el fondo de quebrada, y en pequeños lomajes presentes en la parte baja de la ladera sur; además de encontrarse, en menor cantidad, en quebradas adyacentes en dirección suroeste (Imagen 17). La mayoría de las plantas encontradas se observan en estado de latencia, aun cuando se registraron varios individuos en estado vigoroso con diversos tamaños (Imagen 18). Las principales especies acompañantes en esta área son *Tiquilia atacamensis* y *Tetragonia microcarpa*.

IMAGEN 17. ESTADO DE DESARROLLO DE LAS PLANTAS EN QUEBRADA AL SUR DE QUEBRADA MANÍ



Imágenes tomadas el 17 de diciembre de 2019
Fuente: Cedrem Consultores

IMAGEN 18. REGISTROS DE *METHARME LANATA* EN QUEBRADA AL SUR DE QUEBRADA MANÍ



Fuente: Cedrem consultores

3.4.4.4 Sector al sur de Quebrada Piscala

Esta quebrada, ubicada al sur del Tramo 1, presenta en general un tipo de sustrato mixto pedregoso-arenoso con pendientes que van desde los 5% a 40%. El fondo de quebrada se presenta más pedregoso y rocoso que lo observado en las áreas de obras de ductos.

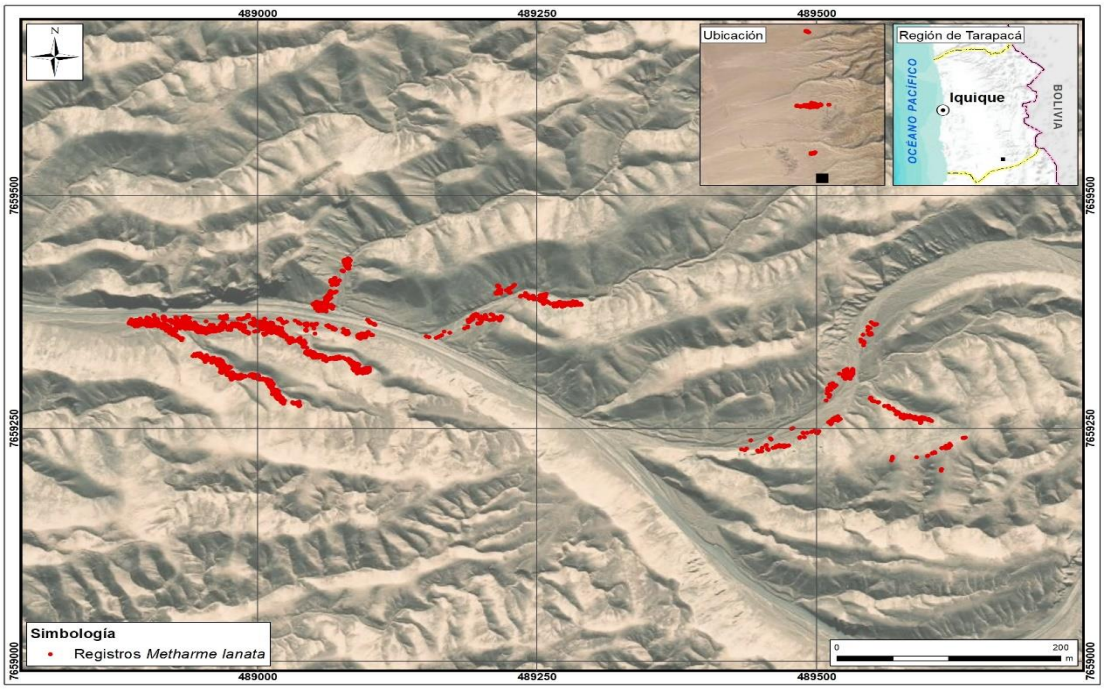
En este sector se registraron cerca de 2.900 individuos de *Metharme lanata,* concentrados en el fondo de quebrada, principalmente en un sector adyacente a una huella de camino y quebradas aportantes menores (Imagen 19). Las plantas se observan en buen estado y de gran tamaño, con diámetros que van entre los 5 y 15 cm en su mayoría, y alturas entre los 5,0 y 10,0 cm. Solo 11 plantas se registraron con diámetros por sobre los 25,0 cm, alcanzando un máximo de 48,5 cm; mientras 12 plantas contaban con alturas por sobre los 15,0 cm (Imagen 20).

IMAGEN 19. ESTADO DE DESARROLLO DE LAS PLANTAS OBSERVADAS EN EL SECTOR DE QUEBRADA PISCALA



a) Individuo vigoroso, en suelo de sustrato pedregoso, sin signos de enterramiento; b) Individuo mixto, con <70% de follaje verde, en sustrato arenoso-pedregoso; c) Individuo en latencia con follaje, sin signos de enterramiento, en sustrato pedregoso; d) Individuo en latencia con follaje, en sustrato arenoso.
Fuente: Cedrem Consultores.

IMAGEN 20. REGISTROS DE *METHARME LANATA* EN QUEBRADA PISCALA



Fuente: Cedrem Consultores

IMAGEN 21. ESTADO DE DESARROLLO DE LAS PLANTAS OBSERVADAS EN EL SECTOR DE QUEBRADA PISCALA



a) Individuo vigoroso, en suelo de sustrato pedregoso, sin signos de enterramiento; b) Individuo mixto, con <70% de follaje verde, en sustrato arenoso-pedregoso; c) Individuo en latencia con follaje, sin signos de enterramiento, en sustrato pedregoso; d) Individuo en latencia con follaje, en sustrato arenoso.
Fuente: Cedrem Consultores.

Posteriormente y en forma complementaria, se realizó durante enero del 2021 una nueva prospección en sectores alejados del área del proyecto, para complementar la información existente hasta el momento y así obtener mayores antecedentes relacionados con la distribución de la especie. De esta forma, se realizó una búsqueda de *Metharme lanata* en un área mayor a la ya conocida, donde se registró la presencia de esta en los sitios señalados a continuación:

- Sector al sur de Quebrada Guata - Guata
- Ruta A – 65
- Norte de Quebrada de Quisma
- Sur de Quebrada Infiernillo
- Quebrada de Cahuiza
- Sur de Quebrada Maní
- Sector al norte de Quebrada Piscala
- Sur de Quebrada Sipuca
- Quebrada Illpa
- Sector al Sur de Quebrada Pucana

Es así como, con la prospección de la especie durante las campañas realizadas hasta la fecha, se ha generado una actualización que permite describir la ampliación del área de distribución de *Metharme lanata* en la Región de Tarapacá, presentando un rango de distribución definido entre las Quebradas de Guata-Guata, por el norte, y quebrada Pucana por el sur de la región, registrándose su presencia en un rango latitudinal mayor al observado hasta el año 2009, y cuya descripción se encuentra en el Apéndice A de este documento.

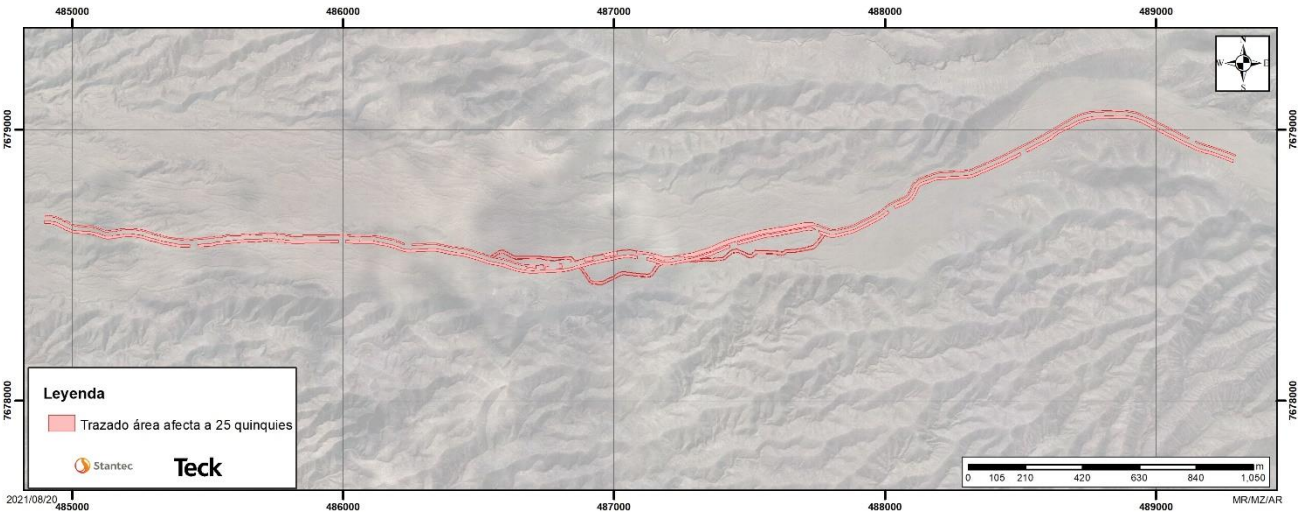
4 DEFINICIÓN Y DIMENSIÓN DEL IMPACTO SOBRE *METHARME LANATA*

Atendidos los antecedentes de la evaluación ambiental, resulta evidente que el objetivo de la medida MM-11, correspondiente a evitar completamente la intervención de ejemplares de la especie *Metharme lanata* mediante el rediseño de obras, se vuelve altamente complejo ante el comportamiento de dicha variable ambiental, la que ha variado sustantivamente respecto a lo previsto. De esta forma, a pesar de los numerosos esfuerzos de cambios de trazado con el fin de consolidar uno técnicamente viable en el sector del Tramo 1 del acueducto/concentraducto, se requiere la implementación del total de las fajas (aprobadas en la RCA N° 074/2018) para su fase de operación, lo que finalmente implicaría la intervención de individuos de la especie.

Tales áreas no resultan necesarias en los tramos 2 (pK 44+200 a 43+600) y 3 (44+500 a 45+100) del acueducto/concentraducto ni en la LAT, pues el rediseño de obras realizado en el marco de la medida MM-11 presentado a la autoridad en noviembre del 2020, es suficiente para garantizar que no se afectará individuos de *Metharme lanata,* en dichos sectores.

Sin embargo, en el Tramo 1, el que abarca los pK 37+000 a 42+000 del trazado del acueducto/concentraducto, dada la actualmente densa y extensa distribución de individuos de *Metharme lanata*, se requerirá para la fase de operación de áreas que, si bien fueron optimizadas en su trazado respecto a la faja original descrita en la evaluación ambiental para tales obras, implicarían una afectación de la especie al final de la iteración del proceso de determinación de la compensación por biodiversidad. Estas fajas corresponden a una plataforma de 30 metros de ancho la cual permitirá durante la etapa de operación ejecutar las mantenciones, reparaciones y/o recambios del acueducto/concentraducto, así como también se requiere una faja de dos metros alrededor del tramo del camino reubicado (Imagen 22).

IMAGEN 22. FAJA NECESARIA PARA LA ETAPA DE OPERACIÓN CON AFECTACIÓN DE *M. LANATA*.



Fuente: Stantec, 2021

Si se hubiese mantenido la faja original del EIA de QB2, a razón de los nuevos registros de individuos de la especie en el Tramo 1 de las obras lineales, se hubiera afectado aproximadamente un total de 4.117 ejemplares de la especie. Considerando la jerarquía de medidas a realizar, las acciones de optimización propuestas (5.1.2.1) permiten la mitigación de impacto sobre 2.273 individuos de *M. lanata,* debido a las modificaciones del trazado de obras lineales. Es así como, tras el comportamiento de la variable ambiental *Metharme lanata*, de manera diferente a lo previsto en el proceso de evaluación de impacto ambiental, se generará un impacto sobre la especie, dado que no es posible evitar la afectación sobre un total de 1.844 individuos de *Metharme lanata* en una superficie total de 7,73 Ha en el sector correspondiente a la sección de los ductos del Tramo 1 del proyecto QB2, a razón del alto número surgido tras las variaciones en las precipitaciones observadas los últimos años.

En el proceso de definición de la compensación por pérdida de *Metharme lanata* (6.1), debido al desconocimiento científico de la especie, tanto en su biología como en su ecología, no se plantea la implementación de medidas de restauración en las zonas que serán intervenidas.

Asimismo, y como consecuencia del análisis realizado se determina que *Metharme lanata*, es el objeto de conservación y que es necesario definir un área de compensación que posibilite su subsistencia. Es así como, se permitirá mantener una población de la especie afectada, así como las interrelaciones de esta con otros componentes presentes en el área, a nivel ecosistémico.

5 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE COMPENSACIÓN POR BIODIVERSIDAD

Considerando la eventual afectación sobre *Metharme lanata* que generaría la operación del proyecto QB2 descrita en el acápite anterior, se hace necesario aplicar la Guía para la Compensación de Biodiversidad en el SEIA, publicada por el Servicio de Evaluación Ambiental el año 2014, la que tiene como objetivo "entregar los elementos básicos mínimos requeridos para la compensación apropiada de la pérdida de biodiversidad, sus principios y forma de aplicación".

Por esto, a continuación, se describe la metodología y los resultados del cálculo del impacto residual en el contexto de la elaboración de la medida de compensación para la especie *Metharme lanata,* la cual en la aplicación de la MM-11 fue detectada principalmente en la sección de obras lineales ductos del Tramo 1 del Proyecto Quebrada Blanca Fase 2.

La Metodología utilizada se basa en lo descrito por la Guía para la compensación de biodiversidad en el SEIA (SEA, 2014) y la Guía para el Desarrollo de Compensaciones en Biodiversidad en la Región de Tarapacá desarrollado por Fundación Chile y el Gobierno Regional de Tarapacá (Fundación Chile, 2015), donde se determina que las compensaciones para impactos sobre la biodiversidad deben ser ecológicamente equivalentes y socialmente justas. Con esto se alcanza lo que se denomina "Compensación por Pérdida de Biodiversidad" (CPB), y que se define como "medidas tomadas para compensar los impactos residuales por completo o, preferentemente, añadir un efecto positivo sobre la biodiversidad".

En relación con la equivalencia ecológica, se asigna un valor a la magnitud del impacto sobre la biodiversidad, el cual posteriormente se evalúa, para asignar un valor a la compensación con lo cual se produzca un aporte equivalente de biodiversidad. En la guía previamente mencionada se recogen e interpretan los principios o estándares de la BBOP (Business and Biodiversity Offsets Program), los cuales se describen a continuación:

i. Adherencia a la jerarquía de mitigación[8]: la jerarquía de mitigación debe ser cumplida secuencialmente. Esto quiere decir que primero se evita, luego se mitiga, posteriormente se rehabilita o restaura y finalmente se ejecuta la CPB sobre el impacto residual. (Figura 9).

ii. Límites a lo que se puede compensar: se deben identificar y reconocer aquellos impactos que no debiesen ocurrir y que no pueden ser compensables. Para determinar este tipo de impacto se deben considerar las características únicas de la biodiversidad que será impactada (por ejemplo, presencia de especies en peligro de extinción).

iii. Contexto del paisaje: La CPB es diseñada e implementada asumiendo un enfoque del paisaje, es decir, se consideran valores sociales, biológicos y culturales.

[8] En esta Guía se utiliza el concepto de jerarquía de medidas para referirse a la *jerarquía de mitigación* definida por BBOP (*Business and Biodiversity Program)*

iv. No pérdida Neta: se calcula la equivalencia entre pérdida y ganancia en biodiversidad, obteniendo un balance neto cero, considerando algunas estipulaciones de riesgo.

v. Resultados adicionales de la conservación: se espera que las CPB no sólo cumplan con compensar el impacto residual, sino que preferentemente puedan demostrar resultados adicionales de conservación de la naturaleza.

vi. Participación de los actores: una CPB debiera incluir en su diseño a todos los actores que se consideren afectados por el impacto a la biodiversidad.

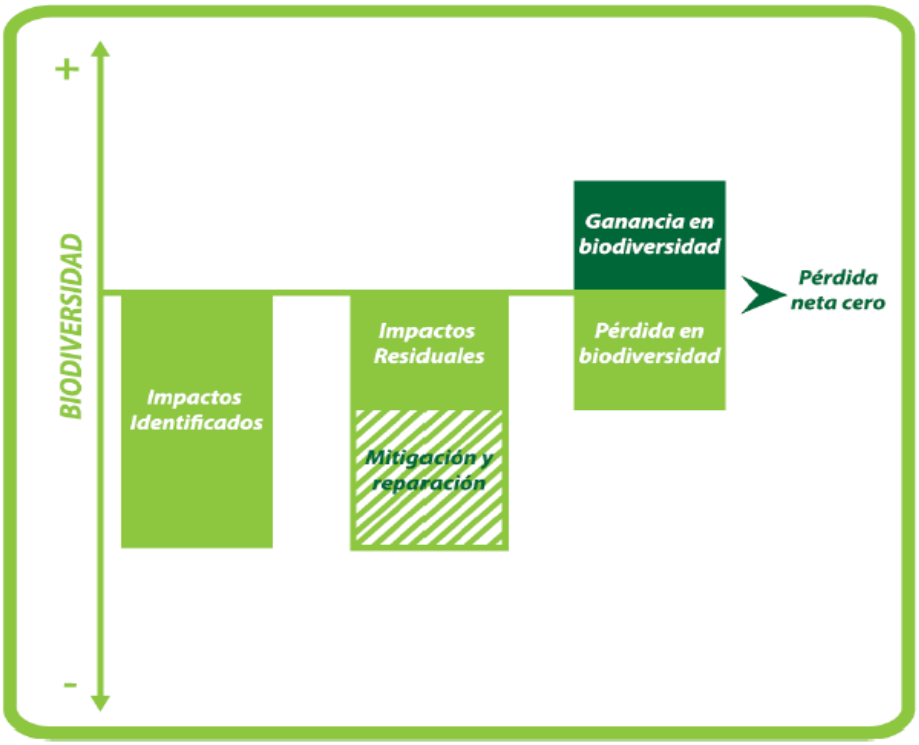
vii. Equidad: se debe garantizar que las responsabilidades y los derechos relacionados a la CPB sean repartidos equitativamente.

viii. Resultados a largo plazo: la CPB debe establecer garantías de que el impacto residual será debidamente compensado, incluso cuando el proyecto haya finalizado su ciclo de vida.

ix. Transparencia: el proceso de determinación de la CPB, así como todos sus resultados, deben ser de acceso público.

x. Ciencia y conocimiento tradicional: el diseño de la CPB debe considerar el conocimiento tradicional como un factor relevante en la toma de decisiones ecológicas.

FIGURA 9. APLICACIÓN DE LA JERARQUÍA DE MEDIDAS PARA OBTENER UNA PÉRDIDA NETA CERO O UNA GANANCIA NETA DE BIODIVERSIDAD



Fuente: Guía para la compensación de biodiversidad en el SEIA (SEA, 2014).

5.1 Definición de la Medida de Compensación por *Metharme lanata*

Metharme lanata Phil. es una especie endémica, de género monotipo, con distribución restringida en la precordillera de la Región de Tarapacá, y clasificada en peligro de extinción (D. S. N° 42/2011 MMA). Esta especie, históricamente ha presentado escasos reportes de presencia y por ende existe una baja cantidad de estudios científicos respecto de su biología y ecología. Dado este escenario, la propuesta de compensación a proponer, va en la vía de asegurar un área de protección que permita la permanencia en el tiempo de un número importante de individuos, que asegure su conservación a largo plazo, a excepción de los efectos posibles provocados mediante alteraciones por efectos del cambio climático que pudieran ocurrir.

Para contextualizar, el proceso de diseño y fundamentación de la CPB para la presente medida de compensación corresponderá a la fundamentación de suficiencia del área de protección propuesta, así como también las actividades de conservación a desarrollar. La metodología determinará estimaciones métricas cuantitativas o semicuantitativas, las cuales se distribuyen en las siguientes etapas:

i. Ubicación potencial de la compensación, medidas adicionales y dimensiones del área de compensación.

ii. Caracterización y cuantificación del Impacto sobre la biodiversidad (Cálculo de Impacto Residual).

Por otra parte, en relación con los sitios de compensación seleccionados, la Guía del SEA 2014, indica que dichos sitios deberían cumplir con las siguientes características para obtener ganancias y alcanzar una pérdida neta cero de biodiversidad:

- Que en el sitio sea posible cumplir con el requisito de generar un efecto en la biodiversidad alternativo y equivalente al efecto adverso identificado.
- Que en el sitio se mantengan o puedan establecerse los mismos elementos de la biodiversidad afectados por el proyecto.

De esta forma, la presente medida de compensación, tal como se indicó, plantea la generación de un área de conservación cuyo objeto de conservación corresponde a la especie vegetal *Metharme lanata* Phil. Para esto, se propone limitar las actividades que generen la afectación de la especie en el área de compensación y favorecer así, su sobrevivencia.

Para definir el área donde se implementará la medida de compensación, es importante el análisis de relevancia de la biodiversidad impactada, analizando la relación entre el sitio que será impactado y las alternativas de sitios probables donde sería factible realizar la compensación, para finalmente seleccionar el sitio que reúna las mejores características para realizar una compensación por biodiversidad adecuada. Es así como, a continuación, se presenta el proceso de selección de un área para la compensación para *Metharme lanata*.

5.1.1 Selección de alternativa para el área de compensación

Con los antecedentes presentados entre los puntos 3.4.1 y 3.4.4.4, se realizó una comparación mediante el uso de criterios de selección para escoger la mejor alternativa de compensación para la posible afectación de individuos generada en la fase de operación del proyecto sobre *Metharme lanata*. Estos criterios se basaron en los lineamientos descritos por la Guía para el desarrollo de compensaciones en biodiversidad en la Región de Tarapacá (Fundación Chile, 2015) y la Guía para la compensación de biodiversidad en el SEIA (SEA; 2014).

En primera instancia, el sector correspondiente al área del proyecto Collahuasi, fue desestimado como sitio para compensación, puesto que el análisis de los riesgos asociados a la localización determinó que la distancia de ellos respecto al sitio del impacto genera un menor puntaje en el criterio de compensación, por lo que sería un sitio en el cual se generaría un menor efecto positivo para la conservación de la especie y/o una mayor dificultad en la aplicación del plan de conservación ambiental. Asimismo, el criterio de abundancia de la especie en las áreas que cumplirían con el criterio de distancia es menor a la existente en el área a impactar por el proyecto, por tanto, no se estaría produciendo una compensación adecuada. A esto se suma la posibilidad de la operación de un proyecto minero en el sector, con una concesión minera de un tercero, desestimando la factibilidad de generar un área de compensación por biodiversidad.

Para la selección de la mejor alternativa entre los sitios resultantes, y tal como se mencionó anteriormente, se describen los criterios utilizados en la Tabla 10.

TABLA 10. CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA LOS SITIOS DE COMPENSACIÓN

Criterio		Descripción	Puntaje
Factibilidad técnica (concesión minera)	Concesión minera Teck	El terreno donde se emplaza el sitio presenta una concesión minera de la empresa	3
	Propiedad Fiscal	La propiedad del terreno pertenece al Fisco y no presenta concesiones	2
	Concesión minera de tercero	El terreno donde se emplaza el sitio presenta concesión minera de otra empresa	1
	Sin información	No se obtuvo información del sitio para este criterio	0
Distancia del área afectada	Menor a 5 km	El sitio se encuentra a menos de 5 km del área a afectar	3
	Entre 5,1 y 10 km	El sitio se encuentra entre 5,1 y 10 km del área a afectar	2
	Entre 10,1 y 15 km	El sitio se encuentra entre 10,1 y 15 km del área a afectar	1
	Más de 15 km	El sitio se encuentra a más de 15 km del área a afectar	0
Cuenca	Misma Cuenca	El sitio se encuentra en la misma cuenca del área a afectar	3
	Distinta Cuenca	El sitio se encuentra en una cuenca distinta a la cuenca del área a afectar	0
Número de individuos	> 1.000	El sitio presenta más de 1.000 individuos de Metharme lanata	3
	501 – 1.000	El sitio presenta entre 501 y 1.000 individuos de Metharme lanata	2

Criterio		Descripción	Puntaje
	1-500	El sitio presenta entre 1 y 500 individuos de Metharme lanata	1
	0	El sitio no presenta individuos de Metharme lanata	0
Estado de las plantas	Bueno	Plantas en su mayoría vigorosas	3
	Regular	Plantas en su mayoría en estado de latencia	2
	Malo	Plantas con claro deterioro	1
	Sin información	No se obtuvo información del sitio para este criterio	0
Calidad del ecosistema	Bueno	Presencia de especies acompañantes, mantención de la estructura, función y relaciones del ecosistema	3
	Regular	Baja cantidad de especies, mantención de estructura, función y/o interrelaciones	2
	Malo	Baja cantidad de especies y baja estructura, función y/o interrelaciones	1
	Sin información	No existe información para este criterio	0
Diversidad biológica	Alta	Presencia de especies acompañantes, y alguna de ellas en categoría de conservación	3
	Media	Presencia especies acompañantes, sin categoría de conservación	2
	Baja	Sólo presencia de Metharme lanata en el sector	1
	Sin información	No se obtuvo información del sitio para este criterio	0

Fuente: Bogado Ingenieros

Es así como se procedió a aplicar los criterios de comparación entre seis alternativas de sitio para la selección del área de compensación más adecuada, las que fueron descritas anteriormente. Los resultados de esta comparación se pueden observar a continuación en la Tabla 11.

TABLA 11. COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PARA ÁREA DE COMPENSACIÓN SEGÚN CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterio	Camino Pintados	Quebrada al norte de ductos	Quebrada Sin nombre (sur Maní)	Al sur de Piscala	Sector norte (de ductos)	Sector sur (de ductos)
Factibilidad técnica (concesión minera)	1	1	1	1	3	3
Distancia del área afectada	0	3	1	0	3	3
Cuenca	0	3	3	3	3	3
Número individuos	3	0	2	3	2	3
Estado de las plantas	3	2	3	3	2	2
Calidad del ecosistema	2	3	2	3	2	3

Criterio	Camino Pintados	Quebrada al norte de ductos	Quebrada Sin nombre (sur Maní)	Al sur de Piscala	Sector norte (de ductos)	Sector sur (de ductos)
Diversidad biológica	2	2	2	1	2	3
Total	11	14	14	14	17	20

Fuente: Bogado Ingenieros

Al realizar este análisis, comparando las características de cada sitio en los que se identificó la presencia de la especie se obtuvo que la mejor alternativa para generar la compensación de *Metharme lanata* corresponde al sector sur adyacente al área de ductos, el cual obtuvo el mayor puntaje con un total de 20 puntos. De esta manera, se selecciona el sitio sobre el cual se realizará la compensación, aplicando la metodología que determinará la superficie necesaria para generar una pérdida neta cero.

5.1.2 Adherencia a Jerarquía de medidas

A continuación, se describe la metodología y los resultados del cálculo del impacto residual en el contexto de la elaboración de la medida de compensación para la especie *Metharme lanata*.

5.1.2.1 Aplicación de Mitigación de Impactos

Al considerar la faja original del EIA de QB2, con las nuevas distribuciones de los individuos de la especie en el Tramo 1 de las obras lineales, se hubiera afectado a aproximadamente 4.117 ejemplares de la especie. Sin embargo, considerando la jerarquía de medidas a realizar, las acciones de optimización propuestas permiten la mitigación de impacto sobre 2.273 individuos de *M. lanata*, debido a las modificaciones del trazado de obras lineales.

Por otra parte, y debido al desconocimiento científico de la especie, tanto en su biología como en su ecología, el presente proyecto no considera la implementación de medidas de restauración, toda vez la incerteza de los posibles resultados, por lo que finalmente se consigna que el impacto residual sobre ejemplares de la especie *M. lanata* tras la aplicación de la medida de mitigación MM-11, corresponderá a un total de 1.844 ejemplares de *Metharme lanata*, ubicados en una superficie total de 7,73 Ha.

5.1.2.2 Descripción del área de compensación

Un elemento relevante y a la vista del área de compensación, se relaciona con que el sitio posea las condiciones adecuadas para el desarrollo de la especie según las observaciones obtenidas en el estudio de su rango de distribución (Apéndice A), así como en la estimación de los individuos realizada. Además, el área es representativa del sector afectado, considerando que ambos sitios, de ductos y compensación, son parte de un sistema que alberga la presencia de *Metharme lanata* en la misma área geográfica.

En relación con lo anterior, se puede realizar una descripción comparativa entre el área de afectación (Tramo 1) y el área de compensación (sector sur adyacente a ductos), esto es un análisis de la equivalencia de la compensación, en torno al hábitat, al estado y número de individuos de *Metharme lanata*. Respecto al hábitat, en la Tabla 12 se resumen las principales características de cada una de las áreas.

TABLA 12. CARACTERÍSTICAS DEL HÁBITAT EN EL ÁREA AFECTADA Y EL ÁREA DE COMPENSACIÓN

Característica	Tramo 1	Área de Compensación
Rango altitudinal de área	1.943 a 2.271 m.s.n.m.	1.985 a 2.318 m.s.n.m.
Cobertura vegetal	Áreas desnudas con baja cobertura vegetal	Principalmente áreas desprovistas de vegetación
Relieve	Lomajes y depresiones abiertas	Serranías con algunas quebradas de caja más amplia
Pendiente	6 a 38%	10 a 100%
Sustrato	Mixto (pedregoso/arenoso) o arenoso	Mixto (pedregoso/arenoso) o arenoso

Fuente: Elaborada en base de datos recopilados por Stantec.

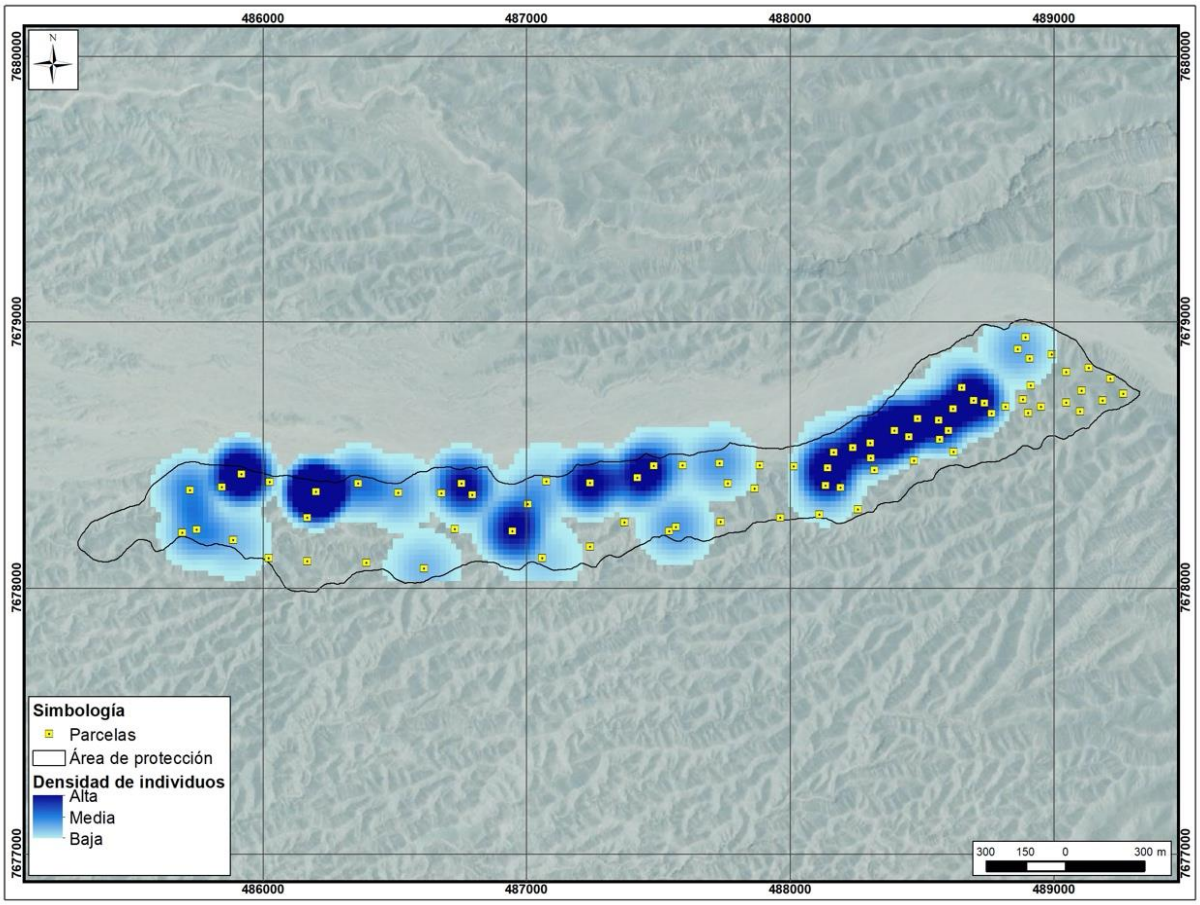
Para *Metharme lanata* y su condición en cada una de las áreas, tanto afectada como de compensación, se ven similitudes. En ambas áreas la especie se presenta en forma frecuente y los individuos de esta son más bien pequeños, donde la mayoría está entre los 0,0 y 2,0 cm de altura (Figura 1 y Figura 7) y los 0,0 y 5,0 cm de diámetro (Figura 2 y Figura 8), registrando los individuos en estado vegetativo o en receso. Además, en ambas áreas excepcionalmente se identificaron pocos individuos con alturas y diámetros mayores (más de 10,0 cm tanto de altura como de diámetro).

En relación con el número de individuos que serían afectados en la zona de Tramo 1 y aquellos individuos presentes en la zona propuesta para el área de compensación, tenemos que el número de ejemplares de la especie en Tramo 1 que serían afectados por las obras son 1.844 individuos. A su vez, y en el sector al sur de ductos destinado a la compensación, se levantó un total de 90 parcelas de muestreo registrándose en 32 de ellas presencia de la especie.

Posteriormente, el análisis de las parcelas determinó una densidad promedio de *M. lanata* de 2.126 individuos por Ha, generando un número estimado de 28.678 individuos en el área de compensación (Apéndice B).

Conjuntamente, el análisis sugiere una distribución parchosa de la especie en el área, lo que es consistente con el alto porcentaje de parcelas con valor cero de presencia. Se observó un 64% de las parcelas de muestreo sin presencia de la especie.

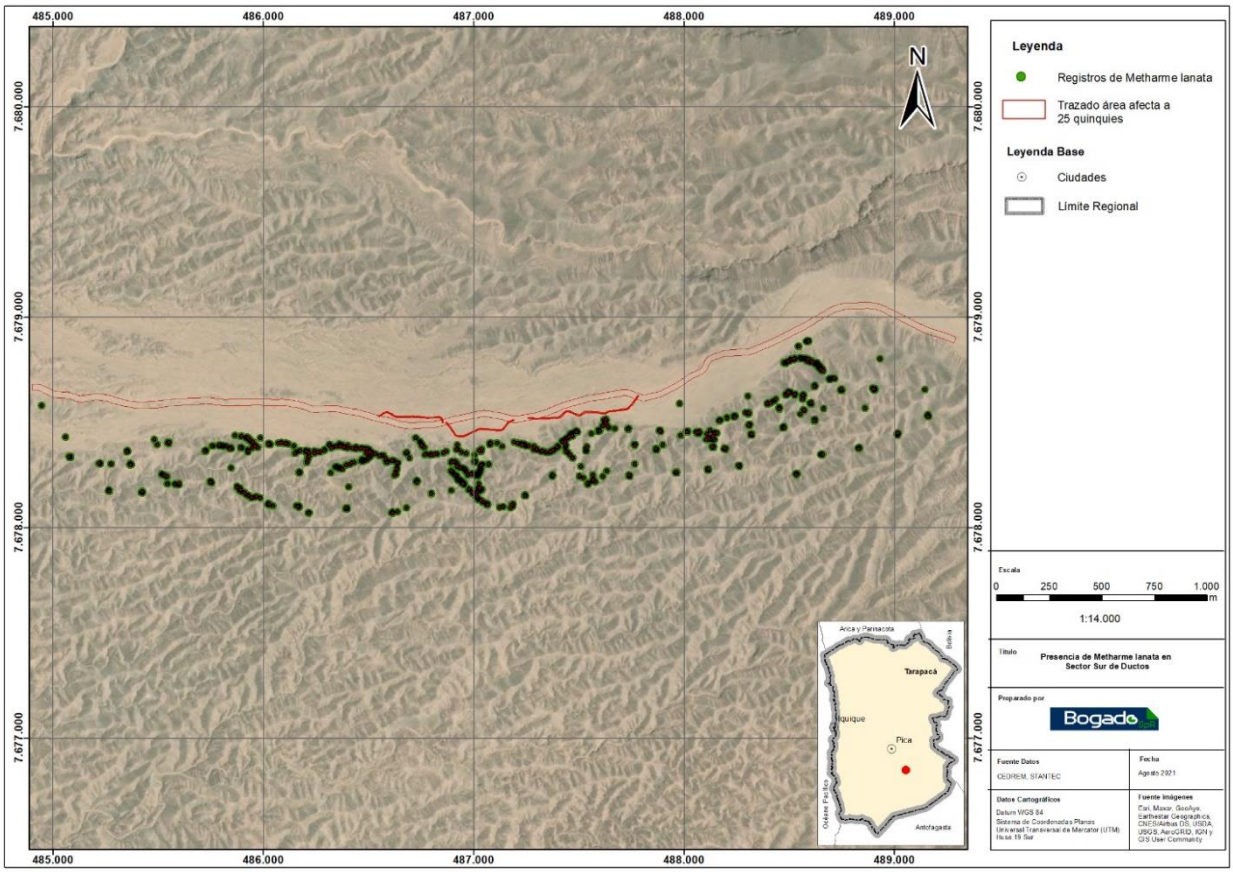
IMAGEN 23: REPRESENTACIÓN CUALITATIVA DE LAS DENSIDADES EN SECTOR AL SUR DE DUCTOS



Fuente: Cedrem Consultores

Adicionalmente, durante los muestreos en terreno, se realizaron 1.658 registros no sistemáticos de *Metharme lanata* para determinar los sectores con mayor presencia de la especie (Imagen 24).

IMAGEN 24: PRESENCIA DE *METHARME LANATA* EN SECTOR SUR DE DUCTOS



Según los antecedentes del Apéndice B, es posible observar que, en el área de compensación propuesta al sur de ductos, *Metharme lanata* presenta densidades promedio estimada de 2.126 ind/Ha., según levantamiento de parcelas de muestreo, correspondiente a una densidad mayor y donde en general los individuos presentan un mayor desarrollo vegetativo que aquellos descritos para el resto de los sitios analizados.

Debido a lo anterior, el área seleccionada como área de compensación considera una superficie de 135,6 Ha, la cual está localizado entre los 2.000 y 2.300 m.s.n.m aproximadamente, puesto que presenta las condiciones necesarias para generar la compensación, correspondiendo a un sitio con características similares al área afectada, agrupando la mayor cantidad de individuos registrados en terreno.

En términos ecosistémicos, la biodiversidad presente en el área de las obras es de 11 especies (plantas y animales) con una riqueza similar para el área de compensación; sin embargo, presenta una variación en la composición, con una menor riqueza de especies vegetales pero una mayor riqueza de especies animales (Tabla 13). En términos de biodiversidad, ambos ecosistemas presentan características similares, las cuales requieren un mayor estudio con relación a su estructura y función; no obstante, exhiben una composición similar, con presencia de especies catalogadas en alguna categoría de conservación. Esto favorecerá una adecuada

conservación del ecosistema en su conjunto, lo que permitirá la conservación del objeto a compensar *M. lanata,* manteniendo sus relaciones con las otras especies presentes y su estudio científico, con el objetivo de generar información de su ecología y biología, lo que permita tomar acciones adicionales en un futuro cercano, mediante un plan de conservación ambiental adaptativo. En cuanto al análisis florístico, ambos sectores son similares, con excepción de la ausencia de las especies *Cristaria dissecta y Tiquilia grandiflora* en el área de compensación.

TABLA 13. BIODIVERSIDAD PRESENTE EN ÁREAS DE OBRAS Y EN ÁREA DE COMPENSACIÓN

Especie	Origen	Categoría de conservación	Áreas	
			Área Ductos	Área de Compensación
***Cristaria dissecta* Hook. & Arn.**	Nativa		X	-
***Metharme lanata* Phil. ex Engl.**	Endémica	En Peligro (D.S. N°42/2011)	X	X
***Nolana tarapacana* (Phil.) I.M. Johnst.**	Endémica		X	X
***Tetragonia microcarpa* Phil.**	Nativa		X	X
***Tiquilia atacamensis* (Phil.) A.T. Richardson**	No determinado		X	X
***Tiquilia grandiflora* (Phil.) A.T. Richardson**			X	-
***Trichocline caulescens* Phil.**	Endémica		X	X
Microlophus theresioides	Endémica	Rara (D.S. N°5/1998)	X	X
Phyllodactylus gerrhopygus	Nativa	Preocupación menor (D.S. N°06/2017)	X	-
Geranoaetus polyosoma	Nativa		-	X
Geositta punensis	Nativa		-	X
Lycalopex culpaeus	Nativa	Preocupación menor (D.S. N°33/2011)	X	X
Lama guanicoe	Nativa	Vulnerable (D.S. N°33/2011)	-	X
Phyllotis xanthopygus	Nativa	-	X	X
Total riqueza de especies	-	-	11	11

Fuente: Elaboración propia en base a información de Cedrem, 2020.

Por tanto, el sector propuesto como área de compensación presenta características ecosistémicas similares al sector afectado por los ductos, esto, debido a la cercanía entre ambas áreas y a la alta similitud respecto a la riqueza de especies que la componen. Conjuntamente, la zona de compensación presenta condiciones apropiadas de resguardo del ecosistema frente a efectos indirectos generados por las obras, por cuanto se encuentra separada de las mismas por la geomorfología del sector, correspondiendo a serranías y lomajes que restringen cualquier intervención accidental.

5.1.2.3 Análisis de Relevancia

En la determinación del área de compensación es importante el análisis de relevancia de la biodiversidad impactada, con el fin de determinar el tipo de compensación que se debe realizar, analizando la relación entre el sitio que será impactado y el sitio de compensación.

"La determinación del tipo de compensación que se deberá ejecutar se obtiene en base al grado de relevancia de la biodiversidad impactada. La relevancia de la biodiversidad impactada es un criterio que evalúa cuán relevante es la biodiversidad impactada para su conservación y de este modo ofrece una estimación sobre el significado de su pérdida. La evaluación se lleva a cabo considerando las siguientes variables"[9]:

- Especies: la relevancia de la biodiversidad se determina en función de las especies presentes en el área de impacto y de si estas están clasificadas bajo alguna categoría de conservación.
- Ecosistemas: la relevancia se determina en función de los ecosistemas presentes y de su grado de representación dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.

Lo indicado, se observa en la siguiente Tabla 14:

[9] Guía para la Compensación de Biodiversidad en la Región de Tarapacá de Fundación Chile, 2015

TABLA 14. CRITERIOS PARA DETERMINAR RELEVANCIA DE LA BIODIVERSIDAD IMPACTADA EN LAS FORMACIONES VEGETACIONALES

Relevancia	Criterios
Muy alta	0-25% de representatividad de la formación en el SNASPE y 75-100% de representatividad de la formación a nivel regional
Alta	Representatividad de la formación del SNASPE entre 25-50% y representatividad de la formación a nivel regional entre 50-75%
Media	Representatividad de la formación del SNASPE entre 50-100% y representatividad de la formación a nivel regional entre 50-75% o representatividad de la formación del SNASPE entre 25-50% y representatividad de la formación a nivel regional entre 0-50%
Baja	Representatividad de la formación del SNASPE entre 50-75% y representatividad de la formación a nivel regional entre 25-50% o Representatividad de la formación del SNASPE entre 50-75% y representatividad de la formación a nivel regional entre 0-25% o Representatividad de la formación del SNASPE entre 75-100% y representatividad de la formación a nivel regional entre 0-25%.

Fuente: Fundación Chile, 2015

Posteriormente, una vez obtenido el valor de relevancia, lo que se relaciona con la compensación que se debe llevar a cabo, se observa en la Tabla 15:

TABLA 15. RELACIÓN DE RELEVANCIA EN CONSERVACIÓN

Tipo de compensación	Relevancia
Igual por Igual	Muy alta, Alta
Igual por igual o en otro tipo más acciones más relevantes	Media
En otro tipo más acciones más relevantes	Baja

Fuente: Fundación Chile, 2015

Donde:

Igual por igual:	la CPB deberá conservar el mismo tipo de biodiversidad afectada.
En otro tipo:	la compensación se realiza en un tipo de ecosistema o hábitat distinto al impactado.
Más relevante:	se refiere a un tipo de compensación (out of kind) que se encarga de conservar un componente de la biodiversidad aún más amenazado o raro que el que fue impactado.

Del análisis de las características del ecosistema, esto es características físicas (Hábitat) y bióticas realizadas en el acápite 5.1.2, junto a las características propias de la especie *M. lanata* presentes en el área de compensación propuesta y, sumado a que la formación vegetacional que contiene no se encuentra representada en el SNASPE; se genera una compensación con una relación de relevancia **Muy Alta** donde la biodiversidad afectada por el impacto del proyecto

es del mismo tipo (mismas especies) que la presente en la zona de la compensación, es decir, Igual por Igual como señala la Tabla 15.

Posteriormente, es necesario determinar el objeto de compensación. Este proceso de identificación de los objetivos de compensación surge del análisis de la relevancia de la biodiversidad impactada. En el caso de la creación de áreas destinadas a la conservación, los objetivos de esta área deberán estar directamente ligados al tipo de biodiversidad que fue impactada, asumiendo objetivos que sean coherentes con el grado de relevancia de la biodiversidad (Fundación Chile, 2015). En este sentido la conservación de ecosistemas donde predomina *Metharme lanata* cobra una alta relevancia para la compensación.

5.1.2.4 Cálculo de impacto residual

La magnitud del impacto residual (IR) se obtuvo a partir de la ponderación del área de biodiversidad impactada (superficie de impacto en hectáreas) y un conjunto de variables que califican la condición de la biodiversidad en el área antes del proyecto y posteriormente con el proyecto en ejecución (Delta). La magnitud del impacto residual se expresa en unidades de Biodiversidad/Hectárea (BH) y se obtiene según la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 1: MAGNITUD DEL IMPACTO RESIDUAL

$$IR = \text{Delta (condición de la biodiversidad)} \times \text{superficie de impacto}$$

Es así como, el cálculo para la obtención del Delta es el siguiente:

ECUACIÓN 2: DELTA DE CONDICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN ECOSISTEMAS TERRESTRES

$$\text{Delta (condición de la biodiversidad)} = \frac{((CiP + CiE) - (CfP + CfE))}{100}$$

Donde*:*

CiP: Condición de la biodiversidad a nivel de paisaje
CfP: Condición final con impacto de la biodiversidad a nivel de paisaje
CiE: Condición inicial de la biodiversidad a nivel de ecosistemas
CfE: Condición final con impacto de la biodiversidad a nivel de ecosistemas

De esta forma, para el cálculo de las condiciones de biodiversidad antes y después del impacto se utilizan variables, criterios y puntajes que permiten realizar la evaluación tanto del paisaje como del ecosistema. Estos valores se presentan en la Tabla 16.

TABLA 16. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

	Variable	Puntaje	Descripción
PAISAJE	Diversidad de objetos o clases en el paisaje	10	Los cambios son **neutros o positivos** en relación al pasado (evaluación entre 5 y 10 años)
		7	Los cambios en los últimos 5 y 10 años son **negativos** afectando **entre 1 a 10%** de la métrica utilizada
		4	Los cambios en los últimos 5 y 10 años son **negativos** afectando **entre 10 a 50%** de la métrica utilizada
		0	Los cambios en los últimos 5 y 10 años son **negativos** afectando **más de 50%** de la métrica utilizada
	Grado de fragmentación	10	Los cambios son **neutros o positivos** en relación al pasado (evaluación entre 5 y 10 años)
		7	Los cambios en los últimos 5 y 10 años son **negativos** afectando **entre 1 a 10%** de la métrica utilizada
		4	Los cambios en los últimos 5 y 10 años son **negativos** afectando **entre 10 a 50%** de la métrica utilizada
		0	Los cambios en los últimos 5 y 10 años son **negativos** afectando **más de 50%** de la métrica utilizada
	Conectividad del paisaje	10	Los cambios son **neutros o positivos** en relación al pasado (evaluación entre 5 y 10 años)
		7	Los cambios en los últimos 5 y 10 años son **negativos** afectando **entre 1 a 10%** de la métrica utilizada
		4	Los cambios en los últimos 5 y 10 años son **negativos** afectando **entre 10 a 50%** de la métrica utilizada
		0	Los cambios en los últimos 5 y 10 años son **negativos** afectando **más de 50%** de la métrica utilizada
	Diversidad en ambiente de la fauna	10	Fuera del área se encuentran **todos los hábitats** necesarios para los requerimientos de las especies listadas, siendo un aporte óptimo en cuanto a su soporte
		7	Fuera del área se encuentran **la mayoría de los hábitats** necesarios para los requerimientos de las especies listadas, siendo un aporte óptimo en cuanto a su soporte
		4	Fuera del área se encuentran **algunos de los hábitats** necesarios para los requerimientos de las especies listadas, siendo un aporte óptimo en cuanto a su soporte
		0	Fuera del área **no se encuentran los hábitats** necesarios para los requerimientos de las especies listadas, careciendo de un aporte en cuanto a su soporte
	Impacto de uso de suelo fuera del área	10	El uso de la tierra fuera del área **no tiene impactos** sobre las especies listadas
		7	El uso de la tierra fuera del área **tiene impactos adversos mínimos** sobre las especies listadas
		4	El uso de la tierra fuera del área **presenta impactos adversos** sobre las especies listadas
		0	El uso de la tierra fuera del área **presenta impactos adversos severos** sobre las especies listadas

	Variable	Puntaje	Descripción
ECOSISTEMAS	Propiedades del suelo	10	El suelo se encuentra en **estado óptimo** en relación a sus características físicas, propiedades químicas, y sus propiedades biológicas como soporte para las especies listadas
		7	El suelo se encuentra en **buena condición** en relación a sus características físicas, propiedades químicas, y sus propiedades biológicas como soporte para las especies listadas
		4	El suelo se encuentra en **buena condición** en relación a sus características físicas (erosión), y se encuentra **degradado** en relación a sus propiedades químicas, y sus propiedades biológicas como soporte para las especies listadas
		0	El suelo se encuentra **degradado** en relación a sus características físicas, propiedades químicas, y sus propiedades biológicas como soporte para las especies listadas
	Estado de la estructura	10	La estructura se encuentra en **estado óptimo** en relación a su cobertura y estratificación
		7	La estructura se encuentra **levemente impactada** en relación a su cobertura y estratificación
		4	La estructura se encuentra **impactada** en relación a su cobertura y estratificación
		0	La estructura se encuentra **severamente impactada** en relación a su cobertura y estratificación
	Composición	10	La composición se encuentra representada por **especies nativas, careciendo de la presencia** de especies exóticas o invasoras, **riqueza y abundancia de especies en estado óptimo**
		7	La composición se encuentra representada **principalmente por especies nativas, con mínima presencia** de especies exóticas o invasoras, **adecuada riqueza y abundancia de especies**
		4	La composición se encuentra representada **por especies nativas y mayoritariamente** por especies exóticas o invasoras, **baja riqueza y abundancia de especies**
		0	La composición se encuentra representada por **especies exóticas o invasoras, riqueza y abundancia de especies mínima** para el área.
	Ambientes de fauna	10	Se presentan **todos** los ambientes de fauna para las especies listadas bajo categoría de conservación
		7	Se presentan los ambientes de fauna para la **mayoría** de las especies listadas bajo categoría de conservación
		4	Se presentan **algunos** los ambientes de fauna para las especies listadas bajo categoría de conservación
		0	**No se presentan** ambientes de fauna para las especies listadas
	Regeneración y reclutamiento	10	Existe **fuerte evidencia** de regeneración normal y reclutamiento natural
		7	Existe **evidencia** de regeneración normal y reclutamiento natural
		4	Existe **mínima evidencia** de regeneración normal y reclutamiento natural
		0	**No existe evidencia** de regeneración normal y reclutamiento natural

Fuente: Fundación Chile, 2015

El análisis de las condiciones iniciales del ecosistema y la predicción de su condición con impacto se muestran en la Tabla 17, para cada una de las variables contempladas según los criterios de evaluación previamente establecidos (Tabla 10 del Acápite 5.1.1).

TABLA 17. EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE BIODIVERSIDAD EN EL ÁREA AFECTADA DESPUÉS DE APLICAR LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

	Variable	Condición inicial	Condición final
PAISAJE	Diversidad de objetos o clases en el paisaje	10	7
	Grado de fragmentación	10	10
	Conectividad del paisaje	10	10
	Diversidad de ambientes en la fauna	10	7
	Impacto de uso de suelo fuera del área	10	10
	Valores de Paisaje	**CiP = 50**	**CfP = 44**
ECOSISTEMAS	Propiedades del suelo	10	0
	Estado de la estructura	10	4
	Composición	10	10
	Ambientes de fauna	10	7
	Regeneración y reclutamiento	10	0
	Valores de Ecosistemas	**CiE = 50**	**CfE = 21**

Fuente: Modificado de Cedrem Consultores, 2019.

De este análisis se puede observar que la condición a nivel de paisaje, previo al impacto, alcanza un valor de 50, máximo valor posible. Así mismo, la condición inicial del ecosistema alcanza un valor de 50. Posteriormente, al realizar el análisis de los valores post impacto y aplicación de medida de mitigación (ajuste de la obra), observamos valores menores, de 44 para el análisis paisajístico y de 21 para el ecosistémico, observándose la variación de la condición de biodiversidad con la aplicación del proyecto.

Luego a la evaluación realizada, se procede a estimar el Delta de condición de la biodiversidad para ecosistemas terrestres, lo que se presenta a continuación (Ecuación 2):

$$Delta\ (condición\ de\ la\ biodiversidad) = \frac{((50 + 50) - (44 + 21))}{100}$$

$$\boldsymbol{Delta = 0,35}$$

De acuerdo con lo realizado, se obtiene que el valor calculado del **Delta** para condición de biodiversidad corresponde al valor de **0,35.**

De esta forma y, por consiguiente, el impacto residual en el área impactada tras la aplicación de la fórmula de Magnitud del Impacto Residual (Ecuación 1), corresponde a:

*IR= 0,35*7,73*

IR= 2,71 BH (unidades de biodiversidad / Ha).

Por lo tanto, 2,71 corresponde al valor de las unidades de biodiversidad/Ha. que deben ser compensadas.

5.1.2.5 Determinación de las dimensiones del área de compensación

Respecto a la determinación del tamaño del área de compensación, las dimensiones del área se obtienen de la aplicación de un conjunto de factores que representan los riesgos que deben ser controlados para que la compensación desempeñe sus funciones en el largo plazo.

En primer lugar, está el criterio de equivalencia para la compensación, la que se determina mediante la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 3: CRITERIOS DE EQUIVALENCIA PARA COMPENSACIÓN POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

$$\text{Delta TRL (Delta ajustado)} = \frac{\text{Delta} \times 3}{M1 + M2 + M3}$$

Donde:

Delta TRL: Delta (*condición de la biodiversidad*) ajustado por factores de tiempo, riesgo y localización (T: tiempo, R: Riesgo del manejo, L: Localización).
Delta: Diferencia entre la condición actual y con medidas de manejo de área seleccionada para la compensación.
M1: Multiplicador de localización del sitio de compensación
M2: Multiplicador del tipo de manejo a utilizar
M3: Multiplicador del tiempo transcurrido para completar la compensación

Para calcular el valor de Delta se usó la misma ecuación empleada antes (Ecuación 2), esta vez para el área de compensación, aplicando los indicadores de la Tabla 10, lo que se muestra a continuación en la Tabla 18:

TABLA 18. EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE BIODIVERSIDAD EN EL ÁREA DE COMPENSACIÓN

	Variable	Condición inicial	Condición final
PAISAJE	Diversidad de objetos o clases en el paisaje	10	10
	Grado de fragmentación	10	10
	Conectividad del paisaje	10	10
	Diversidad de ambientes en la fauna	10	10
	Impacto de uso de suelo fuera del área	7	10
	Valores de Paisaje	**CiP = 47**	**CfP = 50**
ECOSISTEMAS	Propiedades del suelo	10	10
	Estado de la estructura	10	10
	Composición	10	10
	Ambientes de fauna	7	10
	Regeneración y reclutamiento	10	10
	Valores de Ecosistemas	**CiE = 47**	**CfE = 50**

Fuente: Modificado de Cedrem Consultores, 2019.

Respecto del análisis y cálculo, en la evaluación de las condiciones de la biodiversidad en el área de compensación, se observa que previa y posteriormente estas no variarían sustancialmente, principalmente dada la falta de conocimiento respecto de la biología y ecología de la especie, que permitan entender la regeneración y reclutamiento o estructura del ecosistema y los efectos sobre estos del área de compensación.

Sin embargo, de acuerdo con lo presentado en la Tabla 18, respecto del cálculo para la calificación de la variable “impacto de uso del suelo fuera del área” de la valoración al componente Paisaje, se consideró una nota de entrada con un valor 7, pues el área se encuentra hasta la fecha afecta a un uso minero (concesión minera), toda vez que la pertenencia minera, como acto regulado está sujeta a una serie de gravámenes a los predios superficiales, todos ellos dirigidos a viabilizar la realización de actividades mineras. En tal sentido, la consideración de las amenazas actuales y futuras es uno de los elementos a considerar en la evaluación de la vulnerabilidad de un área, por lo que la reducción o eliminación de tales amenazas constituye una actividad positiva en el manejo de hábitat.[10]

En contraposición, la nota de salida con un valor 10, está asociada con la escisión de la vocación minera del área, mediante la constitución de una figura de protección con fines de conservación, la cual inhibirá los posibles usos mineros y eliminará la amenaza de ejecución de actividades productivas en la zona.

[10] The Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP) 2012. Biodiversity offset design handbook.

Además, la definición de límites más extensos, tiene como objetivo fundamental englobar de manera integral al objeto de conservación por medio de una zona con la presencia efectiva de la especie, promoviendo la protección integral de todos los recursos involucrados, evitando que algún efecto potencial en estas áreas aledañas fuera del área de conservación más "dura" afecten directa o indirectamente a estos núcleos de protección, sus ecosistemas y especies listadas para conservación (incluyendo la *Metharme lanata*), así como también, sus características de regeneración y reclutamiento.

En este mismo sentido, respecto al Ambiente de fauna evaluado en el componente Ecosistemas (Tabla 18), las actividades propias de la minería en el sector aledaño al área de compensación, actualmente se genera perturbaciones a la fauna presente en el lugar, pertenecientes al ecosistema asociado a *M. lanata*, lo que produce el alejamiento de mamíferos y aves principalmente, dada su mayor vagilidad, evitando la zona perturbada, asignándose por esta razón un valor de 7, el cual corresponde a la existencia de ambientes para la mayoría de la fauna descrita para la zona. Posteriormente, al generar el área de conservación, la exclusión de actividades antrópicas que perturben el área de compensación propuesta permitirá un beneficio en este ámbito, respecto a la condición inicial sin esta exclusión, permitiendo la recolonización o reutilización como zona de tránsito o corredor de diferentes especies de fauna descritas para la zona, por lo que se le asigna un valor de 10, máximo posible.

Lo señalado, se sustenta en la premisa que las áreas protegidas que poseen buenos planes de manejo contribuyen a disminuir las tasas de pérdida del hábitat natural, lo cual aumentaría en el caso de esta área de compensación la disponibilidad de ambientes para fauna. Sumado a esto, las áreas protegidas (en este caso el área de compensación propuesta) es reconocida como una eficiente herramienta para controlar la pérdida del hábitat natural, y al nivel de especies se pueden mantener tamaños poblacionales en mejor forma que otras categorías de manejo (Geldmann et. al, 2013; Edgar et al., 2014; PNUD, 2015).

De esta manera y posterior a la evaluación realizada en la Tabla 18, se procede a estimar del Delta de condición de la biodiversidad para ecosistemas terrestres, lo que se presenta a continuación:

ECUACIÓN 2: DELTA DE CONDICIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN ECOSISTEMAS TERRESTRES

$$Delta = \frac{((CiP + CiE) - (CfP + CfE))}{100}$$

$$Delta = \frac{(47 + 47) - (50 + 50)}{100}$$

Por tanto, el valor de Delta corresponde a:

Delta = 0,06

A partir de esto y para el cálculo del área que tendrá la compensación, se aplica la siguiente fórmula:

$$Delta\ TRL\ (Delta\ ajustado) = \frac{Delta\ x\ 3}{M1 + M2 + M3}$$

Para los cálculos de las ecuaciones anteriores que dan cuenta del área de compensación y sus características, se utilizan criterios y valores multiplicadores que evalúan los riesgos de localización, manejo y tiempo de mantención, estos criterios están listados en la Tabla 19.

TABLA 19. MULTIPLICADOR DE RIESGO

Asociado	Localización de la compensación propuesta	Multiplicador
A la localización (M1)	Mismo parche de vegetación	1
	Misma cuenca, distinto parche	1,5
	Distinta cuenca, mismo sistema geológico	2
	Distinta cuenca, distinto sistema geológico	3
Asociado	**Tipo de Manejo**	**Multiplicador**
Al tipo de Manejo (M2)	Medidas de manejo de Área Protegida	1
	Medidas adicionales	3
Asociados	**Años para compensar (tiempo que tarda en lograr sus objetivos la compensación)**	**Multiplicador**
A la temporalidad de las actividades (M3)	Menos de 2 años	1
	2-5 años	1,3
	6-10 años	1,6
	11-20 años	2
	21-30 años	2,3
	31-40 años	2,6
	Más de 40 años	3

Fuente: Fundación Chile, 2015.

En relación al multiplicador de riesgo relacionado a la localización (M1), el área de compensación se encuentra dentro de la misma quebrada perteneciendo al mismo parche vegetacional por lo cual el factor multiplicador corresponde al valor 1 (Tabla 19).

Para el caso del multiplicador de riesgo M2, asociado al tipo de manejo dentro del área de compensación (Tabla 19), es requerido realizar medidas de manejo, donde es posible realizar diversas acciones. Dentro de las que se consideran las siguientes acciones, las cuales están descritas en las secciones 6 y 7 del presente documento:

- Manejo de áreas Protegidas: Es posible conservar sitios que ya se encuentran en buen estado mediante la creación de Áreas Protegidas (AP) o mediante acuerdos de conservación que impliquen un co-manejo, de forma de optimizar los recursos y mejorar la percepción e interacciones sobre la conservación. Pueden existir distintos objetivos de conservación, los cuales condicionan los usos de cada área.
- Medidas adicionales: Las medidas adicionales de conservación corresponden a aquellas medidas que no ocurren necesariamente en el área de CPB, pero buscan alcanzar los objetivos de conservación de la biodiversidad. Un ejemplo resulta ser la ejecución de planes de conservación de especies o alguna otra medida que apunte a crear mejoras en la biodiversidad.

Por lo tanto, para el multiplicador M2 corresponde el valor de 1, dado que la medida de compensación plantea un plan de conservación y medidas adicionales.

Respecto al multiplicador de riesgo asociado a la temporalidad de las actividades (M3), le corresponde un valor de 1,6 debido a que se contempla lograr los objetivos de compensación entre los años 6 y 10 desde iniciada la medida.

Dado los valores obtenidos de los multiplicadores de riesgo (Tabla 19), el cálculo de la condición de biodiversidad ajustado corresponde a:

$$\textit{Delta TRL (Delta ajustado)} = \frac{0{,}06 \times 3}{1 + 1 + 1{,}6}$$

Considerando la realización de actividades complementarias, cuyos resultados serán incorporados en el plan de manejo adaptativo del área de compensación, se proyecta un Delta TRL = 0,05, asociado a la temporalidad de las actividades.

Según Fundación Chile 2015, con este resultado se puede calcular el valor de Biodiversidad Hectárea Compensada – BHC, dependiendo de su superficie, la que se calcula a continuación:

ECUACIÓN 4: BIODIVERSIDAD POTENCIAL POR CADA HECTÁREA DEL ÁREA DE COMPENSACIÓN

$$BHC = Delta\ TRL \times Ha.$$

Para que la compensación genere pérdida neta cero o una ganancia neta se debe cumplir que:

$$IR = BHC$$

Donde,
IR = Impacto Residual
BHC = Biodiversidad Hectárea Compensación (área de compensación)

Por lo tanto, si queremos lograr una Pérdida Neta Cero, se debe cumplir que:

$$IR = Delta\ TRL \times Ha$$

Es decir, que el impacto residual en el área afectada sea al menos igual que la Biodiversidad Hectárea de Compensación calculada para el área de compensación.

En consecuencia, para calcular la superficie mínima de compensación, se realizará lo siguiente:

$$Ha = IR / Delta\ TRL$$

$$Ha = 2{,}71 / 0{,}05$$

Ha = 54,2

De esta manera, con 54,2 ha es posible cumplir con el objetivo de compensar por pérdida de biodiversidad la superficie afectada de 7,73 Ha de *Metharme lanata* en el sector de ductos Tramo 1, generándose una pérdida neta cero, y puesto que el área de compensación propuesta tiene un área de 135,6 Ha se obtiene finalmente que:

$$BHC = Delta\ TRL \times Ha$$

$$BHC = 0{,}05 \times 135{,}6$$

BHC= 6,78 Unidades de biodiversidad / hectárea compensada

Por tanto, el Impacto Residual (IR) que es igual a Biodiversidad Hectárea Compensación (BHC), correspondientes a un total de 54,2 Ha. destinadas a generar una pérdida neta cero, y dado el sector sur de ductos, seleccionado como área de compensación, que posee una superficie total de 135,6 Ha., el cual supera así al valor requerido de unidades de BHC para la compensación del impacto generado por el proyecto, obteniéndose un BHC final igual a 6,78 unidades de biodiversidad/Ha compensada, es decir, se produce una ganancia neta en términos de superficie.

5.2 Ganancias de Biodiversidad

En términos generales, una medida de compensación se refiere a la creación de un beneficio en resarcimiento por un impacto causado por un proyecto. Las compensaciones pueden tomar distintas formas dependiendo del modo en que se establezca la equivalencia entre el perjuicio y su forma de resarcirlo. Esto es en algunos casos, que las compensaciones se realizan a través de un equivalente que no es de la misma naturaleza que lo que ha sido dañado; en otros casos, las medidas de compensación permiten determinar formas equivalentes ecológicamente, cuando una actividad u objeto posee las mismas características o funciones (Fundación Chile, 2015).

La aplicación de la jerarquía de mitigación supone que el impacto sobre la biodiversidad ha sido disminuido en su máxima expresión. La medida de compensación puede llevarnos a una pérdida neta cero de biodiversidad tomando las acciones pertinentes tendientes a “mejorar” la biodiversidad. Cuando existe igualdad numérica entre la dimensión del impacto residual y las actividades que se realizaron para mejorar la biodiversidad, se habla de pérdida neta cero y cuando las acciones implementadas para mejorar la biodiversidad superan esa igualdad, permiten una “ganancia” de biodiversidad que supera a la pérdida producto de los impactos ambientales, se habla de “ganancia neta”.

En este sentido, esta medida de compensación genera una ganancia neta, dado que existe una ganancia en términos de la superficie propuesta como área de compensación, considerando que la metodología arroja un total de 54,2 hectáreas para compensar versus las 135,6 hectáreas totales que presenta el área de compensación, generándose una ganancia neta respecto de la biodiversidad presente en esta última (punto 5.1.2.5).

Por otra parte, la guía de compensaciones de la Fundación Chile (2015) propone que: si se impactan especies bajo alguna categoría de conservación que no se encuentren presentes en el área de compensación; o, como en este caso, que la especie se encuentra en condiciones óptimas - lo que dificulta la adicionalidad de medidas sobre ella-, sea posible plantear programas de conservación ambiental del área donde se encuentra el ecosistema, y proteger otras especies presentes en el sector.

La guía indica que este tipo de compensación debe ser implementada en un territorio, en este caso el área seleccionada para la medida de compensación, y debe asegurar la adicionalidad de biodiversidad, es decir, promover actividades concretas mediante un plan de conservación ambiental (Sección 2.8) que permitan la mantención y/o el aumento de la biodiversidad objetivo de la compensación.

Por esta razón, la medida generará adicionalidad mediante la aplicación de un plan de manejo adaptativo que abarcará la conservación de las especies relacionadas con *Metharme lanata* en el área de compensación y, por lo tanto, la estructura del ecosistema y su funcionalidad, a través de la mantención de las interrelaciones existentes entre sus componentes.

En este sentido, es crucial entender la biodiversidad presente en esta zona, tanto la encontrada en los diversos levantamientos en terreno, como aquella descrita en la literatura científica o levantada por servicios del estado y que puedan estar presentes en el Área de Compensación.

En relación con la vegetación el área de compensación se localiza en la formación de desierto de aluviones, específicamente en el piso de matorral bajo desértico tropical interior, que es un matorral que se caracteriza por ser muy abierto y extremadamente xeromórfico donde dominan las especies *Adesmia atacamensis* y *Cistanthe salsoloides* (Luebert & Pliscoff, 2018). Esta formación se distribuye desde el centro de la región de Tarapacá hasta el norte de la Región de Atacama entre los 1.800 y 3.700 m s.n.m por el sur y entre 2.100 y 3.000 m s.n.m por el norte. Dentro de las especies arbustivas acompañantes se pueden nombrar a *Huidobria ericoides* y *Ephedra breana*.

Según Gajardo (1994), la formación Desierto de los aluviones corresponde a las zonas altas del sector desierto interior y bajas del sector Cordón Occidental y Quebrada Choja- Ramucho. Esta formación se caracteriza por la presencia de arbustos bajos xerófitos con escasa cobertura y amplios sectores desprovistos de vegetación. Aquí existe influencia de los aluviones y precipitaciones marginales del invierno altiplánico. Se reconocen las comunidades vegetacionales de:

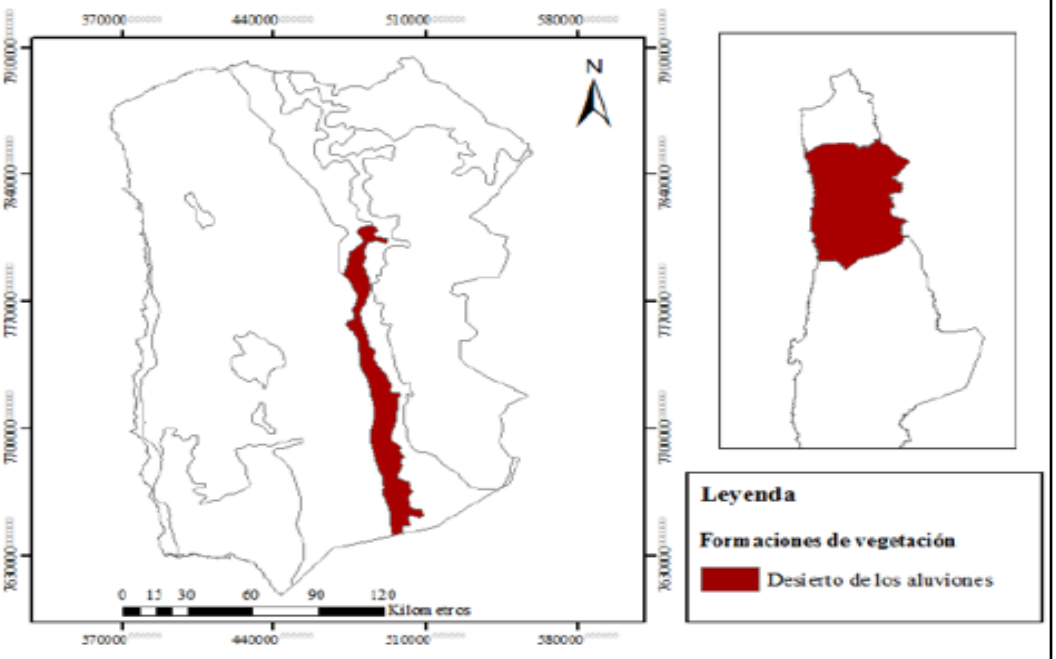
a. *Cistanthe celosioides – Hoffmanseggia viscosa,*
b. *Atriplex imbricata*
c. *Adesmia atacamensis – Tiquilia atacamensis,*
d. *Adesmia atacamensis – Cistanthe salsoloides,*
e. *Atriplex atacamensis – Aloysia trifida,* y
f. *Atriplex atacamensis - Cristaria andicola.*

Otras comunidades que es posible encontrar (Gajardo, 1994) corresponden a:

- *Senna brongniartii – Dinemandra ericoides,*
- *Nolana sedifolia,* y
- *Tessaria absinthioides – Distichlis spicata*

Faúndez (2015) determinó que existen a lo menos 160 especies, 119 géneros y 42 familias en esta formación (Imagen 25.). De éstas 160 especies solo 14 son exclusivas de esta formación, lo cual probablemente se debe a que con los aluviones baja mucho material desde la precordillera y se remueven grandes cantidades de suelo, lo que destruye lo que se encuentre en las quebradas y trae semillas nuevas. Destaca dentro de estas especies exclusivas la *Weberbauerella chilensis*, que solía ser una especie solo endémica de Perú.

IMAGEN 25. UBICACIÓN DE LA FORMACIÓN DE DESIERTO DE ALUVIONES Y DESCRIPCIÓN DE FAMILIAS, GÉNEROS Y ESPECIES PRESENTES



Cuadro 5. Especies, familias y géneros presentes en la formación "Desierto de los aluviones" y su comparación con el total nacional (Marticorena y Quezada, 1985).

Taxa	Nº familias			Nº géneros			Nº especies		
	Formación	Chile	%	Formación	Chile	%	Formación	Chile	%
Polypodiophyta									
Polypodiopsida	1	22	4,5	1	46	2,2	1	137	0,7
Equisetopsida	1	1	100,0	1	1	100,0	1	2	50,0
Lycopsida	0	3	0,0	0	4	0,0	0	9	0,0
Psilotopsida	0	1	0,0	0	1	0,0	0	1	0,0
Total División	2	27	7,4	2	52	3,8	2	148	1,4
Pinophyta									
Pinopsida	0	3	0,0	0	8	0,0	0	10	0,0
Gnetopsida	1	1	100,0	1	1	100,0	2	7	28,6
Total División	1	4	25,0	1	9	11,1	2	17	11,8
Magnoliophyta									
Liliopsida	4	30	13,3	21	214	9,8	21	1.069	2,0
Magnoliopsida	35	132	26,5	95	743	12,8	135	3.906	3,9
Total División	39	162	24,1	116	957	12,1	156	4.975	3,5
Total	42	184	22,8	119	1.008	11,8	160	5.105	3,4

Fuente: Faúndez, 2015

Respecto a la fauna presente en el área de compensación, si bien se detectaron 6 especies en los levantamientos de terreno (Tabla 13), la literatura describe la presencia de otras especies que podrían utilizar esta área, ya sea como sitio de alimentación, refugio, reproducción y/o parte de su ámbito de hogar.

En la Línea de Base presentada en el EIA del Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2[11] se describen las especies para toda el área del proyecto. Basado en dicha fauna, se procedió a seleccionar según rango altitudinal y longitudinal, las especies que estarían presentes en el área de compensación propuesta (Sector sur de ductos), la que posteriormente fue contrastada con otras fuentes secundarias (ebird.org, 2020, Jaramillo 2005, aveschile.cl, Demangel, 2016, Mella, 2017, Iriarte, 2008, Bonacic et al, 2016a, Bonacic et al., 2016b).

Es así como en el sector del área de compensación, considerando además sus características físicas como relieve, estructuras del paisaje, presencia de vegetación (generadoras de hábitat de otras especies), ambientes de fauna, artrópodos y otros invertebrados, se determinó 53 especies como fauna presente potencialmente. Esta corresponde a 4 especies de reptiles, 38 especies de aves y 11 especies de mamíferos (Tabla 20).

De estas especies, 13 poseen categoría de conservación, de las cuales, 5 estarían en categoría de amenaza (Tabla 21), según lo sugerido por los estándares del SEA (SEA, 2015), el cual indica la inclusión de aquellas especies categorizadas como “Casi Amenazado”.

Desde el punto de vista del uso del hábitat, son los reptiles y los micromamíferos no voladores (ej. roedores) los que poseen una relación más estrecha con el sitio, debido a que son especies que poseen una movilidad media (micromamíferos) y baja (reptiles), presentando ámbitos de hogar más reducidos comparados con las aves y los meso y macromamíferos con presencia en el área.

En ese sentido hay 5 especies en categoría de conservación que se verían beneficiadas por el plan de conservación ambiental a realizar en el área de compensación, las que corresponden a cuatro especies de reptiles y la lauchita de pie sedoso (*Eligmodontia puerulus*), debido a su estrecha relación con las formaciones vegetacionales que este tipo de fauna (baja y mediana movilidad) presenta en ambientes áridos de desierto.

Otra interacción que es importante destacar es la que existe entre el guanaco (*Lama guanicoe*), especie catalogada como Vulnerable (D. S. N° 33/2011 MMA) y *Metharme lanata*, ya que se ha descrito que para este macromamífero es un recurso de alimentación precisamente en Quebrada Blanca (Teillier, 2011), por lo tanto, al proteger este recurso vegetacional se está indirectamente propiciando el uso por el guanaco de esta área, sin embargo, no existen estudios que determinen el efecto de esta interacción sobre *M. lanata* en cuanto a su signo (efecto positivo o negativo) o la magnitud de esta.

[11] Capítulo 3.3.3 Línea de base Animales Silvestres en Anexo 3.3.3-6 Fauna Potencial, caracterización y presencia

TABLA 20. ESPECIES DE FAUNA DE PRESENCIA POTENCIAL EN EL ÁREA DE COMPENSACIÓN SECTOR SUR DE DUCTOS

Clase	Nombre común	Nombre científico	Origen	Categoría de conservación	Fuente de categoría	Monumento natural (MN)	Estatus de residencia (aves)	Movilidad
Reptilia	Salamanqueja del Norte Grande	*Phyllodactylus gerrhopygus*	Nativo	Preocupación menor	D.S. N° 06/2017 MMA	-	-	Baja
Reptilia	Culebra peruana	*Tachymenis peruviana*	Nativo	Rara	D.S. N°5/1998 MINAGRI	-	-	Baja
Reptilia	Lagartija de la Puna	*Liolaemus puna*	Nativo	Casi Amenazada	D.S. N° 18/2016 MMA	-	-	Baja
Reptilia	Corredor de Teresa	*Microlophus theresioides*	Endémico	Rara	D.S. N°5/1998 MINAGRI	-	-	Baja
Aves	Cóndor	*Vultur gryphus*	Nativo	Casi Amenazada	D.S. N° 23/2019 MMA	MN	Residente	Alta
Aves	Aguilucho	*Geranoaetus polyosoma*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Águila	*Geranoaetus melanoleucus*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Carancho cordillerano	*Phalcoboenus megalopterus*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Halcón perdiguero	*Falco femoralis*	Nativo	Insuficientemente conocida	Rottmann & López-Callejas 1993	-	Residente	Alta
Aves	Cernícalo	*Falco sparverius*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Chorlo de campo	*Oreopholus ruficollis*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Playero de Baird	*Calidris bairdii*	Nativo	-	-	-	Migrador boreal	Alta
Aves	Perdicita	*Thinocorus rumicivorus*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Paloma de alas blancas	*Zenaida meloda*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Tortolita boliviana	*Metriopelia ceciliae*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Tortolita de la puna	*Metriopelia aymara*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta

Clase	Nombre común	Nombre científico	Origen	Categoría de conservación	Fuente de categoría	Monumento natural (MN)	Estatus de residencia (aves)	Movilidad
Aves	Tortolita cordillerana	*Metriopelia melanoptera*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Tucúquere	*Bubo magellanicus*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Pequén	*Athene cunicularia*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Picaflor de la puna	*Oreotrochilus estella*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Picaflor del norte	*Rhodopis vesper*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Minero chico	*Geositta maritima*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Minero de la Puna	Geositta punensis	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Churrete de alas blancas	*Cinclodes atacamensis*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Tijeral	*Leptasthenura aegithaloides*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Tijeral listado	*Leptasthenura striata*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Canastero chico	*Asthenes modesta*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Mero de Tarapacá	*Agriornis micropterus*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Dormilona de nuca rojiza	*Muscisaxicola rufivertex*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Dormilona chica	*Muscisaxicola maculirostris*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Fío-fío	*Elaenia albiceps*	Nativo	-	-	-	Migrador austral	Alta
Aves	Golondrina de dorso negro	*Pygochelidon cyanoleuca*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Chercán	*Troglodytes aedon*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Zorzal negro	*Turdus chiguanco*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Comesebo chico	*Conirostrum cinereum*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Chirihue verdoso	*Sicalis olivascens*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta

Clase	Nombre común	Nombre científico	Origen	Categoría de conservación	Fuente de categoría	Monumento natural (MN)	Estatus de residencia (aves)	Movilidad
Aves	Cometocino del norte	*Phrygilus atriceps*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Yal	*Phrygilus fruticeti*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Chincol	*Zonotrichia capensis*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Gorrión	*Passer domesticus*	Introducido	-	-	-	Residente	Alta
Aves	Pizarrita	*Xenospingus concolor*	Nativo	Insuficientemente conocida	Rottmann & López-Callejas 1993	-	Residente	Alta
Aves	Jilguero peruano	*Carduelis magellanica*	Nativo	-	-	-	Residente	Alta
Mammalia	Guanaco	*Lama guanicoe*	Nativo	Vulnerable	D.S. N° 33/2011 MMA	-	-	Alta
Mammalia	Zorro culpeo	*Lycalopex culpaeus*	Nativo	Preocupación menor	D.S. N° 33/2011 MMA	-	-	Alta
Mammalia	Yaca del norte	*Thylamys pallidior*	Nativo	-	-	-	-	Media
Mammalia	Colo-colo	*Leopardus colocolo*	Nativo	Casi Amenazada	D.S. N° 42/2011 MMA	-	-	Alta
Mammalia	Puma	*Puma concolor*	Nativo	Casi Amenazada	D.S. N° 42/2011 MMA	-	-	Alta
Mammalia	Quique	*Galictis cuja*	Nativo	Preocupación menor	D.S. N° 18/2016 MMA	-	-	Alta
Mammalia	Ratón de vientre blanco	*Akodon albiventer*	Nativo	-	-	-	-	Media
Mammalia	Lauchita peruana	*Calomys lepidus*	Nativo	-	-	-	-	Media
Mammalia	Lauchita de pie sedoso	*Eligmodontia puerulus*	Nativo	Preocupación menor	D.S. N° 13/2013 MMA	-	-	Media
Mammalia	Ratón orejudo grande	*Phyllotis magister*	Nativo	-	-	-	-	Media
Mammalia	Ratón orejudo amarillento	*Phyllotis xanthopygus*	Nativo	-	-	-	-	Media

Fuente: Elaboración propia

TABLA 21. ESPECIES DE FAUNA EN CATEGORÍA DE CONSERVACIÓN Y DE AMENAZA EN EL ÁREA DE COMPENSACIÓN

Clase	Nombre común	Nombre científico	Categoría de conservación	Fuente de categoría	Categoría de amenaza
Reptilia	Salamanqueja del Norte Grande	*Phyllodactylus gerrhopygus*	Preocupación menor	D.S. N° 06/2017 MMA	NO
Reptilia	Culebra peruana	*Tachymenis peruviana*	Rara	D.S. N°5/1998 MINAGRI	NO
Reptilia	Lagartija de la Puna	*Liolaemus puna*	Casi Amenazada	D.S. N° 18/2016 MMA	SI
Reptilia	Corredor de Teresa	*Microlophus theresioides*	Rara	D.S. N°5/1998 MINAGRI	NO
Aves	Cóndor	*Vultur gryphus*	Casi Amenazada	D.S. N° 23/2019 MMA	SI
Aves	Halcón perdiguero	*Falco femoralis*	Insuficientemente conocida	Rottmann & López-Callejas 1993	NO
Aves	Pizarrita	*Xenospingus concolor*	Insuficientemente conocida	Rottmann & López-Callejas 1993	NO
Mammalia	Guanaco	*Lama guanicoe*	Vulnerable	D.S. N° 33/2011 MMA	SI
Mammalia	Zorro culpeo	*Lycalopex culpaeus*	Preocupación menor	D.S. N° 33/2011 MMA	NO
Mammalia	Colo-colo	*Leopardus colocolo*	Casi Amenazada	D.S. N° 42/2011 MMA	SI
Mammalia	Puma	*Puma concolor*	Casi Amenazada	D.S. N° 42/2011 MMA	SI
Mammalia	Quique	*Galictis cuja*	Preocupación menor	D.S. N° 18/2016 MMA	NO
Mammalia	Lauchita de pie sedoso	*Eligmodontia puerulus*	Preocupación menor	D.S. N° 13/2013 MMA	NO

Fuente: Elaboración propia

En definitiva, se puede observar que en el área de compensación existen potencialmente 13 especies catalogadas en estado de conservación que se verían beneficiadas por el plan de conservación, lo que generará una ganancia en términos de biodiversidad respecto del área afectada en el tramo ductos 1. Lo anterior, considerando las características físicas de relieve, estructura de paisaje y presencia de vegetación, en el área de compensación, lo que favorece el hábitat para especies de vagilidad media y baja (micromamíferos y reptiles respectivamente), entre otros.

6 ESTABLECIMIENTO DEL ÁREA DE COMPENSACIÓN

Como medida de compensación que permita hacerse cargo de los impactos residuales en el área de las obras, se plantea la generación de un área de conservación, que permita su administración y la protección de la especie, con la finalidad de asegurar y resguardar el sitio de cualquier potencial uso en el futuro que desee implementarse en este sector. Esto, es posible dado que actualmente las concesiones mineras pertenecen a Quebrada Blanca y la propiedad superficial al Fisco de Chile, condiciones que aseguran la no injerencia de terceros en esta materia.

Asimismo, al analizar la biodiversidad presente en el área afectada y el área de compensación, tenemos riquezas iguales de especies con una identidad de estas similar (especies presentes en ambos ecosistemas). Además, si tomamos en cuenta que la afectación estimada en el Tramo 1 es del orden de 1.844 ejemplares, aplicando la jerarquía de medidas, el área definida como área de compensación posibilita compensar el impacto generado en el área descrita por el proyecto.

Sumado a lo anterior, y como se demuestra en las secciones 5.1 y 5.2; el análisis de equivalencia y ganancia neta indica que la zona propuesta como área de conservación cumple los requisitos necesarios para ser una opción viable sobre la citada afectación. Del mismo modo, debido a la cercanía del área propuesta con las actividades de la compañía, presenta un fácil acceso para la aplicación de las medidas de protección, vigilancia e investigación a realizar, lo que favorece su resguardo y la aplicación del Plan de Conservación Ambiental.

Para el área propuesta, se establecerá entonces un área de conservación con su respectivo Plan, el que se propondrá a la autoridad que corresponda para su declaratoria, donde se desarrollarán las actividades propuestas para ello.

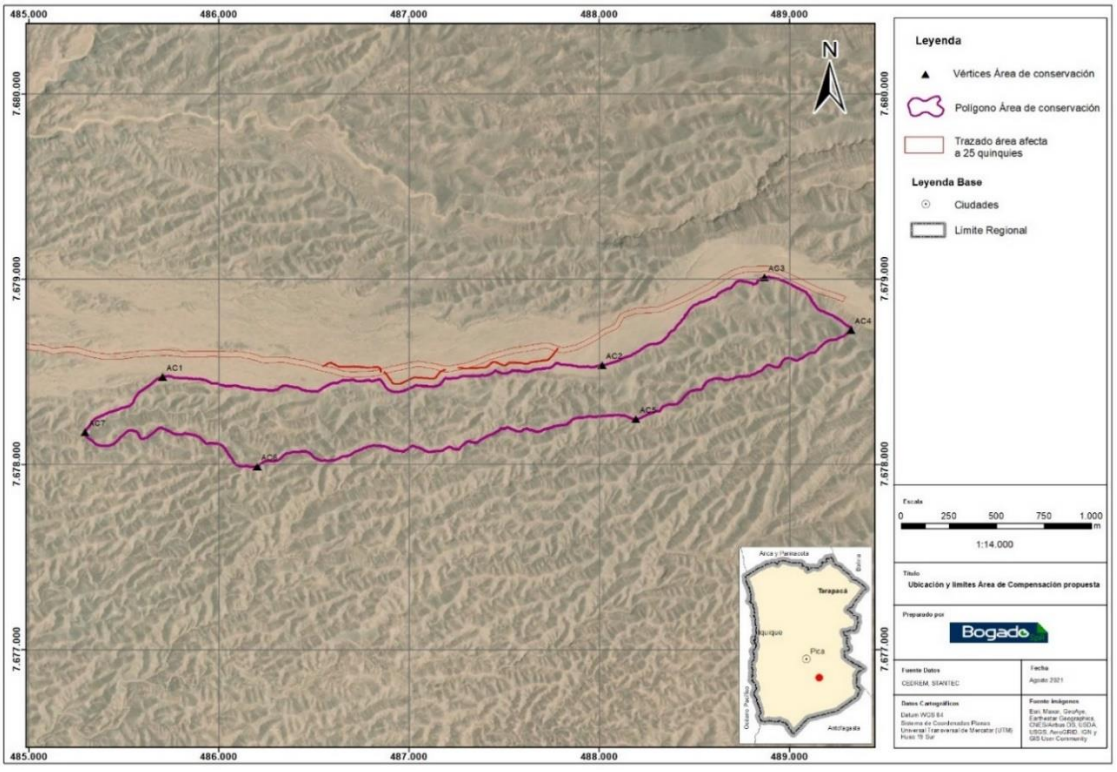
Es así como el área de compensación seleccionada de superficie 135,6 Ha. se ubica en el sector sur de ductos entre las coordenadas 485.297 - 489324 UTM E y 7.677.987 - 7.679.009 UTM N (WGS84 Huso 19 S). En la Tabla 22 se observan las coordenadas de los principales puntos de referencia geográfica m WGS84 Huso 19 S) del área de compensación ubicada al Sector sur de ductos; mientras en la Imagen 26 se observa el polígono para compensación propuesto.

TABLA 22. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE COMPENSACIÓN PROPUESTA SECTOR SUR DE DUCTOS

Coordenada	UTM E (WGS84 H19)	UTM N (WGS84 H19)
AC1	485.705,86	7.678.472,61
AC2	488.015,44	7.678.536,50
AC3	488.869,54	7.679.009,44
AC4	489.324,07	7.678.726,41
AC5	488.194,37	7.678.243,55
AC6	486.202,66	7.677.987,07
AC7	485.297,00	7.678.172,78

Fuente: Bogado Ingenieros, 2021

IMAGEN 26: UBICACIÓN Y LÍMITES DEL ÁREA DE COMPENSACIÓN PROPUESTA



Fuente: Bogado Ingenieros, 2021.

Asimismo, y de acuerdo con el análisis de equivalencia y pérdida neta cero, se pude observar que la zona propuesta como Área de Compensación cumple con los requisitos necesarios para ser una opción viable respecto a la afectación sobre *M. lanata, p*uesto que,

si se considera que su afectación en el Tramo 1 es de 1.844 ejemplares, la protección potencial de este sector proveería la cantidad del impacto estimado originalmente, considerando que los ecosistemas tanto del área de afectación y de compensación son de similares características. Por lo demás, considerando el Apéndice B, se estima la presencia de al menos 28.678 individuos en el área de compensación.

TABLA 23: MEDIDA DE COMPENSACIÓN: ESTABLECIMIENTO DE UN ÁREA DE CONSERVACIÓN

Nº 1	ÁREA DE COMPENSACIÓN
Componente Ambiental	Plantas Vasculares.
Nombre de la medida	Establecimiento de un área de conservación.
Objetivo de la medida	Conservar el ecosistema del que forman parte los individuos de *Metharme lanata*, mediante una figura de conservación.
Objeto de Conservación	*Metharme lanata* Phil.
Descripción de la medida	El establecimiento de un área de compensación por *Metharme lanata*, mediante un área para la conservación de la especie y el ecosistema al cual pertenece, que permita su mantenimiento en el tiempo y el desarrollo de investigaciones científicas que aporten conocimiento de estas y la generación de nuevas medidas con este nuevo conocimiento. La medida considera la instalación de una estación meteorológica para el conocimiento de la variación climática en el área y el comportamiento de la especie.
Justificación de la medida	Debido a la conformación de impacto residual mediante la construcción del proyecto, para lo que no puede ser mitigado ni reparado, se requiere de un área de compensación, en la cual se resguardará principalmente a la especie *Metharme lanata.* Sobre esta área posteriormente se generará una figura de protección a convenir con la autoridad, la que permitirá alcanzar una protección efectiva sobre la especie y su ecosistema.
Lugar de la medida	Se establece como opción el gestionar una superficie de 135,6 ha en el "Sector Sur Ductos Tramo 1", cuyas coordenadas UTM se encuentran en la Tabla 22 y se observan en la Imagen 26, destinada a la conservación de *Metharme lanata.*
Forma y oportunidad de implementación	Esta área de conservación será constituida una vez se establezcan las directrices en conjunto con la Autoridad, en plazo máximo de tres (3) años desde la emisión de la resolución a la solicitud de revisión de la RCA N°74/2018 de la Comisión de Evaluación Región de Tarapacá de conformidad a lo establecido en el artículo 25 quinquies de la Ley N°19.300. Sin perjuicio de lo anterior, esta será inmediatamente protegida por la Compañía comenzando con su delimitación.
Indicador de cumplimiento	i. Inicio de la tramitación de la figura de protección al primer año desde aprobada la medida. ii. Decreto de declaración de figura de protección en los plazos establecidos (máximo tres años). iii. Elaboración de Plan de Conservación Adaptativo para el área de acuerdo con requerimiento para la declaratoria antes del tercer año. iv. Conteo y georreferenciación de plantas al interior del área en temporada posterior a lluvias estivales.
Verificador de cumplimiento	· Documento que crea el área protegida. · Acta de constitución del área protegida. · Informe de cumplimiento de acciones y actividades del Plan de Conservación del área.

Nº 1	ÁREA DE COMPENSACIÓN
	· Informe anual de conteo y georreferenciación de plantas al interior del área.
Informes	Será emitido anualmente a la Superintendencia del Medio Ambiente un informe de cumplimiento de acciones y actividades del Plan de Conservación Ambiental del área, según el tipo de figura que se determine.

Fuente: Elaboración propia.

6.1 Figura de Protección

Para conservar el área que compense la afectación de *Metharme lanata* por el proyecto QB2, se constituirá un área protegida la cual será respaldada por una figura de protección pertinente. Ya sea un bien nacional protegido u otra que se defina en conjunto con la autoridad.

En tal sentido, Teck desarrollará todas las gestiones necesarias para la constitución del área protegida, una vez sea resuelto el procedimiento de revisión de RCA.

No obstante, desde ya resulta importante destacar que el sitio propuesto cumple con al menos dos de las características excepcionales que permiten asociarlo a un objetivo de protección específico según los criterios definidos en la Orden Ministerial 01/2018 del Ministerio de Bienes Nacionales, que señala: “Imparte Normas en materia de administración y enajenación de Bienes Raíces fiscales” de fecha 23 de noviembre de 2018, identificándose lo siguiente:

i. Ecosistemas Subrepresentados: coincidencia con ecosistemas, que se encuentran con una superficie de representación inferior al 10% o no representados en el SNASPE. Los ecosistemas de precordillera en la zona norte del país se encuentran subrepresentados en el SNASPE; no existiendo un área similar al área de distribución de *Metharme lanata* en el Parque Nacional Volcán Isluga, Parque Nacional Salar del Huasco y Reserva Nacional Pampa del Tamarugal.
ii. Especies en categoría de conservación: presencia de especies de flora y/o fauna cuyos estados de conservación se encuentren en alguna categoría contemplada en los diferentes procesos de clasificación de especies. Se encuentra *Metharme lanata* en categoría En Peligro.

Finalmente, de manera previa a la constitución de la figura de protección, se elaborará el Plan de Conservación conforme a los lineamientos que se identifican en la siguiente sección.

6.2 Plan de Conservación

Al administrar un área de Conservación siempre es requisito para asegurar los objetivos, que se buscan con proteger el área, contar con un plan de conservación, que permita definir los objetivos, lineamientos estratégicos, metas e indicadores, que aseguren su cumplimiento y el fin último de conservar el objeto(s) de conservación, en este caso *Metharme lanata*.

Sumado a lo anterior, y considerando que la escasa cultura de planificación, y la disociación entre planificación, monitoreo y aprendizaje en las acciones de conservación, han sido elementos gravitantes para que el manejo en la conservación no haya sido exitoso; se vuelve necesario considerar el concepto de manejo adaptativo, el cual incorpora el aprendizaje a la acción de conservación, y el monitoreo como instrumento que permite el ajuste de las acciones de manejo propuestas en los planes.

Para la obtención de los mejores resultados de los procesos de administración y conservación efectiva de las áreas protegidas del país, el Ministerio de Medio Ambiente ha considerado la aplicación de la metodología de los "Estándares Abiertos para la Práctica de la Conservación" (EAPC), como factor central en los procesos de planificación del manejo de las áreas protegidas. Por lo tanto, para la elaboración del plan de conservación del área de compensación por *Metharme lanata*, se considera utilizar dicha metodología, la que permitirá procesos mucho más ágiles, contemplando los siguientes principios básicos:

- Involucramiento de actores clave.
- Generación de alianzas en torno a la elaboración del Plan de Conservación (PC).
- Internalizar el aprendizaje desarrollado en el proceso de elaboración del PC en los actores involucrados.
- Realización de ajustes al desarrollo de las actividades y aplicación de la metodología según sea necesario, bajo la aprobación de la autoridad competente y según lo permitan las bases de licitación y los documentos asociados a ella.

Estos Estándares, elaborados bajo el enfoque de la Alianza para las Medidas de Conservación (CMP), aplicados globalmente proveerán los pasos generales y la orientación necesaria para la implementación exitosa del proyecto de conservación, y se plantea como una metodología para la elaboración del plan de conservación, que entrará en vigor una vez que el área cuente con el documento que respalde su creación como área de conservación.

Al respecto, la propuesta para la elaboración del plan de conservación del área de compensación incluirá los pasos propuestos en la metodología de Estándares Abiertos (EA), lo que se señala a continuación:

i. Conceptualizar qué es lo que se desea alcanzar en el contexto de donde se está trabajando.
ii. Planificar tanto las Acciones como el Monitoreo.
iii. Implementar las Acciones y el Monitoreo.
iv. Analizar los datos y evaluar la efectividad de las actividades.
v. Usar todos los resultados para Adaptar el proyecto y elevar al máximo el impacto.
vi. Capturar y Compartir los resultados con las audiencias externas e internas clave para promover el Aprendizaje (CMP, 2013).

Así mismo, para la elaboración del plan de conservación, se buscará dar respuestas operativas para lograr definir las metas de conservación, la medición de su progreso, la evaluación del estado de la biodiversidad, la comprensión del contexto socioeconómico y político asociado al área protegida, así como el desarrollo de medidas para evaluar los avances y el cumplimiento de objetivos y metas (Sutherland et al. 2004), obtener las acciones de conservación más efectivas, y los mecanismos que permitan aprender de esas acciones.

En esta dinámica se integrará el elemento del cambio, es decir el manejo adaptativo, entendido como la adquisición sistemática y la aplicación de información confiable en el proceso de perfeccionamiento del manejo en el tiempo (Wilhere 2002), el que también involucra la incorporación formal del proceso de aprendizaje, así como la investigación y sus resultados dentro de las acciones de conservación, ya que integra el diseño, manejo y monitoreo para, en forma sistemática, probar los supuestos con el fin de adaptar y aprender (Salafsky et al. 2001). Esto se observa en la Figura 10:

FIGURA 10. ESQUEMA DEL PROCESO DEL MANEJO ADAPTATIVO PARA EL MANEJO DE PROYECTOS DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD



Fuente: Margoluis y Salafsky, 1998.

Los EA tienen un vínculo directo con el concepto del manejo adaptativo de proyectos de conservación, básicamente incluyen los mismos pasos. Este manejo adaptativo permitirá incorporar oportunamente el nuevo conocimiento generado en las actividades complementarias del plan de compensación, incorporándolo a las medidas de manejo adoptadas y permitiendo generar nuevas medidas acorde a la nueva información. Tanto el manejo adaptativo como los EAPC serán considerados como bases fundamentales para la elaboración del plan de conservación del área de compensación, el cual será elaborado de manera previa a la creación del área protegida.

FIGURA 11. CICLO DE MANEJO ADAPTATIVO DE LOS ESTÁNDARES ABIERTOS PARA LA PRÁCTICA DE LA CONSERVACIÓN



Fuente: Análisis, adaptación y sistematización de estándares para la planificación del manejo en Iniciativas de Conservación Privada y Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos, WCS, 2017

Dichos elementos serán clave para el éxito de un plan de conservación que asegure el cumplimiento del planteamiento inicial de compensar el impacto generado sobre *Metharme lanata*.

Sin embargo, teniendo en cuenta que el plan de conservación será elaborado de manera participativa bajo la metodología de estándares abiertos para la conservación, se considera que dicho plan, debiera incluir dentro de su planteamiento, al menos lo planteado por el proyecto de Ley del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, pese a no estar aprobado, dado que plantea lo necesario para un buen plan de manejo. Por lo señalado, se estipula que el plan debiera abordar al menos lo siguiente:

Artículo 29. Toda área protegida, ***deberá contar con un plan de manejo****, de carácter* ***obligatorio****, el que deberá ser* ***consistente*** *con el* ***objetivo*** *del área.*

El plan de manejo definirá las prohibiciones o regulaciones al desarrollo de actividades que sean estrictamente necesarias para el cumplimiento del objetivo del área protegida respectiva.

Artículo 30. Los planes de manejo de áreas protegidas deberán reunir las siguientes ***características:***

a) ***Incluir metas medibles*** *y un período para implementarlas, con el fin de evaluar el éxito del plan de manejo, y si corresponde la adecuación de recursos y capacidades;*

b) Señalar de manera ***clara y precisa aquellas prohibiciones*** *y regulaciones de determinadas actividades en el área protegida o en zonas específicas de la misma, en conformidad a la legislación, y*

c) Establecer los ***objetivos específicos****, las medidas de manejo y los recursos necesarios para el área en cuestión.*

Los planes de manejo podrán dividirse en varios programas o planes de acción que traten funciones específicas: conservación, uso sostenible, investigación científica, monitoreo, educación, recreación, ecoturismo, aspectos regulatorios, administración y coordinación.

Es así que, para la implementación del plan de manejo, podría ser considerado a través de la metodología EA un modelo de administración basado en una estructura jerárquica y funcional que opere sobre la base de programas, los cuales podrían como ejemplo, subdividirse en 3 grupos en orden jerárquico, tal como se observa en la Figura 12, pudiendo definirse como programas de administración, programas funcionales (monitoreo, vigilancia y fiscalización) y programas complementarios (investigación, educación y extensión), que posibilitarán cumplir el objetivo del área de conservación.

FIGURA 12 PROGRAMAS PROPUESTOS A CONSIDERAR EN PLAN DE MANEJO



Fuente: Elaboración propia modificada Plan de Gobernanza y Administración AMCP-MU Isla Grande de Atacama, 2019.

Es así como, podría definirse dentro de los programas del plan de manejo, una serie de funciones y actividades a desarrollar, todas destinadas a dar cumplimiento al objetivo de conservación, tal como se indica en la Tabla 24.

TABLA 24. PROPUESTA DE PROGRAMAS Y DEFINICIÓN

PROGRAMA	DESCRIPCIÓN
Programa de administración y operación	Instrumento de planificación maestro, que define las actividades generales a ser desarrolladas al interior del área de conservación, tendientes a dar cumplimiento a la Misión y los objetivos definidos en los programas funcionales y complementarios, gestión hacia el cumplimiento de un plan básico de funcionamiento del área. Mediante este programa se planificará y evaluará el funcionamiento del plan anual en cada uno de sus programas, así como de la gestión financiera del mismo.
Programa de Monitoreo	Instrumento de planificación y operación que actuará como elemento de análisis y evaluación de los diversos programas complementarios, permitiendo realizar los ajustes necesarios para dar cumplimiento con los objetivos y metas trazadas para el área de conservación. Se consideran análisis de gestión ambiental.

PROGRAMA	DESCRIPCIÓN
Programa de Fiscalización y Vigilancia	Instrumento de planificación y operación que definirá las actividades internas y externas tendientes a resguardar los elementos de conservación y patrimonios existentes en función del nivel de protección y cuidado establecido para cada uno de ellos. Se encarga de gestionar con los aliados estratégicos
Programa de Investigación y educación:	Herramienta de planificación tendiente a definir ejecutar o supervisar las necesidades de investigación y educación en el área y fuera de ella, que permitan entregar elementos de juicio referente a la situación de los objetos de conservación, los procesos ecológicos que ocurren en el área y sus servicios ecosistémicos, como mejorar el conocimiento de las actividades que se desarrollan al público general y que permitan mejorar la toma de decisión referente a las acciones de conservación que serán llevadas a cabo.
Programa de Extensión:	Instrumento de planificación tendiente a generar la conexión entre la unidad administradora con equipos de trabajo locales, autoridades, investigadores nacionales e internacionales que permitan dar a conocer el trabajo desarrollado en el área, así como la generación de alianzas estratégicas entre actores para el cumplimiento de los objetivos del plan.

Lo planteado, corresponde a elementos que pudieran ser considerados durante la elaboración del plan de manejo del área de compensación, donde las actividades complementarias y el plan de monitoreo propuestos en la presente Medida de Compensación, pudieran complementarse en favor del objeto de conservación *Metharme lanata* del área a proteger.

Por tanto, respecto del plan de conservación que debe ser elaborado para la gestión y conservación del área de protección, se consideran los alcances detallados en la Tabla 25, presentada a continuación:

TABLA 25. PLAN DE CONSERVACIÓN AMBIENTAL *M. LANATA*

Nº 2	PLAN DE CONSERVACIÓN AMBIENTAL *M. LANATA*
Componente Ambiental	Plantas Vasculares.
Nombre de la medida	Plan de Conservación.
Objetivo de la medida	Definir los objetivos, lineamientos estratégicos, metas e indicadores, que aseguren la protección de *Metharme lanata,* como objeto de conservación en el área de compensación, según plan de manejo.
Descripción de la medida	Se generará un Plan de Conservación para *Metharme lanata*, considerando el concepto de manejo adaptativo, el cual incorpora el aprendizaje a la acción de conservación, y el monitoreo como instrumento que permite el ajuste de las acciones de manejo propuestas en los planes.
Justificación de la medida	Para administrar un área de Conservación es necesario contar con un plan de conservación que asegure los objetivos que se busca con proteger el área, ´permitiendo definir los objetivos, lineamientos estratégicos, metas e indicadores, que garanticen su cumplimiento y el fin último de resguardar el objeto(s) de conservación, en este caso *Metharme lanata*. Así mismo, con la elaboración del plan de conservación, se busca dar respuestas operativas que permitan definir las metas de conservación, la medición de su progreso, la evaluación del estado de la biodiversidad, la comprensión del contexto socioeconómico y político asociado al área de compensación, así como el desarrollo de medidas para evaluar los avances y el cumplimiento de objetivos y metas (Sutherland et al. 2004), obtener las acciones de conservación más efectivas, y los mecanismos que permitan aprender de esas acciones.
Lugar de la medida	El plan de conservación será realizado para el área de compensación correspondiente a 135,6 ha en el sector sur de ductos (Imagen 26).
Forma y oportunidad de implementación	Se requiere un plan de conservación para el establecimiento de medidas y acciones que favorezcan la conservación del objeto de conservación del área.
Indicador de cumplimiento	· Ingreso de solicitud de inicio ante la autoridad realizada. Año 1 de aprobada la MCPB. · Inicio de aplicación de la metodología estándares abiertos realizada. Año 2 de aprobada la MCPB. · Objeto de conservación definido y plan de manejo elaborado. Año 3 de aprobada la MCPB. · Implementación y ejecución del plan de conservación. Año 4 de aprobada la MCPB.
Verificador de cumplimiento	Al año 3 el plan de Conservación del área de compensación elaborado y aprobado por la autoridad competente. Al año 4 plan de conservación en ejecución.
Informes	Informe anual de resultados hasta el año de término del plan de cierre proyecto.

Fuente: Bogado Ingenieros

6.3 Plan de Monitoreo del Área de Compensación

Con el fin de conocer la evolución y comportamiento del objeto de conservación al interior del área de compensación, se definirá un monitoreo semestral, durante la primavera y post lluvias estivales, con la finalidad de evaluar su condición al interior del área. El objetivo del plan de monitoreo tiene como finalidad mantener informada a la autoridad de la evolución de la condición de la especie al interior del área protegida. Para esto, se plantea un plan de monitoreo del área protegida, que considera las características de la especie y el ecosistema que la alberga, razón por la que se realizarán las actividades detalladas a continuación en la Tabla 26.

TABLA 26. VARIABLES DEL PLAN DE MONITOREO DEL ÁREA DE COMPENSACIÓN

VARIABLE	INDICADOR	VERIFICADOR	FRECUENCIA
Densidad de *Metharme lanata* en el área de compensación	Número de plantas/superficie	Conteo y georreferenciación de plantas al interior del área en temporada posterior a lluvias estivales.	Anual Año 1 de aprobada la Medida al año 30 (término del plan de cierre del proyecto QB2)
Identificación de individuos	Selección de plantas a monitorear. Marcaje de plantas seleccionadas.	Individuos en seguimiento definidos e identificados en planilla de seguimiento.	Año 1 de aprobada la Medida Fase construcción
Estado de *Metharme lanata* en área de compensación	a. Tamaño de planta (altura y diámetro) b. Condición vegetativa (brotación, floración, planta activa, planta en receso) c. Número de ramas d. Número de flores e. Tamaño de hojas (selección N° hojas/planta)	• Indicadores de seguimiento levantados. • Informe con antecedentes del monitoreo. • Informe anual resultado de los monitoreos.	Semestral Año 1 de aprobada la Medida al año 30 (término del plan de cierre del proyecto QB2)
Estado del área de compensación	a. Identificación de fauna mediante metodología según taxa b. Registro de riqueza y abundancia de fauna c. Registro de riqueza de invertebrados	• Indicadores de seguimiento levantados. • Informe con antecedentes del monitoreo. • Informe anual resultado de los monitoreos.	Semestral Año 1 de aprobada la Medida al año 30 (término del plan de cierre del proyecto QB2)

Fuente: Elaboración Bogado Ingenieros

7 ACCIONES COMPLEMENTARIAS A LA MEDIDA DE COMPENSACIÓN

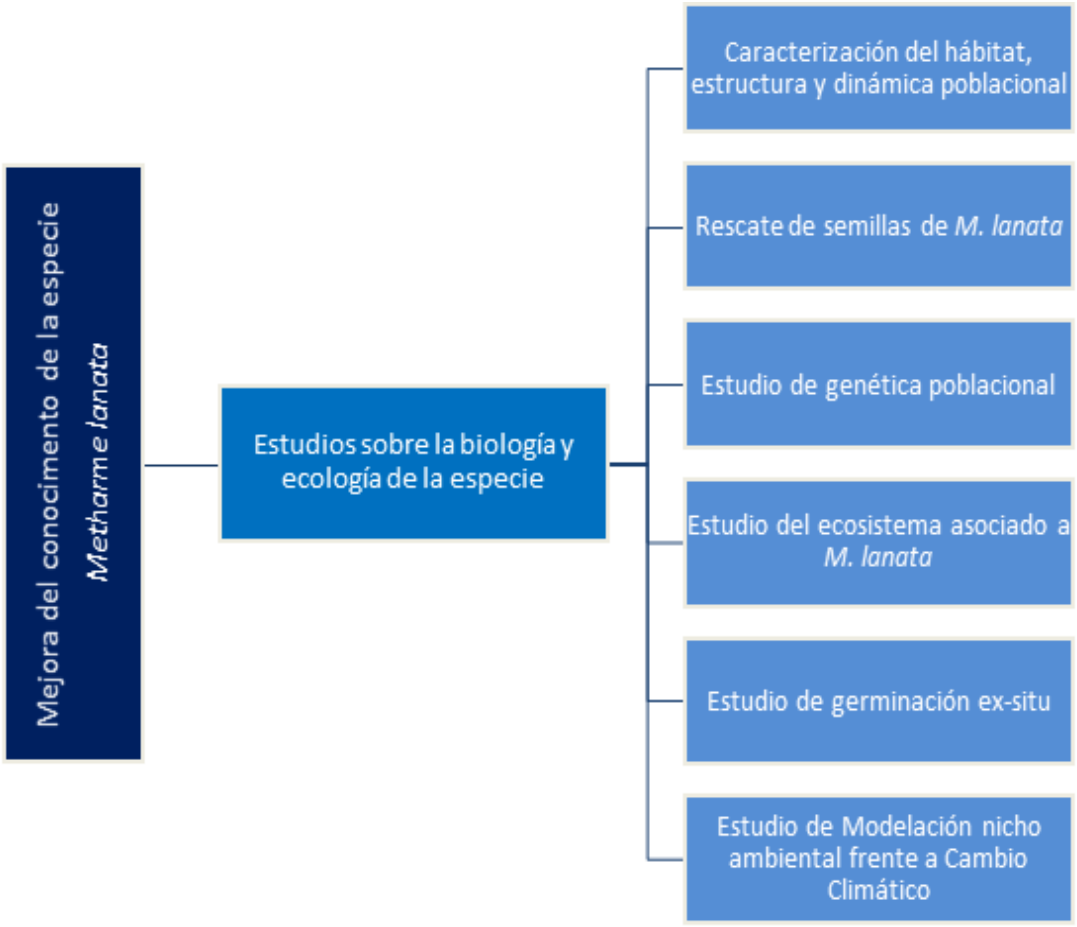
Considerando que la medida contempla la generación de un área de compensación por *Metharme lanata,* definiendo acciones para la conservación de ésta, por el proyecto Quebrada Blanca Fase 2, específicamente en un sector al sur del trazado de ductos como fue señalado anteriormente, resulta relevante considerar acciones complementarias a la compensación, las que estarán destinadas a fortalecer el conocimiento de la especie, así como a la generación de acciones destinadas a la conservación de la especie in-situ y ex-situ en el corto, mediano y largo plazo.

Un elemento relevante de las acciones complementarias, a describir a continuación, es que están destinadas a mejorar el conocimiento de la especie y no a compensar el impacto sobre *Metharme lanata* generado por el proyecto en cuestión. Por ende, es compleja la definición de indicadores de éxito, toda vez que el desconocimiento sobre la especie no posibilita estimar resultados de manera previa. Sin embargo, para la conservación de *M. lanata* más allá del área de influencia del proyecto, es necesario conocer el comportamiento y ciclo de la vida de esta. Dicho lo anterior, un elemento relevante será el considerar los resultados a obtener en los estudios, en el plan de manejo adaptativo que permitirá la definición de acciones que aporten a la preservación de la especie a través del Plan de Conservación del Área de Compensación.

Para *Metharme lanata* no se dispone de información básica con la caracterización detallada de su hábitat, distribución espacial de los individuos, densidad poblacional, ciclo de vida (vegetativo, reproductivo), interacciones biológicas, así como la estructura poblacional y la dinámica de regeneración. Observaciones de terreno indican que las poblaciones están conformadas por individuos de distintas clases de tamaños (Pinto, 2009). Además, se ha observado la emergencia de una gran cantidad de plantas luego de precipitaciones (Medida MM-11, RCA 74/2018). Esto indicaría que las poblaciones estarían conformadas por individuos de distintas edades, que son longevas y persistentes, las que pueden sobrevivir por períodos mayores a un ciclo anual, sin descartar la germinación de semillas, de las que no se cuenta con certeza de su comportamiento en el tiempo.

Por otra parte, considerando que la intervención de la faja de ductos afectará 1.844 individuos, cuya compensación se efectuará a través del establecimiento del área de compensación, se plantean acciones complementarias a la medida de compensación, las que se describen en la Figura 13, a continuación:

FIGURA 13. MEDIDAS COMPLEMENTARIAS DE INVESTIGACIÓN



Fuente: Elaboración Propia

7.1 Estudios sobre la biología y ecología de la especie

7.1.1 Caracterizar el hábitat, estructura y dinámica poblacional.

El estudio de procesos ecológicos, como la dinámica poblacional y ecología reproductiva, es una actividad necesaria para obtener patrones confiables de cómo se regenera y reproduce in situ cualquier especie objetivo. Esta información es esencial para detectar tendencias en la abundancia y distribución a través del tiempo, medir los impactos de procesos amenazantes y evaluar la efectividad de las respuestas de manejo (Legge et al. 2018). Estos estudios permiten detectar tendencias en las dinámicas poblacionales en procesos demográficos (Ej. Mortalidad y establecimiento de individuos) y otros procesos relacionados como reproducción, interacciones biológicas, entre otras.

En la línea de lo referido anteriormente, la medida considerará el desarrollo de un estudio detallado de las condiciones del hábitat de la especie, incluyendo las condiciones físicas, como son el tipo de sustrato, exposición solar, pendiente, condiciones climáticas (precipitaciones y temperaturas), y biológicas, como pueden ser las interacciones biológicas con otras especies (polinización, retención de semillas, etc.) en las que se desarrolla *Metharme lanata*, realizando un seguimiento semestral de al menos dos "poblaciones" (localidades) definidas en coordinación con la Autoridad, en las que se evaluará el número de individuos presentes durante un periodo de al menos cinco años, evaluando emergencia o reclutamiento, y entrada en receso y/o mortalidad de individuos, períodos de floración; así como la eventual variación en la distribución de tamaños de las poblaciones estudiadas, analizando las variaciones que se presenten durante las series de tiempo analizadas.

TABLA 27. ACCIÓN COMPLEMENTARIA CARACTERIZACIÓN HÁBITAT

Nº 01	CARACTERIZACIÓN HÁBITAT
Componente Ambiental	Plantas Vasculares.
Nombre de la medida	Caracterización del hábitat, estructura y dinámica poblacional.
Objetivo de la medida	Aportar al conocimiento científico de la especie mediante un estudio detallado de las condiciones de hábitat de la especie, incluyendo las condiciones físicas y biológicas en las que se desarrolla esta.
Descripción de la medida	Sobre dos áreas seleccionadas se estudiará el detalle de la estructura de tamaños, cambios en el número de individuos en el tiempo y análisis de la estructura del hábitat en estas localidades de estudio, relacionando con factores ambientales bióticos y abióticos. El estudio considerará la instalación de dos estaciones meteorológicas, una en cada área a evaluar. La medida se realizará a partir del año 1 de aprobada la MCPB hasta el año 5 de esta.
Justificación de la medida	El estudio de procesos como la dinámica poblacional y ecología reproductiva es una actividad necesaria para obtener patrones confiables de cómo se regenera y reproduce *in situ* cualquier especie objetivo. Esta información es esencial para detectar tendencias en la abundancia y distribución a través del tiempo, medir los impactos de procesos amenazantes y evaluar la efectividad de las respuestas de manejo (Legge et al. 2018). Estos estudios permiten detectar tendencias en las dinámicas poblacionales en procesos demográficos (Ej. mortalidad y establecimiento de individuos) y otros procesos relacionados como reproducción, interacciones biológicas, entre otras.
Lugar de la medida	Este estudio y seguimiento será realizado en al menos dos "poblaciones" modelo, una localizada al interior del área protegida y la otra en la población localizada de manera

Nº 01	CARACTERIZACIÓN HÁBITAT
	adyacente al sur de Quebrada Sipuca, en la comuna de Pozo Almonte.
Forma y oportunidad de implementación	Comprende un estudio detallado de las condiciones de hábitat de la especie, incluyendo las condiciones físicas y biológicas en las que se desarrolla la especie, hacer un seguimiento de al menos dos "poblaciones" modelo, en el que se evalúe el número de individuos presentes durante un periodo de al menos cinco años. Este estudio se iniciará una vez implementada la medida de compensación.
Indicador de cumplimiento	· Instalación de estación meteorológica en el área de compensación (1) y en Quebrada Sipuca (1), al año 1. · Número de individuos/área anual (años 1 al 5). · Estructura de Hábitat en dos áreas seleccionadas al año 5. · Generación de una publicación científica de resultados del estudio al año 6.
Verificador de cumplimiento	Informe de actividades y avances en resultados del Estudio de caracterización de hábitat, estructura y dinámica poblacional de la especie. Publicación en revista científica al año 6.
Informes	Se emitirán a la Superintendencia del Medio Ambiente Informes anuales con los avances del estudio, a partir del año 1 hasta el año 5 de aprobada la MCPB. Se emitirá a la Superintendencia del Medio Ambiente informe con la publicación científica al año 6.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2 Rescate de semillas *M. lanata*

Para la conservación de las especies es crucial el mantenimiento de una diversidad genética que permita su permanencia en el tiempo y asegure su reproducción, aumentando sus probabilidades de sobrevivir a cambios ambientales.

En este contexto, la medida considerará el rescate de semillas desde el suelo del área de ductos donde se generará el impacto, para su mantención ex-situ, en un banco de semillas de alguna institución con conocimiento en el tema (ej. INIA, CONAF), hasta que el conocimiento científico respecto de su biología y ecología permita su germinación y replante posterior en el área de conservación o en área determinada por la autoridad, o de acuerdo a las acciones que se determinen durante la elaboración del plan de conservación ambiental de la especie. Para esto, se requerirá la mantención de las semillas en condiciones que permitan su permanencia en estado de latencia, controlando las características del almacenamiento, especialmente condiciones de humedad, temperatura y luminosidad.

TABLA 28. ACCIÓN COMPLEMENTARIA RESCATE SEMILLAS

Nº 02	RESCATE DE SEMILLAS
Componente Ambiental	Plantas Vasculares.
Nombre de la medida	Rescate Semillas.
Objetivo de la medida	Aportar a la conservación de la especie mediante el rescate de semillas en el área de impacto, que permitan la preservación de la diversidad genética presente en esta área.
Descripción de la medida	Sobre el área a impactar se realizará una búsqueda y recolección de semillas, las cuales serán posteriormente almacenadas para conservar su latencia hasta que los estudios científicos permitan su sobrevivencia ex situ. Para cumplir con lo indicado, la medida plantea la conservación de las semillas hasta contar con antecedentes y conocimiento científico suficiente de la especie, que permitan manejar sus requerimientos para la germinación. Por esta razón, de no existir un porcentaje de germinación superior al 40% con los estudios realizados, no se someterá a germinación a las semillas almacenadas para su resguardo
Justificación de la medida	La mantención de la diversidad genética es crucial para el mantenimiento de la especie *M. lanata*, debido a que esta diversidad permite, como especie, su adaptación a ambientes cambiantes y permite aumentar o mantener la diversidad fenotípica existente actualmente.
Lugar de la medida	El rescate de semillas será realizado en la zona de la plataforma de 30 m y área adicional del camino en el área ductos Tramo 1 del proyecto QB2, durante la etapa de construcción, una vez aprobado el presente documento. El almacenamiento de las semillas se realizará en sitio con experiencia, tal como INIA, CONAF u otro.
Forma y oportunidad de implementación	Comprende el rescate de semillas del área de ductos Tramo 1 previo a la ejecución de obras durante la fase de construcción, iniciando el proceso al menos seis meses previos al movimiento de tierras asociado al año 1 de aprobada la MCPB.
Indicador de cumplimiento	・Catastro de plantas en el sector de la plataforma. Año 1. ・100% de colecta de semillas realizada. Año 1. ・100% de las semillas colectadas almacenadas y conservadas apropiadamente. (Número de semillas almacenadas/Número de semillas colectadas*100). Año 2. ・Colecta de semillas en al menos 5 sectores diferentes al área afectada en su rango de distribución. Año 2. ・Almacenamiento y conservación de semillas de otras áreas. Año 3.
Verificador de cumplimiento	Informe de la actividad de rescate y almacenamiento de estas.
Informes	Se emitirá a la Superintendencia del Medio Ambiente informe anual con los avances del estudio, durante los años 1, 2 y 3 de aprobada la MCPB.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.3 Estudio de genética poblacional

La diversidad genética de una población de una especie, entendida como cantidad de alelos o variantes de un mismo gen, está positivamente correlacionada con el tamaño poblacional. En términos generales, a mayor tamaño poblacional (número de individuos por población) mayor es la diversidad genética presente de la población y, viceversa. Poblaciones de especies en peligro de extinción normalmente se caracterizan por su distribución restringida, pocas poblaciones y bajo número de individuos por población.

Con la finalidad de alimentar con datos al plan de conservación ambiental adaptativo, se requerirá determinar:

i. La estructura la especie, si presenta distintas poblaciones[12] aisladas entre sí o una sola gran población;
ii. La presencia de interconexión entre poblaciones, vía polinizadores o movimiento de semillas por diversas vías;
iii. Eventos recientes o actuales a los que se han visto expuestas estas poblaciones, como pueden ser cuellos de botella que hayan generado disminuciones poblacionales o por el contrario estar en presencia de expansiones poblacionales;
iv. La diversidad genética y excesos o falta de diversidad que puedan poner en riesgo la subsistencia de la especie.

Los estudios de diversidad genética son esenciales para desarrollar estrategias y planes de conservación y manejo de especies amenazadas. Específicamente, conocer la diversidad genética ayuda a comprender y cuantificar los impactos relativos de cada factor de amenaza involucrado y dimensionar sus consecuencias; determinar la capacidad de respuesta de las poblaciones y especies frente a los cambios ambientales naturales o antrópicos; y estimar los riesgos de pérdida de especies. También esta información es útil para definir estrategias de muestreo de germoplasma para su uso en conservación a largo plazo y para producción de plantas para acciones de reintroducción.

Se propone la realización de un estudio de la diversidad y estructura genética de poblaciones en a lo menos diez localidades con presencia de *M. lanata*, incluyendo la población del Área de Compensación propuesta.

El muestreo de material para análisis genético se desarrollará aplicando protocolos establecidos para ello. Dado que es una especie con un bajo conocimiento científico, no existen marcadores genéticos disponibles, por tanto, se debe considerar la construcción de dichos marcadores. El análisis deberá ser realizado en un laboratorio con experiencia comprobada en el tema, y el estudio debe resultar en la generación de, al menos, una publicación científica.

[12] Se usa aquí el término “población” como una distinción operacional para referirse al conjunto de individuos de un área en particular

TABLA 29. ACCIÓN COMPLEMENTARIA ESTUDIO DE GENÉTICA POBLACIONAL

Nº 03	ESTUDIO GENÉTICA POBLACIONAL
Componente Ambiental	Plantas Vasculares.
Nombre de la medida	Genética poblacional.
Objetivo de la medida	Determinar el grado de variabilidad genética de poblaciones localizadas en distintos lugares de la región.
Descripción de la medida	Se considera la realización de un estudio de la diversidad y estructura genética de subpoblaciones (localidades) con el fin de determinar la variabilidad, aislamiento y niveles de flujo genético intra e interlocalidades dentro del rango de distribución de la especie. La medida se desarrollará a partir del año 1 de aprobada la MCPB al año 5.
Justificación de la medida	Los estudios de diversidad genética son esenciales para desarrollar estrategias y planes de conservación y manejo de especies amenazadas. Específicamente, conocer la diversidad genética ayuda a comprender y cuantificar los impactos relativos de cada factor de amenaza involucrado y dimensionar sus consecuencias; determinar la capacidad de respuesta de las poblaciones y especies frente a los cambios ambientales naturales o antrópicos y estimar los riesgos de pérdida de especies. También esta información es útil para definir estrategias de muestreo de germoplasma para su uso en conservación a largo plazo, y para producción de plantas para acciones de reintroducción.
Lugar de la medida	Se propone la realización de un estudio de la diversidad y estructura genética de poblaciones de al menos diez localidades de la Región de Tarapacá (incluyendo el área de compensación), seleccionadas entre los sitios descritos en el Apéndice A de la MCPB. El análisis deberá ser realizado en un laboratorio con experiencia comprobada en el tema.
Forma y oportunidad de implementación	Las actividades de recolección de material genético en terreno se llevarán a cabo en conjunto con las actividades del estudio de distribución, densidad y condición de la especie a nivel regional.
Indicador de cumplimiento	· Toma de muestras y análisis genéticos en al menos 10 sitios con presencia de *M. lanata* en su rango de distribución. Año 1 de aprobada la MCPB. · Análisis genéticos de laboratorio de las poblaciones con material genético recolectado y análisis de genética poblacional. Año 3. · Generación de una publicación científica con la información. Año 5.
Verificador de cumplimiento	Informe de actividades y avances en resultados del estudio de diversidad genética de las poblaciones los tres primeros años desde aprobada la medida. Publicación en revista científica al quinto año.
Informes	Se emitirán a la Superintendencia del Medio Ambiente Informes anuales con los avances del estudio durante los cuatro primeros años de aprobada la MCPB. Se emitirá a la Superintendencia del Medio Ambiente informe con la publicación científica al año 5.

Fuente: Elaboración propia

7.1.4 Estudio del ecosistema asociado a *M. lanata*

Los ecosistemas son sistemas complejos adaptativos cuya definición en términos de límites, procesos, componentes, interacciones, flujos de entradas-salidas y patrones emergentes, dependen del énfasis disciplinar del análisis y del marco de conocimiento previo de quien realiza la observación.

La integración del análisis de relaciones ecosistémicas por medio de elementos descritos de este permitirá entender la complejidad natural del sistema ecológico que es intervenido, comprender los alcances de esta intervención, y ponderar las medidas de adaptación del plan de conservación y seguimiento de la medida.

El enfoque del análisis ecosistémico busca organizar los elementos descritos como son sus componentes (ej. especies), su estructura (ej. Comunidades y gremios) y sus funciones (ej. procesos y ciclos) , analizando las interrelaciones en relación con los procesos en que ellas participan, interrelaciones que existen entre los componentes del ecosistema, analizando los procesos físicos (ej. factores climáticos, ciclos biogeoquímicos y energéticos) y bióticos (ej. competencia, depredación y mutualismo) que ocurren dentro de este ecosistema, permitiendo generar las matrices de interacciones que permitan entender el ecosistema en su conjunto.

De esta manera, se espera lograr la identificación de los procesos físicos y bióticos que ocurren dentro del ecosistema de *M. lanata* que podrían ser sujeto de afectación, e identificar elementos singulares que las describan apropiadamente (i.e., especies, grupos taxonómicos específicos, grupos funcionales, entre otros).

Esta aproximación permite entregar una versión sintética de los principales procesos y elementos que componen el ecosistema analizado, y permite identificar procesos y elementos singulares en ellos.

Dentro del marco descrito, el objetivo de este estudio es identificar y caracterizar las relaciones ecosistémicas que están presentes al interior del ecosistema de *M. lanata*.

La descripción, identificación y priorización de las relaciones ecosistémicas asociadas al área de estudio del proyecto se realiza considerando la sistematización de información existente y generada en los trabajos de terreno, la cual consiste en vincular el listado de los principales procesos ecosistémicos con un listado de elementos que participan en su generación. De forma específica en esta metodología se define elemento a una estructura o grupo estructural biótico o físico presente en el ecosistema, el cual puede corresponder a una especie, una población, una comunidad biótica o un elemento físico en sus diferentes niveles de agregación de materia. El estudio ecosistémico se realizará en tres “Poblaciones” (Localidades) por un período de 5 años, juntamente con el estudio poblacional (7.1.1).

TABLA 30. ACCIÓN COMPLEMENTARIA ESTUDIO DE ECOSISTEMA ASOCIADO A *M. LANATA*

Nº 04	ESTUDIO ECOSISTEMA ASOCIADO A *M. LANATA*
Componente Ambiental	Plantas Vasculares.
Nombre de la medida	Estudio del ecosistema asociado a *M. lanata.*
Objetivo de la medida	Identificar y caracterizar las relaciones ecosistémicas que están presentes al interior del ecosistema de *M. lanata.*
Descripción de la medida	La descripción del ecosistema, sus componentes, estructura y función y el análisis de las relaciones entre estos. El estudio considerará el comportamiento en términos ecológicos de especies acompañantes para identificar procesos de retrogresión del ecosistema que la conforma. Se identificará vestigios de vegetación perenne presentes en el área de estudio con este fin. El estudio considerará la obtención de información del comportamiento anual de la especie en al menos tres sectores diferentes dentro de su rango de distribución. La actividad se desarrollará a partir del año 1 de aprobada la MCPB hasta el año 6.
Justificación de la medida	La integración del análisis de relaciones ecosistémicas, por medio de elementos descritos de este, permitirá entender la complejidad natural del sistema ecológico que es intervenido, comprender los alcances de esta intervención, y ponderar las medidas de adaptación del plan de conservación y seguimiento de la medida, en los procesos adaptativos de estos.
Lugar de la medida	Este estudio y seguimiento será realizado en al menos tres "poblaciones" una localizada al interior del área de compensación, la otra en el sector de seguimiento y control definida en el sector del Tramo 1 y la tercera en un sitio fuera del área de influencia del proyecto, a convenir con la autoridad.
Forma y oportunidad de implementación	Comprende un estudio detallado del ecosistema y sus interrelaciones, considerando los aspectos bióticos y abióticos, generando un análisis de tres "poblaciones", en el que se evalúe la estructura, función y relaciones entre componentes de este. El estudio considera una investigación en diferentes estaciones anuales, al menos por cinco años de levantamiento de información, con la finalidad de estudiar el comportamiento en períodos estivales, asociado a posibles variaciones de la precipitación estival.
Indicador de cumplimiento	Recopilación y sistematización de antecedentes respecto del ecosistema asociado a *M. lanata*. Años 1 al 5. Análisis del Ecosistema, componentes y relaciones ecosistémicas de 3 sitios. Años 1 al 5. Generación de una publicación científica de las relaciones ecosistémicas. Año 6.
Verificador de cumplimiento	Informe anual de actividades y avances en resultados del Estudio de características del ecosistema que alberga a *Metharme lanata*.

Nº 04	ESTUDIO ECOSISTEMA ASOCIADO A *M. LANATA*
Informes	Se emitirán a la Superintendencia del Medio Ambiente Informes anuales con los avances del estudio hasta el sexto año de implementada la MCPB.

Fuente: Elaboración propia

7.1.5 Estudio de germinación ex-situ

La falta de información sobre propagación, particularmente sobre condiciones de germinación y liberación de dormancia de las semillas, limita las acciones de reintroducción de especies amenazadas, así como de restauración / rehabilitación de hábitat degradados (Hay & Probert 2013). Una vez germinadas las semillas, es necesario producir plantas de calidad para su reintroducción o cualquier otra medida que contemple manejo de las plantas.

Dado que no hay experiencias de manejo de la especie, siendo el trabajo del INIA Intihuasi el único ensayo de germinación de la especie (INIA, 2008), con resultados negativos por diferentes motivos, se hace necesario que, como prerrequisito para lograr manejar la especie y reproducirla, se conozcan las condiciones óptimas bajo las cuales una semilla germina. Adicionalmente se debe conocer cuáles son los factores ambientales que promueven la latencia de las plantas y posterior emergencia.

Se propone desarrollar un estudio que incluya los factores que condicionan o promueven la germinación, determinando las condiciones óptimas de esta y el tipo de latencia que presentan las semillas de *Metharme lanata*.

Para la obtención de germoplasma se prospectarán las poblaciones siguiendo los protocolos generados por INIA (Gold et al. 2004, León-Lobos et al. 2014).

Este estudio deberá ser desarrollado por una institución con experiencia en el manejo de especies nativas, el que incluirá desde la obtención de propágulos (semillas) hasta el desarrollo del protocolo más adecuado para conseguir la propagación de la especie.

TABLA 31. ACCIÓN COMPLEMENTARIA ESTUDIO DE GERMINACIÓN EX-SITU

Nº 05	ESTUDIO DE GERMINACIÓN EX-SITU
Componente Ambiental	Plantas Vasculares.
Nombre de la medida	Estudio de germinación ex-situ.
Objetivo de la medida	Desarrollar un diseño experimental para la determinación de los requerimientos y condiciones óptimas para la germinación de *Metharme lanata*.
Descripción de la medida	Los ensayos de germinación serán realizados mediante el uso de semillas colectadas en áreas fuera del Área de Influencia del proyecto, específicamente en el rango de distribución de la especie, en áreas no intervenidas por el proyecto. La reintroducción y viverización dependerán del éxito de germinación y desarrollo posterior de la especie, el que podría no ser exitoso, dada la dependencia de las condiciones ambientales, de las que no existe certeza en el conocimiento.
Justificación de la medida	La falta de información para la propagación de *Metharme lanata*, particularmente sobre las condiciones de germinación y ruptura de la dormancia de semillas, limita las acciones de reintroducción de especies amenazadas, así como de restauración/rehabilitación de hábitat degradados (Hay & Probert 2013). Por esta razón, resulta importante para la recuperación y repoblamiento de la especie, el obtener información de los requerimientos de *Metharme lanata* y así favorecer su conservación dentro de su rango de distribución.
Lugar de la medida	Este estudio será realizado por un vivero que posea experiencia en propagación de especies nativas, lo que será acordado con la autoridad, existiendo la posibilidad de utilizar algún vivero de la Corporación Nacional Forestal, así como del INIA.
Forma y oportunidad de implementación	El estudio de propagación dará inicio con las actividades de colecta y traslado de material vivo (semillas) a partir del primer año del inicio de implementación de la medida. A partir del segundo año las semillas colectadas se someterán al proceso de germinación. Posteriormente se considera la viverización de las plantas obtenidas para posibles posteriores procesos de restauración en sectores a definir con la autoridad, considerando el área de compensación como un posible sitio. Los ensayos de germinación se realizarán a partir del año 2 de aprobada la MCPB, al año 10 de su implementación. La reintroducción de plantas exitosas se desarrollará de manera posterior a la época de lluvias estivales.
Indicador de cumplimiento	· Colecta de semillas. Año 1 al 10. · Ensayos de germinación de semillas año 2 al 10. · Estudios y determinación de porcentajes de germinación de semillas colectadas fuera del área de influencia del proyecto. Año 2 al 10. · Determinación de la tasa éxito de propagación y reintroducción de plantas de *M lanata.* Año 10.
Verificador de cumplimiento	Informe de actividades y avances en resultados del Estudio de germinación ex-situ. A partir del año 1 de aprobada la MCPB- al año 10.

Nº 05	ESTUDIO DE GERMINACIÓN EX-SITU
Informes	Se emitirá a la Superintendencia del Medio Ambiente Informes anuales con los avances del estudio, a partir del año 1 hasta el año 10 de implementada la MCPB.

Fuente: Elaboración propia

7.1.6 Estudio de Modelación nicho ambiental frente a Cambio Climático

Para entender el efecto del cambio climático sobre la distribución de *M. lanata* en su rango de distribución y en particular en el área de compensación, permitiendo determinar los cambios en la presencia de esta especie en las zonas de interés, esto es determinar contracciones y/o expansiones de su distribución altitudinal y latitudinal y para generar este conocimiento se propone realizar un estudio que contemple modelar el nicho potencial actual y su variación futura según las proyecciones de cambio climático para los años 2050 y 2100. Para esto, se utilizarán datos de presencias de *Metharme lanata* que serán obtenidos de bibliografía, de las prospecciones de terreno y del Global Biodiversity Information Facility database (GBIF, http://www.gbif.org).

Las variables bioclimáticas actual y futuras serán obtenidas de datos disponibles en la base Worldclim database (http://www.worldclim.org/), las cuales incluyen 19 variables bioclimáticas que resumen la información de temperatura y precipitaciones, seleccionando el clima actual y dos escenarios climáticos futuros (representative concentration pathways escenarios): SSP245 y SSP585.

Para el modelamiento de nicho ambiental de la especie en estudio se utilizará el programa MaxEnt 3.4.1, el cual contiene un método de evaluación de la probabilidad de distribución de especies estimando su función de probabilidad, considerando para esto una función con la máxima entropía (Philips et al. 20063); para evitar extrapolaciones fuera del rango ambiental de las especies se utilizará la opción "fade by clamping" sólo en los modelos proyectados usados (Owens et al. 20134). La bondad de ajuste de las predicciones del modelo será evaluada por el área bajo la curva (AUC) de la curve del Receiver Operating Characteristics (ROC). Con estos datos se ajusta una distribución de la especie que cumple con las restricciones ambientales (Elith et al., 2011), una primera aproximación es una distribución uniforme y se va corrigiendo esta distribución para cumplir con las restricciones requeridas, esto significa que las ubicaciones que presenten condiciones ambientales más cerca de la media tendrán una mayor probabilidad de ocurrencia.

Con este análisis se obtendrán mapas de densidades de probabilidad de ocurrencia de esta especie según las condiciones climáticas presentes en la zona, actuales y para las proyecciones a los años 2050 y 2100, lo que permitirá determinar posibles expansiones o contracciones del área de distribución de la especie que puedan afectar en el futuro la presencia y la sobrevida de

la especie considerando aspectos fisiológicos y ecológicos que permitan colonizar nuevas zonas o adaptarse al cambio climático, en especial en el área de compensación propuesta.

TABLA 32. ACCIÓN COMPLEMENTARIA ESTUDIO MODELACIÓN NICHO AMBIENTAL FRENTE A CAMBIO CLIMÁTICO

Nº 06	MODELACIÓN NICHO AMBIENTAL FRENTE A CC
Componente Ambiental	Plantas Vasculares.
Nombre de la medida	Estudio Modelación nicho ambiental frente a Cambio Climático.
Objetivo de la medida	Determinar los cambios de distribución de *M. lanata* por efecto del cambio climático.
Descripción de la medida	Estudio de modelación del nicho ambiental de *M. lanata* incorporando información bioclimática actual y modelos de proyecciones climáticas para los años 2050 y 2100 que permita entender el efecto de los cambios ambientales generados por el cambio climático y su efecto sobre esta especie.
Justificación de la medida	Se requiere un entendimiento de los posibles cambios de la distribución de esta especie que permita alimentar de forma correcta y con antelación el plan de conservación adaptativo, permitiendo la corrección de medidas o la puesta en marcha de nuevas medidas que permitan la conservación de la especie en caso de detectarse una contracción o desplazamiento de las condiciones bioclimáticas en las que se encuentra la especie.
Lugar de la medida	Este estudio será realizado utilizando todas las presencias disponibles de *M. lanata,* considerando las proyecciones generadas en worldclim por un equipo de especialistas en modelación de nicho ambiental.
Forma y oportunidad de implementación	Comprende un estudio detallado del nicho ambiental y las principales variables bioclimáticas que afectan la presencia de los individuos de la especie, afectando su rango de distribución. El estudio se realizará a partir del año 1 de aprobada la presente MCPB hasta el año 3 de su implementación.
Indicador de cumplimiento	· Recopilación y sistematización de antecedentes respecto de las presencias de *M. lanata*, recopilación de variables bioclimáticas de importancia. Año 1 de aprobada la MCPB. · Análisis y modelamiento del nicho ambiental y proyecciones futuras en base a variables bioclimáticas para la actualidad y años 2050 y 2100. Año 2 de aprobada la MCPB.
Verificador de cumplimiento	Informe de actividades y resultados del Estudio de modelación. A partir del año 1 y al año 2 de aprobada la MCPB.

Nº 06	MODELACIÓN NICHO AMBIENTAL FRENTE A CC
Informes	Se emitirán a la Superintendencia del Medio Ambiente Informes anuales con los avances del estudio los años 1 y 2. Informe final de resultados del Modelamiento al tercer año de aprobada la MCPB.

8 PLAN DE SEGUIMIENTO ANUAL MEDIDA DE COMPENSACIÓN Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Este plan de seguimiento considera evaluar a mediano y largo plazo tanto la medida de compensación como las acciones complementarias de este plan de compensación.

Objetivo	Actividad	Indicador	Verificador	Cumplimiento (*)
Crear un Área de Compensación por *Metharme lanata*	Solicitud de creación de área protegida a la autoridad correspondiente	1. Ingreso de solicitud de inicio ante la autoridad realizada. Año 1 de aprobada la MCPB	Carta ingresada autoridad competente	Año 1
	Elaboración de expediente para constitución de área protegida	1. Expediente elaborado	Documento impreso y visado por Teck	Año 1 al año 3
	Elaboración de Plan de Conservación bajo EAC para el área protegida	1. Inicio de aplicación de la metodología estándares abiertos realizada. Año 2 de aprobada la MCPB 2. Objeto de conservación definido y plan de manejo elaborado. Año 3 de aprobada la MCPB 3. Implementación y ejecución del plan de conservación. Año 4 de aprobada la MCPB.	Documento impreso y visado por Teck	Año 1 al 3
	Ingreso de antecedentes para la creación de área protegida ante la autoridad competente	1. Carta de ingreso con expediente y PCA a la autoridad que corresponda.	Carta ingresada y timbrada por Oficina de Partes de autoridad competente	Año 3
	Plan de Monitoreo anual del estado y características del área de compensación. Este plan de monitoreo debe considerar el análisis del estado del ecosistema comprometido en la medida de compensación y adicionalidad de esta.	1. Resultado anual respecto de: · Densidad anual de *M. lanata* en área CPB · Estado anual de *M. lanata* en área CPB · Estado anual del área de CPB · Conteo y georreferenciación de plantas al interior del área en temporada posterior a lluvias estivales.	Informe anual de resultados del plan de monitoreo del área protegida presentado a la SMA.	Desde Año 1 al año 30 del proyecto QB2

Objetivo	Actividad	Indicador	Verificador	Cumplimiento (*)
Profundizar en el conocimiento de la especie *Metharme lanata*	Caracterización del hábitat, estructura y dinámica poblacional de *Metharme lanata*	1. Instalación de estación meteorológica en el área de compensación y en Quebrada Sipuca, al año 1. 2. Número de individuos/área anual (años 1 al 5) 3. Estructura de Hábitat en dos áreas seleccionadas al año 5 4. Publicación científica de resultados del estudio año 6	Registro de ingreso de informe a la SMA anualmente	Año 1 de aprobada la MCPB – año 5 de la MCPB
	Rescate Semillas	1. Catastro de plantas en el sector de la plataforma. Año 1 2. 100% de colecta de semillas realizada. Año 1 3. 100% de las semillas colectadas almacenadas y conservadas apropiadamente. Año 2 4. Colecta de semillas en al menos 5 sectores diferentes al área afectada en su rango de distribución. Año 2 5. Almacenamiento y conservación de semillas de otras áreas. Año 3	Número de semillas almacenadas/Número de semillas colectadas*100 Informe de la actividad de rescate y almacenamiento de estas.	Años 1 y 2 de aprobada la MCPB
	Genética Poblacional	1. Toma de muestras y análisis genéticos en al menos 10 sitios con presencia de *M. lanata* en su rango de distribución. Año 1 de aprobada la MCPB. 2. Análisis genéticos de laboratorio de las poblaciones	Informe de resultados de variabilidad genética ingresado en la SMA.	Año 1 de aprobada la MCPB – 6 de la MCPB

Objetivo	Actividad	Indicador	Verificador	Cumplimiento (*)
		con material genético recolectado y análisis de genética poblacional. Año 3 3. Generación de una publicación científica con la información. Año 4.	Publicación científica realizada e ingresada a la SMA	
	Estudio del ecosistema asociado a *M. lanata*	1. Recopilación y sistematización de antecedentes respecto del ecosistema asociado a M. lanata. Años 1 al 5. 2. Análisis del Ecosistema, componentes y relaciones ecosistémicas de 3 sitios. Años 1 al 5. 3. Generación de una publicación científica de las relaciones ecosistémicas. Año 6	Informe anual de actividades y avances en resultados del Estudio de características del ecosistema que alberga a *Metharme lanata*.	Año 1 de aprobada la MCPB- al año 6
	Estudio de germinación ex-situ	1. Colecta de semillas. Año 1 al 10 2. Inicio de estudio de germinación de semillas año 2 al 10. 3. Estudios y determinación de porcentajes de germinación de semillas colectadas fuera del área de influencia del proyecto. Año 2 al 10 4. Determinación de la tasa éxito de propagación y reintroducción de plantas de *M lanata.* Año 10	Informe anual con resultados de los ensayos de germinación ex situ ingresado a la SMA.	Año 2 de aprobada la MCPB- al año 10 de su implementación
	Estudio de Modelación nicho ambiental frente a Cambio Climático	Recopilación y sistematización de antecedentes respecto de las presencias de *M. lanata*, recopilación de variables bioclimáticas de importancia. Año 1 de aprobada la MCPB	Informe de actividades y resultados del Estudio de modelación	A partir del año 1 al año 3 de aprobada la MCPB

Objetivo	Actividad	Indicador	Verificador	Cumplimiento (*)
		Análisis y modelamiento del nicho ambiental y proyecciones futuras en base a variables bioclimáticas para la actualidad y años 2050 y 2100. Año 2 de aprobada la MCPB	A partir del año 1y al año 2 de aprobada la MCPB Se emitirán a la Superintendencia del Medio Ambiente Informes anuales con los avances del estudio los años 1 y 2. Informe final de resultados del Modelamiento al tercer año de aprobada la MCPB.	

Fuente: Elaboración propia

9 CONCLUSIONES

Durante la etapa de construcción del Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2 se constató un aumento inesperado y significativo de ejemplares de la especie *Metharme lanata* en el área de las obras lineales. En consecuencia, en el marco de la medida MM-11 dirigida a evitar los impactos del Proyecto en dicha especie, se realizaron una serie de esfuerzos para adecuar el proyecto a las nuevas circunstancias. En síntesis, se optimizó el diseño de los tramos 1, 2 y 3 de los ductos, y se reubicó una sección del camino de construcción de los ductos.

A pesar de los esfuerzos realizados para definir un trazado técnicamente viable, para la fase de operación del Proyecto, actualmente se requiere de la plataforma identificada en la RCA para los ductos del Tramo 1, esto es, de 30 metros de ancho y una faja de dos metros alrededor del tramo del camino reubicado, lo que implicarían la afectación de 1.844 individuos de *Metharme lanata* distribuidos en una superficie de 7,73 hectáreas.

Además, tanto la actual y creciente vocación productiva de la zona, como el escaso conocimiento que existe sobre la especie constituyen amenazas que inciden en futuras posibles afectaciones a la especie e inhiben o limitan la gestión ambiental sobre esta.

Por tanto, en aplicación de la jerarquía de medidas, y siguiendo los lineamientos tanto de la Guía para la compensación de biodiversidad del SEA como de la Guía para el Desarrollo de Compensaciones en Biodiversidad en la región de Tarapacá, primeramente, se diseñaron alternativas para minimizar el efecto sobre la especie, lo cual redujo el impacto potencial original de 4.117 a 1.844 ejemplares. Siguiendo la aplicación de la jerarquía de medidas y considerando la escasa información sobre la biología y ecología de *M. lanata* no es posible proponer medidas de reparación sobre la especie, por lo que se propone una medida de compensación de biodiversidad mediante un área de conservación que se haga cargo del impacto generado sobre la especie. Para ello, se seleccionó el sector sur adyacente al área de ductos del Proyecto, haciéndose cargo del impacto sobre la especie, alcanzando no sólo una pérdida neta cero, sino que, generando ganancias en biodiversidad, específicamente una ganancia neta generada por los efectos de la mayor superficie del área de compensación.

El área de compensación de 135,6 hectáreas presenta características ecosistémicas similares al sector impactado y contendría aproximadamente 28.678 individuos de *Metharme lanata*. Para esta área, se establecerá un plan de conservación ambiental adaptativo, bajo la metodología de estándares abiertos, con el propósito de asegurar la conservación de *Metharme lanata* y mantener las interrelaciones existentes entre los distintos componentes del ecosistema. Además, se considera una serie de acciones complementarias destinadas a fortalecer el conocimiento de la especie que permitan generar acciones de conservación *in-situ* y *ex-situ* en el mediano y largo plazo.

Finalmente, y dado el comportamiento no previsto de la variable ambiental *Metharme lanata*, es posible señalar que el área de compensación propuesta presenta una superficie de 135,6 Ha que se harán cargo del impacto sobre *M. lanata* en el área de Tramo 1, debido a que el área supera la superficie de 54,2 Ha requerida para la compensación de acuerdo con la metodología aplicada, donde el cálculo de BHC muestra que son requeridas 2,71 Unidades de biodiversidad/Ha compensada y son propuestas 6,78 Unidades de biodiversidad/Ha compensada, generando una ganancia neta en términos de superficie.

10 BILIOGRAFÍA

Armesto JJ, PE Vidiella & JR Gutiérrez (1993) Plant communities of the fog-free coastal desert of Chile: plant strategies in a fluctuating environment. Revista Chilena de Historia Natural 66: 271-282.

Aveschile.cl (2020). Aves de Chile de la Unión de Ornitólogos de Chile. Disponible en: https://www.avesdechile.cl/

Bonacic C, Riquelme-Valeria P, Leichtle J & Sallaberry-Pincheira N. (2016a). Guía de campo: Anfibios y Reptiles de la región de Tarapacá. Serie Fauna Australis, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, 72 pp

Bonacic C, Ossa G, Forero-Rozo LM y Leichtle J, (2016b). Guía de campo: Micromamíferos de la región de Tarapacá. Serie Fauna Australis, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, 94 pp.

Cedrem Consultores (2016). Plan de Acción especies de flora vascular en estado de conservación Metharme lanata, elaborado para proyecto minero Quebrada Blanca Fase II.

Cedrem Consultores, (2020). Anexo Descripción del Estado de *Metharme Lanata* Phil. En El Área Del Proyecto Y Plan De Manejo Biológico. Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2. 131 pp.

Cohen D (1966) Optimizing reproduction in a randomly varying environment. Journal of Theoretical Biology 12: 119-129.

Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM (2020). Adenda Complementaria del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Desarrollo de Infraestructura y Mejoramiento de Capacidad Productiva de Collahuasi. Recuperado del sitio web del Servicio de Evaluación Ambiental: http://www.eseia.cl/.

Compañía Minera Teck Quebrada Blanca S.A. (CMTQB). (2016). Estudio de Impacto Ambiental: Proyecto Quebrada Blanca Fase 2. Recuperado del sitio web del Servicio de Evaluación Ambiental: http://www.eseia.cl/.

Comisión de Evaluación de la Región de Tarapacá. (2018). Califica Ambientalmente el Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2 a través de la Resolución de Calificación Ambiental 074 del 17 de agosto de 2018.

Conservation Measures Partership (2013). Estándares Abiertos para la Práctica de la Conservación. 59 pp.

Demangel D. (2016). Reptiles de Chile. Fauna Nativa Ediciones. 619 pp.

Ebird.org (2020). Explorar especies. Mapas, estadísticas, fotos y sonidos para cualquier especie del mundo, incluyendo estadísticas personalizadas basadas en tus observaciones en eBird. Disponible en: https://ebird.org/chile/explore.

Edgar, G.J. et al. 2014. Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. Nature 506: 216–220.

Faúndez, A. F (2015). Caracterización florística de las formaciones vegetacionales de la Región de Tarapacá. Memoria de título para optar al grado de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. 70 pp.

Fisher A., J. Young (2007). Understanding mental constructs of biodiversity: Implications for biodiversityu management and conservation. Biological Conservation Vol. 136:2 pages 271-282.

Fundación Chile (2015). Guía para el Desarrollo de Compensaciones en Biodiversidad en la Región de Tarapacá. 108 pp.

Gajardo, R (1994). La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria.

Geldmann, Jonas & Barnes, Megan & Coad, Lauren & I.D, Craigie & Hockings, Marc & Burgess, Neil. 2013. Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing biodiversity and habitat loss. Collaboration for Environmental Evidence.

Gestiona. (2019). Memorándum N° C1812-MEM-042 sobre “Hallazgo de Metharme lanata en monitoreo de límites de la construcción (CV-12).”, elaborado para proyecto minero Quebrada Blanca Fase II.

Gold K, P León-Lobos y M Way (2004) Manual de Colecta de Semillas de Plantas Silvestres: Para conservación a largo plazo y restauración ecológica, Boletín Nº 110, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Millennium Seed Bank Project, Royal Botanic Gardens Kew

Gutiérrez J. (2008) El Desierto Florido en la Región de Atacama. En Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama (F.A. Squeo, G. Arancio & J.R. Gutiérrez, eds) Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile (2008) 15: 285 – 291

Hay F. R. & Probert R. J. (2013). Advances in seed conservation of wild plant species: a review of recent research, Conservation Physiology, Volume 1, Issue 1, 2013, cot030, https://doi.org/10.1093/conphys/cot030

INIA (2008). Ficha especie. *Metharme lanata*. Banco base de Semillas.

Inouye RS (1991) Population biology of desert annual plants. En: (GA Polis, ed) The Ecology of Desert Communities: 27-54. University of Arizona Press, Tucson.

Iriarte, A. (2008). Mamíferos de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España. 420 pp.

Jaramillo, A. (2005). Aves de Chile. Lynx Edicions.240 pp.

Lee, K. N. (2001). Appraising adaptive management. In Biological Diversity (pp. 3-26). CRC Press.

Maxwell, P. S., Eklöf, J. S., van Katwijk, M. M., O'Brien, K. R., de la Torre-Castro, M., Boström, C., ... & van der Heide, T. (2017). The fundamental role of ecological feedback mechanisms for the adaptive management of seagrass ecosystems–a review. Biological Reviews, 92(3), 1521-1538.

Legge S., Lindenmayer D. B., Robinson N. M., Scheele B. C., Southwell D. M. and Wintle B. A. (eds.) (2018) Monitoring Threatened Species and Ecological Communities. CSIRO Publishing, Melbourne

León-Lobos P, G. Bolados, M. Rosas, D. Stark y K. Gold (2014) Manual de recolección y procesamiento de semillas de especies forestales. 96 p. Boletín INIA Nº 280. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile

Luebert, F & Pliscoff, P (2018). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria.

Margoluis, R, Salafsky, N. (1998). Medidas de éxi-to: diseño, manejo y monitoreo de proyectos de conservación y desarrollo. Foundation of Suc-cess. Island Press, USA. 378pp

Mella, J. (2017). Guía de Campo, Reptiles de Chile Tomo 2: Zona Norte. Peñaloza APG (ed). Santiago de Chile. 316 pp.

Ministerio de Bienes Nacionales. (2018). Orden Ministerial 01-2018 que Imparte Normas en materia de administración y enajenación de Bienes Raíces fiscales" de fecha 23 de noviembre de 2018.

Ministerio del Medio Ambiente. (27 de febrero de 2012). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, quinto proceso. Decreto Supremo N° 33 de 2011 (D.S. N°33/2011 del MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (11 de abril de 2012). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, sexto proceso. Decreto Supremo N° 41 de 2011 (D.S. N°41/2011 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (11 de abril de 2012). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, séptimo proceso. Decreto Supremo N° 42 de 2011 (D.S. N°42/2011 MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (30 de septiembre de 2016). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, duodécimo proceso. Decreto Supremo N° 16 de 2016 (D.S. N°16/2016 del MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (16 de marzo de 2017). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo tercer proceso. Decreto Supremo N° 6 de 2017 (D.S. N°6/2017 del MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (30 de julio de 2019). Aprueba y oficializa clasificación de especies según su estado de conservación, décimo quinto proceso. Decreto Supremo N° 23 de 2019 (D.S. N°23/2019 del MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (9 de marzo de 1994). Aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente (Santiago, Chile), Ley 19.300 (Modificada por Ley 20.417 MINSEGPRES, 2010). Diario oficial de la República de Chile.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (11 de mayo de 2005). Reglamento para la clasificación de especies silvestres (Santiago, Chile). Decreto Supremo N° 75 de 2005 (D.S. N°75/2005 MINSEGPRES). (Modificado por el Decreto Supremo N°29 de 2012; D.S. N°29/2012 del MMA). Diario oficial de la República de Chile.

Pinto R. (2009) Informe Final. Evaluación de las poblaciones de Metharme lanata, Región de Tarapacá.

PNUD, 2015. Conservando el Patrimonio Natural de Chile El Aporte de las Áreas Protegidas. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Santiago de Chile, 132 páginas.

Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo, F. Massardo. (2001). Fundamentos de Conservación biológica: Perspectivas latinoamericanas.

Riera. R, M. Becerro, R. Stuart-Smith, J. Delgado, E. Graham (2014). Out of Sigth, Out of Mind: Threats to marine biodiversity of the Canary Islands (NE Atlantic Ocean). Marine Pollution Bulletin 86(2014):9-18.

Rottmann, J. & M.V. López-Calleja. (1992). Estrategia Nacional de Conservación de Aves. Serie Técnica 1 (1): 16 pp.

Salafsky, NR, Margoluis, NR, Redford, K. (2001). Adaptive management: A tool for conservation practitioners. Washington DC. Biodiversity Su-pport Program. 101 p.28.

Salafsky, N, Margoluis, R, Redford, KH, Robinson, JG. (2002). Improving the practice of conservation: a conceptual framework and research agenda for con-servation science. Conservation Biology 16,6: 1469-1479

Servicio Agrícola y Ganadero (2010). Guía de Evaluación Ambiental Vegetación y Flora Silvestre, G-PR-GA-002. 23 pp.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2012). La ley de caza y su reglamento. (Ley N°19.473 y D.S. N°5/1998 MINAGRI). Santiago, Chile: Autor.

Servicio de Evaluación Ambiental (2014). Guía para la compensación de biodiversidad en el SEIA. 40 pp.

Servicio de Evaluación Ambiental (2015). Guía para la descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres en el SEIA. Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) (Ed.). Recuperado el 29 de diciembre de 2015, del sitio web: http://www.sea.gob.cl/sites/default/files/guia_ecosistemas_terrestres.pdf.

Sutherland, WJ, Pullin, AS, Dolman, PM, Kni-gtht, TM. (2004). The need for evidence-based conservation. Trends in Ecology and Evolu-tion 19,6: 305-308.

Teillier S. (2001) Hallazgo de Metharme lanata Phil. ex Engl. (Zygophyllaceae) en la Pre-cordillera de la Región de Tarapacá (I), Chile. Chloris Chilensis Revista de flora y vegetación, Año 4. N°1. CONAMA.

Teillier, S. (2012). Noticia de Metharme lanata (Zygophyllaceae) en la Región de Tarapacá (I) después de las lluvias del verano de 2012. Chloris Chilensis Año 15: N° 1. URL: http://www.chlorischile.cl

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2012). Categorías y criterios de la lista roja de la UICN. Gland, Suiza: Autor.

Wilhere, G.F. (2002). Adaptive management in habitat conservation plnas. Conservation Bio-logy 16,1: 20-29

WCS. (2017). Análisis, adaptación y sistematización de estándares para la planificación del manejo en Iniciativas de Conservación Privada y Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos. 172 pp.

Westgate, M. J., Likens, G. E., & Lindenmayer, D. B. (2013). Adaptive management of biological systems: a review. Biological Conservation, 158, 128-139.