



Corporación Nacional del Cobre de Chile
Casa Matriz
Huérfanos 1270
Casilla 150-D
Santiago, Chile
www.codelco.com



Santiago, 09 de febrero de 2018
GSRI-018/2018

Señor

Simón Bruna Gutierrez

Jefe División de Evaluación Ambiental y Participación Ciudadana

Servicio de Evaluación Ambiental

Miraflores N°222, piso 19

Santiago

At. Sr. Andrés León

Ref.: Carta N° 180150, de 30 de enero de 2018.

Mat: Atiende Requerimiento y adjunta
antecedentes solicitados.

De mi consideración:

Mediante la carta señalada en la referencia, se nos ha requerido presentar antecedentes adicionales en el marco del proceso administrativo de revisión de la RCA N°2603/2005, que calificó favorablemente al Proyecto "Suministro, Construcción y operación, Aducción e Agua Pampa Puno", para una mejor resolución del mismo.

En cumplimiento del requerimiento formulado, a continuación se presentan los antecedentes adicionales solicitados en el mismo orden en que han sido planteados en la Carta N° 180150/2018.

1. La necesidad de reforzar los antecedentes que permiten establecer la recuperación de la vega en el tiempo, contando con indicadores medibles. Lo anterior en cuanto a su funcionamiento sin riego artificial y ecosistémico. Respecto a este punto se deben establecer acciones en caso de que se adelante o retrase la recuperación, recordar que esta recuperación en el tiempo está basada en un modelo.

Complementariamente, respecto al punto 3.2 a) de la Carta D.E. N0170670/2017, se solicita la entrega del informe del "estudio técnico para la recuperación de la condición hídrica de la vega Sapunta", considerando su relevancia en el presente proceso de revisión, entre otros aspectos para sustentar la efectividad de las medidas propuestas.

Según se ha planteado, la recuperación de la alimentación natural de la vega Sapunta se logrará mediante una acción combinada de infiltración y riego. Esta medida ha sido simulada con el



Corporación Nacional del Cobre de Chile
Casa Matriz
Huérfanos 1270
Casilla 150-D
Santiago, Chile
www.codelco.com

modelo numérico actualizado de Pampa Puno y sobre esa base, se ha estimado la recuperación de la condición hídrica natural de la vega que se logra hacia el año 2037.

El control de la efectividad de esta medida se realizará mediante la medición de niveles en la vega Sapunta en los pozos PSAP 1,2 y 3, que dan cuenta del nivel de agua subterránea del sub sistema de la vega. Las mediciones de niveles se vienen realizando en forma ininterrumpida, mensualmente, desde el año 2010 (año de construcción de los piezómetros), por lo que se tiene la data histórica de la condición natural así como de las variaciones de los niveles en el tiempo.

El sistema propuesto considera la disminución paulatina de los flujos de riego e infiltración, hasta llegar a cero en el 2037. Mensualmente se verificará, a través de la medición de niveles, si el sistema está reaccionando como el modelo indicó. Esta información se entregará en los informes PAT de Pampa Puno, ya que en este informe se entrega la evolución de los niveles tanto del acuífero como de la vega (semestral). De esta forma, si los niveles se alcanzan antes de la fecha esperada, se disminuirá el riego y la infiltración llevándolos antes a cero, y manteniendo el monitoreo de los niveles por al menos cinco años para asegurar la mantención de la condición hídrica natural.

La evaluación de la efectividad del sistema se verificará al término del primer año de funcionamiento, mediante el análisis de la data anual de los niveles respecto de lo predicho o indicado por el modelo, y si el comportamiento de los niveles no ha evolucionado conforme a lo esperado, se procederá a ajustar el sistema de riego e infiltración, se recalibrará el modelo numérico y se generará un nuevo plan de riego e infiltración, todo lo cual será informado a la autoridad en el primer trimestre del segundo año de puesta en marcha del sistema de riego e infiltración (2021).

El estudio técnico de la recuperación hídrica de la vega Sapunta se entrega como anexo en este documento.

2. Respecto al “plan de seguimiento del componente flora y vegetación en la vega Sapunta-Pampa Puno”, se observa la necesidad de:

- a) Definir un objetivo que asegure el manejo sustentable de la vega, a fin de mantener su estructura y funcionamiento, esto de acuerdo a mantener su cobertura vegetal y a las condiciones de fuente de suministro hídrico que sustenta dicha cobertura.



Corporación Nacional del Cobre de Chile
Casa Matriz
Huérfanos 1270
Casilla 150-D
Santiago, Chile
www.codelco.com

El objetivo del manejo de la vega Sapunta en Pampa Puno, se define desde la perspectiva de una de las variables de estado que controla el funcionamiento ecosistémico, cual es la disponibilidad de agua. Por lo tanto, el objetivo del “plan de seguimiento del componente flora y vegetación en la vega Sapunta-Pampa Puno” es el siguiente:

“Mantenimiento del funcionamiento ecosistémico de la vega Sapunta, a partir de la variable de estado de disponibilidad de agua”.

- b) Se requieren medidas de seguimiento y control consistentes con dicho objetivo, con una adecuada claridad y precisión en cuanto a los actividades de riego, al monitoreo, registros e informes.

Para poder asegurar la mantención del funcionamiento ecosistémico de la vega Sapunta, se proponen indicadores y frecuencia de monitoreo.

- Indicador Calidad de agua: Evaluación de parámetros químicos.

Este indicador permitirá evaluar el funcionamiento de los procesos internos de la vega, al evaluar la calidad del agua que ingresa y que egresa de la vega, tanto superficialmente como subsuperficialmente, y de acuerdo a las concentraciones de determinados elementos, se podrá estimar si la vega funciona adecuadamente (pérdida de nutrientes, ganancia de nutrientes, a modo de ejemplo).

La metodología será de campañas de monitoreo de calidad de agua superficial y subsuperficial, tomando muestras de las mismas y analizando parámetros in situ. La frecuencia de este monitoreo será semestral.

- Indicador Salinidad de Suelo: Evaluación de salinidad superficial de suelo.

Este indicador permitirá evaluar si los procesos internos que definen el balance hídrico están operando adecuadamente.

La metodología será la toma de muestras de suelo superficial para evaluar salinidad de suelo y RAS y, la frecuencia de este monitoreo será semestral. Opcionalmente o adicionalmente pueden instalarse sensores de humedad y salinidad de suelo en determinados puntos de la vega, para su monitoreo continuo.



Corporación Nacional del Cobre de Chile
Casa Matriz
Huérfanos 1270
Casilla 150-D
Santiago, Chile
www.codelco.com

- Actividades de suplementación de agua a la vega:

Las actividades de suplementación de agua a la vega cumplen hoy dos objetivos principales. El primero, es asegurar que los niveles freáticos de la vega y de las pozas 1 y 2 se mantengan en los rangos definidos por la RCA y, como consecuencia, impedir el desecamiento de la cobertura vegetal de la vega Sapunta. Para esto, se ha implementado un completo sistema de suplementación del componente hídrico en forma de drenes subsuperficiales que inyectan agua al nivel freático, de vertientes, es decir puntos artificiales de aporte de agua superficial a la vega.

En forma adicional y en forma consistente con el plan de monitoreo que se plantea para cumplir el objetivo del manejo de la vega desde el punto de vista de la mantención de la estructura y funcionamiento de la vega, se realizará un manejo de la suplementación de agua enfocado también en asegurar que tanto en estructura como en funcionamiento, la vega funcione equilibradamente. Dado esto, se controlarán adicionalmente los caudales aplicados de acuerdo a la evaluación del nivel de salinidad de suelo y al indicador de calidad de agua (entrante y saliente del sistema).

Tabla 1. Registros, contenidos y frecuencia de registros asociados al Plan de Monitoreo del funcionamiento ecosistémico de vega Sapunta

Registro	Contenido	Frecuencia de registro
Calidad de agua superficial y subterránea	Datos de calidad de agua de la vega Sapunta, en su componente superficial como subterránea, y que incluye la calidad del agua que alimenta el sistema de recarga.	Semestral
Salinidad de suelos	Datos de CE y RAS de suelo superficial	Semestral
Agua aplicada	Volúmenes diarios de agua aplicada a la vega, por sistema de aplicación	Diario

Semestralmente se entregará a la autoridad un informe con los datos que serán levantados con frecuencia semestral y diaria, con su respectivo análisis y propuestas de medidas correctivas, de ser necesario.



Corporación Nacional del Cobre de Chile
Casa Matriz
Huérfanos 1270
Casilla 150-D
Santiago, Chile
www.codelco.com

- c) Se requiere contar en el expediente con la ubicación georeferenciada del sistema de riego, contar con información digital en formato shape.

La información será entregada en formato shapefile, por medio de CD adjunto.

- 3. Definir si el sistema de riego por aspersión es parte de la medida, en caso de ser efectivo deberá precisar un objetivo, con sus respectivos indicadores de seguimiento, el cual debe ser coherente con el “plan de seguimiento del componente flora y vegetación en la vega Sapunta-Pampa Puno”, incluyendo los criterios de funcionamiento para dicho mecanismo.

El sistema de riego por aspersión no forma parte de la medida, por lo que será eliminado.

4. Sobre el método de muestreo:

- a) Superficie del área de estudio: confirmar dimensiones de la Vega Sapunta, para lo cual se debe contar con información digital en formato shape, como parte del expediente.

El área de estudio corresponde a la quebrada de Vega Sapunta, que se encuentra ubicada a 168 km de la comuna de Calama, provincia de Punoña, en la región de Antofagasta, Chile, a una altitud de 4.050 m.s.n.m (ver Figura 1).

El sistema vegetal que envuelve el área del proyecto presenta una longitud de 680 metros aproximadamente, desarrollándose de poniente a oriente, y abarca una superficie no mayor a 5 ha, zona en la cual interactúa vegetación de tipo zonal y de tipo azonal. No obstante, el monitoreo trimestral de flora y vegetación se realiza solo en 1,089 ha correspondientes a la máscara establecida en el periodo de otoño 2012- verano 2013, como se aprecia en la Figura 1.



Corporación Nacional del Cobre de Chile
Casa Matriz
Huérfanos 1270
Casilla 150-D
Santiago, Chile
www.codelco.com

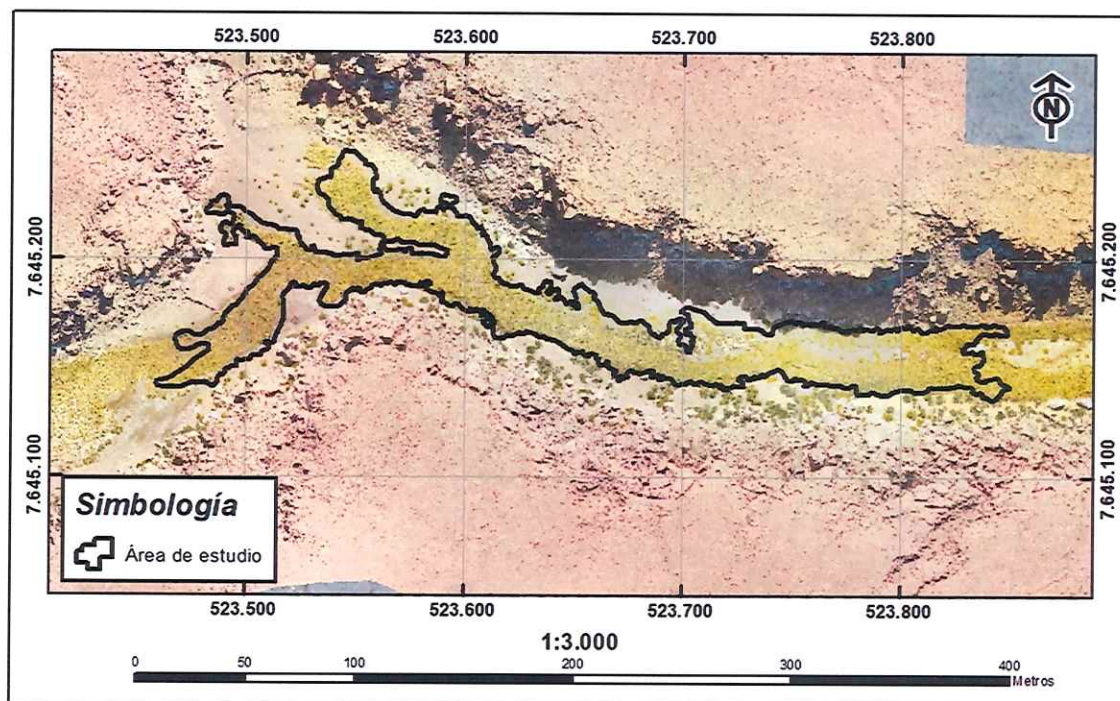


Figura 1. Ubicación y extensión de la vegetación azonal de la Vega Sapunta
(Datum WGS84, 19 Sur).

Se adjunta Shapefile solicitado en CD adjunto.

- b) **Unidades Muestrales:** Se solicita indicar las coordenadas de inicio y final de cada transecta y especificar las variables o parámetros a monitorear en ellas, además de la vegetación, para este tipo de seguimiento debe utilizarse un método que permita identificar cubrimiento de 5% para cada elemento presente en la unidad. Para dichas transectas se requerirá contar con información digital en formato shape (punto de inicio y término), como parte del expediente.

A continuación, en la **Tabla 2**, se presentan las coordenadas de inicio y final de cada transecta y la formación vegetacional descrita dentro de la máscara establecida en el periodo de otoño 2012-verano 2013. Los transectos ubicados fuera de la máscara, serán considerados como unidades muestrales de control (transectos de control).



Corporación Nacional del Cobre de Chile
 Casa Matriz
 Huérfanos 1270
 Casilla 150-D
 Santiago, Chile
 www.codelco.com

Tabla 2. Ubicación geográfica de los transectos de muestreo obtenidos mediante GPS (Coordenadas UTM, WGS84, 19S)

Transectos	Elevación (msnm)	Inicio		Fin (*)		Formación vegetal
		Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	
Transecto T1	4.041	7.645.162	523.491	7.645.162	523.492	Vega - Pajonal
Transecto T2	4.031	7.645.158	523.898	7.645.152	523.909	<i>Transecto de control</i>
Transecto T3	4.027	7.645.166	523.994	7.645.183	523.986	<i>Transecto de control</i>
Transecto P1-A	4.041	7.645.244	523.570	7.645.236	523.569	<i>Transecto de control</i>
Transecto P1-B	4.038	7.645.244	523.573	7.645.232	523.575	<i>Transecto de control</i>
Transecto P1-C	4.034	7.645.244	523.585	7.645.232	523.582	<i>Transecto de control</i>
Transecto P2-A	4.045	7.645.170	523.604	7.645.173	523.609	Matorral - Pajonal
Transecto P2-B	4.047	7.645.168	523.609	7.645.175	523.613	Matorral - Pajonal
Transecto P2-C	4.047	7.645.164	523.613	7.645.172	523.616	Matorral - Pajonal
Transecto P3-A	4.034	7.645.171	523.734	7.645.157	523.734	Matorral-Vega-Pajonal
Transecto P3-B	4.035	7.645.171	523.739	7.645.158	523.739	Matorral-Vega-Pajonal
Transecto P3-C	4.034	7.645.171	523.744	7.645.164	523.742	Matorral-Vega-Pajonal
Transecto P4-A	4.039	7.645.169	523.843	7.645.156	523.837	Matorral - Pajonal
Transecto P4-B	4.039	7.645.169	523.846	7.645.160	523.839	Matorral - Pajonal
Transecto P4-C	4.039	7.645.168	523.851	7.645.160	523.848	Matorral - Pajonal
Transecto P5-A	4.036	7.645.149	523.943	7.645.145	523.941	<i>Transecto de control</i>
Transecto P5-B	4.046	7.645.156	523.948	7.645.147	523.946	<i>Transecto de control</i>
Transecto P5-C	4.033	7.645.156	523.948	7.645.147	523.951	<i>Transecto de control</i>
Transecto P6-A	4.040	7.645.184	524.005	7.645.180	524.009	<i>Transecto de control</i>
Transecto P6-B	4.035	7.645.188	524.009	7.645.186	524.010	<i>Transecto de control</i>
Transecto P6-C	4.041	7.645.189	524.017	7.645.184	524.021	<i>Transecto de control</i>



Corporación Nacional del Cobre de Chile
Casa Matriz
Huérfanos 1270
Casilla 150-D
Santiago, Chile
www.codelco.com

Adicionalmente, se establecerá un conjunto de transectos complementarios de control (ver **Tabla 3**), que permitan describir la variabilidad de la flora y vegetación del sistema azonal de la vega Sapunta, aumentando el esfuerzo de muestreo, de 21 transectos a 27 transectos de muestreo. Se adjunta KMZ con la ubicación de los transectos complementarios propuestos.

Tabla 3. Ubicación geográfica de los transectos de muestreo complementarios (Coordenadas UTM, WGS84, 19S).

Transectos	Inicio		Fin (*)	
	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)
Transecto P7-A	523.417	7.645.118	523.411	7.645.126
Transecto P7-B	523.421	7.645.120	523.416	7.645.129
Transecto P7-C	523.425	7.645.123	523.420	7.645.132
Transecto P8-A	524.203	7.645.207	524.203	7.645.217
Transecto P8-B	524.208	7.645.206	524.209	7.645.216
Transecto P8-C	524.213	7.645.206	524.214	7.645.216

Cabe destacar que estos transectos se establecen a lo largo del área cubriendo la totalidad de las formaciones vegetacionales, así como también los ecotonos presentes entre estos, de manera que se cubre con un alto grado de confianza, la variabilidad de la flora y vegetación presente en el área.

Sin perjuicio de lo anterior, considerando la extensión de la vega Sapunta con énfasis en la vegetación azonal, y la presencia temporal de algunas especies, se determinó complementar dicho análisis con un muestreo pedestre intensivo por toda el área donde se desarrolla la vegetación azonal, con el objeto de caracterizar todas las particularidades florísticas que pudieran quedar fuera del análisis de los transectos.

En CD que se adjunta a esta presentación se incluye Shapefile con todos los transectos indicados (dentro de la máscara y los que están fuera de ella como transectos de control).

- c) **Superficie de las formaciones vegetacionales:** Se describe la metodología utilizada para la medición de la superficie, sin precisar la superficie de cada formación vegetal, la que



Corporación Nacional del Cobre de Chile
Casa Matriz
Huérfanos 1270
Casilla 150-D
Santiago, Chile
www.codelco.com

debe ser presentada como situación base, las que se deben mantener como unidades que son caracterizadas por alguna de las transectas, según información histórica.

Por lo anterior, se hace necesario que el titular presente un mapa integrado, el cual incluya la ubicación georeferenciada de las transectas de muestreo y las formaciones vegetacionales, quedando referenciadas para el plan de seguimiento de las medidas de mitigación que se establezcan en la resolución de revisión del proyecto, visualizando todas las variables sujetas al seguimiento.

En el área de estudio se identifica la presencia de dos tipos de vegetación con sus respectivas subunidades, estas corresponden a vegetación zonal (unidad de Matorral) y vegetación azonal (Vega y Pajonal) (Ver Figura 2).

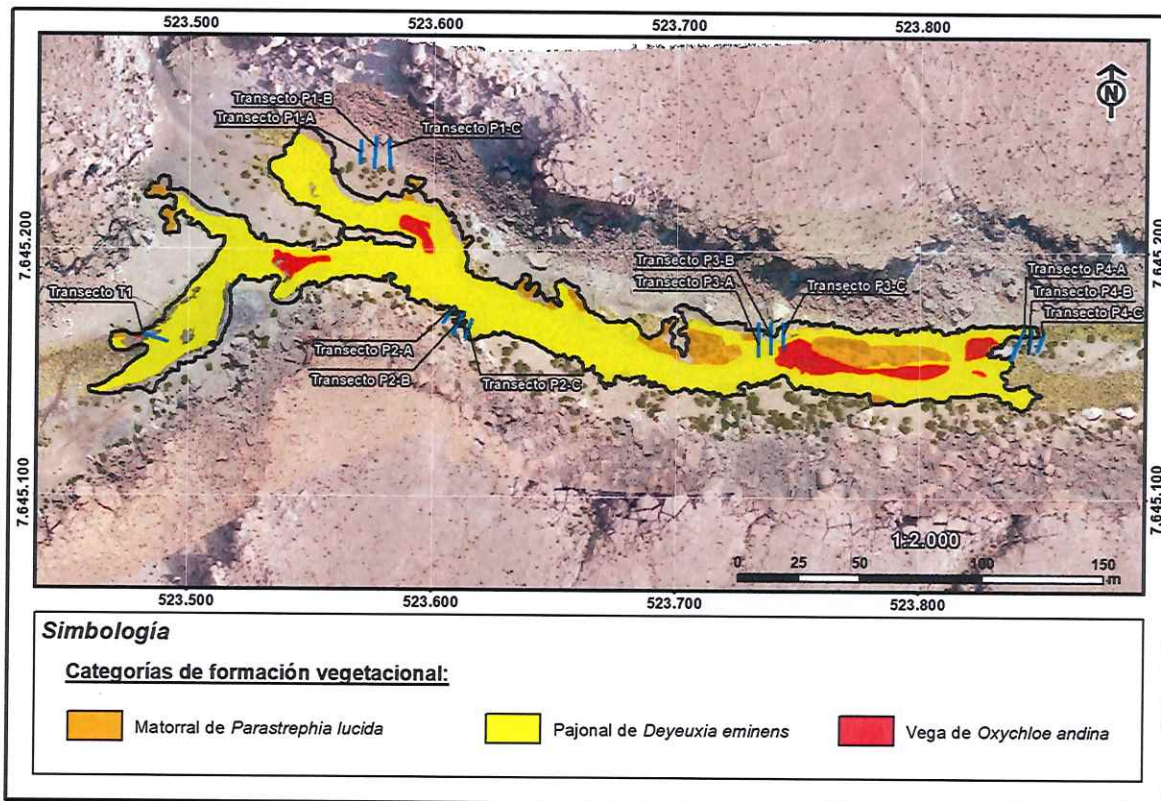


Figura 2. Distribución de las formaciones vegetacionales descritas mediante la metodología de COT en el sector de la Vega Sapunta para primavera 2017, descrito sobre fotografía de alta resolución captada con UAV (máscara límite de medición en color negro).



Corporación Nacional del Cobre de Chile
Casa Matriz
Huérfanos 1270
Casilla 150-D
Santiago, Chile
www.codelco.com

Como se observa en la **Figura 2** y **Tabla 2**, la totalidad de las unidades vegetacionales descritas quedan cubiertas por las transectas.

Conforme a lo anterior, para la formación vegetacional azonal de Vega se identificó la presencia de dos subunidades correspondientes a:

- Vega densa (75-90%)
- Vega muy clara (10-25%)

Estas dos subunidades son dominadas por la especie herbácea *Oxychloe andina*, y especies acompañantes tales como *Philloscirpus acaulis* y *Lobelia oligophylla*.

Por otra parte, la unidad de Pajonal hídrico de *Deyeuxia eminens* en comparación a la vegetación de Vega, presenta una menor dependencia de suelos saturados, distribuyéndose en una posición más distal a lo largo de todo el sistema azonal, circunscribiendo aquellos sectores con mayor saturación hídrica del sustrato.

De las 1,089 ha que se monitorean trimestralmente, sólo 0,767 ha corresponden a vegetación azonal. En la **Tabla 4** se observa cómo se distribuyen las 0,767 ha entre los distintos tipos de unidades vegetacionales azonales identificados (Vega densa, Vega muy clara y Pajonal).

Tabla 4. Superficie de la vegetación azonal identificada en el área de estudio del monitoreo Vega Sapunta, mediante análisis NDVI.

Unidad de vegetación		Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Vega	Densa	0,118	15,4
	Muy clara	0,200	26,1
Pajonal de <i>Deyeuxia eminens</i>		0,449	58,5
Total		0,767	100

En la **Tabla 4** se observa que la unidad vegetacional azonal predominante corresponde a Pajonal con un 58,5%, la que ocupa más de la mitad de la superficie total, seguida en menor medida por la unidad vegetacional Vega muy clara (26,1%) y Vega densa (15,4%).

Si bien el análisis con NDVI permite determinar con mayor precisión las superficies de las formaciones fotosintéticamente activas, igualmente se utilizó el muestreo COT para definir unidades homogéneas de vegetación dentro del área de estudio. En este sentido, de acuerdo a la COT realizada en los monitoreos trimestrales, se muestra en la **Tabla 5** el detalle de las superficies



Corporación Nacional del Cobre de Chile
 Casa Matriz
 Huérfanos 1270
 Casilla 150-D
 Santiago, Chile
 www.codelco.com

de las formaciones vegetacionales presentes dentro del área de estudio, mientras que en la **Figura 3** se muestra la disposición espacial.

Tabla 5. Detalle de unidades descritas en la COT en el sector de la Vega Sapunta.

Nº	Especie dominante	Área (ha)	Nº	Especie dominante	Área (ha)
1	de	0,0025	18	Pl	0,0039
2	Pl	0,0012	19	Pl de	0,0012
3	ar	0,0006	20	Pl de	0,0025
4	de	0,0662	21	Pl de	0,0108
5	sd	0,0025	22	Pl de	0,0246
6	sd	0,0103	23	de	0,0150
7	de	0,0496	24	Pl	0,0019
8	Pl	0,0094	25	Pl	0,0005
9	de lo	0,0412	26	Oa de	0,0390
10	sd	0,0024	27	Pl	0,0004
11	oa de lo	0,0103	28	de	0,0672
12	Pl	0,0015	29	Pl de	0,0023
13	oa de lo	0,0096	30	Pl	0,0439
14	de	0,5020	31	de	0,0384
15	sd	0,0013	32	oa de	0,0082
16	Pl	0,0019	33	oa de ar	0,0007
17	Pl	0,0005	34	Pl	0,0010
Total (sólo vegetación) = 0,96 ha					
Total (sólo azonal) = 0,85 ha					

(de: *Deyeuxia eminens*; oa: *Oxychloe andina*; Pl: *Parastrephia lucida*; pa: *Phylloscirus acaulis*
 lo: *Lobelia oligophylla*; ar: *Arenaria rivularis*; sd: *Suelo descubierto*).



Corporación Nacional del Cobre de Chile
 Casa Matriz
 Huérfanos 1270
 Casilla 150-D
 Santiago, Chile
 www.codelco.com

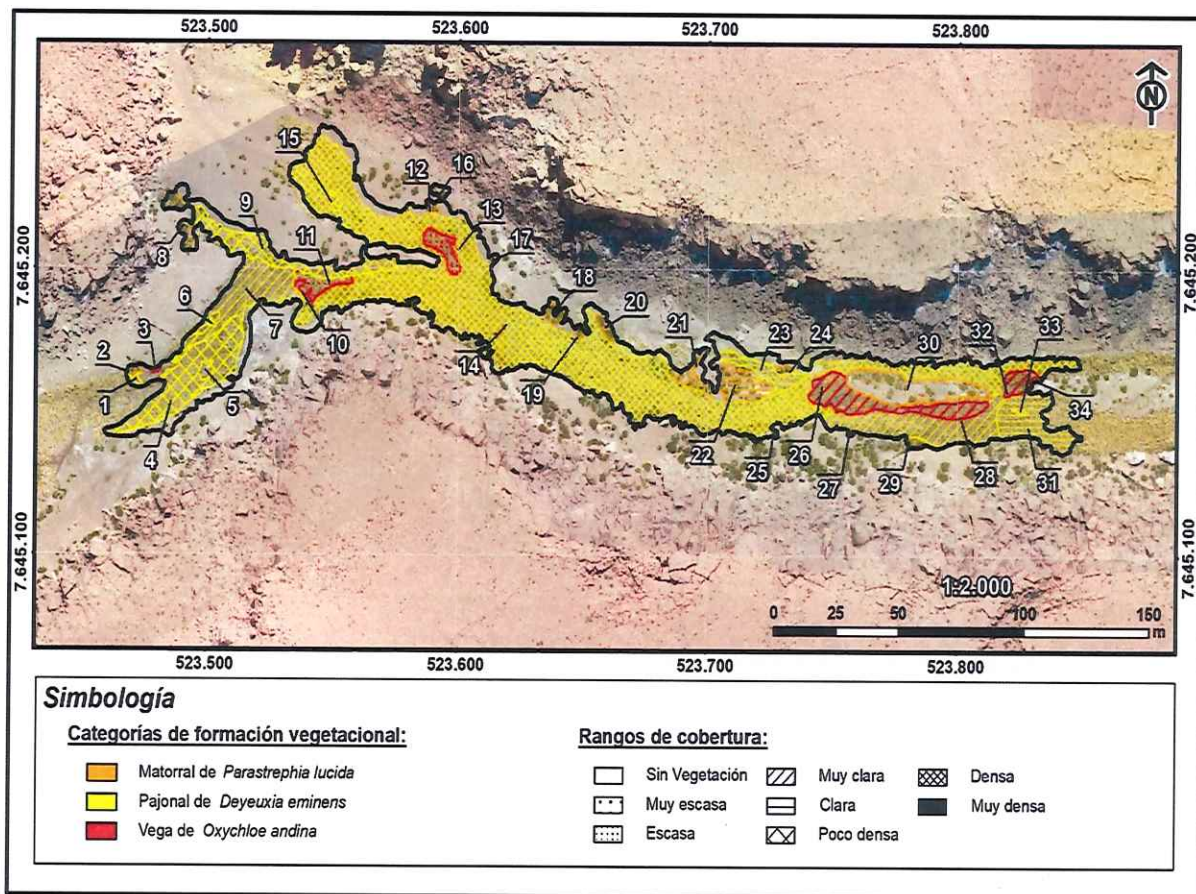


Figura 3. Formaciones vegetacionales descritas mediante la metodología de COT en el sector de la Vega Sapunta (primavera 2017).

Conforme a los resultados expuestos anteriormente, se aprecia una alta correlación entre las unidades descritas mediante la COT y el análisis NDVI.

En CD adjunto se presenta archivos shapefile, con un mapa integrado incluyendo la ubicación georeferenciada de las transectas de muestreo y las formaciones vegetacionales

- d) Definir una vega control para monitorear los cambios externos que puedan afectar a la vega Sapunta, estableciéndose un objetivo, acciones de control, transectas, registros e informes. La vega control debe contar con similares condiciones desde el punto de vista climático y ecosistémico, lo cual debe quedar debidamente justificado en el expediente.



Corporación Nacional del Cobre de Chile
Casa Matriz
Huérfanos 1270
Casilla 150-D
Santiago, Chile
www.codelco.com

La vega de control que cumple con similares condiciones desde el punto de vista climático y ecosistémico, corresponde a la vega Yusinta.

El sistema vegetal azonal de la vega de Yusinta, ubicada al noreste de Calama, en la región de Tarapacá, se encuentra aproximadamente a una elevación máxima de 4.050 msnm y mínima de 4.025 m.s.n.m. Se desarrolla en sentido Oriente-Poniente, en un largo aproximado de 700 m en línea recta, con un ancho promedio de 20-25 m. Existe un pequeño curso de agua superficial, colonizado profusamente por individuos de *Ruppia* sp. y algas, que corre en forma intermitente, en un largo aproximado de 200 m.

En la siguiente Tabla se muestran las coordenadas de referencia de la vega Yusinta.

Tabla 1. Coordenadas de referencia de la vega control (Yusinta).

Vega	Coordenadas UTM (WGS84 H19 S)		Elevación promedio (msnm)
	Norte (m)	Este (m)	
Yusinta	7.655.301	519.602	4.021

Se ubica a unos 11 km de distancia de la vega Sapunta y el acceso se hace directamente desde un camino consolidado por el sector Norte, el cual llega a la cabecera Poniente de la vega.

En términos vegetacionales y florísticos, la vega Yusinta presenta condiciones similares a la vega Sapunta, entre los que destacan la composición de tres macro unidades de vegetación caracterizados por una vega de *Oxycloe* andina, un pajonal de *Deyeuxia* eminens y un matorral dominado por *Parastrephia* lucida (ver Fotografía 1), los cuales corresponden a las mismas tres unidades vegetacionales características de Vega Sapunta.



Corporación Nacional del Cobre de Chile

Casa Matriz

Huérfanos 1270

Casilla 150-D

Santiago, Chile

www.codelco.com



Fotografía 1. Fisionomía de la vega de Yusinta.

A continuación se describen los objetivos y acciones de control en la vega Yusinta:

- **Objetivo General**

Monitorear el estado de la flora y la vegetación presente en la vega Yusinta, estableciendo este ecosistema como área de control ante posibles variaciones de carácter general que afecten sobre las vegas del sector de Pampa Puno.

- **Objetivos específicos**

- Determinar la riqueza florística del área en estudio (diversidad biológica).
- Determinar la presencia y dimensión de las formaciones vegetacionales en el área de estudio.
- Establecer las bases para determinar la evolución en el desarrollo de la vegetación azonal (variación de superficie), y su correlación con los factores ambientales que pueden influir en su estado de desarrollo.
- Analizar y comparar los resultados de la situación actual de la flora y vegetación terrestre con los monitoreos realizados en Vega Sapunta.

Acciones de control



Corporación Nacional del Cobre de Chile
 Casa Matriz
 Huérfanos 1270
 Casilla 150-D
 Santiago, Chile
 www.codelco.com

- Transectas de muestreo

En la temporada de Primavera del 2017 se establecieron tres parcelas de muestreo con tres transectos de muestreo cada una (ver **Tabla 47**).

Tabla 2. Ubicación geográfica de los transectos de muestreo Vega Yusinta implementados en Primavera 2017 (Coordenadas UTM, WGS84, 19S).

Transectos	Inicio		Fin (*)	
	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)
Transecto P1-A	519.421	7.655.274	519.420	7.655.284
Transecto P1-B	519.426	7.655.274	519.425	7.655.284
Transecto P1-C	519.431	7.655.274	519.430	7.655.284
Transecto P2-A	519.619	7.655.283	519.615	7.655.292
Transecto P2-B	519.623	7.655.285	519.620	7.655.294
Transecto P2-C	519.628	7.655.286	519.624	7.655.295
Transecto P3-A	519.747	7.655.253	519.753	7.655.261
Transecto P3-B	519.752	7.655.251	519.758	7.655.258
Transecto P3-C	519.756	7.655.247	519.762	7.655.255

Adicionalmente, se establecerá un conjunto de al menos cuatro parcelas con tres transectos (ver coordenadas propuestas en la



Corporación Nacional del Cobre de Chile
Casa Matriz
Huérfanos 1270
Casilla 150-D
Santiago, Chile
www.codelco.com

Tabla 3), con el objeto de igualar el esfuerzo de muestreo desarrollado en Vega Sapunta (n=21 transectos históricos).



Corporación Nacional del Cobre de Chile

Casa Matriz

Huérfanos 1270

Casilla 150-D

Santiago, Chile

www.codelco.com

Tabla 3. Ubicación geográfica de los transectos de muestreo complementario Vega Yusinta (Coordenadas UTM, WGS84, 19S).

Transectos	Inicio		Fin (*)	
	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)
Transecto P4-A	519.747	7.655.253	519.753	7.655.261
Transecto P4-B	519.751	7.655.250	519.758	7.655.258
Transecto P4-C	519.756	7.655.247	519.762	7.655.255
Transecto P5-A	518.837	7.655.309	518.833	7.655.318
Transecto P5-B	518.832	7.655.307	518.828	7.655.316
Transecto P5-C	518.828	7.655.305	518.824	7.655.314
Transecto P6-A	519.901	7.655.149	519.906	7.655.158
Transecto P6-B	519.897	7.655.151	519.902	7.655.160
Transecto P6-C	519.893	7.655.153	519.897	7.655.162
Transecto P7-A	519.145	7.655.305	519.149	7.655.314
Transecto P7-B	519.149	7.655.302	519.153	7.655.312
Transecto P7-C	519.154	7.655.300	519.158	7.655.309

Se adjunta KMZ con ubicación de las transectas propuestas.

- Frecuencia de muestreo

Estos transectos serán monitoreados de forma trimestral con el objeto de poder determinar la dinámica y comportamiento de la vega en las diversas temporadas, particularmente, en periodos de mayor concentración de precipitaciones y en los periodos de menor pluviometría.



Corporación Nacional del Cobre de Chile
Casa Matriz
Huérfanos 1270
Casilla 150-D
Santiago, Chile
www.codelco.com

- **Informes**

Dichos monitoreos serán reportados mediante un informe trimestral que deberá reflejar el estado actual de la vega, y su estado respecto del análisis comparativo con la vega Sapunta. Este informe será acompañado de registros fotográficos.

- e) **Plan de seguimiento (Límite comprometido de variación):** Ampliar información respecto a presencia de las especies para cada formación azonal, para lo cual se requiere definir composición vegetal con su caracterización porcentual de todas las especies, logrando medir durante el seguimiento si existe una modificación en la composición de cada unidad, cambios que no necesariamente se expresan en las especies dominantes.

El plan de seguimiento del componente Flora y Vegetación en la Vega Sapunta se realizará durante la fase de operación (con enfoque en la vegetación azonal), considerará un particular énfasis en las unidades muestrales (transectos) presentes dentro de la máscara de vega Sapunta.

Mientras que los transectos que se encuentran fuera de la máscara corresponden a transectos de control, los que permitirán analizar, evaluar y determinar los distintos procesos que pudieran estar afectando de alguna forma sobre el sistema azonal de Vega Sapunta.

A continuación, en la **Tabla 10**, se adjunta el detalle del plan de seguimiento ambiental aplicado en la Vega Sapunta.

Tabla 4. Plan de Seguimiento Ambiental de Flora y Vegetación de Vega Sapunta

Plan de Seguimiento Ambiental de Flora y Vegetación de Vega Sapunta	
Componente	Flora y Vegetación
Medida Asociada	Monitoreo de la flora y vegetación, dando énfasis en la vegetación azonal presente en el área
Fase del Proyecto	Operación
a) Método de Monitoreo	
i) Superficie del área de estudio a escala de detalle	El área de estudio de vega Sapunta se ubica a unos 168 km de la comuna de Calama, Región de Antofagasta, y a una altitud de 4.050 m s.n.m. Abarca una superficie no superior a 5 ha, en la cual interactúan vegetación de tipo zonal y vegetación azonal. La vega tiene una longitud cercana a 680 m en línea recta, y un ancho que varía entre los 12 y 15 m aproximadamente, encontrándose delimitada por una serie de farellones rocosos cuya altura fluctúa entre los 25 a 30 m.



Corporación Nacional del Cobre de Chile
 Casa Matriz
 Huérfanos 1270
 Casilla 150-D
 Santiago, Chile
 www.codelco.com

Plan de Seguimiento Ambiental de Flora y Vegetación de Vega Sapunta	
ii) Unidades muestrales	Se realizarán transectos de muestreo de la vegetación en terreno, para cubrir la heterogeneidad local. Todos los transectos se encuentran fijados con georreferencia espacial (coordenada UTM) y estacas de PVC en terreno (inicio-final). De acuerdo con lo anterior, se han implementado 2 series de transectos de monitoreo: • Set de transectos implementados en el Verano del 2005 (n=3), longitud de 15 metros. • Set de transectos implementados en el Verano del 2010 (n=18), longitud de 10 metros. La primera serie correspondió a un estudio focalizado exclusivamente en la vegetación azonal con la presencia de especies estrictamente hidrófilas. De acuerdo con lo anterior, la distribución de estos transectos sólo se realizó en “parches” que tuvieran este tipo de vegetación. En este sentido, y buscando la representatividad de este tipo de vegetación, uno de los transectos se ubica en el sector poniente de la vega, mientras que los dos restantes se ubicaron dentro de la sección más oriental donde la vegetación hidrófila es dominante. La segunda serie de datos, que complementa a la anterior, incorporó parches mixtos de vegetación azonal, en la que se incluyeron elementos transicionales como especies vegetales no necesariamente hidrófilas (p.e <i>Parastrephia lucida</i>), y cuyo propósito fue incorporar un enfoque general que pudiera esbozar la dinámica natural de la vegetación y/o sucesión vegetacional. Adicionalmente, se establecerá un conjunto de seis transectos de muestreo, distribuido en dos parcelas de tres transectos dispuestos en los extremos de Vega Sapunta, con el objeto de poder describir todas las particularidades presentes en la vega, y que no fueron descritas a lo largo de los monitoreos. De esta manera, el desarrollo de estos estudios permitirá visualizar zonas de cambio dentro de la vega, que en forma temprana puedan considerarse como variaciones naturales y propias de desarrollo normal de estos ecosistemas. En cada transecto de muestreo se registrará cada especie, cuyo tejido vegetacional fotosintéticamente activo interceptará una cinta métrica cada 0,25 metros. Ello, sobre la base teórica que determina que la probabilidad de que un taxa intercepte una cinta métrica es en función de la cobertura vegetal (Mueller-Dumbois y ElleMBERG 1974, “método del intercepto de puntos”).



Corporación Nacional del Cobre de Chile
 Casa Matriz
 Huérfanos 1270
 Casilla 150-D
 Santiago, Chile
 www.codelco.com

Plan de Seguimiento Ambiental de Flora y Vegetación de Vega Sapunta	
iii) Número de transectas	La metodología incluye un total de 27 transectos, las cuales se dividen en: - Set de transectos implementados en el Verano del 2005 (n=3), longitud de 15 metros. - Set de transectos implementados en el Verano del 2010 (n=18), longitud de 10 metros. - Set de transectos complementarios por implementar en el Verano del 2018 (n=6), longitud de 10 metros.
iv) Superficie de las formaciones vegetacionales	Se identifica la presencia de dos formaciones del tipo azonal (<i>sensu stricto</i>), correspondientes a Vega y Pajonal. La formación de Pajonal se caracteriza por presentar una estructura y composición muy homogénea a lo largo de la Vega Sapunta, presentando un dominio de <i>Deyeuxia eminens</i> con una superficie de 0,605 ha (datos de verano 2017), mientras que en la formación de Vega se identifican dos subunidades de acuerdo a su estructura y composición, estas son identificadas como: - Vega densa de <i>Oxychloe andina</i> y <i>Lobelia oligophylla</i> (con una superficie de 0,031 ha, según monitoreo verano 2017). - Vega muy clara de <i>Oxychloe andina</i> (con una superficie de 0,243 ha, según monitoreo verano 2017). Con el propósito de describir la superficie efectiva de las formaciones vegetacionales a lo largo de la vega, se utiliza la metodología de Carta de Ocupación de Tierras (COT), con la cual es posible determinar las unidades homogéneas de vegetación presentes en el área en estudio, en función de su estructura, composición y especies dominantes. Dicha metodológica se basa en la propuesta de Etienne & Prado (1982). Adicionalmente, y para dar respuesta del <i>Fitness</i> de la vegetación y por consiguiente del estado general del sistema azonal, se evalúa respuesta de la firma espectral de las formaciones vegetacionales presentes en el área de estudio, mediante un análisis de percepción remota, lo que permite determinar el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) , con el cual es posible determinar la superficie efectiva de la vegetación en función de la respuesta fotosintética de los tejidos vegetales a partir de análisis remoto de una imagen de alta resolución. Dicha información permitirá correlacionar el estado de la vegetación (como respuesta directa del vigor vegetacional) y los resultados obtenidos a partir del muestreo de campo (transectos de vegetación y COT).
v) Composición florística de cada formación azonal (vega, pajonal) y zonal	En general y a partir de los monitoreos realizados, de las diez especies registradas, seis de ellas son parte de la vegetación hidrófila (azonal): <i>Arenaria rivularis</i>, <i>Deyeuxia eminens</i>, <i>Lobelia oligophylla</i>, <i>Oxychloe andina</i>, <i>Ranunculus aff. Cimbalaria</i> y <i>Phylloscirpus acaulis</i>; mientras que las



Corporación Nacional del Cobre de Chile
 Casa Matriz
 Huérfanos 1270
 Casilla 150-D
 Santiago, Chile
 www.codelco.com

Plan de Seguimiento Ambiental de Flora y Vegetación de Vega Sapunta	
	restantes cuatro especies son propias de la vegetación zonal: <i>Parastrephia lucida</i> y <i>Astragalus arequipensis</i>, <i>Calophora rosulata</i> y <i>Senecio aff. Volekmannii</i>. De las especies registradas en la vegetación azonal y de acuerdo a las formaciones identificadas, las especies registradas se presentan y componen de la siguiente manera: <u>Vega</u>: <i>Oxychloe andina</i> acompañada esporádicamente por individuos de <i>Lobelia oligophylla</i>, <i>Arenaria rivularis</i>, <i>Philloscirus acaulis</i> y <i>Ranunculus aff. cimbalaria</i> principalmente. <u>Pajonal</u>: corresponde a un estrato herbáceo monoespecífico de <i>Deyeuxia eminens</i>.
vi) Momento y frecuencia de medición	La frecuencia de muestreo se realizará de forma estacional (verano, otoño, invierno y primavera) para caracterizar la flora y vegetación del área de estudio. La duración de cada muestreo contempla cuatro días de prospección en terreno.
b) Límite comprometido de variación	
Límite en variación de la composición de especies de las formaciones azonales	Debido a que en la Vega Sapunta existen sólo dos formaciones azonales, correspondientes a Vega y Pajonal, se establece como límite aceptable de variación en la composición, la condición de presencia permanente de las dos especies dominantes: <i>Oxychloe andina</i> para el caso de la Vega y de <i>Deyeuxia eminens</i> para el caso del Pajonal. Adicionalmente y considerando la dinámica propia de los sistemas azonales (de expansión- contracción) y considerando que la vegetación azonal corresponde a las unidades más sensibles antes las variaciones del entorno -en particular las vegas de <i>Oxychloe andina</i>- se establecerá que la unidad de vega no podrá presentar una superficie menor a 0,15 ha, la cual corresponde al menor valor registrado (primavera 2012) en el área de estudio, mediante análisis NDVI y muestreo de campo.
Condición de referencia	Con el objeto de evaluar si el efecto de las variaciones registradas en Vega Sapunta, responde a condiciones de carácter local o regional, se establecerá como unidad de control, la vega de Yusinta, puesto que presenta condiciones vegetacionales y florísticas similares.

3. Finalmente, es importante conocer el avance en los acuerdos y gestiones que se hayan realizado con la Comunidad Indígena de Taira.

Respecto de esta temática y en el marco de lo solicitado por el Servicio de Evaluación Ambiental, se procedió a establecer una mesa de diálogo con la Comunidad Indígena Atacameña de Taira, en



Corporación Nacional del Cobre de Chile
Casa Matriz
Huérfanos 1270
Casilla 150-D
Santiago, Chile
www.codelco.com

la cual se concordaron tres líneas de trabajo y se pudo consensuar un acuerdo con la Comunidad para el desarrollo colaborativo de dichas líneas de trabajo.

Los términos del acuerdo referido fueron formalizados mediante carta PE-01/2018 dirigida a la Presidente de la Comunidad Indígena Atacameña de Taira, la cual fue recepcionada el 05 febrero 2018, tal como se evidencia en documento adjunto. Para su materialización, y cumpliéndose las condiciones acordadas, se suscribirán convenios de colaboración específicos entre Codelco y la Comunidad.

Cabe indicar que las partes han convenido que para la materialización de los convenios de colaboración y el desarrollo de las líneas de trabajo concordadas, se deberá considerar la concurrencia de las siguientes circunstancias:

- Resolución aprobatoria por parte de la Dirección Ejecutiva del Servicio de Evaluación Ambiental, en los términos solicitados por Codelco, del proceso de revisión de la RCA N° 2603/2005, que aprobó el proyecto “Suministro, Construcción y Operación Aducción de Agua Pampa Puno”, conforme al artículo 25 quinquies de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
- Observancia por parte de la Comunidad Indígena Atacameña de Taira, de la Resolución señalada en el punto anterior, en particular de las medidas, restricciones y condiciones que ella establezca para el cuidado y uso sustentable de la vega Sapunta, absteniéndose de realizar impugnaciones administrativas o judiciales respecto de dicho proceso y resolución.
- Ausencia de procesos administrativos o de medidas restrictivas, coercitivas o punitivas incoadas por autoridades ambientales o sectoriales en relación a la RCA N° 2603/2005 y su proceso de revisión, a la operación del campo de pozos de Pampa Puno, o a la vega Sapunta.

Por último, hacemos presente a Ud. que se acompañan a esta presentación, en formato digital, los siguientes documentos:

1. Anexo 1. Informe Estudio Técnico para Recuperación de la Condición Hídrica Natural de la Vega Sapunta
2. Anexo 2. Información Georreferenciada del Sistema de Riego (Formato Shape)
3. Anexo 3. Dimensiones de la Vega Sapunta (Formato Shape)
4. Anexo 4. Información de Transectas Vega Sapunta (Formato Shape)



Corporación Nacional del Cobre de Chile

Casa Matriz

Huérfanos 1270

Casilla 150-D

Santiago, Chile

www.codelco.com

5. Anexo 5. Información Transectas Vega Yusinta (Formato Shape)
6. Anexo 6. carta PE-01/2018 dirigida a la presidente de la Comunidad Indígena Atacameña de Taira y las minutas de las mesas de trabajo de los días 14, 20 y 27 de Noviembre 2017.

Sin otro particular, le saluda atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above the printed name.

Montserrat Pastor Montaña
Gerente de Sustentabilidad y Relaciones Institucionales (S)
CODELCO Chile

Incl: CD