

PROYECTO DE BIEN PÚBLICO N°18 BPE 93816



CHILEPOLIMETÁLICO

Mapas estratégicos para la diversificación  
de la Minería Chilena

# CHILEPOLIMETÁLICO: DIVERSIFICANDO LA MINERÍA CHILENA

PROYECTO APOYADO POR:



ALTALEY®

CORFO







Esta publicación fue elaborada por  
Equipo Proyecto Chilepolimetalico

**Edición**

Primera. Santiago, 2021

**Redacción, Edición y desarrollo de contenidos**

Carlos Muñoz López, Katrina Matamala Escobar y Guillermo Olivares Quintanilla

**Diseño Gráfico**

Estudio Bajbuj Diseño Gráfico y Desarrollo Web

**Comité Técnico del Proyecto**

Elio Yáñez Duarte (CORFO)

Christian Sanhueza Véliz (COCHILCO)

Guillermo López Aguilera (SERNAGEOMIN)

Mauricio González Solís (MINISTERIO DE MINERÍA)

Elena Moreno González (CORPORACIÓN ALTA LEY)

Fernando Flores Maureira (SONAMI)

Alejandra Molina Quevedo (MINNOVEX)

Hans Göpfert Hielbig -Sergio Vicencio González (COMISIÓN CALIFICADORA DE COMPETENCIAS EN RECURSOS Y RESERVAS MINERAS)

Orlando Godoy Olguín (PROTER)

Gabriel País Cerna (AXION)

Juan Pablo Aránguiz Moreno (3B TECH)

Ronald Álvarez Pando (IPROCESS)

Rodrigo Strobl Viviani (BIOHEATING SPA)

**Agradecimientos a:**

Marco Riveros Keller, Vicepresidente Ejecutivo de COCHILCO

Fernando Lucchini Arteché, Presidente Ejecutivo de CORPORACION ALTA LEY

Jorge Cantallop Araya, Director de Estudios y Políticas Públicas de COCHILCO

Alejandro Cecioni Raspi, Subdirector Nacional de Geología de SERNAGEOMIN

Juan Pablo Lacassie Reyes, Jefe de la Unidad de Geoquímica de SERNAGEOMIN

Anselmo Peñán Aillapán, Director Portafolio de Negocio I+D+i InnovaChile CORFO

Gladys Hernández Sepúlveda, Secretaria Ejecutiva de la COMISIÓN CALIFICADORA DE COMPETENCIAS EN RECURSOS Y RESERVAS MINERAS

Guillermo Valdés Vargas, Gerente de Desarrollo Minero de ENAMI

Pablo Bobadilla Osorio, Geólogo de ENAMI

Antonia Muzzo Correa, Pía Hurtado Turner y María Isabel Covarrubias Zañartu del Área de Comunicaciones de CORPORACIÓN ALTA LEY

Guillermo Uribe Pérez, jefe de Carrera de Ingeniería Civil de Minas UNIVERSIDAD VIÑA DEL MAR

Juan Pablo Rubilar Donoso, Experto en Sustentabilidad

Carolina Aguayo Aliaga, Abogada y Magister en Derecho Ambiental

Javiera Cortés Camus, Estudiante de Geología de la UNIVERSIDAD DE CHILE



## **PALABRAS DE FERNANDO LUCCHINI**

**PRESIDENTE DE  
CORPORACIÓN ALTA LEY**

Cuando iniciamos el proyecto ChilePolimetálico, nuestro objetivo era el disponer de información relevante, estratégica y de manera gratuita al ecosistema minero; información que ofreciera la oportunidad de ampliar la mirada de la industria minera nacional. Esto, pues se espera que en el futuro exista una fuerte demanda de minerales estratégicos para hacer realidad las actuales tendencias tecnológicas sostenibles, como la electromovilidad y la generación de energías renovables. Y con ello, no sólo hablamos de cobre o de litio, aquellos minerales más reconocidos, sino que además de otros elementos como el níquel, las tierras raras o el zinc, por nombrar algunos.

En este contexto, ChilePolimetálico nace como un esfuerzo asociativo del ecosistema minero nacional, que reúne las miradas y capacidades de diversos actores para comenzar a enfrentar estos nuevos requerimientos de escala global. Proponiendo, así, una visión más amplia sobre nuestras posibilidades de dar respuesta a estas necesidades, apoyados en las privilegiadas características geológicas de nuestro territorio, posicionando a nuestra minería nacional como el motor habilitante de la tan deseada economía verde del planeta. Asimismo, el foco se centró en relevar la situación actual de nuestro país para enfrentar estos desafíos, en términos de: recursos disponibles, capacidades existentes, cadena de valor, y calidad de la información disponible para la toma de decisiones y que contribuya a atraer inversiones que materialicen estas oportunidades. Considerando, de esta manera, la posibilidad de convertirnos en un país que aproveche al máximo su potencial minero, y que responda de manera sostenible a la demanda mundial de minerales estratégicos. Aprovechando, además, todas las oportunidades para poder hacer realidad nuevas alternativas de crecimiento que nos conviertan en un país polimetálico.

En consecuencia, este proyecto tiene como uno de sus principales resultados la generación de información de carácter técnico, geocientífica y minera, que espera visibilizar el potencial geológico del país y contribuir a la toma de decisiones que propicien la creación de nuevos negocios – con la particularidad de estar en un formato georreferenciado, y accesible de manera gratuita y pública. De la misma forma, se espera que estos resultados constituyan un insumo estratégico para el desarrollo de tendencias asociadas a la minería sustentable y la minería digital, traduciéndose, a modo de ejemplo, en una contribución potencial a la generación de conocimiento para el desarrollo de iniciativas de minería secundaria, minería circular, o el desarrollo de algoritmos para herramientas digitales para la exploración minera.

La minería representa un pilar fundamental de nuestra economía y nuestra sociedad, y comprendemos esta importante iniciativa como un aporte para seguir consolidando nuestro prestigio y posición de liderazgo minero internacional hacia el largo plazo, contribuyendo a la diversificación de nuestro portafolio minero y de exportaciones, así como al desarrollo de una economía nacional sostenible e intensiva en conocimiento y tecnologías.



## PALABRAS DE MARCO RIVEROS KELLER

### VICEPRESIDENTE EJECUTIVO DE COCHILCO

Entre las funciones de la Comisión Chilena del Cobre, como institución pública, técnica y especializada, se encuentra la de proporcionar información estratégica, clave y confiable para el diseño de políticas públicas y aportar antecedentes objetivos para la adopción de decisiones en la industria de la minería. Con ese propósito, desde hace décadas, ha venido permanentemente mejorando la oportunidad y alcances de sus estadísticas y estudios.

En los últimos años, asumiendo el desafío que imponen el desarrollo de las tecnologías y de la valorización de la información como un bien crítico para las sociedades modernas, tenemos la tarea de extender el alcance de la información, explorar y fomentar nuevas plataformas y escenarios para su difusión. Para esto la incorporación de tecnologías de Big Data y la integración con otras plataformas públicas ha sido esencial: hemos desarrollado con el impulso del Ministerio de Minería, la plataforma Minería Abierta y su aplicación de información georreferenciada Minería Abierta Mapas, en la cual se pueden visualizar de manera mucho más nítida las oportunidades y desafíos que tiene la actividad minera, siendo una potente herramienta de planificación y evaluación de políticas territoriales.

Junto con mejorar los accesos a la información existente, un desafío y objetivo permanente es aumentar la base de información relevante y para eso iniciativas como Chile Polimetálico son fundamentales. Sabemos que gran parte del desarrollo histórico y futuro de Chile está y estará vinculado a la industria del cobre, pero la diversificación de nuestra matriz productiva no solo pasa por desarrollar una industria de proveedores de bienes y servicios, si no también aprovechar la experiencia y conocimientos en minería y nuestro potencial geológico en la explotación de una mayor diversidad de recursos minerales. Esto nos permitirá entregar nuevas herramientas a segmentos que han evidenciado brechas en el acceso a información, como es la pequeña y mediana minería local y así generar un ecosistema que permita escalar innovaciones y desarrollos tecnológicos a escala local e internacional.

El desarrollo del proyecto ChilePolimetálico nos ha permitido visualizar e identificar posibles zonas de favorabilidad u ocurrencia de elementos de valor no tradicionales a partir de mapas de potencial en las regiones de Atacama, Coquimbo; Arica y Parinacota para minerales como cobalto, manganeso, plata y zinc

El uso integral de estas herramientas no solo permite visualizar de mejor manera la información disponible, sino que el desarrollo de herramientas de simulación y de evaluación temprana de potencial económico de yacimientos.

Junto con felicitar a la Corporación Alta Ley, comprometemos nuestros esfuerzos por la continuidad y mejoras permanentes de la iniciativa [ChilePolimetálico](#).



# CONTENIDO

¿Qué es Chilepolimetálico?	9
Presentación del proyecto y comité técnico	11
El desafío de la diversificación de productos de la minería chilena	13
Contexto mundial y minerales críticos	14
Áreas para el desarrollo de proyectos	16
Nuevos Prospectos a partir de yacimientos minerales naturales	17
Recuperación de elementos de valor desde residuos mineros	20
Recuperación de elementos de valor desde proyectos de remediación ambiental	23
Minería de fondos marinos	24
Líneas de acción proyecto Chilepolimetálico	27
Mapas de potencial	28
Mapa de potencial de cobalto en la región de Coquimbo	29
El interés por cobalto como subproducto minero	31
Base de datos de yacimientos antropogénicos	33
Líneas de continuidad del proyecto	36
Desafío N1° Consolidar inventario de recursos minerales primarios y secundarios de EVNT	36
Desafío N2°: Desarrollar proyectos con esquemas de EC para yacimientos EVNT de baja ley	38
Desafío N3°: Desarrollar modelos de negocios y asociación para el fomento de la recuperación de EVNT	39
Desafío N4°: Desarrollar cadenas de valor para EVNT	40
Comentarios finales	41
Difusión y participación de Chilepolimetálico en seminarios y presentaciones	43

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1_ Línea de tiempo de etapas del proyecto	11
Figura 2_ Entidades participantes del Comité Técnico	12
Figura 3_ Composición de las exportaciones mineras chilenas años 1974 y 2020	13
Figura 4_ Resultados de estudios de criticidad de elementos en distintos países	14
Figura 5_ Metales requeridos en tecnologías de energías verdes	15
Figura 6_ Áreas para el desarrollo de proyectos	16
Figura 7_ Clasificación de los yacimientos chilenos según su mena principal, secundaria y tamaño	17
Figura 8_ Principales prospectos mineros con EVNT	19
Figura 9_ Aplicación de la técnica de electro remediación en un relave de cobre	24
Figura 10_ Geoquímica de nódulos de manganeso en muestreos realizados en Zona Económica Exclusiva Chilena	26
Figura 11_ Líneas de acción proyecto Chilepolimetálico	27
Figura 12_ Mapas de potencial y sus ubicaciones	28
Figura 13_ Mapa de potencial de cobalto en la región de Coquimbo	30
Figura 14_ Principales yacimientos del tipo IOCG e IOA	32
Figura 15_ Mapeo de yacimientos antropogénicos en la región de Atacama	33
Figura 16_ Tranque de relaves Minera Florida	34
Figura 17_ Planta Magnetita	35
Figura 18_ Planta Molyb en Mejillones, durante su construcción en el año 2015	35
Figura 19_ Secuencia de iniciativas para el desarrollo de la minería secundaria-Desafío N°1	37
Figura 20_ Secuencia de iniciativas para el desarrollo de la Exploración de EVNT-Desafío N°1	37
Figura 21_ Secuencia de iniciativas priorizadas para el Desafío N°2	38
Figura 22_ Secuencia de iniciativas priorizadas para el Desafío N°3	39
Figura 23_ Secuencia de iniciativas priorizadas para el Desafío N°4	40



# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1_ Recuento de ocurrencias de EVNT por región, ya sea como mena principal o mineral	18
Tabla 2_ Estimaciones de volúmenes de residuos mineros por año en Chile y el mundo	22
Tabla 3_ Potenciales recursos minerales con elementos de valor en fondos marinos	25
Tabla 4_ Reservas mineras declaradas por Minera Florida	34
Tabla 5_ Leyes de cobre-molibdeno de relaves tratados por Minera Valle Central	35
Tabla 6_ Grupo de iniciativas asociadas al Desafío N°1	36
Tabla 7_ Grupo de iniciativas asociadas al Desafío N°2	38
Tabla 8_ Grupo de iniciativas asociadas al Desafío N°3	39
Tabla 9_ Grupo de iniciativas asociadas al Desafío N°4	40



## ¿QUÉ ES CHILEPOLIMETÁLICO?

Chilepolimetálico es un proyecto de bien público, cofinanciado por CORFO, COCHILCO y Corporación Alta Ley, que busca contribuir al desarrollo de una minería chilena más diversificada que considera la recuperación de Elementos de Valor Mineral No Tradicionales (EVNT).

El proyecto está orientado a proporcionar información estratégica y visibilizar las oportunidades extractivas de EVNT, para facilitar el proceso de toma de decisiones a potenciales inversionistas y el desarrollo de negocios mineros en Chile vinculados a estos elementos de valor. A partir de la importante demanda global proyectada por minerales y las tendencias que se vislumbran a nivel internacional, nuestro país puede aprovechar sus ventajas como principal productor de cobre, identificando oportunidades de negocio mineras asociadas a otros elementos de valor de origen mineral que son bien cotizados internacionalmente y que pueden constituir negocios rentables y sustentables.

### MISIÓN



LA MISIÓN DEL PROYECTO CHILEPOLIMETÁLICO ES PROPORCIONAR INFORMACIÓN ESTRATÉGICA PARA PONER EN VALOR RECURSOS MINERALES NO TRADICIONALES CON EL FIN DE INCENTIVAR LA INVERSIÓN EN CHILE

### VISIÓN



SER UN REFERENTE A NIVEL NACIONAL EN LA TEMÁTICA DE LA RECUPERACIÓN DE ELEMENTOS DE VALOR NO TRADICIONALES Y LA DEMANDA INDUCIDA DE BIENES Y SERVICIOS PRODUCTO DE LA INVERSIÓN EN ESTE TIPO DE MINERÍA





La pregunta principal que este proyecto busca responder es:

**¿Cómo Chile podría diversificar su matriz productiva minera más allá del cobre, sus subproductos y aquellos minerales extraídos de los salares?**

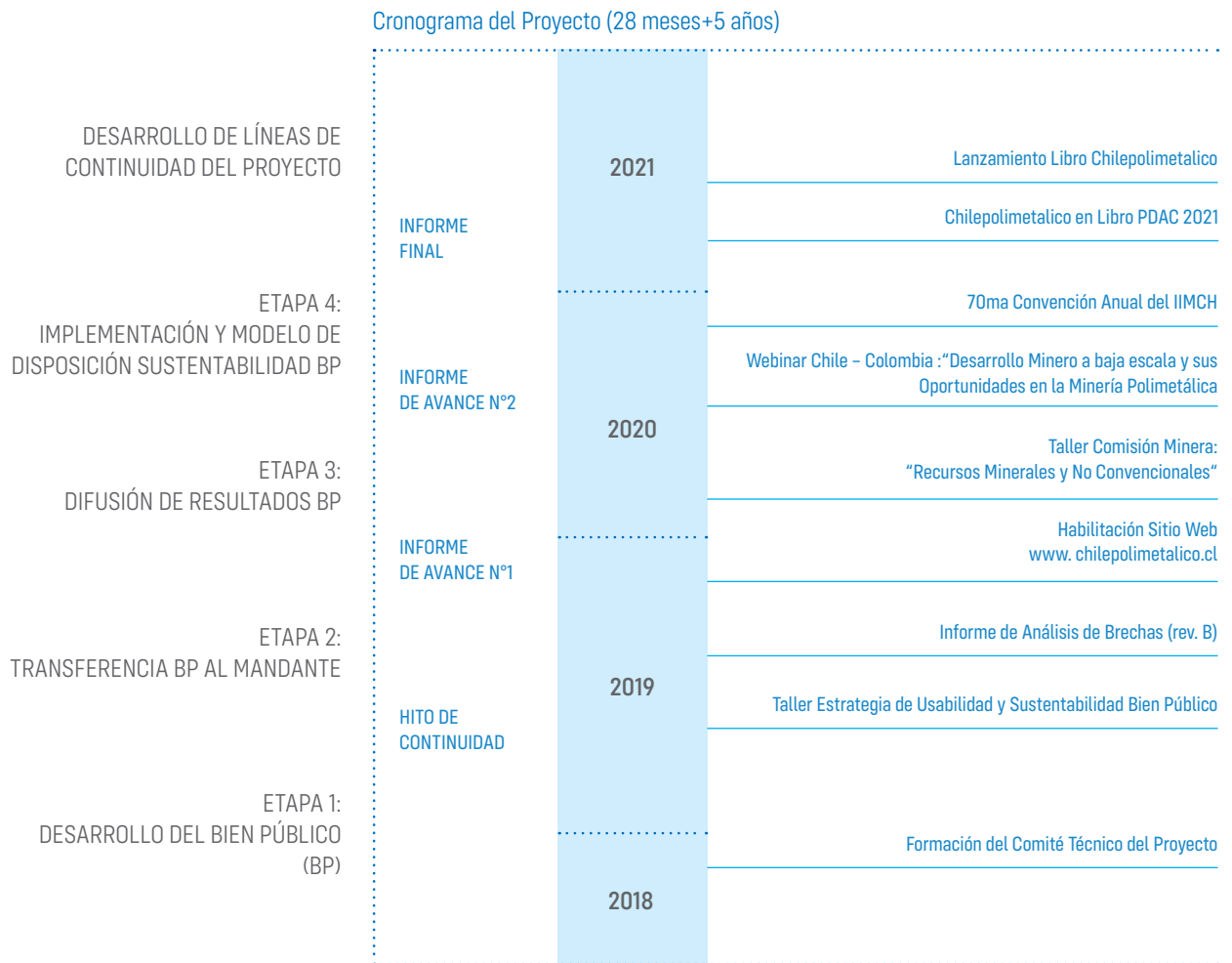
A lo largo de su historia, nuestro país no ha podido diversificar su matriz de productos mineros centrándose en el cobre, sus subproductos y minerales extraídos de los salares como el litio. La baja capacidad para diversificar nuestra oferta de minerales podría significar no aprovechar oportunidades de nuevos negocios, más aún cuando se espera una alta demanda futura de nuevos metales y minerales impulsada por un importante número de aplicaciones tecnológicas. Algunas de estas aplicaciones requieren cobre y litio, pero también otros minerales y metales que no son los tradicionalmente explotados en el país como el cobalto, tierras raras, titanio entre otros. A pesar de que estos elementos están presentes en Chile y tienen potencial para generar negocios que permitan hacer viable su extracción, se estima que existen factores de distinta naturaleza que podrían estar inhibiendo su desarrollo.

De este modo, Chilepolimetálico aspira como proyecto a la sofisticación productiva de nuestra economía a partir de la diversificación de la oferta de productos mineros que permitan mejorar la competitividad y productividad de la industria, fomentando el desarrollo de nuevos materiales a partir de estos minerales para nuevos usos y aplicaciones.

# PRESENTACIÓN DEL PROYECTO Y COMITÉ TÉCNICO

Chilepolimetálico nace como un proyecto de Bien Público financiado por CORFO a fines del año 2018. El proyecto tiene una duración de 28 meses en su fase regular y fue desarrollado en 4 etapas que permitieron generar los entregables comprometidos y líneas de acción para los próximos años. La figura siguiente muestra una línea de tiempo con las etapas e hitos principales del Proyecto.

Figura 1\_ Línea de tiempo de etapas del proyecto





El proyecto es desarrollado por Corporación Alta Ley por mandato de la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) y el apoyo de un Comité Técnico en el que participan representantes de la Comisión Calificadora de Competencias en Recursos y Reservas Mineras (Comisión Minera), la Sociedad Nacional de Minería (SONAMI), MINNOVEX y sus empresas socias I-AXION y PROTER junto al Ministerio de Minería, el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), y las empresas 3B TECH e IPROCESS.

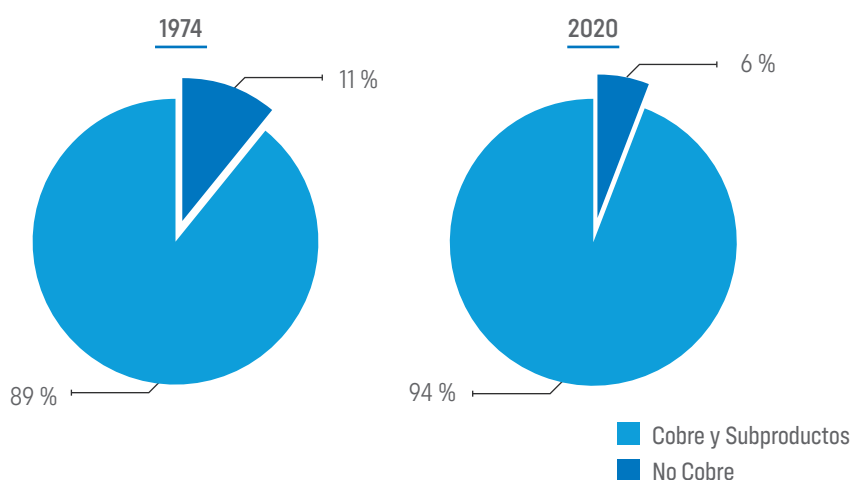
Figura 2\_ Entidades participantes del Comité Técnico



## EL DESAFÍO DE LA DIVERSIFICACIÓN DE PRODUCTOS DE LA MINERÍA CHILENA

La minería del cobre es la principal exportación de Chile y así ha sido durante el último siglo. En el período 1960-2020, la minería del cobre promedió 52% del total exportado y en el año 2020, 11% del Producto Interno Bruto fue explicado a partir de la actividad cuprífera. Adicionalmente, la Figura 3 muestra que, en más de 45 años, la oferta chilena exportable de minerales y metales ha incrementado su dependencia de la minería del cobre y la producción de subproductos.

Figura 3\_ Composición de las exportaciones mineras chilenas años 1974 y 2020



Fuente: Elaboración propia en base a Información de Cochilco, Consejo Minero y Comisión Nacional de Productividad

Esta condición, sumada a un nivel incipiente de encadenamientos productivos en la cadena del valor del negocio minero respecto a otros países mineros como Australia o Canadá, determinan altos grados de vulnerabilidad de la economía, dada su baja diversificación y resiliencia en el largo plazo para enfrentar desafíos como los siguientes:

- Ciclos de precios bajos del cobre
- Sustitución del cobre en aplicaciones industriales
- Introducción de nuevos estándares de sostenibilidad (sociales, ambientales y otros)
- Nuevas regulaciones en los mercados internacionales
- Nuevos países oferentes de cobre de mina
- Otras fuentes secundarias de abastecimiento de cobre



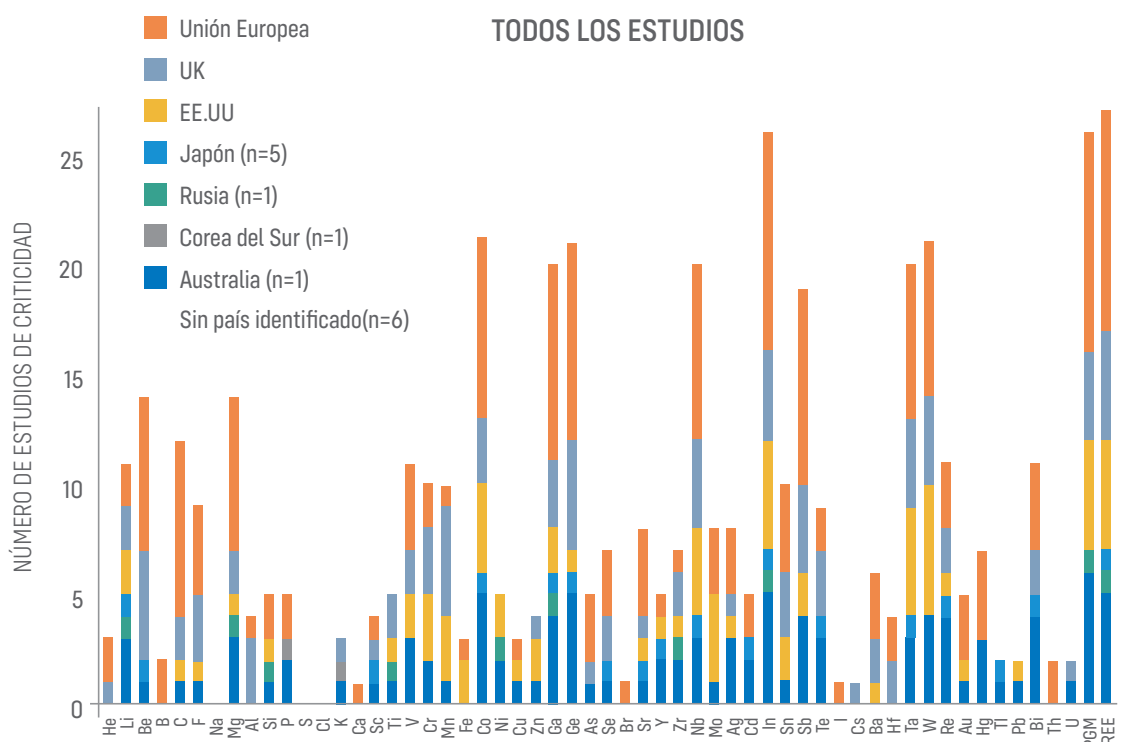
## CONTEXTO MUNDIAL Y MINERALES CRÍTICOS

En el contexto mundial, el acelerado desarrollo tecnológico global ha traccionado una demanda progresiva por recursos minerales necesarios para aplicaciones en alta tecnología, la generación y almacenamiento de energía desde fuentes renovables y la industria aeroespacial. Las principales economías del mundo han generado iniciativas para asegurar el suministro de estos metales y materiales, muchos de ellos producidos en zonas geográficas diversas y de alto riesgo, posicionándolos como críticos para el desarrollo económico. Como resultado de esto, existen varios estudios y listados con elementos críticos o estratégicos publicados por estos países, por ejemplo, los que elabora el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE) o la Unión Europea (ver Figura 4). Por otro lado, las evidencias del cambio climático y aspectos inherentes a la sustentabilidad han impulsado a las Naciones Unidas a promover los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), proponiendo metas de mitigación y mejoras para el desarrollo de la actividad minera.

En este contexto, el Banco Mundial lanzó hace algunos años la iniciativa “Climate Smart Mining”, que busca incorporar conceptos de economía circular, fomentando la extracción y el procesamiento sustentable de minerales y metales para asegurar el suministro de tecnologías de energías limpias, minimizando la huella de carbono y el desarrollo de nuevos materiales en toda la cadena del valor de la industria extractiva en países con una alta dotación de recursos minerales.

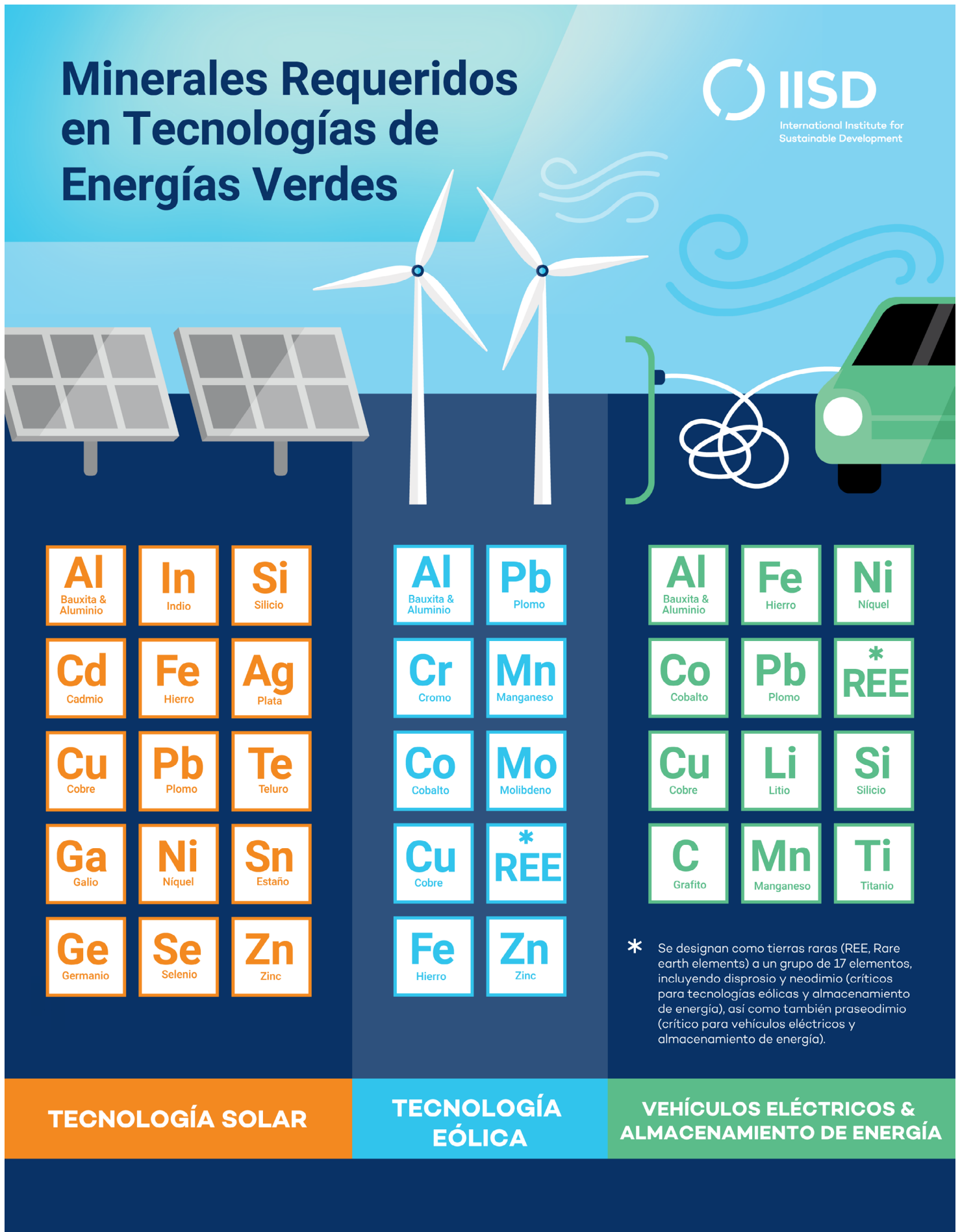
El desarrollo tecnológico y el uso de tecnologías bajas en emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) requieren hoy en día de una mayor variedad y calidad de materiales, donde los recursos minerales tienen un rol preponderante. Sólo el sector del almacenamiento de la energía (baterías), podría generar un mercado de US\$ 300.000 millones en el año 2024; lo que podría inducir una mayor demanda de cobre, litio, cobalto, zinc, grafito, níquel, manganeso, vanadio y otros (Figura 5).

Figura 4\_ Contador de menciones para cada elemento crítico en los distintos estudios de criticidad realizados por los países



Fuente: Hayes & McCullough, 2018, Critical minerals: A review of elemental trends in comprehensive criticality studies.

Figura 5\_ Metales requeridos en tecnologías de energías verdes



Fuente: International Institute for Sustainable Development (IISD), 2018, Green Conflict Minerals



## ÁREAS PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS

Chilepolimetálico identificó cuatro áreas donde proponer proyectos e iniciativas de recuperación de elementos de valor no tradicionales:

Figura 6\_ Áreas para el desarrollo de proyectos

Desarrollo de proyectos mineros con potencial recuperación de EVNT, a partir de yacimientos minerales naturales de escala pequeña a mediana con presencia de cobre y otros elementos de valor que viabilicen el negocio.

Recuperación de EV desde proyectos de remediación ambiental en sitios mineros abandonados.



Recuperación de EV desde residuos mineros, también conocidos como yacimientos antropogénicos, secundarios o yacimientos minerales artificiales, es decir, producción de elementos con valor comercial desde relaves, ripios, desmontes, escorias, polvos de fundición, barros anódicos, etc.

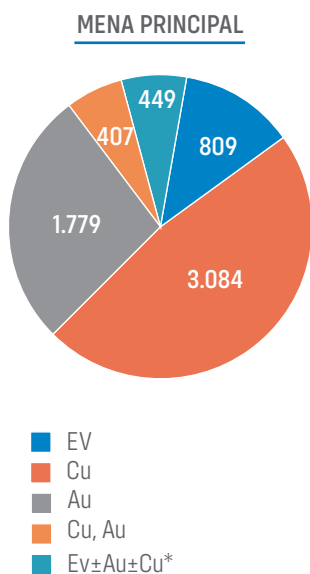
Exploración y extracción de minerales desde yacimientos polimetálicos emplazados en los fondos marinos de la costa chilena.



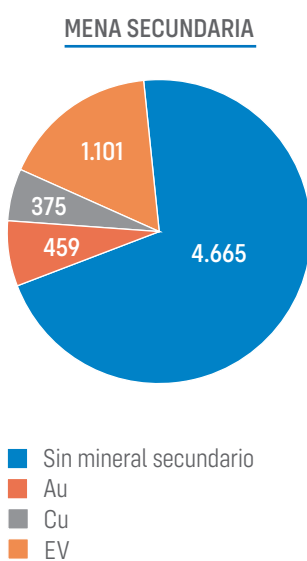
## Nuevos Prospectos a partir de yacimientos minerales naturales

<sup>1</sup>IOCG: Depósito tipo óxidos de hierro-cobre-oro (iron oxide-copper-gold)  
IOA: Depósito tipo hierro-apatito (iron oxide-apatite)  
REE: Elementos Tierras Raras (Rare Earth Elements)

Figura 7\_ Clasificación de los yacimientos chilenos según su mena principal, mena secundaria y tamaño, en base a la información del catastro del Sernageomin

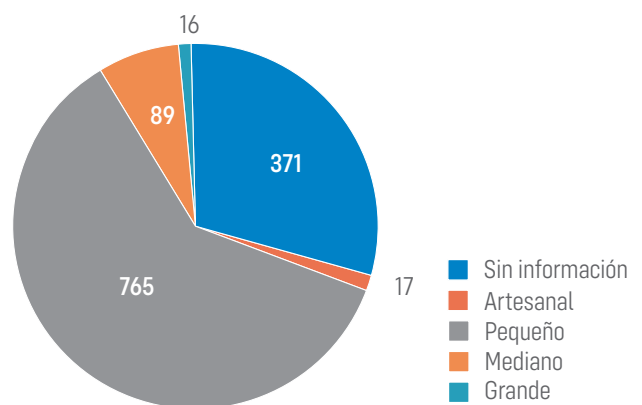


- EV
- Cu
- Au
- Cu, Au
- Ev±Au±Cu\*



- Sin mineral secundario
- Au
- Cu
- EV

**TAMAÑO DE LOS YACIMIENTOS DE EV COMO MENA PRINCIPAL**



- Sin información
- Artesanal
- Pequeño
- Mediano
- Grande

Yacimientos de elementos como el cobalto, manganeso, titanio, tierras raras (REE), uranio y otros están presentes en Chile con potencial para ser recuperados bajo ciertas condiciones de mercado, factibilidad técnica y modelos de negocios que viabilicen su extracción.

Dentro de las zonas más atractivas para la ocurrencia de estos elementos, la provincia metalogénica del Cretácico Inferior, ubicada en la Cordillera de la Costa, se presenta con gran potencial debido a la diversidad metalogénica de sus yacimientos -como IOCG, IOA<sup>1</sup>-, estratoligados, pórfidos, entre otros- que le otorgan un carácter polimetálico, con mineralización de hierro, cobre, manganeso, cobalto, REE, fosfatos, uranio, titanio y otros elementos. Si bien esta es una de las zonas con mayor potencial prospectivo, con proyectos de EV en etapas intermedias y avanzadas de desarrollo, existen otros proyectos diseminados por el país. Podemos mencionar: Paguanta, ubicado en la Alta Cordillera de la Región de Tarapacá, que alberga depósitos de Zn-Pb-Ag de altas concentraciones, algo bastante singular en el catálogo de yacimientos chilenos, lo que despierta el interés por explorar este tipo de depósitos en la zona. También el Proyecto El Cabrito -la iniciativa más avanzada de REE en Chile, ubicado en la Región del Biobío- que representa el interesante potencial geológico en REE que podría tener Chile en algunas regiones de acuerdo con los estudios geológicos.

El catastro de Recursos Minerales Metálicos y Rocas y Minerales industriales del Sernageomin, que contiene del orden de 8.000 registros, es una primera aproximación para visualizar la dimensión del potencial y ocurrencia de yacimientos naturales de EVNT. Aproximadamente 6.600 registros corresponden a recursos minerales metálicos.

De este total, 1.258 registros tienen como mena principal un EVNT, lo que puede estar acompañado de Cu y/o Au. Por otro lado, si clasificamos por mena secundaria, 1.101 registros incluyen un EVNT en sus menas secundarias (ver Figura 7).

Respecto al tamaño de los yacimientos que incluyen un EVNT como mena principal, la mayoría de las ocurrencias son catalogadas como pequeñas (61%) - mencionar que un 29% no tiene registrado el tamaño de la ocurrencia-. Es muy probable que los yacimientos pequeños y medianos permitirían desarrollar una minería de escala pequeña a mediana adecuada para explotaciones selectivas. Es importante destacar que estas denominaciones de tamaño son referenciales y no se dispone de algún criterio cuantitativo para establecer la categorización.

\*±: Se refiere a que el elemento puede o no puede estar contenido.  
Fuente: Elaboración propia a partir de SIA-Yacimientos Sernageomin

Por otro lado, se dispone del catastro público de prospectos de exploración de la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), actualizado anualmente. Esta base de datos corresponde a una recopilación de los prospectos mineros en Chile, donde se da cuenta del estado (activo, paralizado o inactivo), etapa de desarrollo (generativa, seguimiento y avanzada), datos de recursos y reservas, leyes, entre otras. La última actualización, que contiene datos de 2019 y 2020 con algunas incorporaciones adicionales por parte del proyecto Chilepolimetálico, cuenta con 349 registros. A partir de esta información, se elaboró la Tabla 1 que muestra un desglose con el número de ocurrencias para cada EVNT en los distintos prospectos mineros por región, ya sea como mena principal o como elemento contenido. Se observa una interesante concentración de prospectos ubicados en las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo con presencia de elementos como plata (Ag), molibdeno (Mo), mineral de hierro (Fe), cobalto (Co), plomo (Pb) y zinc (Zn).

Utilizando la misma base de datos anterior, se elaboró el mapa de la Figura 8 que muestra los principales prospectos con interés de EV en Chile, seleccionando los que se encuentran en etapas más avanzadas, algunos de ellos, incluso con estudios de prefactibilidad ya terminados.

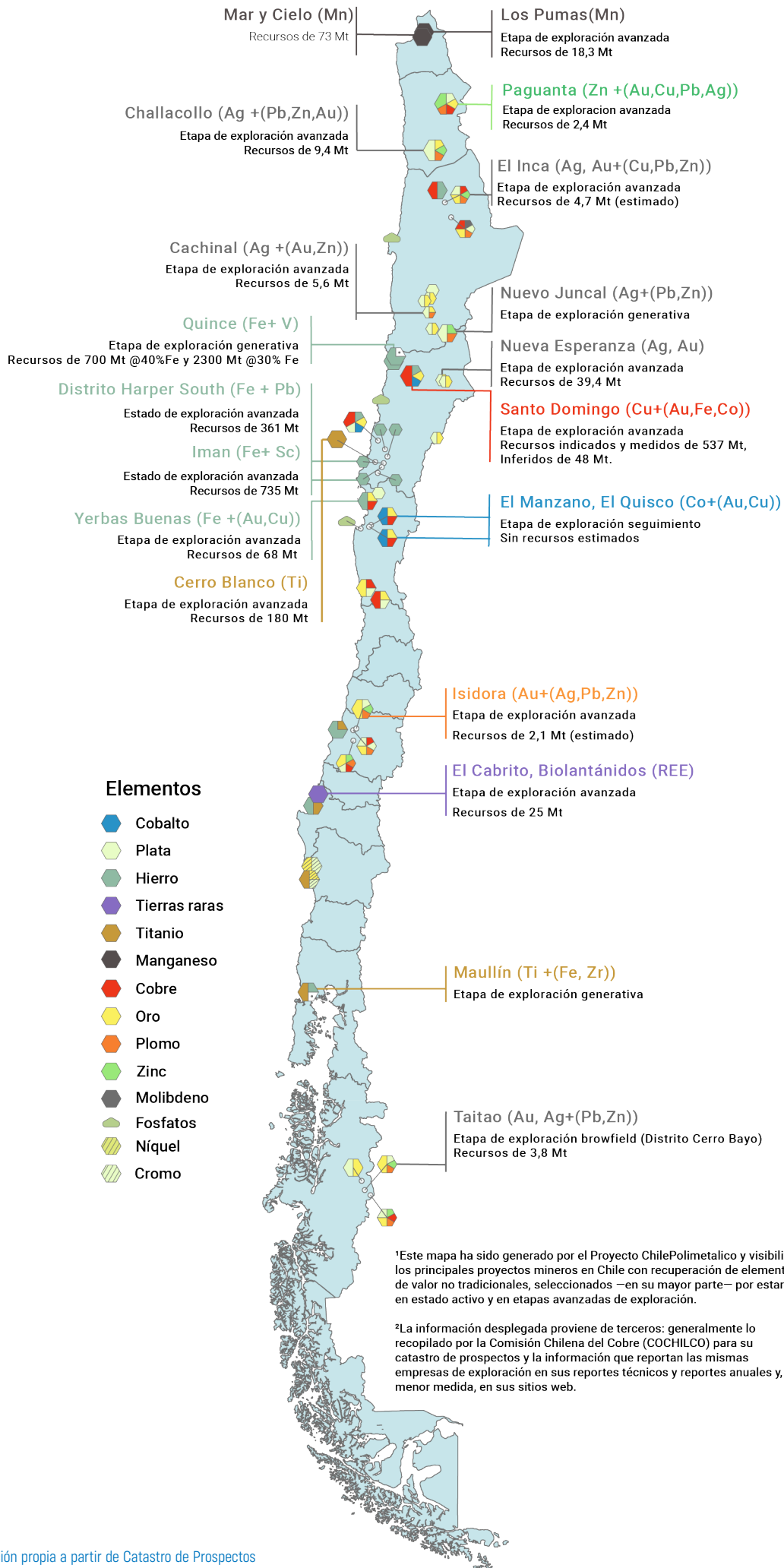
Tabla 1\_ Recuento de ocurrencias de EVNT por región, ya sea como mena principal o mineral

REGIÓN	ELEMENTOS									TOTAL PAÍS (por región)
	Mo	Ag	Fe	Mn	Co	Zn	Pb	Ti	REE	
Arica-Parinacota	2	1		2						5
Tarapacá	1	5	1			2	2			11
Antofagasta	8	26	5			6	3			48
Atacama	12	42	13		17	5	7	2	1	99
Coquimbo	16	17	6	5	5	3	3		3	58
Valparaíso	3	7					1			11
Metropolitana	3	2								5
Lib. B. O'Higgins		2								2
Maule	1	4	1			3	3	1		13
Bio-Bio+Ñuble	1								1	2
Araucanía	1									1
Los Lagos+Los Ríos		1	1			1	1	1		5
C. Aysén Ibáñez del Campo		3				1	1			5
Magallanes y Antártica Chilena		1				1				2
<b>Total País (por región)</b>	<b>48</b>	<b>111</b>	<b>27</b>	<b>7</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>267</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de Catastro de Prospectos de Cochilco 2019-2020



Figura 8\_ Principales prospectos mineros con EVNT



Fuente: Elaboración propia a partir de Catastro de Prospectos de Cochilco y otras fuentes



## Recuperación de elementos de valor desde residuos mineros

Consideraciones ambientales y un incremento en la demanda proyectada de un grupo de elementos estratégicos, genera la oportunidad de valorizar y reprocesar yacimientos antropogénicos, también conocidos como recursos mineros secundarios o recursos minerales artificiales.

### Relaves

En Chile han surgido iniciativas focalizadas en la recuperación y revalorización de distintos tipos de residuos mineros. Las más importantes son probablemente las relacionadas al reprocesamiento y recuperación de EV desde relaves, debido a la gran cantidad de material producido, siendo el residuo de mayor volumen generado por la industria del cobre. Históricamente, por cada 1.000 kg de mineral, aproximadamente 30 kg corresponden a concentrados de cobre sulfurado y 970 kg a relaves<sup>2</sup>. De acuerdo con Sernageomin<sup>3</sup>, se han dispuesto a lo largo de Chile del orden de 11.300 millones de toneladas de relaves. Considerando solamente el año 2020, se estima que se habrían generado del orden de 800 millones de toneladas de relaves en Chile y en el año 2030, la minería del cobre generaría sobre los 1.000 millones de toneladas<sup>4</sup> (ver Tabla 2).

El desafío de proponer iniciativas para resolver el tema de la disposición y manejo sustentable de los depósitos de relaves ha sido incorporado en la Política Nacional Minera liderada por el Ministerio de Minería. Desde el punto de vista normativo y regulatorio, se busca proponer modificaciones al ordenamiento jurídico y fomentar el reprocesamiento y reutilización de depósitos de relaves, y otros depósitos artificiales mineros como botaderos, escoriales, rípios de lixiviación, entre otros.

Por otro lado, El Sernageomin tiene un departamento específico en esta temática que dispone públicamente dos bases de datos de este tipo de depósitos: a) el “Catastro de Depósitos de Relaves en Chile” y; b) “Caracterización Geoquímica de Depósitos de Relaves”, enfocado en la toma de muestras superficiales de estos depósitos para análisis químico; a la fecha se han analizado 2.187 muestras de 642 depósitos de relaves sobre un total de 757 depósitos del catastro completo<sup>5</sup>. Estas bases de datos han sido el punto de partida para la evaluación de los yacimientos de mayor potencial, sin embargo, hay que tener en cuenta que al ser muestras superficiales, no son del todo representativas y no es posible una estimación de recursos de EV.

EcoMetales y JRI ingeniería, en conjunto con la empresa de sondajes Fugro y la Comisión Chilena de Energía Nuclear se encuentran desarrollando el proyecto Tecnológico “Recuperación de elementos de valor desde depósitos de relaves” (<https://relaves-convalor.cl/>). El proyecto aspira a hacer una contribución a las políticas públicas de minería sustentable en Chile, al poner a disposición de todos los actores de la industria herramientas para reducir, reciclar y remediar tranques de relaves.

<sup>2</sup> Manual Uso Público JRI-Ecometales, 2020.

<sup>3</sup> Catastro de Relaves del Sernageomin, 2020.

<sup>4</sup> Estimaciones a partir de información de Cochilco, 2018.

<sup>5</sup> Geoquímica de Superficie de Depósitos de Relaves de Chile, Sernageomin, 2020.

## Escoriales

Los escoriales de cobre son el resultado del acopio de residuos generados en el proceso de fundición de este metal para producir ánodos de cobre. Estos pueden ser revalorizados como materiales para el sector de la construcción además de recuperar EV en ellos. Las iniciativas divulgadas públicamente en este tema provienen principalmente desde las Universidades. Se han realizado estudios en los escoriales de mayor potencial de la región de Atacama, principalmente por parte del Universidad de Atacama, para evaluar su uso como material de construcción en reemplazo de ripios y arenas de río. También existen algunos trabajos similares en la región de Valparaíso con material proveniente de Codelco Ventanas. La Universidad de Concepción también está desarrollando algunos proyectos relacionados al procesamiento de escorias.



## Polvos de Fundición

Los polvos de fundición son residuos generados por el procesamiento pirometalúrgico de los concentrados de cobre. En Chile, la empresa filial de Codelco Ecometales fue creada para contribuir a resolver los problemas que genera la disposición de residuos mineros, recuperando los componentes de valor presentes en estos. Ecometales procesa los polvos de fundición mediante lixiviación ácida y obtiene una solución de PLS (Pregnant Leaching Solution) que es tratada por extracción por solvente (SX) y Electrowinning (EW) para producir cátodos de cobre. A partir de los residuos generados en el proceso de lixiviación, se está desarrollando un proceso complementario para extraer metales no recuperados en la lixiviación ácida.

Adicionalmente, el proceso toma la solución rica en cobre proveniente de la lixiviación ácida de polvos y efluentes de refinería y es sometida a tres tratamientos consecutivos para la obtención de escrodita, un residuo arsenical muy estable que es enviado a un depósito autorizado.



## Barros Anódicos

Los barros anódicos son un tipo de pulpa que se generan en la refinación electrolítica del cobre. Su composición es muy variable debido a la presencia de elementos de Valor en bajas concentraciones en los minerales sulfurados.

Hace algunos años atrás, la planta de metales nobles de División de Ventanas de Codelco produjo los siguientes productos y subproductos: oro electrolítico, plata electrolítica, selenio, telurio electrolítico, concentrado de paladio y platino y sulfato de cobre.

Posterior al cierre de la Planta de Metales Nobles, Codelco y la empresa coreana LS Nikko crearon en 2016 la Planta Recuperadora de Metales SpA (PRM). La creación de PRM tuvo como objetivo procesar productos intermedios de la refinación y procesamiento del cobre y de otros metales, con el fin de recuperar el cobre, otros metales y los subproductos contenidos; transformarlos en productos comerciales; además de comercializar y distribuir toda clase de bienes o insumos que tengan relación con dicho procesamiento. Adicionalmente, la sociedad estableció un contrato de maquila por los próximos 20 años para el procesamiento de barros anódicos producidos por Codelco y la recuperación de los metales contenidos.

## Ripios de lixiviación

Operaciones mineras como División Chuquicamata de Codelco, Quebrada Blanca y otras, han propuesto proyectos para recuperar cobre desde ripios de lixiviación. En estos casos, no se dispone de mayores antecedentes si se han caracterizado y muestreado especies mineralógicas con contenidos de otros elementos de Valor. Adicional al cobre contenido, se estima que los ripios de lixiviación podrían contener elementos como aluminio (Al), manganeso (Mn), galio (Ga), Indio(In), entre otros.

## Botaderos

Se generan anualmente en nuestro territorio del orden de 2.800 millones de toneladas de botaderos de material "estéril" con presencia de cobre y otros elementos de valor que podrían ser caracterizados y valorizados para efectos de su recuperación.

La tabla siguiente muestra volúmenes estimados de recursos minerales secundarios contenidos en los yacimientos antropogénicos anteriormente descritos, en Chile y el mundo.

Tabla 2\_ Estimaciones de volúmenes de residuos mineros por año en Chile y el mundo

TIPO DE RESIDUO	TONELAJE [MUNDIAL]/ [CHILE]		EV POTENCIAL (CHILE)
Relaves	7.000 Mtpa	800 Mtpa	Fe, Pb, Zn, Cu, Mo, Re, Co, PGM, REE, SiO <sub>2</sub> , Caolín
Escorias de Fundiciones Cu	40-35 Mtpa	40 Mt (Acumulado)	Cu, Mo, Re, SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Polvos de Fundiciones de Cu	660 ktpa (2019)	36,4 ktpa (2018)	Cu, Zn, Ge, Pb, Ag
Barros anódicos	57 ktpa (2018)	ND	Cu, Ag, Au, Pt, Pd, Se, Te
Ripios de Lixiviación	ND	63 Mtpa	Cu, Al, Mn, Ga, In y otros
Estériles	20.800 Mtpa	2.800 Mtpa	Cu y subproductos

\*Mtpa: millones de toneladas por año.

Fuente: Elaboración propia en base a diversas fuentes.



## Recuperación de elementos de valor desde proyectos de remediación ambiental

Las tecnologías de remediación de suelos y aguas subterráneas comprenden todas las operaciones que tienen por objetivo reducir la toxicidad, movilidad o concentración del contaminante que se encuentra presente en el medio ambiente, mediante la alteración de la composición de la sustancia peligrosa, a través de remediaciones químicas, físicas o biológicas. Actualmente se dispone de tecnologías de remediación en sitios contaminados, diseñadas para aislar las sustancias contaminantes.

En el contexto mundial, las iniciativas asociadas a recuperación de elementos de valor producto de la aplicación de tecnologías de remediación ambiental no son muy comunes. En la revisión de casos prácticos de aplicaciones de este tipo se destacan las siguientes:

- Tecnología de aire seco aplicado a minerales, que no utiliza agua ni químicos y que no genera polvo durante su procesamiento. Funcionando con equipos portátiles de concentradores de aire seco, un equipo patentado por una empresa de E.E.U.U. (Vortex Technologies) desarrolla una clasificación selectiva de los minerales seleccionados y produce un concentrado a partir de estos materiales. Esta tecnología no utiliza agua, no contiene productos químicos y no produce polvo mientras logra el proceso de concentración (procesamiento).
- Tecnologías para la recuperación de suelos mediante desorción y solubilización de contaminantes presentes en el suelo mediante lavado con extractantes químicos. El suelo excavado es separado físicamente por tamizado, densidad o gravedad para eliminar partículas gruesas con poca capacidad de adsorción. Posterior al tratamiento, el suelo se vuelve a lavar con agua para eliminar los contaminantes y agentes extractantes residuales. Los metales y elementos de valor eliminados producto del lavado del suelo pueden ser recuperados mediante métodos hidrometalúrgicos.

En Chile, gran parte de los proyectos de remediación se han ejecutado en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). El Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, Decreto N° 40/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, establece el tipo de proyectos o modificaciones que deben someterse a una evaluación de sus impactos, incluyendo la descripción de la etapa de cierre de los proyectos, así como los planes de seguimiento ambiental y de emergencia. En particular, los proyectos de saneamiento ambiental deben someterse al Sistema de Evaluación Ambiental, según lo establecido en el Literal o) del Artículo 3 del Reglamento del SEIA, que corresponde a proyectos de saneamiento ambiental; literal o.11) recuperación de suelos que contengan contaminantes y que abarquen una superficie mayor a 10.000 m<sup>2</sup>, los cuales son evaluados sobre la base del documento guía de apoyo elaborado por el Ministerio del Medio Ambiente.

La siguiente figura muestra una fotografía de registro de la aplicación de la técnica de electroremediación en un relave minero en Chile cuyo objetivo fue aumentar la eficiencia de remoción de cobre.

Figura 9\_ Remediación ambiental por electroremediación en un relave de la minería del cobre



Fuente: Manual de tecnologías de remediación de sitios contaminados, 2012 (Fundación Chile- CORFO)



## Minería de fondos marinos

Si bien son muy poco comunes las operaciones mineras submarinas para recursos minerales no energéticos, últimamente, ha surgido un creciente interés por el estudio de estos, los que podrían contribuir significativamente al suministro y creciente demanda por metales y materias primas no energéticas, facilitado por el acceso a nuevas tecnologías para exploración del fondo marino. Por lo tanto, el conocimiento e investigación geológica es esencial para una eventual explotación futura. La investigación mundial se ha focalizado en tres clases de yacimientos submarinos metálicos profundos: a) Nódulos de ferromanganeso (o polimetálicos), mayormente abundantes en las planicies abisales; b) costras de ferromanganeso (también llamadas costras cobaltíferas o costras manganosíferas), similares a los nódulos recién mencionados y; c) sulfuros masivos, formados por la actividad volcánica en los fondos oceánicos. Estos depósitos contienen comúnmente Cu, Zn, Au, Ag y Fe. Por otra parte, se tiene conocimiento sobre depósitos formados en ambientes marinos someros entre los que se pueden mencionar: a) Fosforitas, con alto contenido de fósforo y los b) depósitos de tipo placer marinos, formados por la deposición gravitacional (o concentración mecánica) de minerales pesados, como diamantes, oro, estaño, torio, titanio, zirconio, monacita u otros, en las plataformas continentales.

El subsuelo marino comprendido por la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de Chile, de un área aproximada de 3.700.000 km<sup>2</sup>, tiene las condiciones geológicas para



la formación de depósitos minerales, pero la información de detalle es escasa y los esfuerzos por explorar han sido pocos y pobremente documentados, por tanto, lo que existe actualmente es insuficiente para estimar el potencial de estos recursos. Los depósitos más significativos, costa afuera de Chile, corresponden a: nódulos y costras de Fe-Mn, depósitos de fosforitas, depósitos de placeres de oro y titanio y depósitos de sulfuros masivos<sup>6</sup>. La Tabla 3 presenta un resumen con la información de recursos que se ha recabado en las campañas de muestreo en la ZEE chilena. Esta información se puede complementar con la información desplegada en la Figura 10, que muestra las concentraciones químicas más destacadas de nódulos o micronódulos de ferromanganeso, tomadas en distintos sitios oceanográficos de la ZEE de Chile<sup>7</sup>.

Desde el punto de vista regulatorio, la legislación chilena establece que, en el caso de los yacimientos existentes en aguas marítimas sometidas a la jurisdicción nacional, respecto de los cuales el Estado tiene dominio absoluto, exclusivo, inalienable e imprescriptible, no es posible constituir una concesión minera.

En el caso de los recursos minerales y su eventual explotación, existen algunas interrogantes asociadas a temas regulatorios internacionales e impactos medioambientales que deben ser resueltos para el desarrollo de proyectos de este tipo y que signifiquen cuotas de producción significativas para el mercado mundial.

<sup>6</sup> García et al. 2020, Potential mineral resources of the Chilean offshore: an overview.

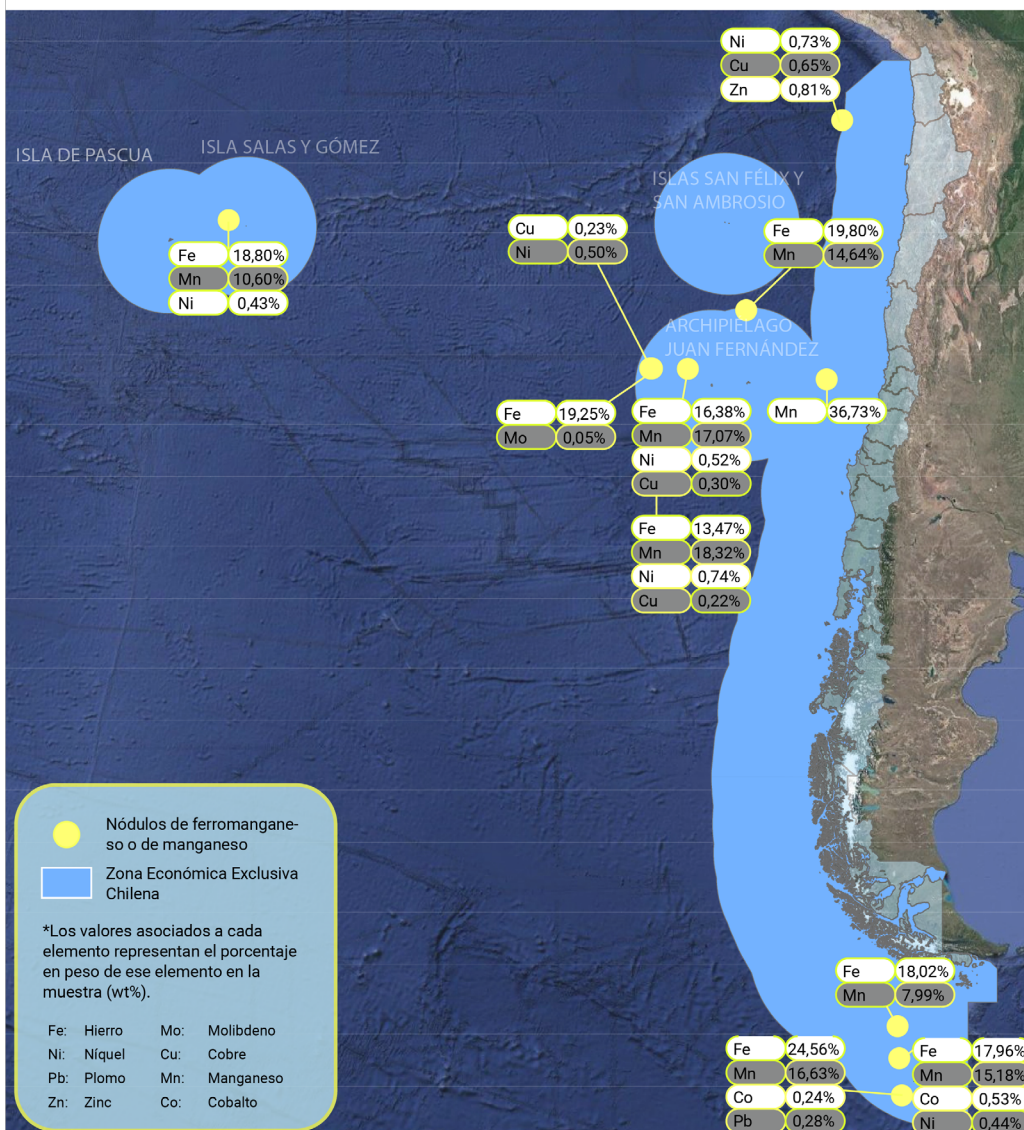
<sup>7</sup> Valenzuela et al. 1984, Anteproyecto para la evaluación del fondo oceánico del mar de Chile.

Tabla 3\_ Potenciales recursos minerales con EV en fondos marinos

REGIÓN	MINERALES POTENCIALES Y ÁREAS PARA LA EXPLORACIÓN	Ag	Mn	Co	Zn	Pb	REE
Tarapacá	Nódulos de manganeso (Mn): En el sector que bordea el flanco oceánico de la fosa, a la latitud de la desembocadura del río Loa, a 4.332 m de profundidad. Se muestreó un campo con un contenido de cobre y níquel (Cu+Ni con leyes de 1,38%).		●	●			
Antofagasta	Fosforitas Marinas con potenciales contenidos de tierras raras en margen continental cercano a la Península de Mejillones						●
Atacama	Fosforitas Marinas con potenciales contenidos de tierras raras en Cuenca de Caldera						●
Valparaíso	a. Sulfuros polimetálicos hidrotermales: En la zona de la dorsal pacífica en el entorno de Isla de Pascua a 2.500 m de profundidad. Posibles yacimientos con contenidos de 300-500 g/ t Ag(plata); 5-10 g/t Au(oro), 10 a 20% Zn(zinc), 5-10% Pb(plomo) y 1-10%Cu(cobre). b. Nódulos de manganeso: Alrededor del Archipiélago de Juan Fernández, se tomaron varias muestras, algunas de las cuales alcanzan una ley combinada de Cu +Ni de 0,96% (ver Figura 10). c. Costras Ricas en Mn: cordón volcánico del cual forman parte las islas Salas y Gómez, San Félix y San Ambrosio y, en segundo lugar, las cuencas sedimentarias que rodean a isla de Pascua que contienen costras ricas en cobalto(Co). El contenido metálico de los primeros es bajo en cuanto a cobre y níquel (leyes de Cu+Ni entre 0,25 y 0,30%), pero es relativamente interesante en cuanto a manganeso (Ley de Mn en torno a 10%).	●	●	●	●	●	
Magallanes	a. Nódulos de manganeso: En los muestreos realizados han destacado las concentraciones de Co, que llegan hasta los 0,53%.			●			

Fuente: Elaboración Propia a partir de artículo " Recursos Minerales Oceánicos y áreas potenciales de la ZEE de Chile su exploración y formación de recursos humanos", de Hernán Vergara.

Figura 10\_Geoquímica de nódulos de manganeso en muestreos realizados en Zona Económica Exclusiva Chilena



Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados de García et al. 2020.

## Programa de Geología Marina del Sernageomin

Como parte del Plan Nacional de Geología del Sernageomin, el Programa de Geología Marina busca generar información geológica sobre el piso oceánico, territorios insulares y Antártica. Dentro de su primera etapa, se contempla la elaboración de mapas geológicos escala 1:50.000 de las islas Robinson Crusoe e Isla de Pascua. Dentro de la fundamentación del programa, el Servicio pone de manifiesto la escasez de información en el área, lo que dificulta el despliegue de estrategias nacionales para la conservación y/o aprovechamiento de los recursos.

La importancia por investigar el fondo oceánico también surge entre las prioridades actuales en otros países, por ejemplo, en el plan estratégico 2023-2018 del Servicio Geológico de Canadá (GSC) se identifican cuatro prioridades, una de ellas es fortalecer el conocimiento geológico en el territorio marítimo (offshore). Esto por los importantes recursos energéticos y minerales que podría contener el suelo marino, aun indeterminados, así como también por la importancia de este para la instalación de cables de telecomunicaciones e infraestructura mareomotriz. Donde además se destaca el rol clave de la información geocientífica de detalle para una administración eficiente y responsable.

# LÍNEAS DE ACCIÓN PROYECTO CHILEPOLIMETÁLICO

Figura 11\_ Líneas de acción proyecto Chilepolimetálico



Fuente: Elaboración propia

A la fecha, las líneas de acción desarrolladas por el proyecto Chilepolimetálico son las siguientes:

### **GENERACIÓN DE CAPAS DE INFORMACIÓN PARA PLATAFORMA "MINERÍA ABIERTA" (COCHILCO):**

Parte de la estrategia de usabilidad del bien público, es la generación de información que contribuya en la toma de decisiones o visibilice la temática de minerales de valor distintos a los que nuestro país ha producido tradicionalmente. En un trabajo colaborativo con COCHILCO y SERNAGEOMIN, el proyecto ha generado capas de información geográfica de carácter geológico-minero para incentivar la exploración y visibilizar ocurrencias de EVNT en yacimientos naturales. Por otro lado, el proyecto también se encuentra trabajando en capas de información relacionadas a yacimientos antropogénicos o secundarios. Parte de esta información está disponible en la plataforma "Minería Abierta", administrada por Cochilco.

**SITIO WEB PROYECTO:** El sitio web [www.chilepolimetálico.cl](http://www.chilepolimetálico.cl) es uno de los principales productos del proyecto. En este, se puede acceder a toda la información que el proyecto está generando.

**PILOTAJE PEQUEÑA ESCALA "PLANTA POLIMETÁLICA":** Durante el año 2020, Durante el año 2020, se facilitaron instancias de colaboración conjunta para la formulación y presentación de un proyecto de planta de procesamiento polimetálica a pequeña escala. Estas iniciativas son por ahora de carácter exploratorio y podrían materializarse en los próximos años.

**VINCULACIÓN CON LAS UNIVERSIDADES:** Se han sostenido reuniones con distintas universidades para afianzar vínculos de distinta naturaleza a través de seminarios y charlas. Se busca difundir, al mundo académico, la misión y objetivos del proyecto y poder articular iniciativas colaborativas. En la sección de difusión de esta publicación se puede revisar en detalle las actividades del proyecto en este ámbito.

**PARTICIPACIÓN EN MESAS PNM Y SIGEX (MIN. MINERÍA):** Chilepolimetálico participó durante el año 2019 en la mesa de desarrollo sostenible de la Política Nacional de Minería. Además, parte del equipo de Chilepolimetálico fue invitado a la mesa público-privada que estudió las modificaciones al Reglamento 104 y a la plataforma de entrega de información de geología básica SIGEX del Servicio Nacional de Geología y Minería. Otro eje de la Política Nacional de Minería en que se ha utilizado la recopilación de información realizada por el proyecto, tiene relación con potenciar la pequeña y mediana minería a partir de la recuperación de los EV no tradicionales.

Minería Abierta es una plataforma web desarrollada por Cochilco que abre oportunidades a potenciales inversionistas y a todo tipo de desarrollo de negocios mineros en Chile. Tiene por objetivo promover la interacción con la ciudadanía y las empresas, entregando información de interés público de fácil acceso. Fue creado para reducir brechas y mejorar el acceso a información del sector. La plataforma pone a libre disposición de la comunidad datos estadísticos, indicadores, mapas, normas legales, estudios del sector minero, en un único lugar, con un fácil acceso, gratuitos, descargables y reutilizables.



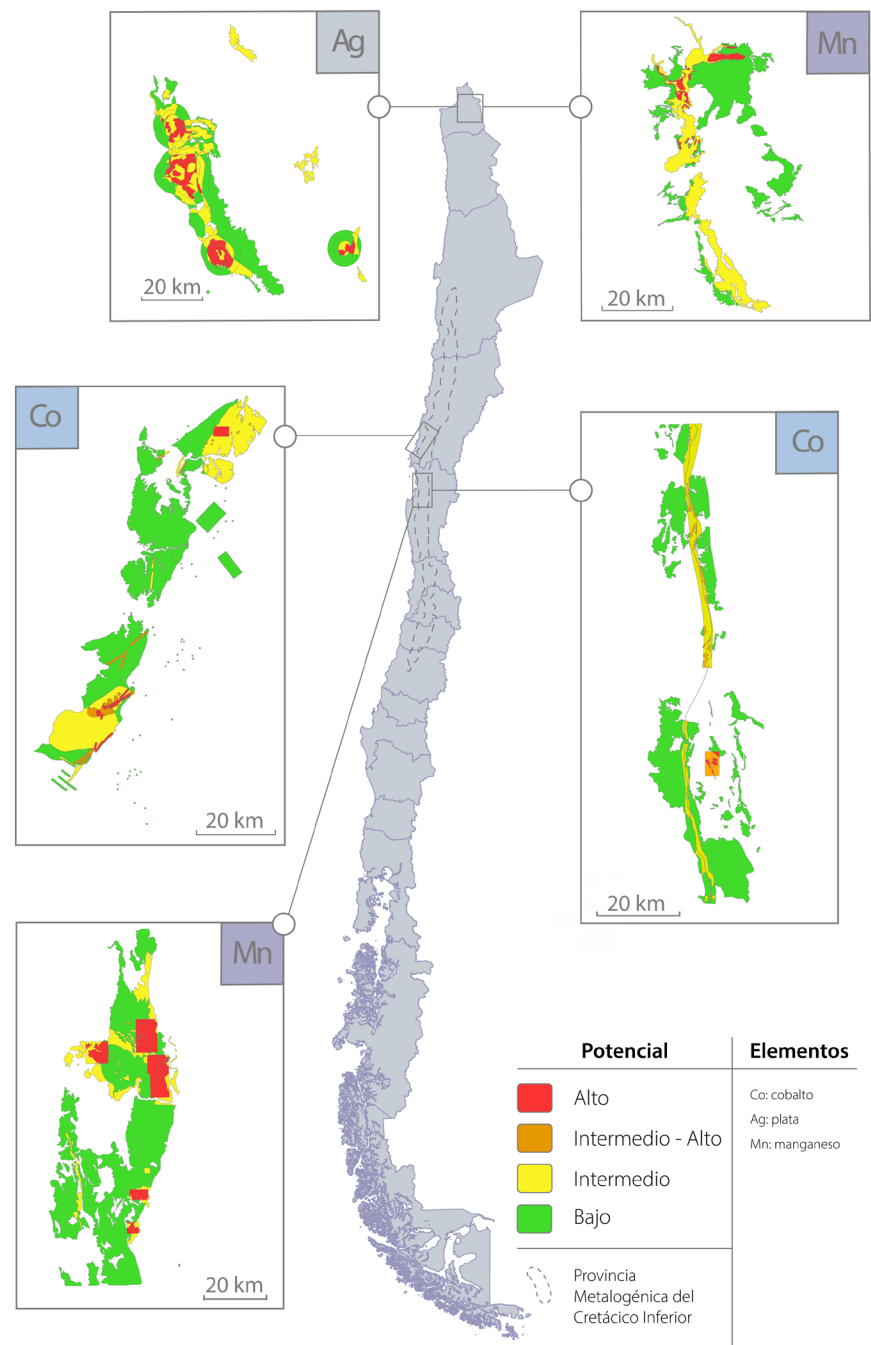


## MAPAS DE POTENCIAL

Los “mapas de potencial” es un trabajo generado por el equipo de Chilepolimetálico que busca, en primer lugar, visibilizar áreas en Chile con potencial para la ocurrencia de distintos tipos de EVNT, a una escala regional. El trabajo comienza con una recopilación de información para determinado tipo de yacimiento, para luego seleccionar los atributos geológicos relevantes para la mineralización de este, por ejemplo, zonas de falla, edades de unidades intrusivas, geomorfología, etc. Estos atributos son construidos como polígonos de entrada con puntajes asignados en función de su importancia como evidencia o favorabilidad para la mineralización. El resultado es un mapa categorizado con distintas zonas: potencial alto, medio o bajo. Evidentemente, las de potencial alto representan las zonas de mayor favorabilidad, porque reúnen y concentran los atributos más favorables.

En la Figura 12 se muestran las distintas áreas trabajadas a lo largo de Chile, concretándose seis mapas de potencial diferentes para cobalto, manganeso y plata.

Figura 12\_ Mapas de potencial y sus ubicaciones



Fuente: Elaboración propia

## Mapa de potencial de cobalto en la Región de Coquimbo

El área cubierta por el mapa está en la franja o provincia metalogénica del Cretácico Inferior, conocida por su variado conjunto de depósitos metalíferos: principalmente óxido de Fe-Cu-Au (IOCG), óxido de Fe-apatito, estratoligados, pórfidos y otros.

Los principales antecedentes del área de estudio son:

- El distrito minero Tambillos ha sido definido como uno de los lugares con mayor potencial para la minería de cobalto en Chile<sup>8</sup>. Este distrito tiene historia con este metal porque fue explotado durante los años 40 y los estudios indican que aún existe un potencial remanente. La mineralización ocurre como vetas, menores brechas y cuerpos mantiformes con mineralización de sulfuros de cobre y cobaltita.
- En la Carta Metalífera del Sernageomin en el área La Serena-La Higuera<sup>9</sup>, que coincide con el área del mapa, se identificaron tres subdominios metalogénicos, cada uno con períodos de formación y características geológicas diferentes. El Subdominio D1B, dibujado en el área, está ligado a la ocurrencia de la rama principal del Sistema de Falla El Romeral (ZFR) y contiene yacimientos de Co-Au-Ag (Yacimiento Teresita y Vicuña).
- Finalmente, otro atributo relevante son los cuerpos intrusivos a los que está asociada la mineralización conocida en el área, por un lado, en el norte del depósito Teresita y Vicuña asociada a granitoides del Cretácico Inferior-Jurásico Superior y por otro, los depósitos con cobalto en las cercanías del Distrito Tambillos, que están relacionados a intrusivos del Cretácico Inferior y cuerpos hipabisales del Cretácico Superior Temprano.

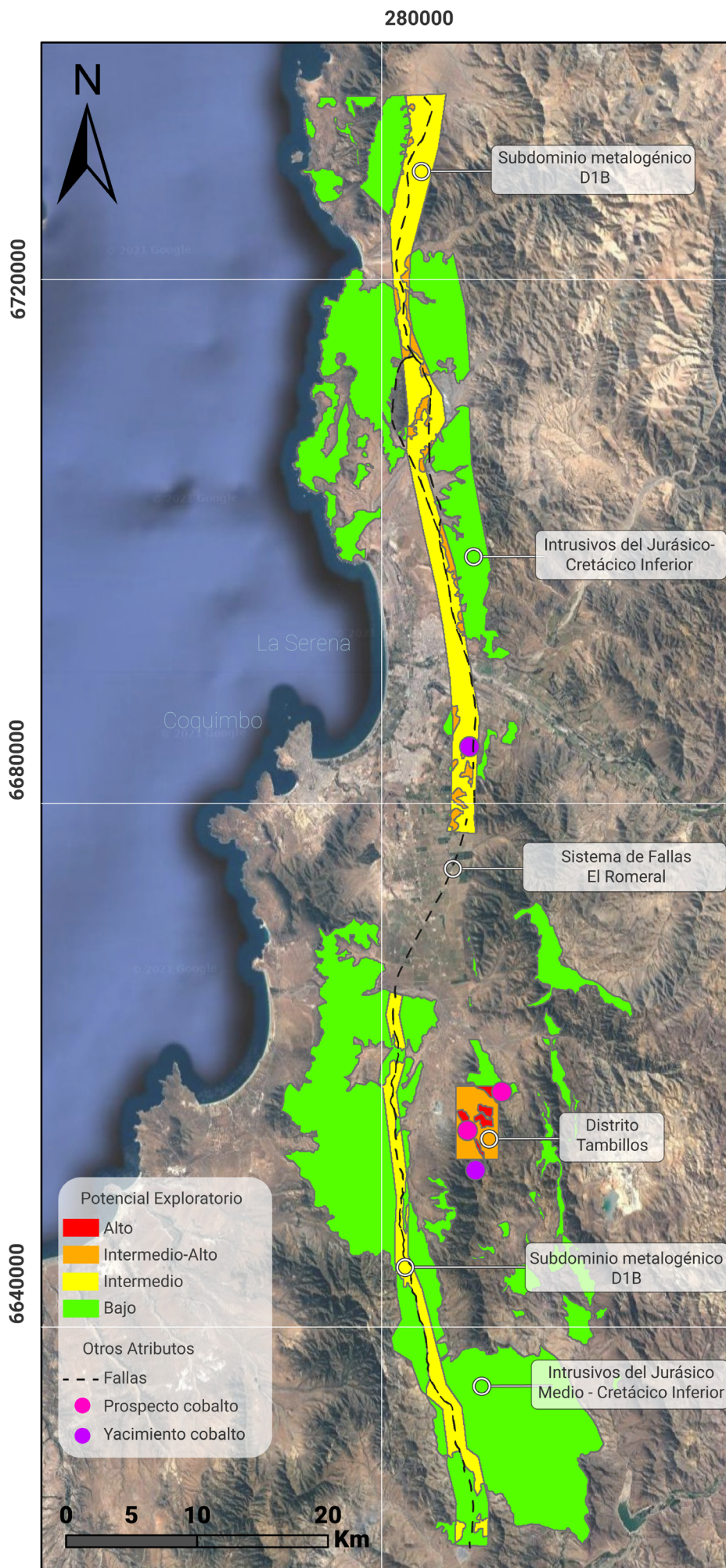
La Figura 13 muestra el resultado final, donde se integran los atributos recién mencionados y expresados como zonas categorizadas en función de la favorabilidad para encontrar mineralización de cobalto con potencial económico.

<sup>8</sup> Townley et al., 2017, Estado del Arte y Potenciales Recursos Co y Mn en Chile

<sup>9</sup> Jorquera et al., 2011. Yacimientos metalíferos del área La Serena-La Higuera



Figura 13\_ Mapa de potencial de cobalto en la región de Coquimbo



Fuente: Elaboración propia



## El interés por cobalto como subproducto minero

Aparte del interés por cobalto como producto principal en algunos distritos mineros -como Tambillos-, también se indica su potencial como subproducto minero en algunas operaciones actuales y proyectos de exploración en curso. En primer lugar, existen evidencias de ocurrencia de este metal asociado a los yacimientos del tipo óxidos de hierro-cobre-oro (IOCG), que se focalizan en Chile en la franja o provincia metalogénica del Cretácico Inferior, los cuales podrían contener concentraciones viables para su extracción como subproducto. Por otro lado, también existe cierto nivel de ocurrencia en yacimientos del tipo hierro-apatito (IOA), que corresponden a la principal fuente de hierro en Chile, también ubicados en la misma franja, donde los principales yacimientos ubicados en esta franja son Los Colorados, El Algarrobo y El Romeral<sup>10</sup>.

Para verificar lo mencionado en el párrafo anterior y determinar si es que existe un verdadero potencial económico, se han realizado varios estudios para determinar las concentraciones de cobalto en este tipo de yacimientos. La Compañía Minera del Pacífico (CMP) ha llevado a cabo varios estudios en sus depósitos de hierro para analizar la ocurrencia y el potencial de cobalto en estos. Por ejemplo, mediante un trabajo de memoria de título en el yacimiento Bronce Sur del Distrito Pleito, se determinaron concentraciones importantes de cobalto en las piritas (mineral de hierro) del depósito<sup>11</sup>. De manera similar se han estudiado los contenidos de elementos metálicos traza (entre ellos cobalto) en piritas en el yacimiento de hierro Los Colorados. Por el lado de los depósitos IOCG, se han estudiado las piritas del yacimiento tipo IOCG La Estrella, el cual es explotado primariamente por cobre.

Finalmente, desde el punto de vista de las compañías exploradoras, varias de ellas reportan concentraciones interesantes de cobalto en prospectos de depósitos del tipo IOCG, como Productora, Guamanga o Santo Domingo. Lo más avanzado y reportado públicamente, es el prospecto Santo Domingo de Capstone Mining Corp, con interés principal de Cu, donde después de realizadas las pruebas metalúrgicas para cobalto, se está analizando la implementación de un circuito de recuperación de este elemento<sup>12</sup> según el reporte NI 43-101 del proyecto.

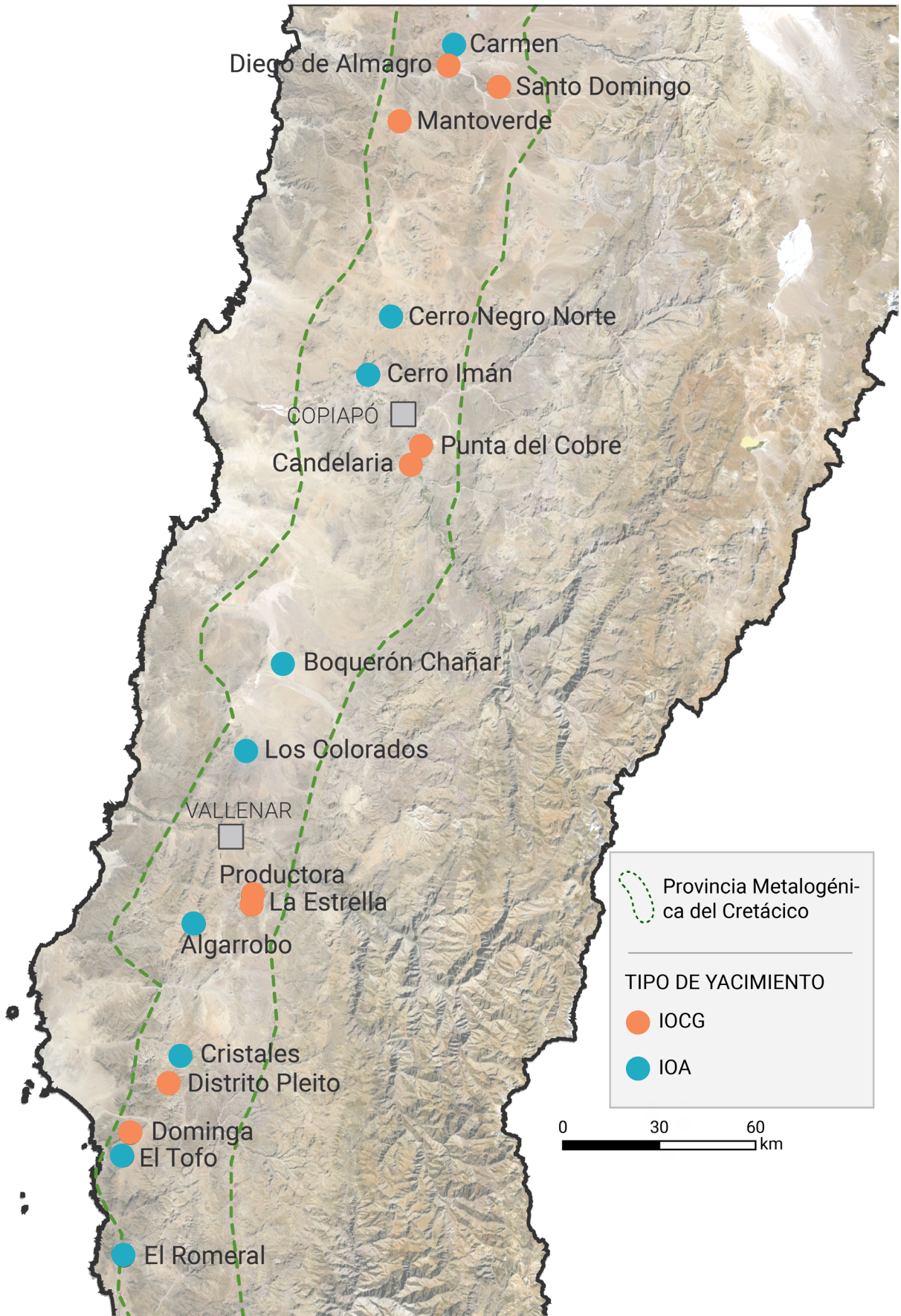
En la Figura 14 se muestran los principales yacimientos del tipo IOCG e IOA, más algunos prospectos mineros en exploración del tipo IOCG (Productora, La Estrella, Santo Domingo, Distrito Pleito), que se ubican principalmente en el área de la Provincia Metalogénica del Cretácico Inferior.

<sup>10</sup> Townley et al., 2017, Estado del Arte y Potenciales Recursos Co y Mn en Chile

<sup>11</sup> Chepillo, 2019. Ocurrencia de cobalto y su asociación en la mineralización de hierro en el yacimiento Bronce Sur, Distrito Pleito, Región de Atacama.

<sup>12</sup> Capstone Mining Corp, 2020, Santo Domingo Project NI 43-101

Figura 14\_ Principales yacimientos del tipo IOCG e IOA



Fuente: Elaboración propia

## BASE DE DATOS DE YACIMIENTOS ANTROPOGÉNICOS

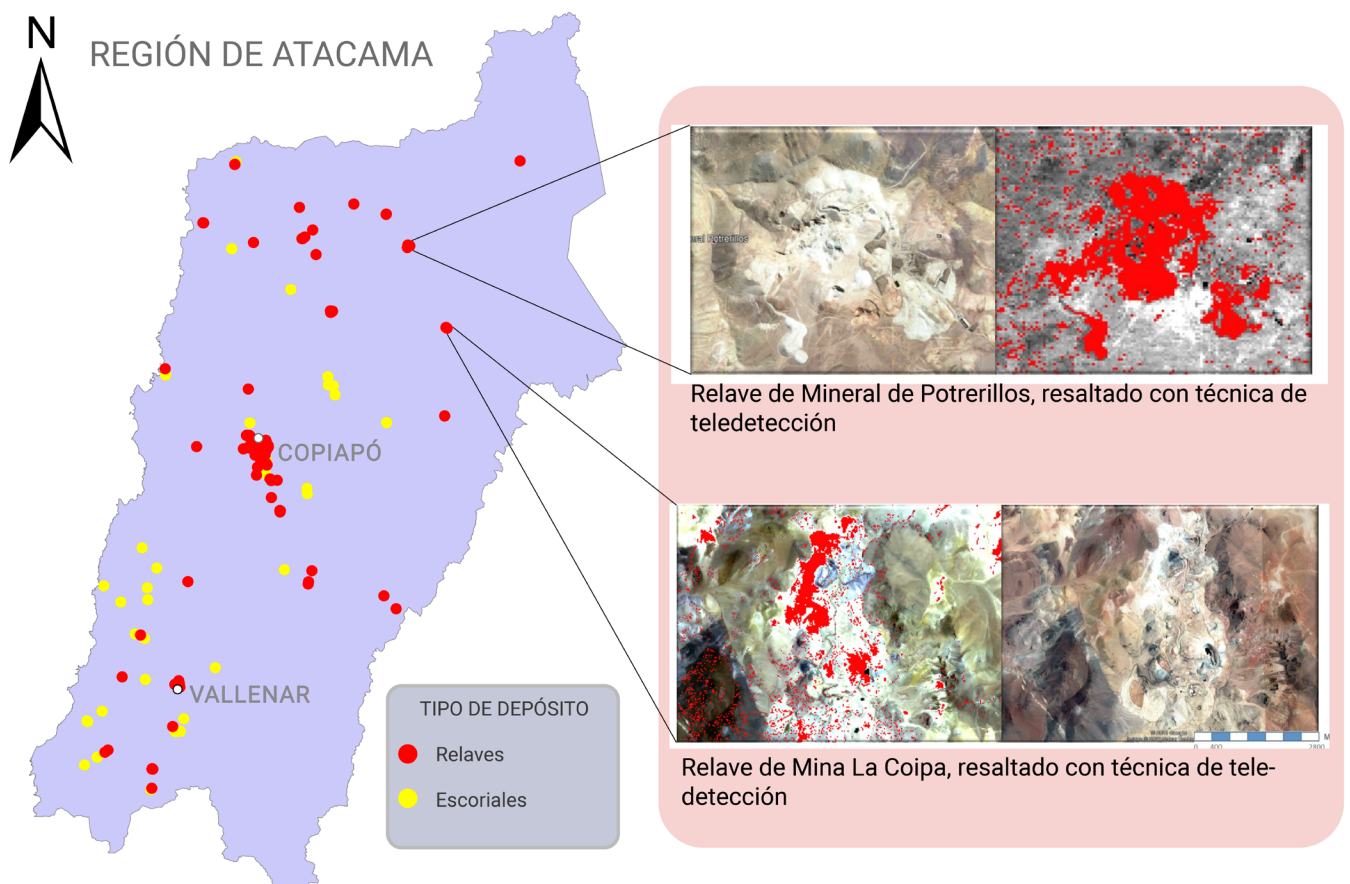
Como se mencionó anteriormente, revalorizar residuos mineros y yacimientos antropogénicos o secundarios es una de las áreas donde se vislumbra potencial para recuperar EVNT y otros materiales, considerando todos los beneficios de impulsar los conceptos de economía circular y mitigar el impacto ambiental de la actividad minera.

En este contexto, el proyecto ha trabajado en un mapeo y construcción de una base de datos con los yacimientos antropogénicos ubicados en la región de Atacama, tomando como punto de partida las principales fuentes de información pública, como el Catastro de Depósitos de Relaves y Catastro de Faenas Abandonadas del Sernageomin. El objetivo de este trabajo es examinar el grado de completitud de los catastros públicos, y por otro, añadir información y registros que se han encontrado en publicaciones de otros autores, además, complementando con información extraída por examinación de las imágenes satelitales.

Por otro lado, a la fecha de esta publicación existe un trabajo en curso de análisis de teledetección de imágenes satelitales de depósitos de relaves y escorias. Esto consiste en el procesamiento y análisis de estas imágenes en un software, de modo de extraer información sobre la superficie terrestre de manera remota, como composición litológica, tipo de alteración, texturas, entre otras. Este procesamiento se basa en la combinación y álgebra de las distintas bandas electromagnéticas que contiene la imagen en cada pixel, para posteriormente crear filtros en los que se resaltan ciertas características deseadas.

Los primeros resultados de este trabajo se pueden ver en la Figura 15, donde se puede apreciar la base compilada de relaves y escoriales en la región de Atacama, sumado a imágenes satelitales con aplicación de técnicas de teledetección en algunos depósitos, destacados en color rojo en la figura.

Figura 15\_ Mapeo de yacimientos antropogénicos en la región de Atacama



Fuente: Elaboración propia



Figura 16\_ Tranque de relaves Minera Florida.

### Procesamiento de relaves de Minera Florida (Yamana Gold).

Minera Florida de Yamana Gold es una mina subterránea de oro, plata y extracción de zinc como subproducto, localizada a 75 km de Santiago. De acuerdo con lo señalado en su sitio web, la compañía tiene una iniciativa específica en el manejo de relaves, debido a la importancia de asegurar a sus accionistas un negocio social, medioambiental y financieramente responsable.

En la tabla resumen siguiente, se declaran las reservas de oro, plata y zinc contenidas en el tranque de relaves en pasta perteneciente a la operación Minera Florida (ver Tabla 4).



Fuente: Imagen Satelital extraída de Arcgis.

Tabla 4\_ Reservas mineras declaradas por Minera Florida

MINERA FLORIDA (ELEMENTO)	TIPO DE DEPÓSITO	RESERVAS* (TONELADAS)	LEY (G/T)	CONTENIDO ONZAS (TONELADAS)
Oro	Mena	3.319	3,66	391
	Relaves	1.248	0,94	38
	Total	4.567	2,92	328
Plata	Mena	3.319	22,4	2.396
	Relaves	1.248	14,5	584
	Total	4.567	20,3	2.979
Zinc	Mena	3.319	1,19	-
	Relaves	1.248	0,58	-
	Total	4.567	1,02	-

\*Probadas y Probables.

Fuente: Resumen de reservas y recursos minerales, Yamana Gold, 2020.

## Procesamiento de relaves de mina Candelaria.

La Planta Magnetita de Compañía Minera del Pacífico (CMP), ubicada en la comuna de Tierra Amarilla, recupera por concentración magnética el contenido de hierro de los relaves mineros de Compañía Contractual Minera Candelaria de la Región de Atacama y también reprocessa depósitos de baja ley de operaciones mineras anteriores y depósitos provenientes de las minas Los Colorados y Cerro Negro Norte, produciendo concentrado de hierro con una ley de %66.

Figura 17\_ Planta Magnetita



Fuente: CMP

## Minera Valle Central (MVC)

En sus 27 años de historia, MVC se ha consolidado como una de las principales compañías del mundo en tratar relaves a gran escala, con un estándar de procesamiento de 200.000 toneladas al día, generando como productos concentrados de cobre y molibdeno.

MVC produce a costos muy competitivos con la industria minera tradicional, procesando relaves frescos y antiguos de División El Teniente.

La producción acumulada a la fecha de su último reporte de sustentabilidad (-2018-2019) es de 400 mil toneladas de cobre y 11 millones de libras de molibdeno. Se indica que MVC producirá en los siguientes 15 años, 600 mil toneladas de cobre y 36 millones de libras de molibdeno desde relaves frescos y antiguos<sup>13</sup>. Las leyes de los depósitos se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5\_ Leyes de cobre-molibdeno de relaves tratados por MVC

DEPÓSITO	LEY CU (%)	LEY MO (%)
Relaves Frescos	0,10	0,012
Relaves Antiguos	0,27	0,022

Fuente: Reporte de sustentabilidad, 2018-2019, MVC

<sup>13</sup> Reporte de Sustentabilidad, 2018-2019, MVC.

Figura 18\_ Planta Molyb en Mejillones, durante su construcción en el año 2015



Fuente: Molyb

## Molyb

Molyb es una procesadora de concentrado de molibdeno que cuenta con un moderno complejo metalúrgico-químico, emplazado en la comuna de Mejillones, Antofagasta. Molyb fue creada en 2011 con el objeto de asegurar la conversión en productos comerciales de los concentrados de molibdeno de las divisiones de Codelco. La planta tiene una capacidad para producir del orden de 17.000 toneladas por año de trióxido de molibdeno (OxMo) y, subproductos como cemento de cobre, renio y ácido sulfúrico.

## LÍNEAS DE CONTINUIDAD DEL PROYECTO

En sesión extraordinaria del Comité Técnico del proyecto, se realizó un taller orientado a definir líneas de trabajo para desarrollar en los próximos años.

En primera instancia, se realizó un levantamiento de desafíos y una priorización de iniciativas en la que fueron definidos los siguientes desafíos:

1. Consolidar inventario de recursos minerales primarios y secundarios de EV NT
2. Desarrollar proyectos con esquemas de economía circular (EC) para yacimientos multielementos de bajas leyes (EV NT de baja ley)
3. Desarrollar modelos de negocios y asociación para el fomento de la recuperación de EV NT
4. Desarrollar cadenas de valor para EV NT

A continuación, se presenta un listado de iniciativas para cada desafío, definiendo si la iniciativa es de corto, mediano y largo plazo.

### Desafío N°1 Consolidar inventario de recursos minerales primarios y secundarios de EV NT

El grupo de iniciativas asociadas con este desafío y el plazo estimado de implementación se muestran en la Tabla 6. Se considera como corto plazo un horizonte de 1 a 3 años (CP), mediano plazo, de 3 a 5 años (MP); y la implementación de una iniciativa de más allá de 5 años es considerada como de largo plazo (LP). Se han identificado como prioritarias iniciativas asociadas a la exploración del territorio identificando zonas con potencial presencia de EV NT y aquellas orientadas al fomento de la Minería Secundaria (MS).

Tabla 6\_ Grupo de iniciativas asociadas al Desafío N°1

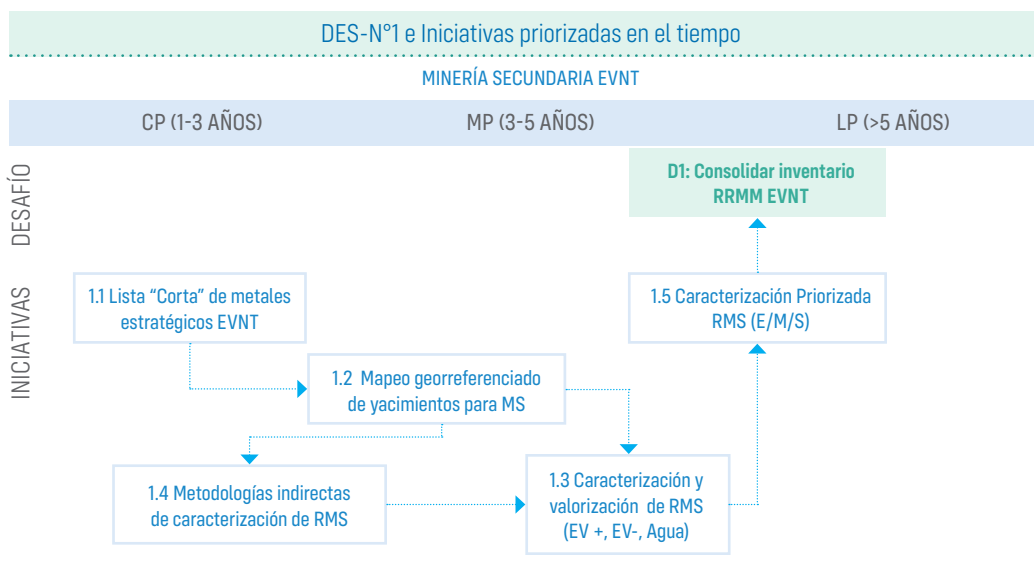
PLAZO	INICIATIVA
Corto Plazo (1 a 3 años)	Definir listado de metales estratégicos y productos comerciales (Co, Mo, Au, Ag, Zn, etc.).
	Generar un mapeo georreferenciado de yacimientos para minería secundaria (MS) (relaves, escorias y rípios, etc.)
	Identificar metodologías indirectas de caracterización de RMS
Mediano Plazo (3 a 5 años)	Caracterizar y valorizar recursos minerales secundarios (RMS) (EV, Agua, EV-)
	Definir targets de exploración a escala distrital en zonas con potencial presencia de EVNT a partir de utilización de Data Science en datos de compañías exploradoras.
	Generar Información geológica precompetitiva para la exploración de nuevos yacimientos, de carácter público, a escala regional, usando algoritmos Data Science en las bases de datos disponibles públicamente. Una posible herramienta para llevar a cabo esto es la articulación de eventos que reúnan desarrolladores data science, por ejemplo, los denominados hackathons.
Largo Plazo (mayor 5 años)	Caracterizar y priorizar RMS considerando dimensiones de sostenibilidad (Económicas/Sociales/Medioambientales)
	Caracterizar en terreno yacimientos que contienen EVNT (leyes, mineralogía, etc.)

Fuente: Elaboración propia



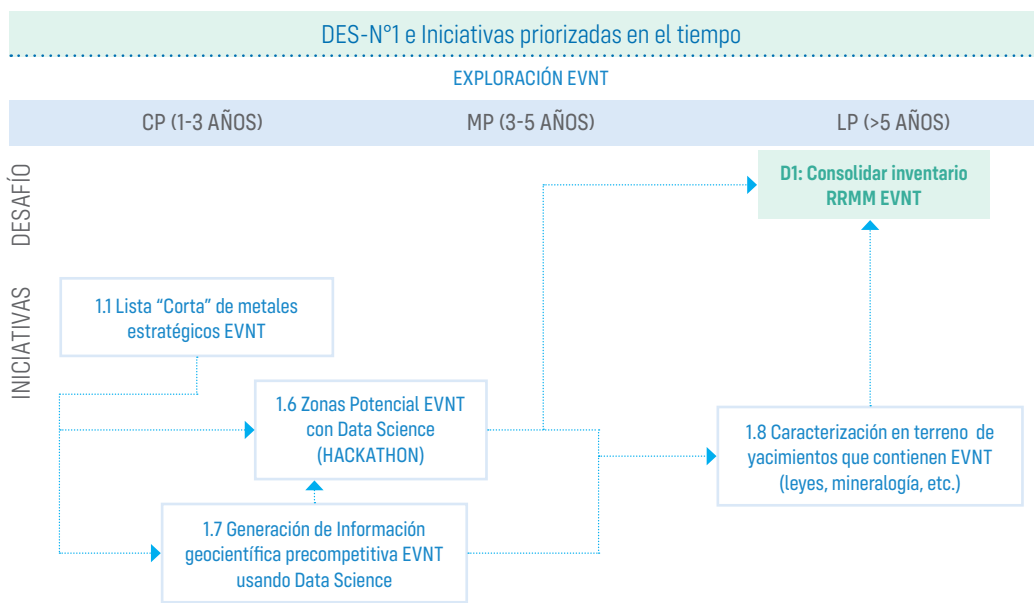
Las siguientes figuras muestran la secuencia de iniciativas y su potencial desarrollo para contribuir a la materialización del Desafío N°1 en el corto, mediano y largo plazo. Estas iniciativas fueron priorizadas por el Comité Técnico en el ámbito de la Minería Secundaria y la Exploración de EVNT.

Figura 19\_ Secuencia de iniciativas para el desarrollo de la minería secundaria-Desafío N°1



Fuente: Elaboración propia

Figura 20\_ Secuencia de iniciativas para el desarrollo de la Exploración de EVNT-Desafío N°1



Fuente: Elaboración propia

## Desafío N°2: Desarrollar proyectos con esquemas de EC para yacimientos EVNT de baja ley

El grupo de iniciativas asociadas con este desafío y el plazo estimado de implementación se muestran en la Tabla 7. Para este desafío se han identificado como prioritarias iniciativas asociadas a las tecnologías e integración de equipos para la Minería Secundaria (MS) y al Desarrollo de Proveedores ad-hoc para este tipo de minería.

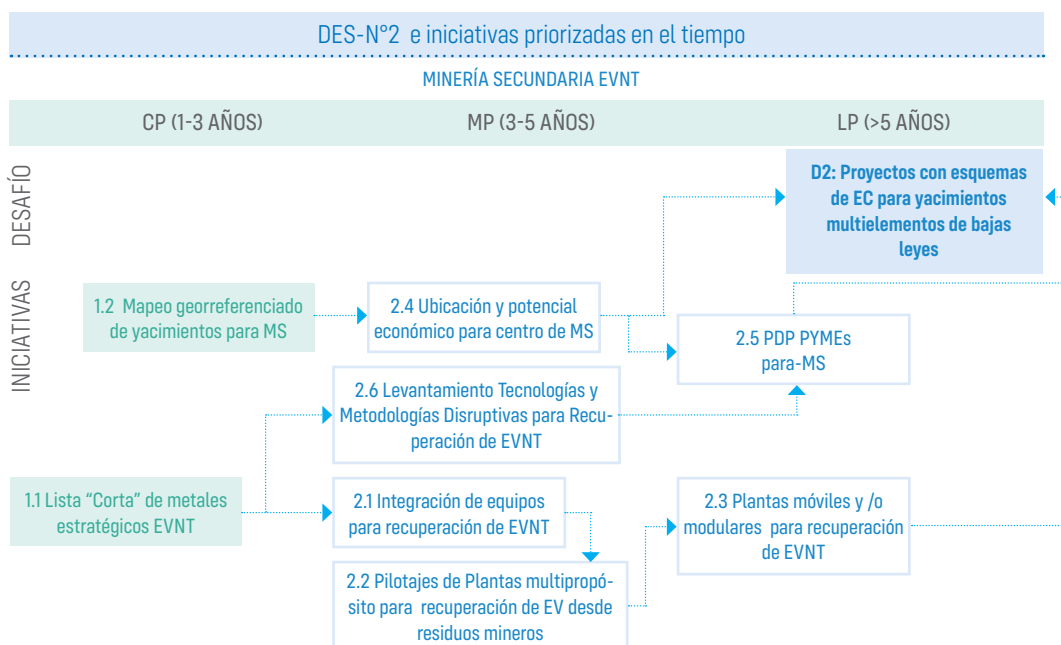
Tabla 7\_ Grupo de iniciativas asociadas al Desafío N°2

PLAZO	INICIATIVA
Mediano Plazo (3 a 5 años)	Integrar de equipos para recuperación de EVNT
	Realizar pilotajes de plantas multipropósito para recuperación de EV desde residuos mineros
	Identificar y estimar ubicación y potencial económico para centro de MS
	Investigar sobre tecnologías y metodologías disruptivas para recuperación de EVNT
Largo Plazo (mayor 5 años)	Preparar plan de desarrollo de proveedores (PDP) para Minería Secundaria
	Investigar sobre el desarrollo de Plantas móviles y /o modulares para recuperación de EVNT

Fuente: Elaboración propia

La Figura 21 muestra la secuencia de iniciativas y su potencial desarrollo para contribuir a la materialización del Desafío N°2 en el corto, mediano y largo plazo. Como se muestra en la figura, estas iniciativas fueron priorizadas por el Comité Técnico en el ámbito de la Minería Secundaria y el Desarrollo de Proveedores especializados en esta temática. Notar la relevancia de desarrollar en el corto plazo las iniciativas 1.1 y 1.2 que se muestran en la figura, para efectos de poder habilitar las iniciativas priorizadas asociadas al Desafío N°2.

Figura 21\_ Secuencia de iniciativas priorizadas para el Desafío N°2



Fuente: Elaboración propia

## Desafío N°3: Desarrollar modelos de negocios y asociación para el fomento de la Recuperación de EVNT

El grupo de iniciativas asociadas con este desafío y el plazo estimado de implementación se muestran en la Tabla 8. Para este desafío se han identificado como prioritarias iniciativas asociadas a modelos de negocios flexibles, tramitación de permisos y modos de relacionamiento para el desarrollo de la Minería Secundaria (MS). Se releva además la potencial incorporación de la Minería Secundaria en el mediano a largo plazo en proyectos mineros de minería primaria.

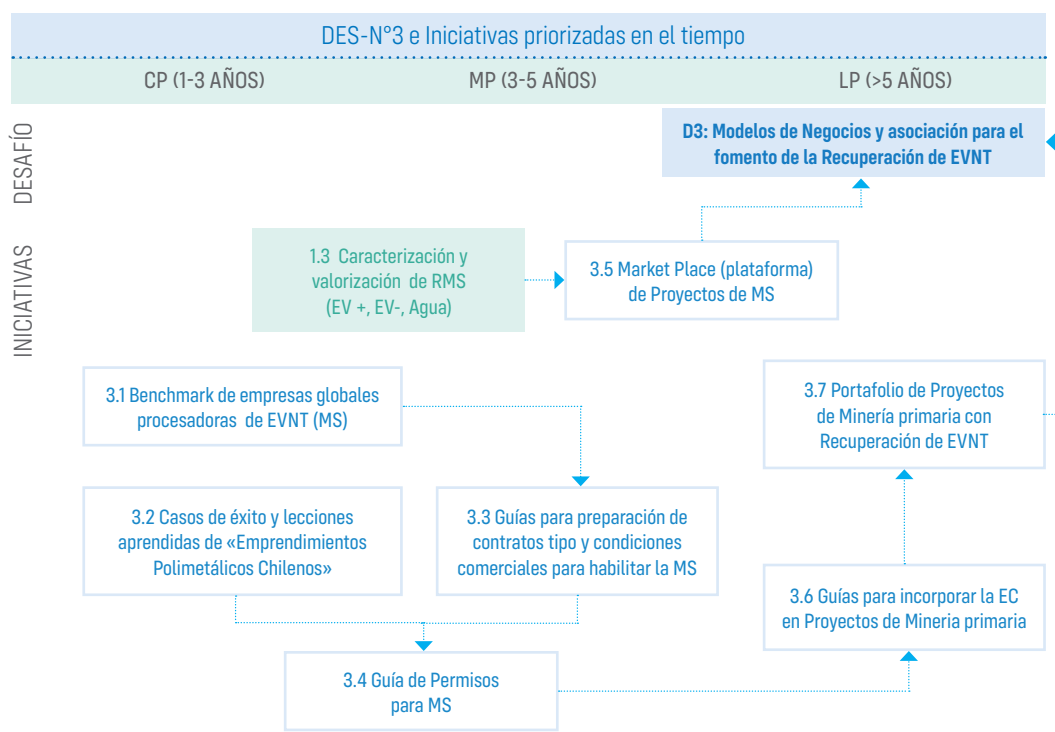
Tabla 8\_ Grupo de iniciativas asociadas al Desafío N°3

PLAZO	INICIATIVA
Corto Plazo (1 a 3 años)	Desarrollar Benchmark de empresas globales procesadoras de EVNT (Minería Secundaria: <b>MS</b> )
	Analizar casos de éxito y lecciones aprendidas de «Emprendimientos Polimetálicos Chilenos»
Mediano Plazo (3 a 5 años)	Preparar guías para preparación de contratos tipo y condiciones comerciales para habilitar la MS
	Preparar guía de permisos para la MS
	<i>Implementar Market Place</i> (plataforma) de Proyectos de MS
Largo Plazo (3 a 5 años)	Preparar guías para incorporar la EC en Proyectos de Minería primaria
	Consolidar un portafolio de proyectos de Minería primaria con recuperación de EVNT

Fuente: Elaboración propia

La Figura 22 muestra la secuencia de iniciativas y su potencial desarrollo para contribuir a la materialización del Desafío N°3 en el corto, mediano y largo plazo. Como se muestra en la figura, estas iniciativas fueron priorizadas en el ámbito de la Minería Secundaria y los aspectos asociados a permisos y aspectos regulatorios habilitantes para el desarrollo de este tipo de minería.

Figura 22\_ Secuencia de iniciativas priorizadas para el Desafío N°3



Fuente: Elaboración propia



## Desafío N°4: Desarrollar cadenas de valor para EVNT

El grupo de iniciativas asociadas con este desafío y el plazo estimado de implementación se muestran en la Tabla 9. Para este desafío se han identificado como prioritarias iniciativas asociadas a alternativas de procesamiento para la recuperación de EV NT a lo largo de toda la cadena de valor del negocio minero y el desarrollo de productos de alto valor agregado desde recursos mineros secundarios (RMS).

Tabla 9\_ Grupo de iniciativas asociadas al Desafío N°4

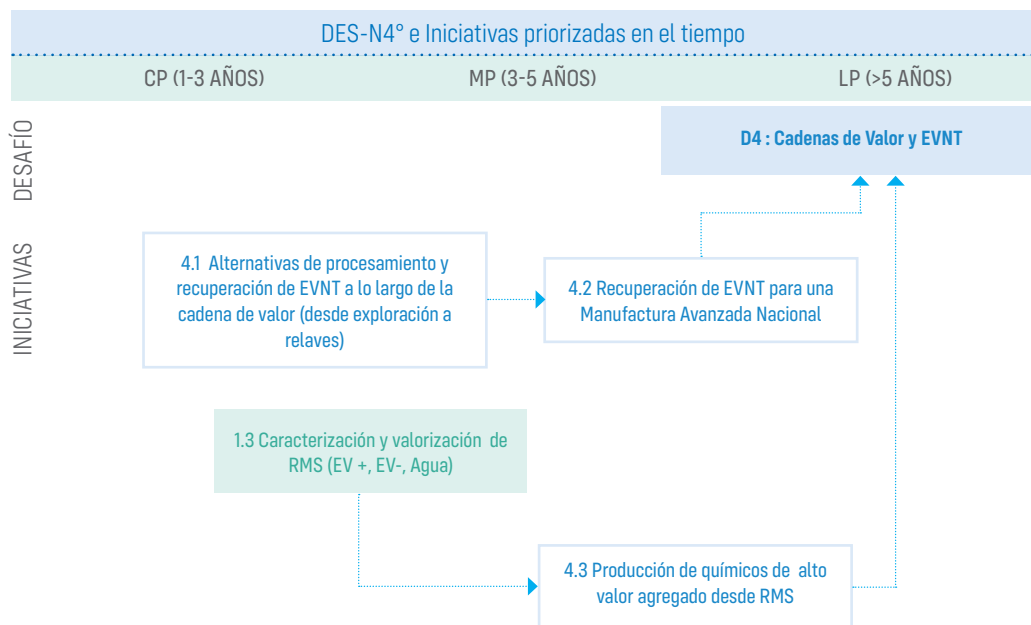
PLAZO	INICIATIVA
Mediano Plazo (3 a 5 años)	Definir alternativas de procesamiento y recuperación de EVNT a lo largo de la cadena de valor (desde exploración a relaves)
Largo Plazo (3 a 5 años)	Desarrollar alternativas de recuperación de EVNT para una manufactura avanzada nacional
	Desarrollar producción de químicos de alto valor agregado desde Recursos Mineros Secundarios (RMS)

Fuente: Elaboración propia

La Figura 23 muestra la secuencia de iniciativas y su potencial desarrollo para contribuir a la materialización del Desafío N°4 en el mediano y largo plazo. Como se muestra en la figura, estas iniciativas fueron priorizadas en el ámbito de la recuperación de EV NT a lo largo de la cadena del valor del negocio minero y la producción de químicos de alto valor desde recursos mineros secundarios.

Notar la relevancia de desarrollar la iniciativa 1.3 en el mediano plazo. Muy posiblemente, las iniciativas asociadas a este desafío podrían concretarse en el largo plazo.

Figura 23\_ Secuencia de iniciativas priorizadas para el Desafío N°4



Fuente: Elaboración propia

# COMENTARIOS FINALES

Muy cerca del cierre de la etapa 4 del proyecto, el equipo de Chilepolimetálico está satisfecho con los resultados generados a la fecha y proyecta el desarrollo de líneas de trabajo que sustenten la continuidad del proyecto más allá de abril de 2021.

La activa participación del Comité Técnico con representantes de todas las entidades públicas y privadas participantes del proyecto, sumado a la comunicación permanente del equipo de Chilepolimetálico con su contraparte técnica en Cochilco y el apoyo de Corfo; han permitido crear una importante plataforma para el posicionamiento de la temática y los objetivos de Chilepolimetálico; proyectando capacidades para articular iniciativas colaborativas con distintos actores del ecosistema.

El compromiso del mandante (Cochilco) para definir tempranamente junto al beneficiario del Proyecto (Corporación Alta Ley), un modelo de disposición y sustentabilidad que fue enriquecido a partir de los aportes del Comité Técnico, permitieron cumplir con las solicitudes de Corfo en los Informes de hito de continuidad y avances en el período 2020-2021.

En estos años, el equipo de Chilepolimetálico ha difundido en forma presencial y virtual los desafíos identificados para nuestra minería y los resultados que el proyecto ha generado en torno a la búsqueda y recuperación de Elementos de Valor No Tradicionales en nuestro territorio. Creemos firmemente que para alcanzar las ambiciosas metas del proyecto debemos recorrer todavía un largo camino.

En el caso particular de nuestro país, la perspectiva en torno a fomentar la búsqueda y recuperación de Elementos de Valor No Tradicionales debe considerar nuestra condición de primer productor mundial de cobre y subproductos e importante productor de algunos minerales extraídos en los salares. De este modo, Chilepolimetálico aspira a contribuir al desafío de cómo potenciar la sustentabilidad de nuestra industria cuprífera y sus proveedores a partir de la extracción de elementos de valor con una mirada polimetálica que considere el procesamiento conjunto de minerales de cobre y elementos de valor de bajas leyes e incluso a nivel de concentraciones de elementos traza. Lo anterior presenta varias complejidades y desafíos de distinta naturaleza.

A partir de la información disponible analizada en estos años, creemos también que Chile puede desarrollar una oferta de metales y minerales con buenas perspectivas comerciales en el mercado internacional.

Los yacimientos naturales con elementos principales distintos al cobre catastrados por SERNAGEOMIN tienden a concentrarse en la categoría de pequeños y en casos excepcionales medianos, por lo que es muy posible que la generación de proyectos y posterior materialización en operaciones mineras sean adecuadas para empresas pequeñas y medianas, hecho que debiese ser considerado para el desarrollo de la pequeña y mediana minería.

Las tendencias actuales a nivel global constituyen una oportunidad para explorar los yacimientos antropogénicos y analizar la factibilidad de recuperar contenidos de valor, considerando los conceptos de la minería secundaria y soluciones innovadoras a los temas vinculados con los pasivos ambientales mineros en Chile.

De acuerdo con el análisis de brechas realizado por el proyecto y las prioridades definidas por el Mandante y el Comité Técnico, Chilepolimetálico articulará y apoyará iniciativas en las siguientes temáticas en los próximos años:

- Continuidad en el trabajo de generación de capas de información georreferenciada con potencial EVNT en zonas más acotadas del territorio.
- Preparación de estudios y bases de datos para habilitar la minería secundaria
  - Bases de datos georreferenciadas integradas de yacimientos antropogénicos, también conocidos como Recursos Minerales Secundarios (Ej: relaves, escorias, rípios de lixiviación, botaderos, etc)
  - Potencial de extracción y ubicación geográfica de un centro de minería secundaria
  - Metodologías indirectas de caracterización de yacimientos antropogénicos como información estratégica para habilitar la minería secundaria.
- Articulación de eventos que reúnan a desarrolladores de Data Science, por ejemplo, las conocidas hackathons, utilizando data geológica disponible públicamente a modo de identificar targets de exploración o zonas con potencial a escala regional de EV NT.



## DIFUSIÓN Y PARTICIPACIÓN DE CHILEPOLIMETÁLICO EN SEMINARIOS Y PRESENTACIONES

La etapa de difusión del proyecto fue ejecutada bajo el desafiante escenario que enfrentó el mundo entero dada la propagación del virus COVID-19. Inicialmente, la planificación de actividades del proyecto contemplaba un grupo de actividades presenciales para difusión de resultados que fueron reemplazadas por actividades de difusión virtual que permitió al equipo de Chilepolimetalico presentar los resultados en reuniones, webinars y seminarios virtuales durante el año 2020. A continuación, se presenta un resumen de las actividades de difusión en un formato de línea de tiempo.



13 Abril 2020 \_

Presentación Chilepolimetalico a Aspromin.



16 Abril 2020 \_

Presentación Chilepolimetalico Universidad Central, sede Coquimbo.

### Actividades de difusión

Agosto 2019\_

Taller de Estrategia de Usabilidad y Sustentabilidad del Bien Público, realizado en dependencias del Ministerio de Minería.



14 Abril 2020 \_

Presentación Chilepolimetalico a Centro Nacional de Pilotaje.



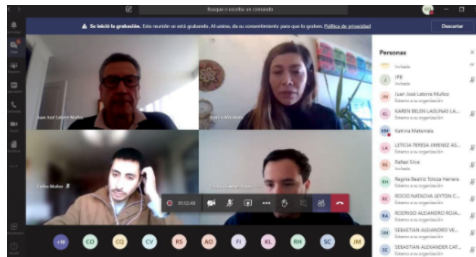
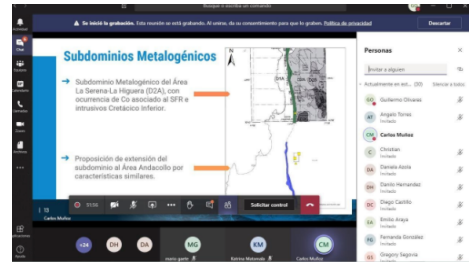


17 Abril 2020 \_

Presentación Chilepolimetálico a Cámara Chileno Alemana de Comercio e Industria, CAMCHAL

25 Mayo 2020 \_

Presentación Chilepolimetálico a alumnos y académicos de ingeniería de Universidad de La Serena



04 Junio 2020 \_

Presentación Chilepolimetálico a alumnos Universidad Central Coquimbo.

09 Junio 2020 \_

Presentación Chilepolimetálico CESCO

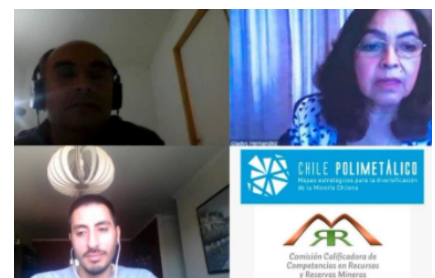


10 Junio 2020 \_

Presentación Chilepolimetálico en Voces Mineras.

25 Junio 2020 \_

Participación en Taller "Recursos minerales artificiales y no-convencionales" de la Comisión Calificadora de Competencias en Recursos y Reservas Mineras (Comisión Minera)



25 Agosto 2020 \_

Presentación Chilepolimetálico a Centro de Estudiantes Mineros, CEM

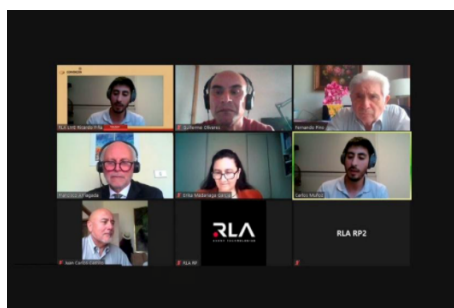
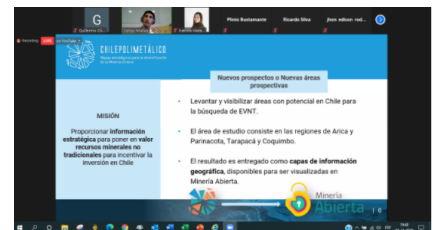


26 Agosto 2020\_

Presentación a estudiantes carreras de Geología e Ing. Civil en Minas, Universidad del Desarrollo

4 Noviembre 2020\_

Webinar Oportunidades en la Minería Polimetálica (Chile-Colombia).



23 Noviembre 2020\_

Presentación de Chilepolimetálico en 70 ma Convención del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile





**CHILEPOLIMETÁLICO**

Mapas estratégicos para la diversificación  
de la Minería Chilena