

Gestión de sitios contaminados: conceptos y experiencia regional

Seminario La Serena



Temas a tratar

- Relevancia de la contaminación de suelos
- Conceptos clave
- Metodologías de evaluación
- Aplicaciones y experiencia regional en gestión



¿Por qué son importantes los suelos?



Fuente: SKG Planet



EnSoil

¿Por qué la contaminación de suelos es un problema?

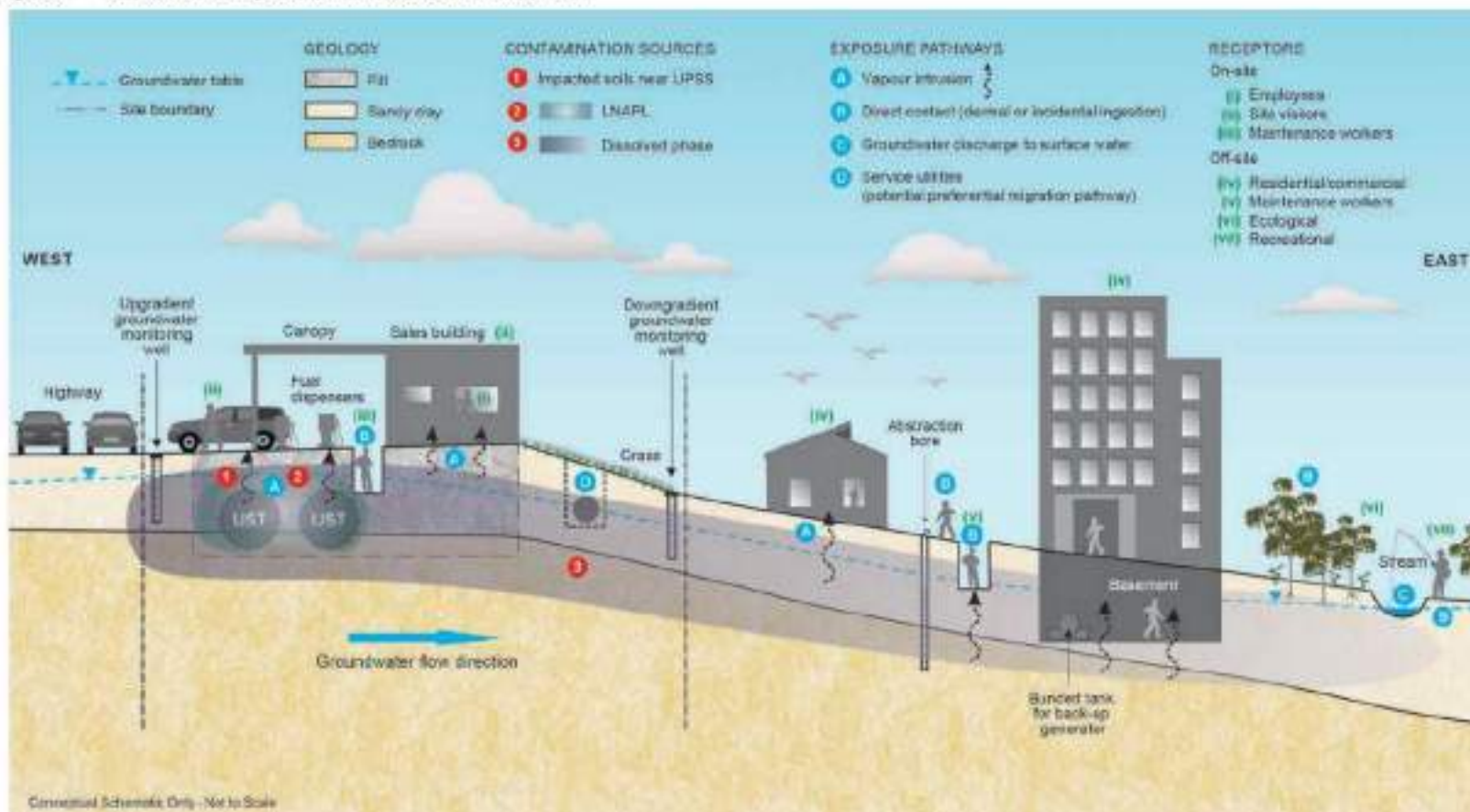


- Impactos a:
 - Salud humana (efectos crónicos)
 - Ecosistemas
 - Otros: calidad de vida, paisaje, etc.
- Muchas veces es invisible



¿Por qué la contaminación de suelos es un problema?

Figure 2 Schematic conceptual site model of service station site



Fuente: New South Wales EPA

¿Por qué la contaminación de suelos es un problema?



Escuela La Greda, Puchuncaví

Escuela sobre suelos contaminados por industrias cercanas



Sitio Promel, Arica

Viviendas sobre residuos mineros provenientes de Suecia (polimetales)



Relaves costeros, Taltal

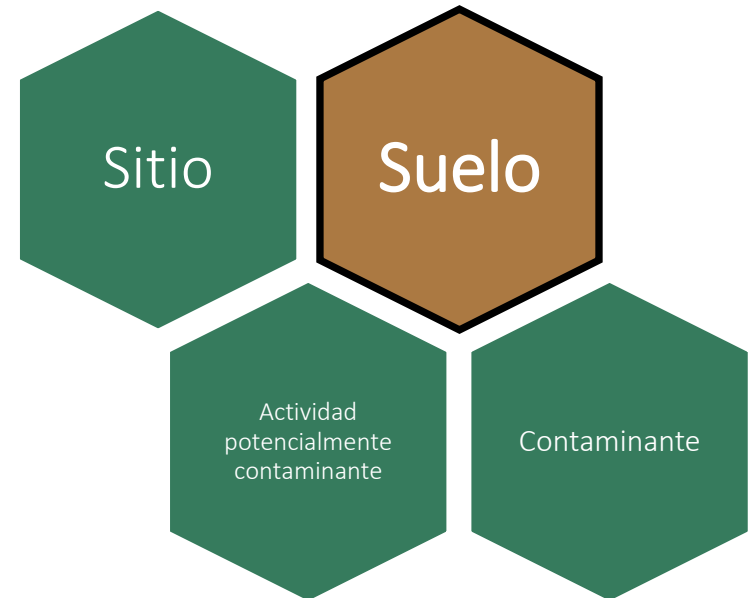
Relaves de minería histórica (plomo, arsénico)

Conceptos claves



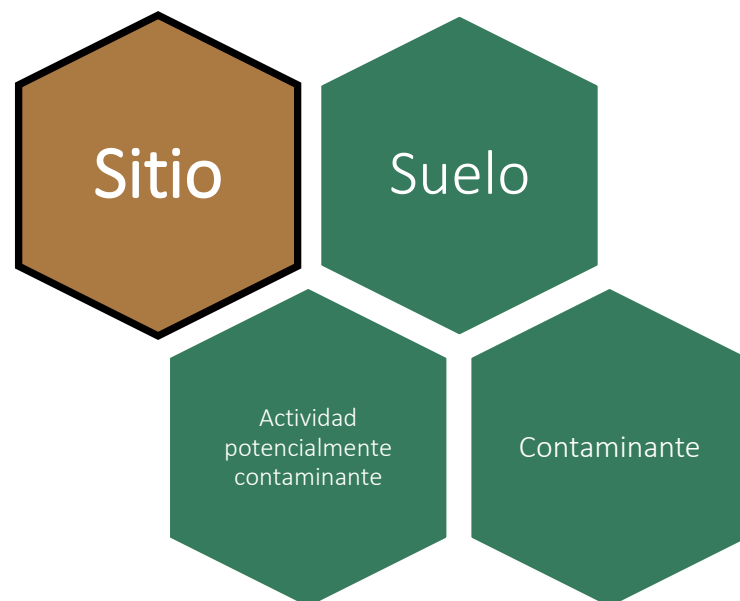
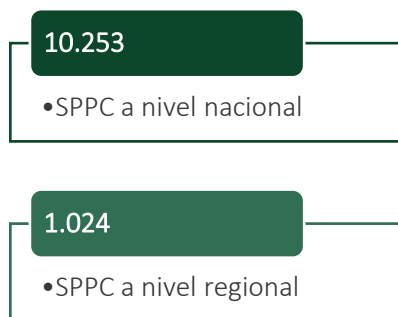
Conceptos claves

- ❖ **Suelo:** capa superior de la superficie terrestre compuesta por minerales, materia orgánica, agua y aire.



Conceptos claves

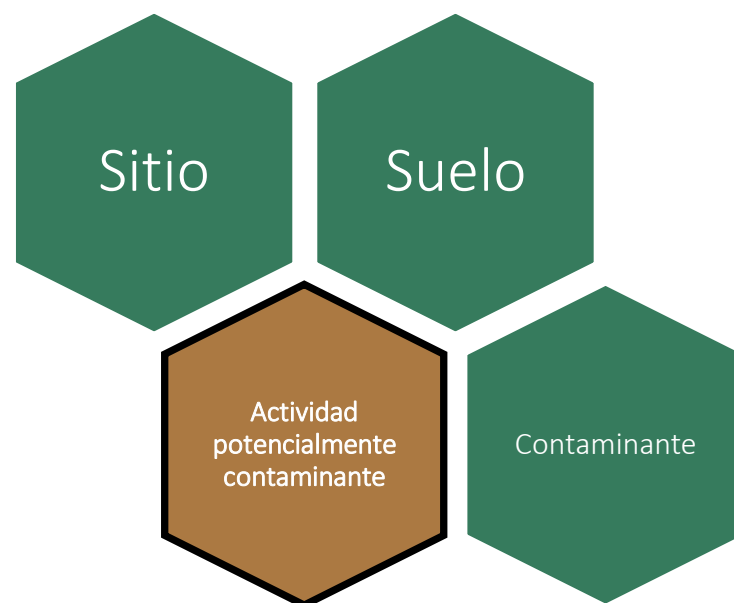
- ❖ **Sitio:** lugar o terreno delimitado geográficamente en el que se desarrollan o han desarrollado actividades potencialmente contaminantes.



Conceptos claves

- ❖ **Actividades potencialmente contaminantes (APC):** aquellas actividades que producen, utilizan, manipulan, manejan, almacenan, tratan o disponen sustancias que, por sus características fisicoquímicas, biológicas y toxicológicas, producen o pueden producir daños momentáneos o permanente a la salud de las personas o el medio ambiente.

Actividad potencialmente contaminante	Número de sitios
Estaciones de servicio de combustibles	2027
Extracción y procesamiento de mineral cobre, plata, molibdeno y oro	1730
Disposición de Residuos Mineros Masivos	1643
Disposición de residuos sólidos	1519
Desarrollo minero de petróleo y gas	920
Industria Forestal	610
Mal manejo de sustancias peligrosas	370
Talleres mecánicos	358
Minería no metálica	302
Formulación o fabricación de productos químicos	153
Fabricación de muebles a nivel industrial	85
Generación de energía eléctrica > 3MW	83
Maestranzas, astilleros y centros de mantenimientos de aeronaves	74
Reciclaje y valorización de residuos	73
Otra actividad contaminante con evidencia directa de contaminación en suelo	69
Industria de Cemento (portland, siderúrgicos, y puzolánicos), Hormigón, Asfalto y fibrocemento	59
Extracción y procesamiento de mineral de Carbón	49
Puertos	49
Extracción y procesamiento de mineral de Hierro y Acero	45
Otros	35
Total	10253



Conceptos claves

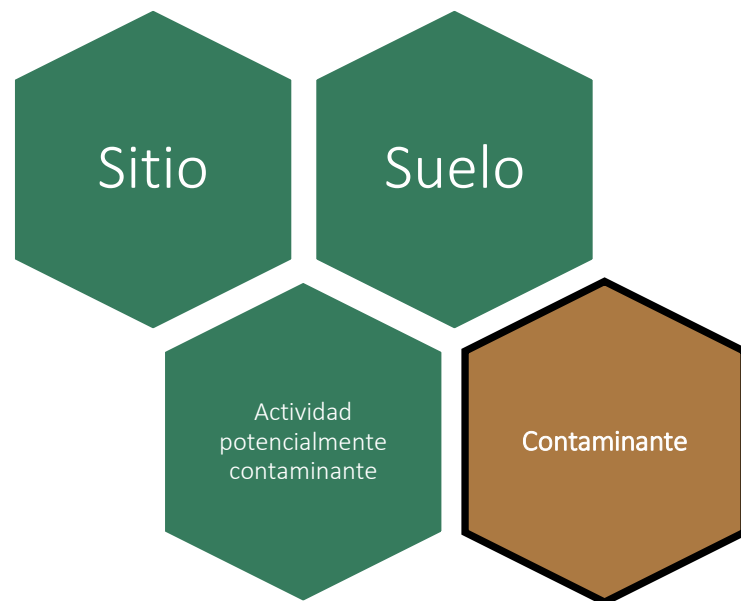
- ❖ **Contaminante:** Todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, luminosidad artificial o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, **en ciertos niveles, concentraciones** o períodos de tiempo, **pueda constituir un riesgo a la salud** de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental. (Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, Título I, art. 2 letra d)

Inorgánicos

- Metales (plomo, arsénico, etc.)
- No se degradan

Orgánicos

- Combustibles, solventes, dioxinas, etc.
- Se degradan



Metodología de evaluación

Principios de la gestión de sitios

Proceso en etapas,
de menor a mayor
detalle y
complejidad

Basado en
información
disponible en el
momento

Depende de uso
actual y futuro



Identificación y
priorización



Evaluación



Remediación y
manejo



EnSoil

Metodología de evaluación

- ❖ Guía metodológica para la gestión de suelos con potencial presencia de contaminantes (Res. E. 406/2013 del MMA), en proceso de actualización
- ❖ Basada en metodologías internacionales de evaluación de riesgos (US EPA)

Evaluación

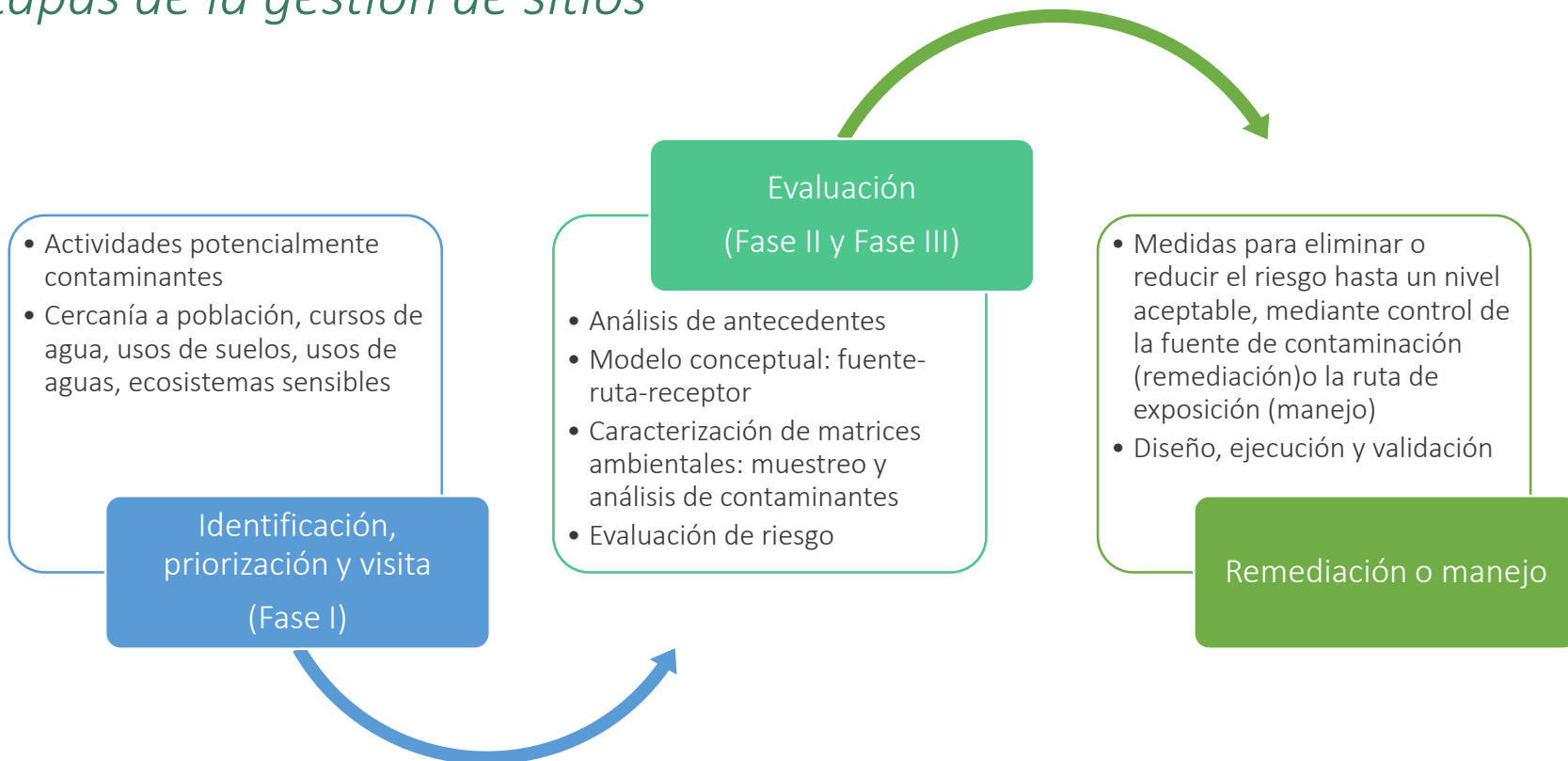
Remediación

Manejo



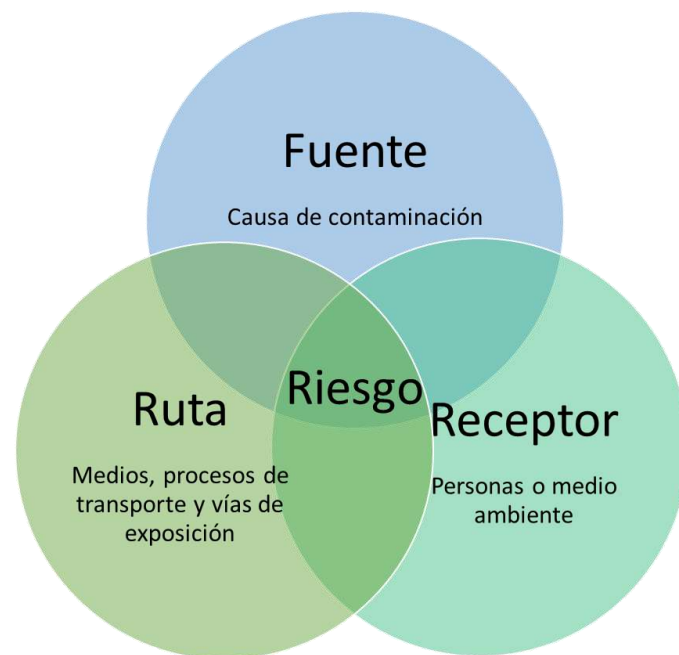
Metodología de evaluación

Etapas de la gestión de sitios



Aplicaciones: Fase I

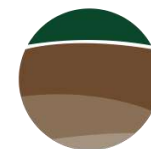
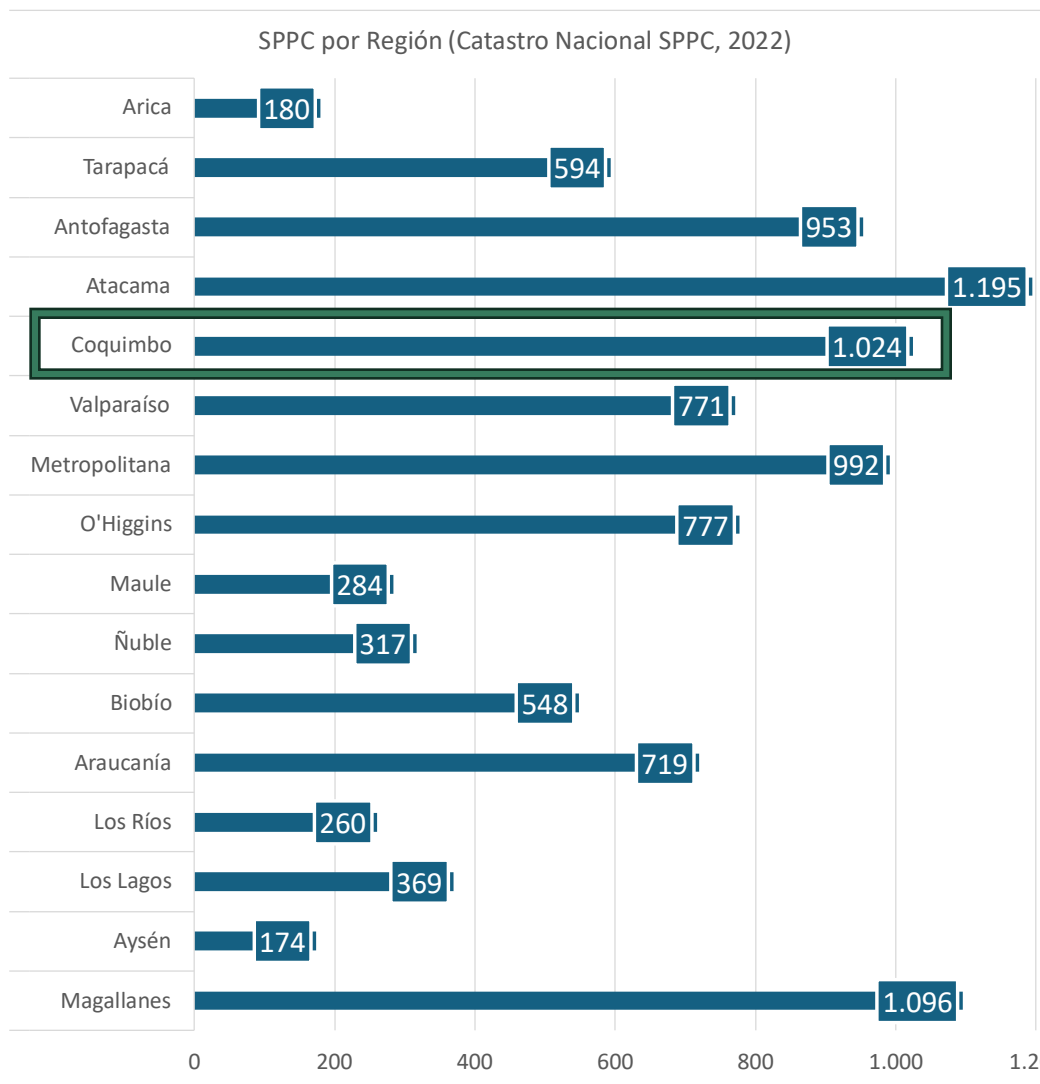
Identificación, priorización y visita



EnSoil

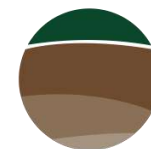
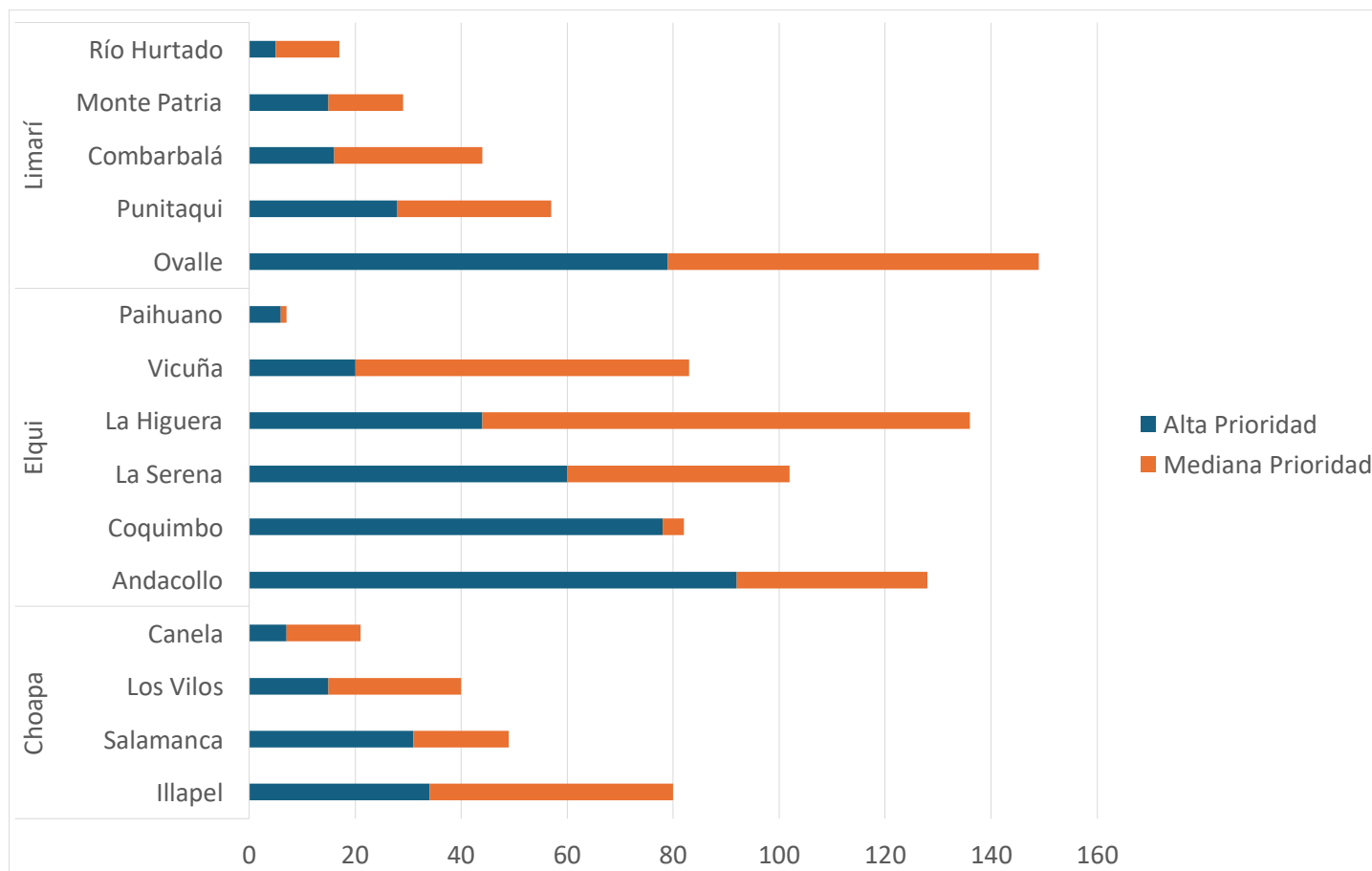
Aplicaciones: Fase I

Catastro de sitios con potencial presencia de contaminantes



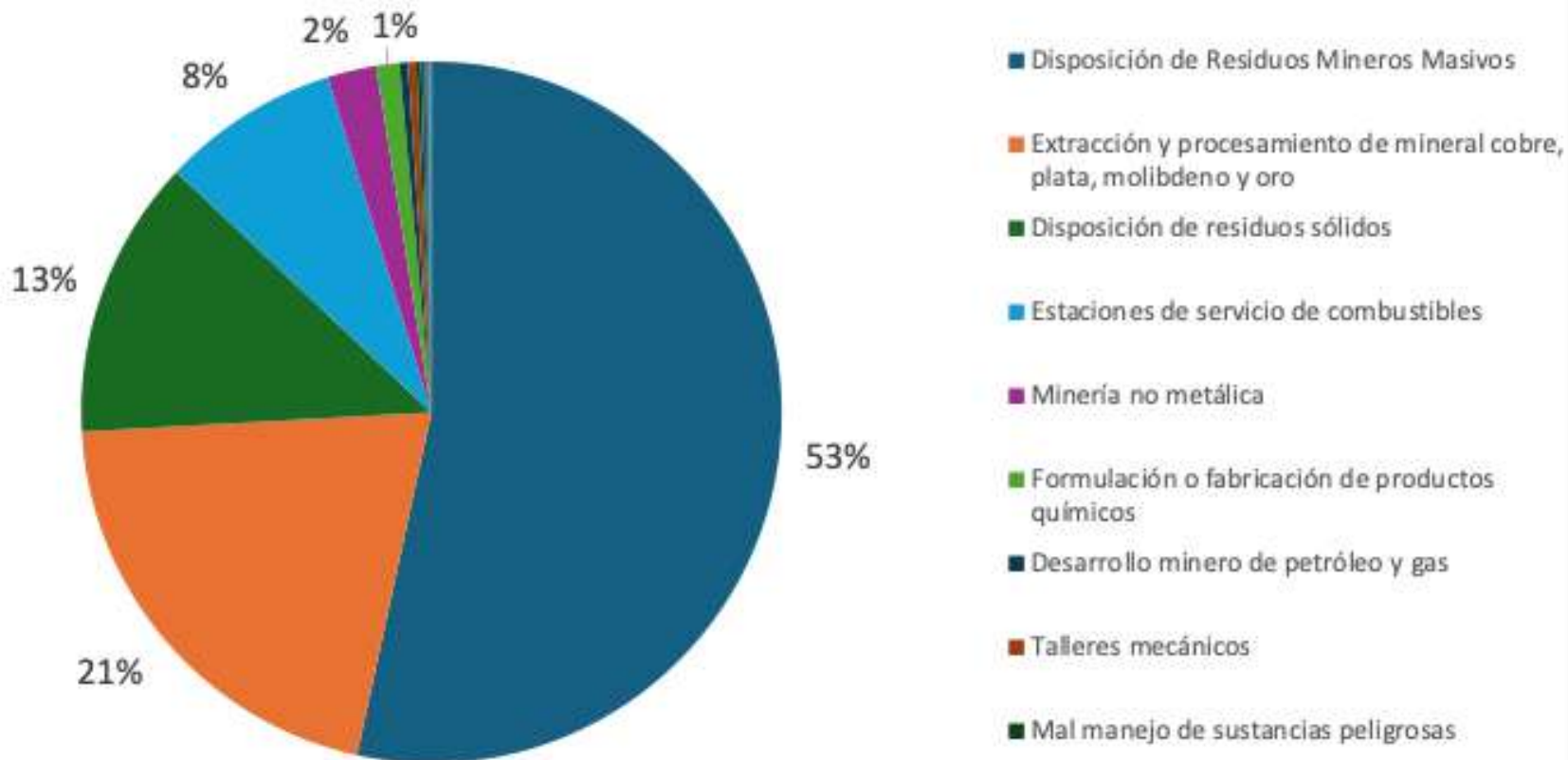
Aplicaciones: Fase I

Catastro regional Coquimbo



Aplicaciones: Fase I

Catastro regional Coquimbo



Aplicaciones: Fase I

Catastro regional Coquimbo

Actividad Potencialmente Contaminante	Abandonado	Activo	Inactivo	S/I	Total
Disposición de Residuos Mineros Masivos	355	38	147	7	547
Extracción y procesamiento de mineral cobre, plata, molibdeno y oro	186	12	4	10	212
Disposición de residuos sólidos	9	20	1	102	132
Estaciones de servicio de combustibles		84			84
Minería no metálica	5	2		16	23
Formulación o fabricación de productos químicos	1	9	1		11
Desarrollo minero de petróleo y gas		4			4
Talleres mecánicos		4			4
Mal manejo de sustancias peligrosas		2			2
Generación de energía eléctrica > 3MW		1		1	2
Puertos		1			1
Industria de la curtiembre	1				1
Reciclaje y valorización de residuos	1				1
Total	558	177	153	136	1.024

Aplicaciones: Fase II y III

Estudios sitio-específicos regionales

Nombre estudio	Descripción
Evaluación de sitios contaminados por mercurio. Un caso de estudio: Andacollo (CONAMA & CENMA, 2011)	Muestreo de suelos con el fin de establecer los niveles base de mercurio en diferentes componentes ambientales de la zona urbana de Andacollo.
Evaluación de riesgos para la salud en asentamientos humanos próximos a sitios de minería metálica: Investigación Preliminar y Confirmatoria de suelos con potencial presencia de contaminantes (SPPC). Comuna de Illapel (CONAMA & CENMA, 2011)	Identificar Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes debido a la presencia de residuos mineros masivos, llevar a cabo la inspección y una priorización de los mismos, para el posterior desarrollo de Investigaciones Preliminares y Confirmatorias en el contexto de una evaluación preliminar de riesgos a la salud de grupos poblados próximos a los SPPC en estudio.
Evaluación de riesgos para la salud en asentamientos humanos próximos a sitios de minería metálica: Evaluación de riesgos a la salud en la comuna de Andacollo (CONAMA & CENMA, 2012)	Efectuar investigaciones confirmatorias y una evaluación de riesgo a la salud, como herramientas de apoyo a la gestión pública de los asentamientos humanos de Andacollo, próximos a sitios de minería metálica, histórica y actual, con presencia de contaminantes.
Evaluación confirmatoria sitio-específico del riesgo ambiental en sitios con potencial presencia de contaminantes: Ovalle, La Serena (MMA & CENMA, 2017)	Realizar investigación preliminar y confirmatoria en 10 sitios en las regiones de Coquimbo, Valparaíso, RM y O'Higgins, donde 2 sitios corresponden a la región de Coquimbo, asociados a disposición de residuos mineros masivos.
Evaluación confirmatoria sitio-específica del riesgo ambiental en dos suelos con potencial presencia de contaminantes (SPPC) de la región de Coquimbo (MMA, 2024)	Determinar presencia de contaminantes en sitio y riesgo ambiental en Relave El Culebrón (Coquimbo) y Relave San Jorge (Illapel).
Evaluación sitio específica de del riesgo ambiental en La Higuera: Relave El Trapiche (MMA, 2024)	Determinar presencia de contaminantes en sitio y riesgo ambiental en Relave El Trapiche (La Higuera).

Aplicaciones: Fase II y III

Estudios sitio-específicos regionales

Relave El Culebrón

- ❖ Relave minero abandonado
- ❖ Comuna de Coquimbo
- ❖ Humedal El Culebrón
- ❖ Proyecto parque SERVIU



Relave El Culebrón, Coquimbo

Aplicaciones: Fase II y III

Estudios sitio-específicos regionales

Relave San Jorge

- ❖ Relave minero inactivo de cobre y oro
- ❖ Comuna de Illapel
- ❖ Río Illapel
- ❖ Proyección de costanera/parque



Relave San Jorge, Illapel

Aplicaciones: Fase II y III

Estudios sitio-específicos regionales

Relave El Trapiche

- ❖ Relave minero inactivo de cobre y oro
- ❖ Comuna de La Higuera
- ❖ Quebrada Los Choros
- ❖ Humedal La Boca



Relave El Trapiche, La Higuera

Aplicaciones: Fase II y III



Relave El Culebrón, Coquimbo

Aplicaciones: Fase II y III



- Muestreo de suelos y otras matrices
- Análisis en laboratorio



Relave San Jorge, Illapel

Aplicaciones: Fase II y III

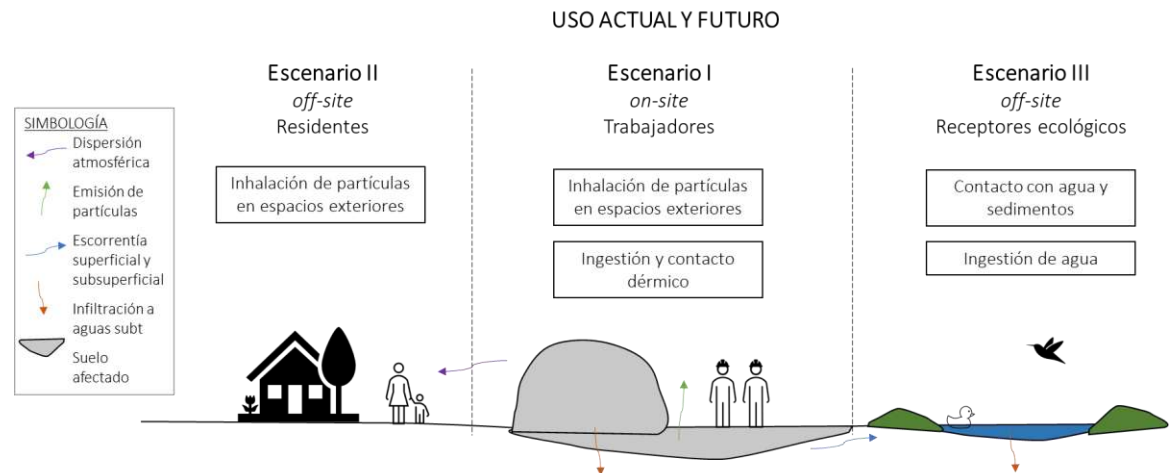


- Muestreo de suelos y otras matrices
- Análisis en laboratorio

Relave El Trapiche, La Higuera

Aplicaciones: Fase II y III

- Comparación con niveles de referencia
- Modelo conceptual
- Evaluación del riesgo
- Delimitación de la contaminación



Aplicaciones: Fase II y III



- Comparación con niveles de referencia
- Modelo conceptual
- Evaluación del riesgo
- Delimitación de la contaminación

Aplicaciones: Fase II y III



- Comparación con niveles de referencia
- Modelo conceptual
- Evaluación del riesgo
- Delimitación de la contaminación

Aplicaciones: Remediación y manejo

Remediación

- ❖ Eliminación de la fuente o reducción de contaminantes a niveles aceptables



Biorremediación



Excavación y disposición de suelos

Otros métodos:

- Lavado de suelos
- Fitorremediación
- Oxidación
- Desorción térmica

Aplicaciones: Remediación y manejo

Manejo

- ❖ Eliminación de la ruta de exposición



Cercado y señalización

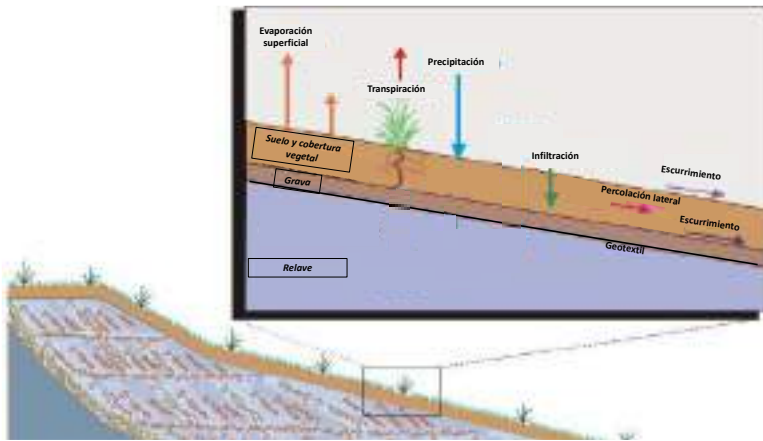


Malla antierosión

Aplicaciones: Remediación y manejo

Manejo

- ❖ Eliminación de la ruta de exposición



Sistema de cobertura y fitoestabilización

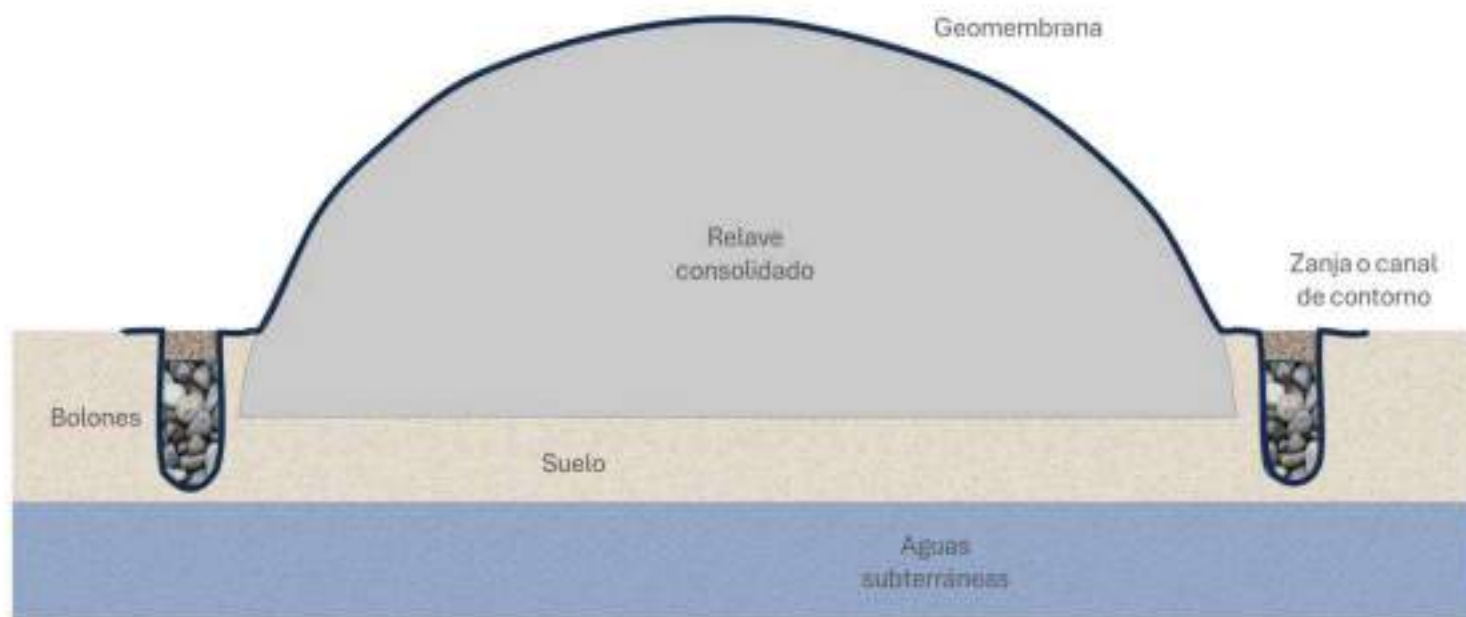


Encapsulamiento ej. geomembrana

Aplicaciones: Remediación y manejo

Manejo

- ❖ Eliminación de la ruta de exposición



Sistema de cobertura con geomembrana y
sistema de control de escorrentía

Aplicaciones: Remediación y manejo

Experiencias de gestión de sitios en la región

- ❖ Fitoestabilización de tranques de relaves La Higuera y Socorro 5 por Compañía Minera San Gerónimo (2004)
- ❖ Remediación de depósitos abandonados en Andacollo por Compañía Minera Dayton (2011)
- ❖ Reubicación de depósitos en La Higuera por empresa CAP Minería (2012)
- ❖ Reubicación de depósitos abandonados en Andacollo por Minera Teck Carmen de Andacollo (2012)
- ❖ Retiro de relave Whittle por Minera Teck Carmen de Andacollo (2024)



¡GRACIAS!

“Promoción de la participación y acompañamiento al proceso de elaboración de la Política Nacional de Sitios Contaminados”

Ministerio del Medio Ambiente / EnSoil

27 de mayo de 2025

Gestión de sitios contaminados: conceptos, instrumentos y experiencia regional

Seminario La Serena

