

# Programa de Revegetación de Áreas Rehabilitadas en Minera Bajo de la Alumbrera.

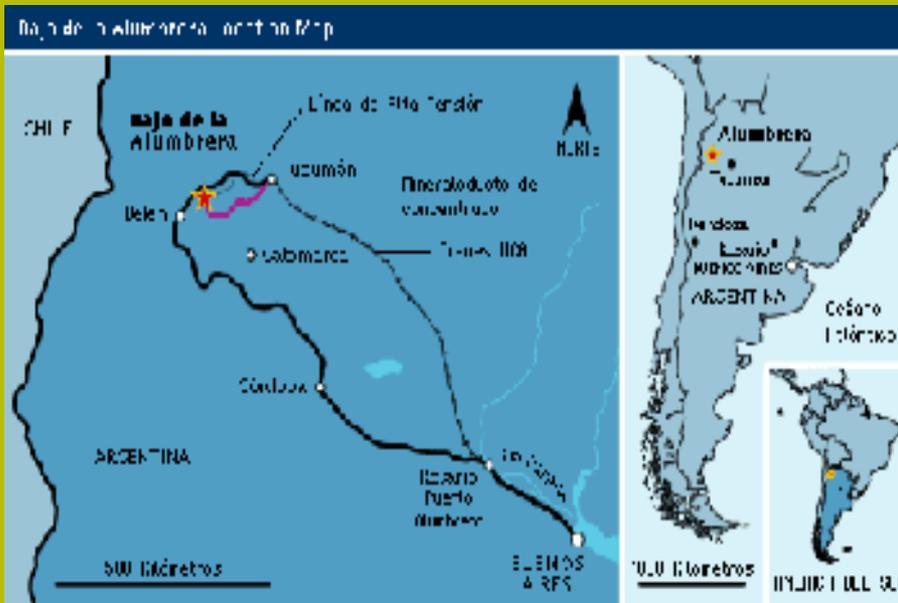
# Introducción: ubicación del sitio

## Ubicación:

- Provincia de Catamarca - Distrito de Hualfín  
Departamento de Belén.
- Distante 400 Km al noroeste de San Fernando del Valle de Catamarca y a 320 Km al sudoeste de San Miguel de Tucumán.
- Se encuentra a 2.600 m.s.n.m.
- Es un Pórfido Cuprífero explotado a cielo abierto

## Clima:

- Clima: semi - desértico continental.
- Precipitación: 200 mm (promedio anual), distribuida sobre todo entre los meses de enero y febrero.
- Temperatura media anual: de 27°C.
- Promedio de Evaporación: de 1.350 mm.



# Introducción: Problemáticas relacionadas a los materiales estériles

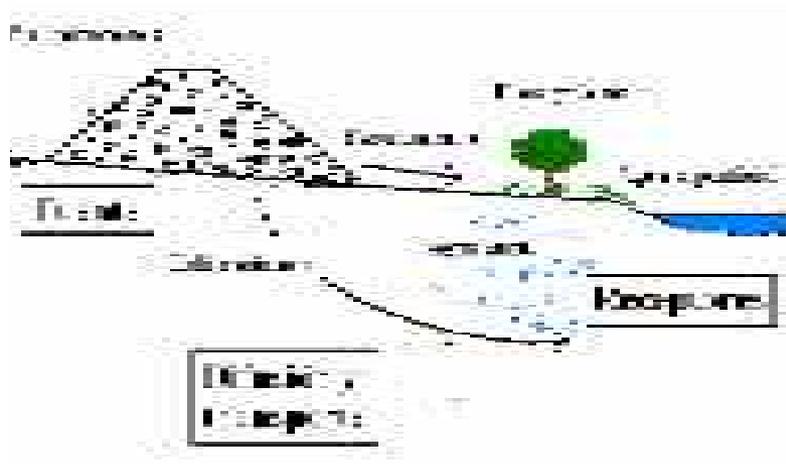
## Botaderos

Materiales estériles no utilizados en el proceso industrial



Posible generación de DAR (Drenaje Ácido de Roca)

**DAR = sulfuros de minerales + oxígeno + agua**



La rehabilitación de las áreas de acopio de los materiales estériles es de suma importancia como prevención durante la etapa de explotación y posterior cierre de mina.

# Programas Ambientales de Minera Alumbreira

Minera Alumbreira, hace varios años, está realizando diferentes estudios y actividades relacionados a evitar la afectación del Medio Ambiente por las operaciones mineras.

Para poder contar con un control de las actividades que se vienen realizando en Alumbreira, la **SEM de**

**Catamarca** (autoridad de aplicación de la **ley 24.585**), estableció que estas actividades y estudios, sean presentados en **Programas Ambientales** específicos por cada componente del sitio minero involucrado.

Los Programas pensados y proyectados por **Minera Alumbreira**, tienen que ser evaluados, aprobados y auditados por la **Secretaría de Minería de Catamarca (DiPGAM)**.

# Programas Ambientales de Minera Alumbreira

PROGRAMA DE REHABILITACIÓN DE BOTADEROS

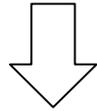
PROGRAMA DE REVEGETACIÓN DE ÁREAS REHABILITADAS EN BOTADEROS

# Esquema de proceso de rehabilitación de botaderos efectuado por Minera Alumbreira

La estrategia de cierre de MAA es cubrir (“encapsular”) los materiales estériles con material benigno:

- Barren Core
- Epidoto Clorita

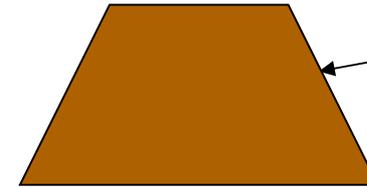
MATERIAL BENIGNO



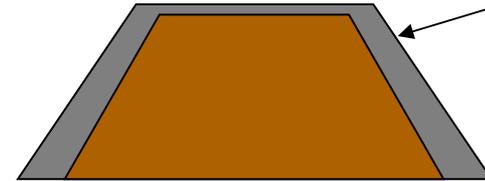
BARREN CORE



EPIDOTO CLORITA



**Botadero de estéril.**



**Coberturas con material benigno.**

# Programa de revegetación de áreas rehabilitadas en botaderos

A partir del 2008, **Minera Alumbrera** pidió a **Ausenco Vector**, desarrollar un estudio para evaluar la posibilidad de revegetar las coberturas de los botaderos de estériles, utilizando especies vegetales nativas. El estudio se está llevando a cabo con la colaboración del instituto **IADIZA** (Instituto Argentino de Zonas Áridas) del **CONICET** de Mendoza.

## OBJETIVOS

- Restaurar el paisaje.
- Complementar la funcionalidad de las coberturas

El Programa de Revegetación se puede considerar como una continuación de proyectos previos realizados por el Departamento de Medio Ambiente de Minera Alumbrera, relacionados con el estudio, recuperación y trasplante de especies nativas.



## Valor innovador del proyecto

Se cuenta con diferentes experiencias de revegetación en distintos lugares del mundo, en áreas afectadas por la actividad minera, sin embargo, no se pudo encontrar en el material bibliográfico examinado, experiencias de revegetación en zonas áridas, en sustratos constituidos por material benigno extraído durante la misma operación de la mina, por esta razón, el proyecto puede ser considerado “pionero” en su rubro.



# Etapas y Desarrollo del Proyecto

## ETAPAS

## Actividades realizadas

### ETAPA I (Noviembre 2008 – Diciembre 2009)

- Caracterización del suelo;
- Caracterización de la vegetación;
- Establecimiento de pruebas de plantación orientativas;
- Producción de plantas en vivero;

### ETAPA II (Febrero 2010 – Diciembre 2011)

- Establecimiento y seguimientos de ensayos experimentales;
- Elaboración de una metodología de revegetación masiva en zonas áridas de botaderos;

### ETAPA III (Enero 2012 – Diciembre 2012)

- Revegetación progresiva y seguimiento de las plantaciones establecidas durante los años pasados.



# Programa de revegetación de botaderos: Estudios y actividades preliminares

## Caracterización del sustrato (Barren Core y Epidoto Clorita):

Análisis de: salinidad, pH , presencia de nutrientes, efectos de los minerales sobre la germinación.



## Caracterización de la vegetación y recolección de semillas:

Identificación de las especies más representativas de las áreas no disturbadas y realización de un banco de germoplasma



# Programa de revegetación de botaderos: Estudios y actividades preliminares

## Análisis de germoplasma de especies nativas:

- Análisis cualitativos;
- Pruebas de germinación;
- Viabilidad;
- Ruptura de dormición.



# Programa de revegetación de botaderos: Estudios y actividades preliminares

## Producción de plantas en vivero



# Programa de revegetación de botaderos: Establecimiento y seguimiento de ensayos

- Acondicionamiento del suelo mediante excavación manual de pozos.
- Colocación de lombricompost en los pozos.
- Trasplante de plantines con pan de tierra.
- Mantenimiento (Riego).



# Establecimiento de ensayos orientativos (año 2009)

Evaluación del comportamiento de las plantas establecidas en las diferentes coberturas.

Utilización de especies nativas rescatadas en el campo durante actividades previas realizadas por el Departamento de Medio Ambiente de Minera Alumbraera.



<i>Bulnesia schinkendantzii</i>
<i>Cercidium praecox</i>
<i>Eupatorium patens</i>
<i>Fabiana patagonica</i>
<i>Flouencia tortuosa</i>
<i>Grabowskia sp.</i>
<i>Junelia aspera</i>
<i>Junelia seriphioides</i>
<i>Larrea cuneifolia</i>
<i>Larrea divaricata</i>
<i>Lippia sp.</i>
<i>Lycium ciliatum</i>
<i>Opuntia sulphurea</i>
<i>Pappophorum caespitosum</i>
<i>Prosopis sp.</i>
<i>Salvia gillesi</i>
<i>Schinus molle</i>
<i>Senecio rubedskifolii</i>
<i>Senecio subulatus</i>
<i>Senna rigida</i>
<i>Tessaria dodoneifolia</i>
<i>Zuccagnia punctata</i>

# Establecimiento de ensayos experimentales (2010 – 2011)

- Ensayos Abril 2010 :
  - 2 niveles de riego;
  - 2 niveles de fertilización.
- Ensayos Mayo 2010 y Diciembre 2010:
  - 2 niveles de riego;
  - 3 niveles de fertilización.
- Ensayos Abril 2011:
  - Tamaño de las plantas al momento de la plantación y diferentes niveles de riego.
- Ensayos Mayo 2011:
  - Utilización de hidrogel y diferentes niveles de riego.



## Seguimiento de los ensayos (2009, 2010, 2011,2012)

- Aplicación de los tratamientos de riego previstos por el protocolo de ensayo;
- Observaciones cualitativas del estado general de las plantaciones;
- Monitoreos mensuales y trimestrales de supervivencia y crecimiento;
- Análisis de los datos registrados;
- En la tercera etapa del proyecto se evalúa el comportamiento de las plantas después la interrupción del aporte del riego.



## ACTIVIDADES REALIZADAS

## RESULTADOS

- Estudio de la vegetación nativa

- Individualización y reproducción de las especies nativas más indicadas para la revegetación en botaderos.

- 7 Especies

- Establecimiento de diferentes pruebas de plantación en áreas planas de botaderos

- 10.000 plantas aprox.

- 70 % - 80% de supervivencia.

- Mantenimiento de los viveros y producción de plantas

- Más de 10.000 plantas presentes en el vivero.

- Banco de semillas realizado.



# Resultados y conclusiones preliminares

1. Las especies seleccionadas muestran buena adaptabilidad en los dos tipos de sustrato, alcanzando porcentajes de supervivencia entre el 70 y 80 % en ambos casos; es evidente que las plantaciones realizadas en Epidoto Clorita, muestran un desarrollo mejor incluso bajo los tratamientos de menor aporte hídrico.
2. Los porcentajes de supervivencia más bajos se registraron en los ensayos establecidos en Abril 2010 (48%) y Mayo 2010 (60%), en plantas que habían sido tratadas con fertilizante, en cobertura constituida por Barren Core. Disminuyendo o eliminando el aporte del fertilizante, se logró obtener porcentajes de supervivencia superiores al 80% en los dos sustratos.
3. Se demostró que resulta fundamental aportar riegos mensuales por un año, para ayudar al proceso de establecimiento de las plantas y su crecimiento; actualmente estamos observando la respuesta de las plantas a la falta de aporte hídrico.
4. En Barren Core una fuerte limitante para la plantación está representada por su granulometría, por lo que es conveniente en este sustrato, revegetar islas donde se encuentra material fino.
5. *Cercidium praecox* , *Larrea divaricata*, *Senna rigida* , *Zuccagnia punctata*, *Larrea cuneifolia*, y *Pappophorum cespitosum* son las especies que se adaptan bien a los diferentes sustratos.
6. Se destacan: *Tessaria deodoneifolia*, por el importante desarrollo de biomasa y la capacidad de reproducirse espontáneamente en Epidoto Clorita, y *Cercidium praecox* por los altos porcentajes de supervivencia bajo cualquier tipo de sustrato y tratamiento.



*Zuccagnia punctata*



*Larrea sp.*



*Pappophorum caespitosum*



*Tessaria deodoneifolia*



*Cercidium praecox*



*Senna rigida*

**Plantaciones realizadas en Epidoto Clorita (Noviembre 2009) y Barren Core (Abril 2011).  
Foto: Agosto 2012**



**Una de las limitaciones del Barren Core es su granulometría.  
Foto: plantación de Abril 2010 en Barren Core**



**Plantación “Abril 2010”. Barren Core.  
Foto: Marzo 2011.**



**Plantación Abril 2010. Barren Core.  
Foto: Agosto 2012.**



**En la plantación orientativa realizada en Epidoto Clorita con especies rescatadas, se observaron valores de supervivencia del 80% en todas las especies trasplantadas. Foto: plantación en Epidoto Clorita. Noviembre 2009.**



**Plantación Noviembre 2009.  
Foto: Marzo, 2011.**



**En Epidoto Clorita se observa un incremento de la densidad de la plantación debido a la emergencia de especies vegetales anuales y perenes surgidas de forma espontanea.  
Plantación Noviembre 2009.  
Foto: Agosto, 2012.**



**Los resultados obtenidos pueden considerarse alentadores para poder implementar la revegetación en nuevas áreas rehabilitadas, dejando abierto el camino a nuevos posibles estudios y ajustes de la tecnología empleada.**



Muchas gracias!