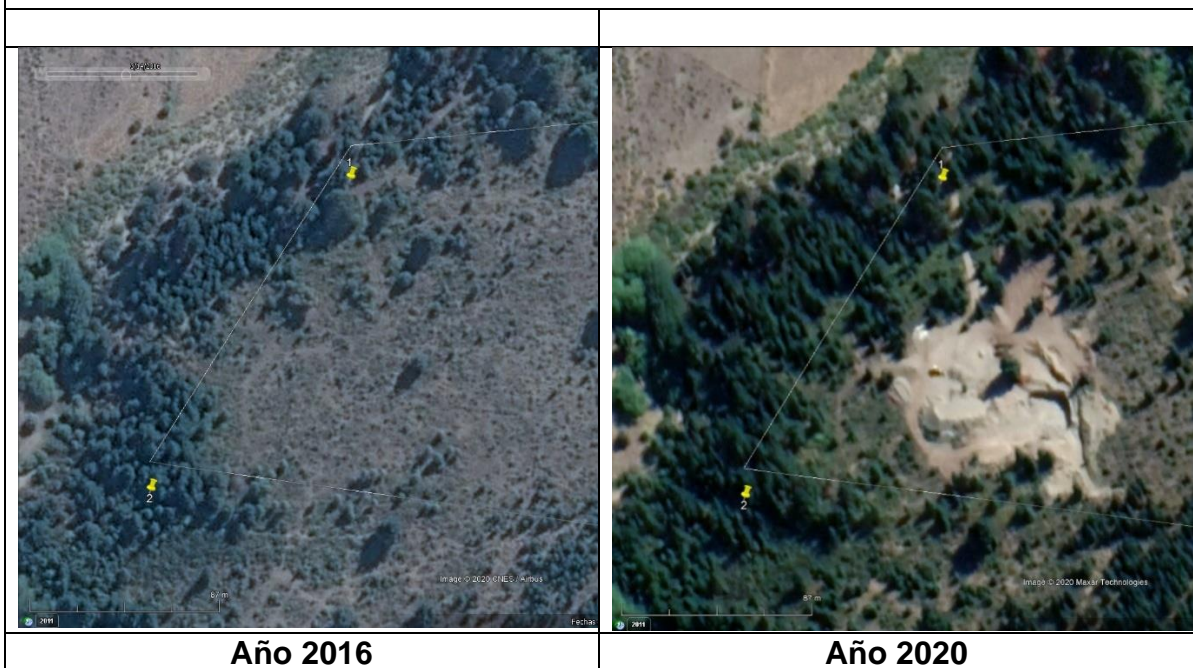




Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco
Sede Esquel

**Impacto y gestión del suelo forestal en actividades extractivas:
Cantera de áridos en Epuyen.**



Alumna: Yohana Claribel Mutio

Director: MSc. Leonardo Fabio Ferro (UNPSJB)
Coodirectores: MSc. María Fernanda Valenzuela (UNPSJB)
Ing. Agr. María Virginia Alonso (UNPSJB)

TRABAJO FINAL
FACULTAD DE INGENIERIA

Esquel, noviembre de 2020.

Índice

INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVO GENERAL.....	4
Objetivos específicos	4
MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
Muestreo de campo	7
Suelos.....	7
Vegetación.....	8
Trabajos de laboratorio	8
Determinación de las propiedades físico-químicas de los suelos	8
Ponderación de impactos ambientales	10
RESULTADOS.....	13
Suelos	
Caracterización morfológica de los perfiles de suelo	13
Material edáfico acopiado	16
Propiedades físico-químicas del perfil de los suelos	17
Vegetación.....	18
Valoración de los impactos generados por la explotación de áridos sobre el suelo y la vegetación	19
Legislación ambiental	24
Propuesta de rehabilitación del área explotada por la cantera	25
Resultados esperados del manejo adecuado en la gestión del suelo de la cantera	38
CONCLUSIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	42

INTRODUCCIÓN

En la región cordillerana, al oeste de la provincia de Chubut, las canteras de áridos explotan principalmente depósitos glacifluviales que aportan la materia prima para la industria de la construcción. Sobre estos sedimentos, se desarrollan suelos derivados de cenizas volcánicas que poseen un elevado potencial de uso forestal (Colmet Daage *et al.*, 1988, Irisarri *et al.*, 1995, Valenzuela *et al.*, 2002, Valenzuela *et al.*, 2014).

El método de explotación de las canteras de áridos consiste en el arranque del material a explotar (grava, arena) conjuntamente con el suelo que se encuentra por encima, lo que produce un fuerte impacto sobre el ecosistema afectando el suelo, la vegetación, la fauna, el paisaje y los procesos ecológicos (Ciano *et al.*, 2003).

Luego del proceso extractivo en la cantera, la pérdida de la cobertura vegetal y suelo dificultan el restablecimiento de la vegetación de manera natural (Buono *et al.*, 2005), e impiden o limitan el emplazamiento y desarrollo de la biodiversidad existente en el lugar. El paisaje resulta totalmente degradado, en donde se evidencia una modificación de la topografía, creación de zonas con fuerte pendiente, la denudación superficial y zonas susceptibles de ser erosionadas (Blanco Fernández *et al.*, 2011). Además, el impacto se destaca por la ruptura del ecosistema con contrastes lineales y cromáticos en el paisaje, siendo este de gran valor escénico desde el punto de vista turístico (Ferro y Valenzuela, 2011).

Estos aspectos dificultan el remodelado del paisaje una vez que ha cesado la explotación, primero por la dificultad de disponer de material de relleno suficiente y segundo porque quedan al descubierto grandes frentes de rocas o sedimentos estériles de difícil colonización. Por este motivo es conveniente prever dicha recuperación en la planificación y en el diseño de la explotación (Gómez Orea, 2004).

A lo largo de la historia se han ido explotando canteras que en algunos casos han sido abandonadas sin una adecuada restauración del espacio explotado, generándose situaciones de degradación ambiental con impactos negativos sobre el entorno. Los casos en los cuales las condiciones de abandono de las mismas generan un riesgo para la protección de los recursos naturales o la calidad ambiental, pueden definirse como pasivos ambientales mineros (PAM). Estos deben ser restaurados o controlados, ejecutando tareas como la recuperación de funciones ecológicas, restauración paisajística o rehabilitación de sitios para usos predeterminados, y para ello es indispensable una adecuada gestión del suelo desde el inicio hasta la finalización del proceso extractivo (Dirección Nacional de Vialidad, 2014).

La restauración es una actividad que se realiza en ecosistemas degradados que implica la recuperación de estructura y funciones ecológicas, diversidad biológica, ciclos de nutrientes, composición de las comunidades naturales, resiliencia ecológica (capacidad natural del ecosistema para regresar a un estado previo) y capacidad para la recuperación de las condiciones naturales originales de un ecosistema (Valladares *et al.*, 2011).

En la provincia de Chubut, las experiencias de remediación en cierre de labores mineros relacionados con canteras de áridos son insuficientes o inadecuadas (Ferro

y Valenzuela, 2012 y 2014). Las técnicas de recuperación de estos espacios degradados, en general, consisten solo en la estabilización de los fuertes taludes generados durante la explotación y no son suficientes para que este espacio recupere con el tiempo sus características ecosistémicas preexistentes, ya que la carencia de un suelo apropiado que pueda permitir la revegetación y el desarrollo de la fauna edáfica, postergará indefinidamente en el tiempo la integración de ese espacio al paisaje natural que lo rodea (Ferro y Valenzuela, 2011; Ferro *et al.*, 2013).

Una alternativa de restauración se logra realizando una adecuada gestión del suelo, la cual consiste en conservar la cubierta edáfica cuando se inicia la explotación y utilizarla como recubrimiento al cese de las actividades extractivas. Esto facilita la revegetación y de esa manera, se logra recuperar las características ecosistémicas de estos espacios degradados (Ferro y Valenzuela, 2011; Gómez Orea, 2004).

De esta manera y en forma previa a la ejecución de una obra de restauración ambiental, es imprescindible tener en cuenta el encuadre legal, las distintas responsabilidades, las situaciones de dominio de las canteras y las expectativas de los propietarios (Dirección Nacional de Vialidad, 2014).

En este sentido, la legislación vigente en la Provincia de Chubut (Ley XI-Nº 15-1995), exige que la planificación de la restauración del espacio a degradar por las labores mineras, sea previa al inicio de las actividades extractivas, con lo cual se sugiere que desde esa etapa deban tomarse los recaudos necesarios para tal fin, ya que, para recuperar, restaurar o rehabilitar el espacio degradado, es necesaria la restitución de la cubierta edáfica preexistente (Ferro *et al.*, 2013).

La importancia del conocimiento de los suelos y la vegetación previo a las actividades extractivas, es indispensable para la planificación del plan de cierre y la restauración exitosa del espacio degradado (Vargas Ríos *et al.*, 2010; Valenzuela, *et al.*, 2014).

OBJETIVO GENERAL

-Evaluar el impacto ambiental sobre el suelo en la explotación de áridos de una cantera de la localidad de Epuyen, en el Oeste de la provincia de Chubut, Patagonia Argentina.

Objetivos específicos

- Caracterizar las propiedades morfológicas y químicas del suelo del espacio a explotar.
- Valorar los impactos generados por la explotación de áridos sobre el suelo y la vegetación.
- Desarrollar una propuesta de gestión ambiental del suelo y del espacio degradado, adecuada a la legislación vigente y a las características ecosistémicas del lugar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una cantera de áridos en explotación (Figura 1) ubicada en la localidad de Epuyén, Chubut (42°12'43.97 S -71°23'52.90" W). El área se corresponde con la Cordillera Norpatagónica, caracterizada por cordones montañosos de orientación Norte Sur separados por valles que fueron ocupados por el hielo glaciar en las últimas glaciaciones. Al norte se desarrolla el cordón Piltriquitrón y separado por un angosto valle se emplaza en el cordón El Pirque (Co Pirque 1830 msnm). Hacia el sur se encuentran los cordones Cholila (más occidental) y Leleque. Al oeste del sitio y transversalmente al desarrollo de estos cordones se emplaza el Lago Epuyén que vierte sus aguas hacia el norte en el Lago Puelo, a partir del río homónimo (Lizuain, 2010).



Figura 1: Área de estudio

Las características geomorfológicas del área son las típicas de una región enlazada que preserva las geofomas de erosión y acumulación glaciaría (morenas) con rasgos sobrepuestos recientes producidos por la acción geológica del agua y movimientos de remoción en masa asociados (Miró, 1967).

El ambiente donde se sitúa la cantera está caracterizado por la presencia de la vegetación y el paisaje característico de la Provincia Patagónica (Cabrera, 1976): una zona ecotonal de transición estepa-bosque, sectores de estepa gramínea y subarborescente e inclusiones de bosques ralos de ciprés y ñire. Los suelos pertenecen al orden Andisol. El régimen de humedad de los mismos es xérico-ústico y el de temperatura, méxico (Irisarri *et al.*, 1995; Colmet Daage *et al.*, 1988).

Se identificó en gabinete la cantera en estudio mediante el visualizador de imágenes Google Earth. Utilizando el programa QGIS 3.14.13, se delimitó el área afectada por la explotación de la cantera y se caracterizó el relieve de la misma a partir de la elaboración de las curvas de nivel. Las mismas se obtuvieron en QGIS a partir de un Modelo Digital de Elevaciones de 1 segundo de arco (pixel de 30 m), que se descargó de la página Earth explorer del USGS (Servicio Geológico de los EE.UU), utilizando como referencia la guía de apuntes de la cátedra de Topografía y Teledetección (Calderón, 2019).

Con esta información, y mediante el uso de un GPS Garmin Etrex, se visitó el sitio, para corroborar la posición georreferenciada y caracterizar el estado ambiental de la misma.

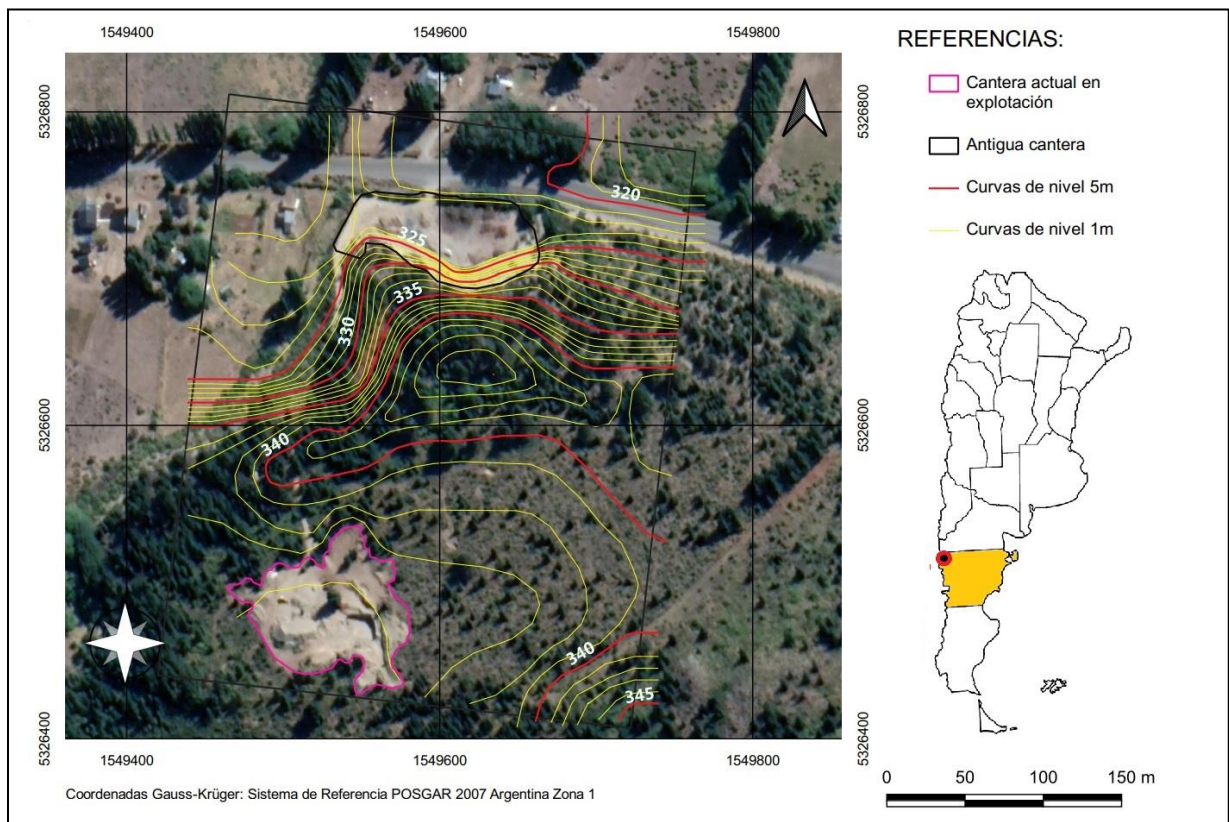


Figura 2: Área afectada por la explotación

En el campo se determinaron las características del suelo y la vegetación, principales componentes del ambiente impactadas por la actividad extractiva.

Con los resultados de campo y laboratorio obtenidos, se realizó una propuesta de restauración del espacio degradado y gestión del suelo en la cantera, teniendo en cuenta la legislación vigente en la Provincia de Chubut.

Se realizaron los siguientes muestreos a campo y trabajos en laboratorio:

Muestreo de campo

Suelos

Se realizaron dos calicatas en el área de estudio, una fuera del espacio degradado por la explotación, el cual se consideró como el suelo original preexistente (Perfil A), y otra en el área de explotación de la cantera (Perfil B). Se llevó a cabo la descripción morfológica de los perfiles del suelo por horizonte según el Libro de Campaña de Suelos (Schoeneberger *et al.*, 2000). Se tomaron muestras de todos los horizontes (5) y una muestra del material edáfico acopiado dentro de la cantera para análisis químicos. El mismo se corresponde con la capa edáfica superficial que es eliminada en la etapa de apertura de la explotación de la cantera (Figura 3).



Figura 3: a) Sitio perfil A. b) Sitio Perfil B. c) Sitio del material edáfico acopiado.

Vegetación

Para el relevamiento de la vegetación, el área de estudio fue estratificada en dos sitios: uno en el área explotada y otro fuera del espacio afectado por la explotación, el cual se consideró como área testigo. Se realizó un muestreo al azar con parcelas circulares según la metodología propuesta por Matteucci (1982).

Como el área en explotación de la cantera no contaba con vegetación (Figura 4), solo se relevó la del área no afectada por la explotación, se estimó la cobertura vegetal y se determinó la abundancia relativa y la riqueza específica.



Figura 4: Área afectada por la explotación sin cobertura vegetal.

Trabajos en laboratorio

Determinación de las propiedades físico-químicas de los suelos

Las 6 muestras correspondientes a los perfiles y al acopio de la capa edáfica se colocaron en bandejas, fueron secadas al aire y posteriormente pasadas por tamiz de malla de 2 mm. Se realizaron las siguientes determinaciones analíticas: pH en agua (1:1) por vía potenciométrica (Bailey, 1943), pH en FNa (Fieldes y Perrot, 1966), materia orgánica (Davies, 1974) y conductividad eléctrica (Allison, 1980) (Figura 5). Con la información obtenida, se clasificaron los perfiles de suelo según el Soil Survey Staff (2014).

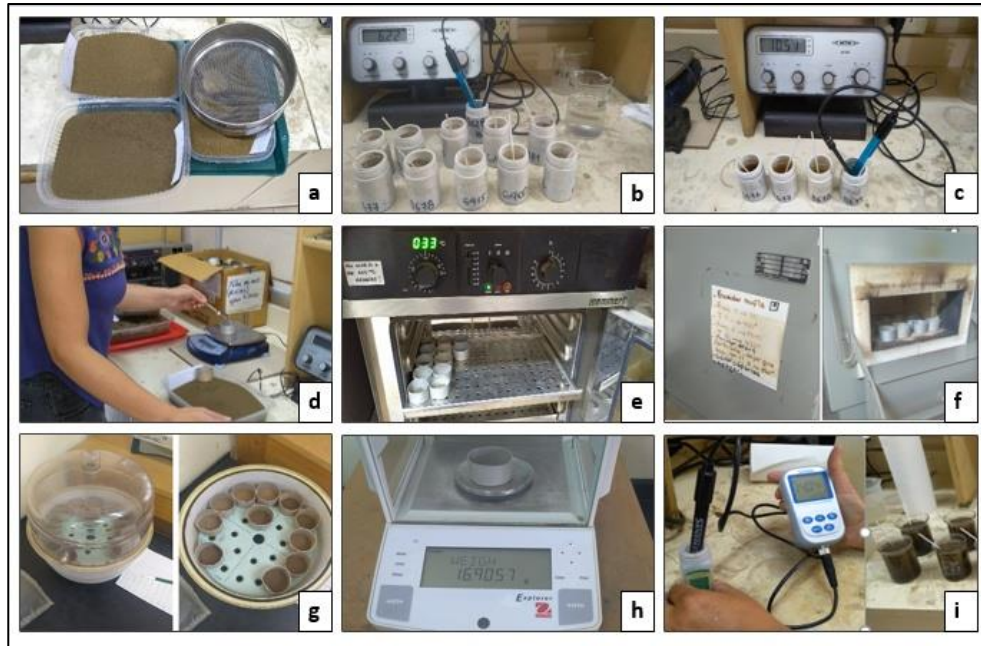


Figura 5: Procesamiento de muestras de suelo en laboratorio: a) tamizado de muestras; b) medición pH en agua; c) medición pH en FNa; d) peso de muestras en balanza para determinar materia orgánica; e) muestras en estufa; f) muestra en mufla; g) muestras en desecador con silicagel; h) muestra en balanza analítica; i) medición de conductividad eléctrica.

Antes de realizar las mediciones se procedió a la calibración de los equipos a utilizar (Rojas Quinteros, 2004), para que los resultados sean precisos y exactos. La calibración del peachímetro se realizó con soluciones buffer de pH =7.0 y pH = 4.0 (Figura 6) y la del conductivímetro con una solución de KCl 0.01 N (Figura 7).



Figura 6: Calibración de peachímetro.



Figura 7: calibración de conductímetro.

Para la determinación del tipo de arcilla de la serie alófano-imogolita-haloisita (no cristalina-cristalina), producto del proceso de andosolización de las cenizas volcánicas, se consideran los siguientes valores de pH en FNa:

Arcilla	Medición pH FNa	
	2'	60'
Haloisita	< 9,2	< 9,2
Imogolita	< 9,2	> 9,2
Alófano	> 9,2	> 9,2

Ponderación de impactos ambientales

La **Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)** es un procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos; todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de la administración pública competente (Conesa *et al.*, 1997).

Si bien existen numerosos modelos y procedimientos para la evaluación de impactos sobre el medio ambiente, en el presente trabajo final los impactos sobre el suelo y la vegetación fueron ponderados utilizando la metodología establecida por Conesa Fernández-Vítora (1997), a partir de matrices causa-efecto que se basan en métodos cualitativos.

La Matriz de Impacto Ambiental, es el método analítico, por el cual, se le puede asignar la importancia (I) a cada impacto ambiental posible de la ejecución de un proyecto en cada una de sus etapas.

Esta Metodología pondera la importancia de los impactos aplicando la siguiente Ecuación para el Cálculo de la Importancia (I) de un impacto ambiental:

$$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Dónde:

\pm = Naturaleza del impacto

I = Importancia del impacto

i = Intensidad o grado probable de destrucción

EX = Extensión o área de influencia del impacto

MO = Momento o tiempo entre la acción y la aparición del impacto

PE = Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto

RV = Reversibilidad

SI = Sinergia o reforzamiento de dos o más efectos simples

AC = Acumulación o efecto de incremento progresivo

EF = Efecto (tipo directo o indirecto)

PR = Periodicidad

MC = Recuperabilidad o grado posible de reconstrucción por medios humanos

El desarrollo de la ecuación de (I) es llevado a cabo mediante el modelo propuesto en el siguiente cuadro, asignándole valores a la ecuación según el nivel de impacto que se alcanzará:

Matriz de Cálculo de Importancia de los Impactos

Naturaleza (signo)		Intensidad (i)	
Beneficioso	+	Baja	1
Perjudicial	-	media	2
		Alta	3
		Muy alta	8
		Total	12
Extensión (EX)		Momento (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	8
Crítico	12		
Persistencia (PE)		Reversibilidad (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI)		Acumulación (AC)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
Efecto (EF)		Periodicidad (PR)	
Indirecto	1	Irregular	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC)			
Recuperable inmediato	1		
Recuperable	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

De esta manera queda conformada la llamada Matriz de Impactos, la cual está integrada por un número que se deduce mediante el modelo de importancia propuesto, en función del valor asignado a los símbolos considerados.

Una vez obtenidos estos datos, se detallarán los impactos potenciales directos e indirectos, que actúan fundamentalmente sobre los factores físicos y bióticos, activando los diversos procesos sobre el medio ambiente.

En función de este modelo, los valores extremos de la Importancia (I) pueden variar:

VALOR I (13 y 100)	Calificación	Significado
<25	BAJO	La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del Proyecto en cuestión.
25 ≥ < 50	MODERADO	La afectación del mismo, no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas.
50 ≥ < 75	SEVERO	La afectación de este, exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es un período prolongado.
≥ 75	CRÍTICO	La afectación del mismo, es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. No hay posibilidad de recuperación alguna.

RESULTADOS

Caracterización morfológica de los perfiles de suelo

Perfil A: Está ubicado a 42°12'47,8''S y 71°23'59,2''W en un relieve plano. El material originario del suelo es derivado de ceniza volcánica y por debajo se encuentra material fluvio-glacial (Figura 8).

La secuencia de horizontes comienza con un horizonte A de 20 cm de profundidad, color pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en seco y negro (10YR 2/1) en húmedo, con una estructura en bloques subangulares, medianos y débiles que rompen a grano suelto, y la presencia de raíces se clasifica como común (en abundancia de las mismas).

A continuación, con un límite plano y gradual, aparece el horizonte Bw de 22 cm de espesor, con un color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en seco y pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo. La estructura se manifiesta en bloques subangulares de tamaño fino, muy débil, que rompen a grano suelto y la presencia común de raíces. Por último, se encuentra un límite gradual y plano que da inicio al horizonte C1 a partir de los 42 cm, que tiene un espesor de 88 cm de profundidad, llegando el perfil hasta 1,3 m. Presenta un color pardo (10YR 4/3) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo y una estructura igual a la del horizonte Bw, con bloques subangulares medios y moderados, la cantidad de raíces es escasa. El suelo presenta un buen drenaje. A partir de 1,3 m de profundidad se manifiesta una discontinuidad litológica, el 2C2, que se corresponde con el material fluvio-glacial (Tabla 1).

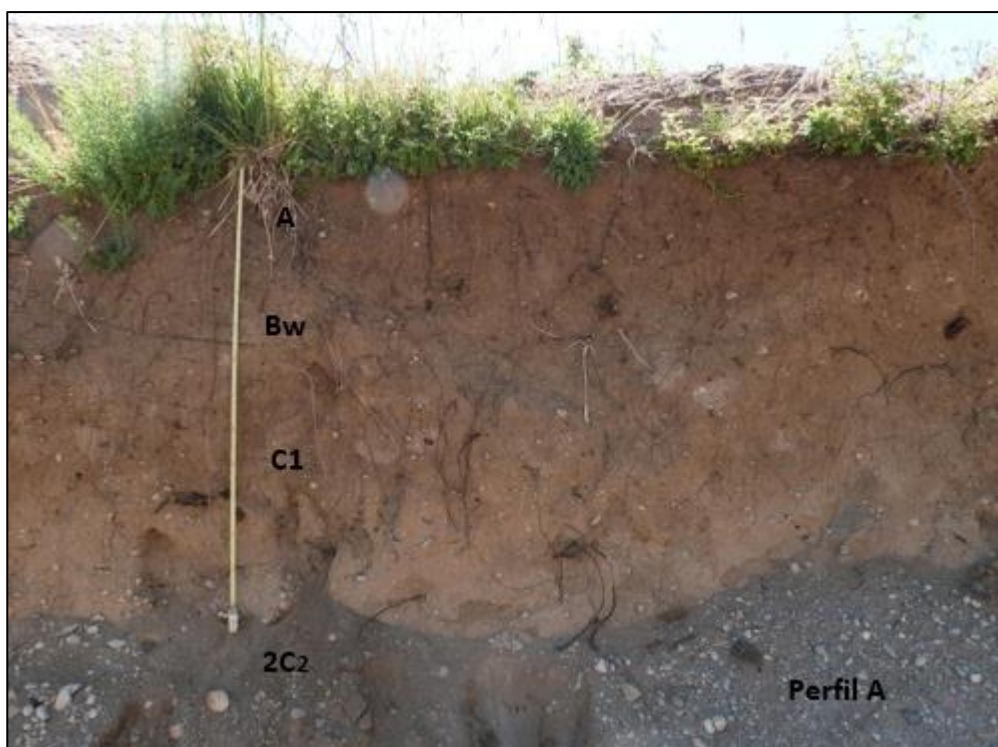


Figura 8: Perfil A

Perfil B: Está ubicado a $42^{\circ}12'48''S$ y $71^{\circ}24'4''W$ en un relieve plano. El material originario es ceniza volcánica y por debajo se encuentran depósitos de origen fluvio-glacial, que constituyen los materiales que se explotan en la cantera (Figura 9).

En este perfil no está presente el horizonte A, el mismo ha sido decapitado durante la explotación de la cantera (Figura 9). Se distinguen 2 horizontes: el C1 tiene 19 cm de profundidad, presentando un color pardo amarillento claro en seco (10YR 6/4) y pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR 4/4), su estructura está compuesta por bloques subangulares finos (<1cm) y débiles que rompen a grano suelto, se observa muy poca cantidad de raíces. Su límite inferior es claro y plano, continuando al horizonte C2 que va desde 19 cm hasta 50 cm de profundidad, el color es pardo pálido en seco (10YR 6/3) y pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR 3/4). La estructura presenta bloques angulares de tamaño grueso y moderado, no se observan raíces y el suelo presenta un buen drenaje. Finalmente, con un contacto plano y abrupto aparece el 2C3, a partir de los 50 cm de profundidad, que se corresponde con el material fluvio-glacial (Tabla 1).



Figura 9: Perfil B



Figura 10: Ausencia de horizonte A

Tabla 1: Propiedades morfológicas de los perfiles estudiados.

Perfil	Horizonte	Prof. (cm)	Color		Estructura*	Límite**
			Seco	Húmedo		
A	A	0 – 20	10YR 3/4	10YR 2/1	SBK-M-1	G - S
	Bw	20 – 42	10YR 4/4	10YR 2/2	SBK-F-1	G - S
	C1	42 -130	10YR 4/3	10YR 3/4	SBK-M-1	A - S
	2C2	130 - (+)				
B	C1	0 -19	10YR 6/4	10YR 4/4	SBK-F-1	C - S
	C2	19 – 50	10YR 6/3	10YR 3/4	ABK-G-2	A - S
	2C3	50 - 110 (+)				

*Tipo ABK: bloques angulares, SBK: bloques subangulares que rompen a grano suelto. Tamaño F: fino, M: mediano, G: grueso. Grado 1: débil, 2: moderado.** Definición: A: abrupto, C: Claro, G: gradual. Topografía S: Plano.

Material edáfico acopiado: El mismo se corresponde con la capa edáfica superficial que es eliminada antes de la explotación de la cantera y se encuentra en el predio de la cantera a 42°12'46,9''S y 71°24'0,1''W. Presenta un color pardo en seco (10YR 4/3) y pardo muy oscuro en húmedo (10YR 2/2), no presenta estructura pedogenética porque es material removido y mezclado (Figura 11).



Figura 11: Material edáfico acopiado.

Propiedades físico-químicas del perfil de los suelos

Las texturas de los 2 perfiles son franca y franco arenosa. La conductividad eléctrica varía entre 0,010 y 0,020 dS/m, los valores de pH en agua (1:1) varían entre 6,07 y 6,44, y el porcentaje de materia orgánica (MO) en el perfil A fue de 5,1% en el horizonte A y de 3,7-3 % en los horizontes Bw y C respectivamente, mientras que en el perfil B, en los horizontes C fue de 1,3 y 1,5 % de MO.

Los valores de pH en FNa se encuentran entre 10,00 y 10,48 a los 2 minutos y 10,58 y 11,00 a los 60 minutos (Tabla 2).

Tabla 2: Propiedades físicas y químicas de los perfiles.

Perfiles	A			B		Mat. Edáfico Acopiado
Horizontes	A	Bw	C	C1	C2	
pH 1:1	6,24	6,245	6,44	6,44	6,26	6,10
CE (dS/m)	0,014	0,014	0,012	0,010	0,010	0,020
pH FNa 2´	10,21	10,25	10,04	10,15	10,00	10,48
pH FNa 60´	10,79	10,78	10,68	10,58	10,66	11,00
%MO	5,1	3,7	1,4	1,5	1,3	3,7
Textura	franco arenoso	franco arenoso	franco arenoso	franco	franco	franco arenoso

De los dos perfiles de suelo que se analizaron, el perfil A presenta una secuencia de horizontes A-Bw-C1-2C2, y en el perfil B aparecen los horizontes C1 y C2, estando ausentes los horizontes A y Bw, que fueron eliminados en la etapa de apertura de la cantera.

Las texturas de los perfiles y del material edáfico acopiado varían entre franca y franco arenosa, presentando una proporción adecuada de arena, limo y arcilla, que permiten un buen drenaje del agua. Los contenidos de materia orgánica son muy bien provistos en los horizontes A, Bw y en el material edáfico acopiado, y moderadamente provistos en los horizontes C. Los valores de conductividad eléctrica indican que los suelos y el material edáfico acopiado son no salinos (inferiores a 0,9 dS/m). El pH en agua (1:1) varía entre 6,10 y 6,44 siendo levemente ácido. El pH en FNa, con valores mayores a 9,2 a los 2 minutos y a los 60 minutos, indica la presencia de alófano, arcilla no cristalina. Estas arcillas se forman en regiones con precipitaciones entre 800 y 1500 mm a partir de la meteorización química de la ceniza volcánica (andosolización o alofanización) (Colmet Daage *et al.*, 1988). La presencia de estas arcillas permite clasificar a estos suelos, según la Soil Survey Staff (2014) como Andisoles. Estos resultados coinciden con los encontrados por otros autores para zonas con iguales características climáticas y de material originario (Ortiz, 1976; Besoin, 1985; Colmet Daage *et al.*, 1988; Broquen *et al.*, 1995; López *et al.*, 1992; Valenzuela *et al.*, 2002).

Vegetación

En el Perfil A la cobertura vegetal estimada fue del 70% y está representada por: *Rosa rubiginosa* (rosa mosqueta), *Acaena pinnatifida* (abrojo), *Rhamnus lycioides* (espino negro), *Festuca pallescens* (coirón), *Berberis microphylla* (calafate) y *Diostea juncea* (retama, palo negro) (Figura12).

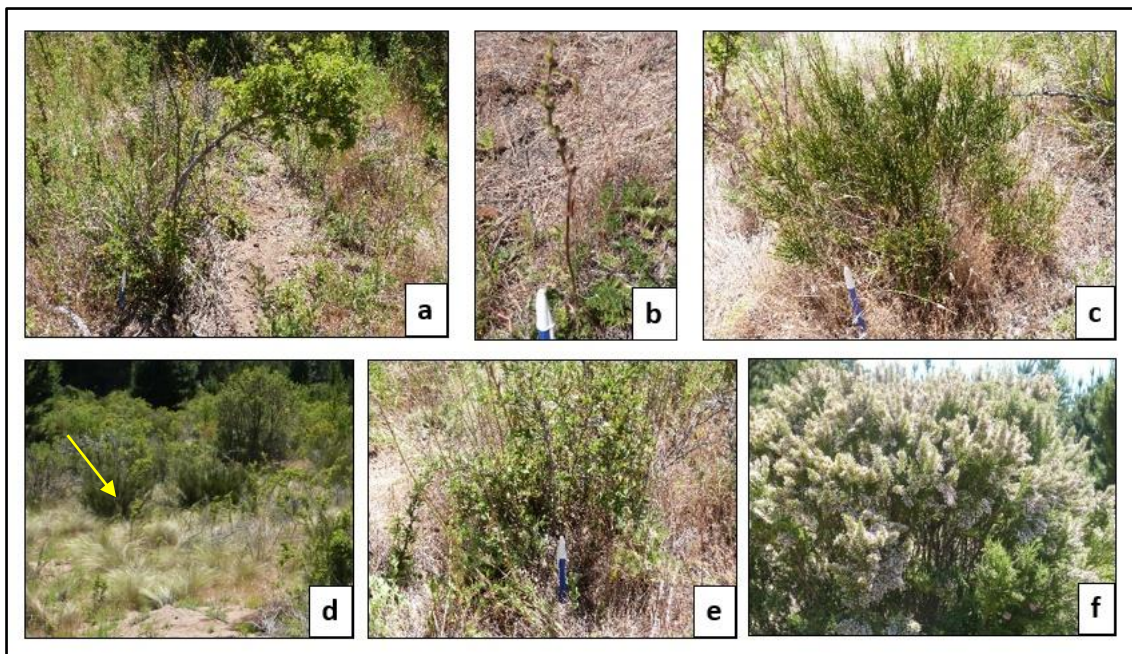


Figura 12: Especies relevadas en el perfil A. a: *Rosa rubiginosa*, b: *Acaena pinnatifida*, c: *Rhamnus lycioides*, d: *Festuca pallescens*, e: *Berberis microphylla*, f: *Diostea juncea*.

La abundancia fue de 376 individuos siendo las más abundantes *Acaena pinnatifida* y *Festuca pallescens*, y la riqueza específica fue de 6 (Tabla 3).

Tabla 3: Abundancia y riqueza específica en el Perfil A.

Especies	Perfil A
<i>Rosa rubiginosa</i>	37
<i>Acaena pinnatifida</i>	170
<i>Rhamnus lycioides</i>	3
<i>Festuca pallescens</i>	155
<i>Berberis microphylla</i>	10
<i>Diostea juncea</i> .	1
Abundancia	376
Riqueza	6

También se observaron en este sitio, de manera aislada, algunas especies implantadas de *Pinus contorta* var. *latifoliada*, *Pinus ponderosa* y *Pseudotsuga menziesii*; y fuera del área de la cantera, especies nativas de *Maytenus boaria*, *Austrocedrus chilensis* y *Schinus patagonicus*.

El Perfil B, que se corresponde con el área actualmente explotada, no presentaba vegetación. Esta situación también es descripta para canteras de la provincia de Chubut (Ferro y Valenzuela, 2014; Ferro *et al.*, 2013). En general, el área explotada se encuentra desprovista de vegetación debido a la pobre calidad físico-química del piso de la cantera y a su escasa actividad biológica, una vez que se ha eliminado la cubierta edáfica (Rizzuto *et al.*, 2014). Por ello se considera que es necesario desarrollar técnicas de restauración para lograr el restablecimiento del paisaje.

Valoración de los impactos generados por la explotación de áridos sobre el suelo y la vegetación

La explotación de canteras de áridos consta de una serie de etapas que impactan severamente sobre el suelo y la vegetación (Figura13).

Estas etapas se dividen en:

- Etapa de preparación y planificación: se realiza una evaluación económica del yacimiento y una evaluación de impacto ambiental según normativa vigente.
- Etapa de Apertura de la cantera: constituye el inicio de la preparación del área a explotar. Se realizan las tareas de desbroce o desmonte, que consisten en la quita de la cubierta vegetal con topadoras en el área que va a ser aprovechada como cantera y en la decapitación del suelo.
- Etapa de explotación: Se realizan actividades de excavación, extracción de áridos, carga, transporte, selección, y acopio de materiales pétreos dentro de la cantera. Los materiales finos tamaño arena o grava fina (áridos) son los que se comercializan. Las rocas grandes o material muy fino, que no tienen un valor comercial, se acopian en un sector de la cantera y se clasifican como material estéril.

Todos estos materiales consisten en sedimentos constituidos por clastos de rocas ígneas de distinta granulometría compuestos por minerales silicáticos, los cuales son inertes y no generan ningún tipo de contaminación química.

- Etapa de cierre y abandono de la cantera: es el momento en donde termina la explotación de áridos debido al agotamiento del recurso mineral. En la cantera quedan depresiones de gran profundidad, taludes verticales o de fuertes pendientes, caminos internos con suelo compactado, cavas y lomadas de acopios de material estéril no comercializado.

Antes del inicio de una explotación de áridos se debe realizar una evaluación de los impactos que se producirían en cada etapa, y se deben mencionar las medidas para minimizar los mismos una vez que ha cesado la explotación.

En el caso de la cantera en estudio, las medidas de restauración que se presentaron en la Evaluación de Impacto Ambiental, antes del inicio de la explotación, son las mínimas exigidas actualmente por la Autoridad de Aplicación, Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable de la Provincia del Chubut. Este organismo requiere que la restauración consista mínimamente en la estabilización de los taludes para disminuir el riesgo para terceros o animales.

Estudios realizados en 18 canteras en el oeste de Río Negro (Ferro y Valenzuela, 2014) mencionan que en las mismas no se tuvo en cuenta una gestión ambiental desde el inicio de la explotación, y la vegetación y el suelo fueron eliminados conjuntamente en la etapa conocida como desbroce o desmonte, solo una cantera se encontraba remediada, con una nivelación de los taludes y una incipiente revegetación natural. Resultados similares se obtuvieron para 6 canteras del Ejido Municipal de Esquel (Ferro y Valenzuela, 2012).

En otras ocasiones, solamente se estabilizan los taludes del frente de explotación una vez concluida la actividad extractiva, en donde solo se logra reducir la peligrosidad de este sitio para las personas o animales (Ferro *et al.*, 2013; Ciano *et al.*, 2003).

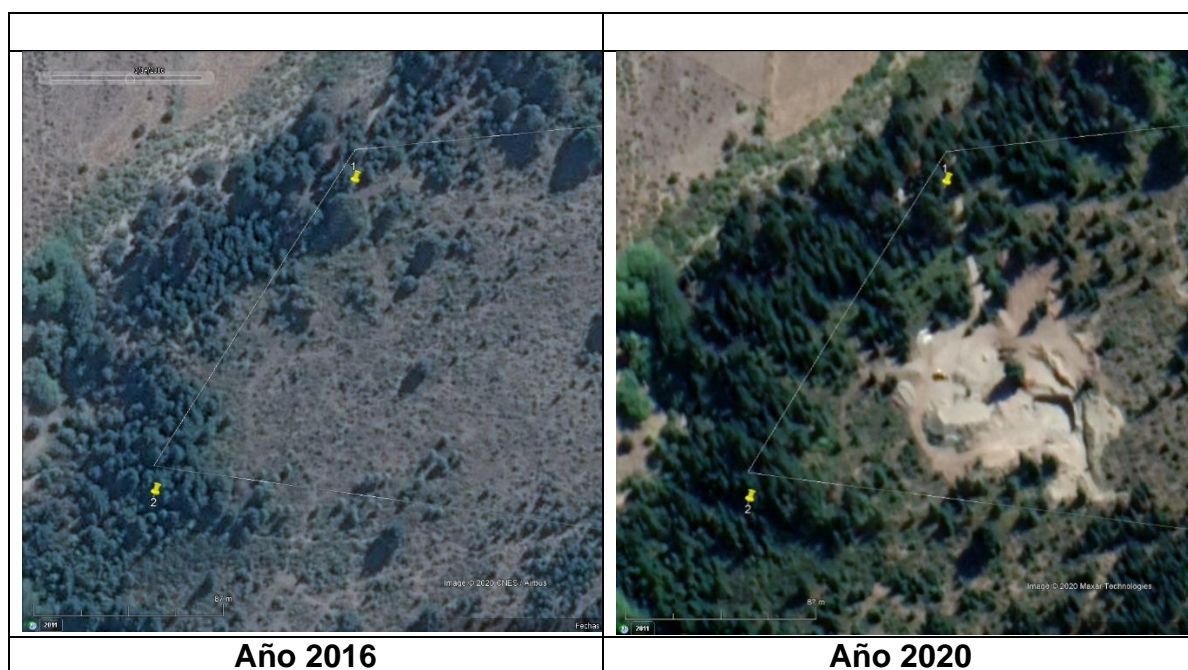


Figura13: Impacto sobre el suelo y la vegetación.

Para realizar la valoración del impacto ambiental que se generaría sobre el suelo y la vegetación durante las etapas de apertura, explotación y abandono y cierre, sin tener en cuenta una adecuada gestión ambiental que implique una restauración o rehabilitación del sitio, se realizó una Matriz de importancia sintética de impactos (Conesa Fernández-Vítora *et al.*, 1997) (Tabla 4 y 5).

Tabla 4: Valoración de Impacto Ambiental sobre el suelo.

Matríz de Importancia del impacto sobre el suelo de una explotación de una cantera														
Matríz de Importancia sintética de Impactos (Vicente Conesa Fernández Vítora, 1997)														
$I = +/- (3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$														
Acción	Factor ambiental	+/-	Intensidad (i)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	Importancia	IMPACTO
Etapa apertura de la cantera	SUELO	-	12	8	4	4	4	4	4	4	4	8	-88	CRÍTICO
Etapa de explotación		-	12	8	4	4	4	4	4	4	4	8	-88	CRÍTICO
Etapa de abandono y cierre inadecuado		-	8	8	4	4	2	2	4	4	4	8	-72	SEVERO

Tabla 5: Valoración de Impacto Ambiental sobre la vegetación.

Matríz de Importancia del impacto sobre la vegetación de una explotación de una cantera														
Matríz de Importancia sintética de Impactos (Vicente Conesa Fernández Vítora, 1997)														
$I = +/- (3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$														
Acción	Factor ambiental	+/-	Intensidad (i)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	Importancia	IMPACTO
Etapa apertura de la cantera	VEGETACIÓN	-	12	8	4	4	4	4	4	4	4	8	-88	CRÍTICO
Etapa de explotación		-	12	8	4	4	4	4	4	4	4	8	-88	CRÍTICO
Etapa de abandono y cierre inadecuado		-	8	8	4	4	2	2	4	4	4	8	-72	SEVERO

A continuación, se describen los parámetros que se tuvieron en cuenta para aplicar el cálculo de la Importancia de impactos y se fundamentan los valores (subjetivos) adoptados.

Se debe considerar la naturaleza del impacto, el mismo tiene carácter negativo (-) si se modifican negativamente las condiciones naturales y perjudican a los factores ambientales considerados, y (+) si no se modifican, o si existen prácticas de restauración, que mejoran el impacto negativo.

Intensidad (i): Este parámetro hace referencia al grado de destrucción de los factores ambientales analizados. En este caso, la vegetación se quita mediante desmonte con topadoras y el suelo es extraído en su totalidad desde el momento que comienza la actividad de apertura de la cantera. Por eso se considera que la intensidad es máxima, porque el grado de destrucción sobre el suelo y sobre la

vegetación es total (tanto en la etapa de apertura como en la etapa de explotación de la cantera). Por lo tanto, la intensidad en esas dos etapas, tomaría el máximo valor en la matriz de Importancia, que es 12 puntos. Luego, en la etapa de cierre de la cantera, la intensidad continúa siendo muy alta, aunque disminuye con respecto a las etapas anteriores porque ya no hay máquinas extrayendo material que compactan y erosionan el suelo, por eso se considera una intensidad muy alta asumiendo un valor de 8 puntos. En el caso de la vegetación, hay mínimas posibilidades de que se recupere naturalmente con ayuda del clima y la calidad del suelo, aunque a muy largo plazo, motivo por el cual, también se valora la intensidad como muy alta para la vegetación en el cierre de la cantera.

Extensión (EX): La extensión del impacto se manifiesta sobre la totalidad del área en donde se lleva a cabo la actividad extractiva, por lo tanto, es total en todas las etapas de la misma (apertura, explotación y cierre de la cantera), afectando por igual a la vegetación y al suelo, porque ambos factores son eliminados, por lo tanto, este parámetro toma un valor de 8 puntos.

Momento (MO): El impacto se manifiesta de forma inmediata sobre la vegetación y sobre el suelo, ya que ni bien se diseña la superficie a explotar, se inicia el desmonte de vegetación y el destape de la capa edáfica del yacimiento subyacente para posteriormente iniciar con la explotación propiamente dicha de la cantera. Por lo tanto, el impacto que se manifiesta inmediatamente toma un valor de 4 puntos.

Persistencia (PE): Este parámetro hace referencia al tiempo que permanece el efecto generado por el impacto sobre el factor ambiental analizado. En este caso, tanto el suelo como la vegetación, son gravemente impactados durante las primeras etapas de apertura y explotación, no hay posibilidad de revertir el efecto causado por el impacto, por lo tanto, la persistencia es durante todo el tiempo que dura la apertura y la explotación. Luego, cuando se cierra la cantera, el efecto continúa por muchos años y sin una gestión adecuada del área explotada, la persistencia del impacto podría disminuir por revegetación natural, pero a muy largo plazo, por eso, de todas formas, se considera permanente. Se le asigna un valor máximo de 4 puntos.

Reversibilidad (RV): La reversibilidad en esta matriz refiere a la capacidad que tienen los factores ambientales (suelo y vegetación) de retornar a las condiciones previas a la actividad y recuperar su capacidad agroproductiva por medios naturales. Así, durante las etapas en que la actividad este ejecutándose (apertura y explotación de la cantera), el impacto va a ser irreversible (4 puntos). En tanto, cuando la cantera se cierra, existen muy pocas probabilidades de que los factores se recuperen, pero aun así, evaluando en forma optimista, se puede considerar que hay reversibilidad. La recuperación, si fuera solo por acción de la naturaleza, sería a largo plazo (como en la matriz no está esa opción, se valora como reversible a medio plazo), asignándose entonces, un valor de 2 puntos.

Sinergia (SI): En este caso se tiene en cuenta si el impacto produce un efecto sinérgico, es decir, si produce un conjunto de acciones simultáneas que se potencian, causando mayor impacto que si las mismas se produjeran en forma individual. En el caso de la actividad extractiva de las canteras hay sinergismo, ya que la pérdida de vegetación y del suelo, induce indefectiblemente la pérdida total

de biodiversidad vegetal y animal, además de generar procesos erosivos sobre suelos aledaños, afectando también otros factores ambientales, como los paisajísticos, por ejemplo. Por este motivo, el impacto sobre el suelo y la vegetación durante las 2 primeras etapas de la actividad es muy sinérgico (4 puntos), y cuando se cierra la cantera, si no hay aplicación de obras correctoras, también hay sinergismo, pero de menor intensidad (2 puntos).

Acumulación (AC): Este parámetro hace referencia al incremento progresivo que va causando el impacto sobre el factor ambiental analizado. Desde el momento que comienza la actividad de apertura, se produce un daño total sobre el suelo y la vegetación, que se va incrementando con la compactación, la erosión y el deterioro ambiental en áreas aledañas, por lo tanto, hay un efecto acumulativo (4 puntos) en la apertura y explotación de la cantera que se extiende también después del cierre de la misma.

Efecto (EF): Al analizar este parámetro, se observa de qué forma afecta al factor ambiental la actividad realizada, es decir, si el impacto es directo o indirecto (a través de otras acciones que se desencadenan como consecuencia de la actividad realizada) sobre el suelo y la vegetación. En este caso se observa un impacto directo, porque ambos factores (suelo y vegetación) son eliminados desde el inicio de la actividad y durante la explotación. Posteriormente, con un cierre de cantera inadecuado, el impacto continúa siendo directo (4 puntos).

Periodicidad (PR): Se observa la regularidad con que se manifiesta el impacto sobre el factor ambiental. En las canteras el impacto es continuo (4 puntos) sobre el suelo y la vegetación, porque la alteración de estos factores perdura en el tiempo, incluso después del cierre de la cantera.

Recuperabilidad (MC): Hace referencia a la posibilidad de recuperar total o parcialmente el factor ambiental afectado, por medio de intervención humana. Esta recuperación solo puede realizarse después de finalizar la actividad extractiva, por lo tanto, durante la apertura y explotación de la cantera, el impacto va a ser irreparable. En la etapa de cierre sin gestión ambiental, el impacto producido también se considera irreparable (8 puntos).

Considerando los puntos de valoración que se asignaron a cada parámetro, al aplicar la fórmula de cálculo de Importancia (Tablas 4 y 5), el impacto ambiental sobre el suelo y la vegetación es perjudicial (valor negativo), alcanzando valores de 88 puntos (crítico) tanto en la apertura de la cantera como en la etapa de explotación. En el caso de la etapa de abandono alcanza una valoración de la importancia del impacto de 72 puntos negativos (severo).

Un impacto negativo crítico, indica que la actividad genera un impacto superior al umbral aceptable, produciendo una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales, sin posibilidad de recuperación alguna de los factores ambientales afectados. Este impacto puede permanecer siendo crítico o severo durante decenas de años, incluso permanentemente, ya que el tiempo de recuperación de los factores ambientales por condiciones naturales es poco probable y a muy largo plazo. Ante esta situación es fundamental la recuperación de las

condiciones del medio a través de medidas de gestión ambiental correctoras o protectoras.

Legislación ambiental

Una vez descriptos los impactos generados por esta actividad extractiva, y antes de elaborar una propuesta de restauración ambiental, es imprescindible tener en cuenta el encuadre legal. En ese sentido y haciendo referencia particularmente a las explotaciones mineras, en la provincia de Chubut existe normativa vigente que regula la forma de llevar a cabo este tipo de actividades.

En lo que respecta a la normativa ambiental vinculada a las actividades extractivas, la Ley Provincial XI N°15 (Antes Ley N°4069) de Restauración del espacio natural en explotaciones mineras, es la más antigua que se mantiene en vigencia. Fue sancionada en Rawson, el 2 de marzo de 1995 y establece la obligación de realizar la restauración del espacio natural afectado por las labores mineras, entre las que se incluyen las canteras.

Las empresas que realicen la extracción de áridos, deben presentar una solicitud de aprovechamiento o concesión y un plan de restauración previo a realizar la explotación de recursos. La autorización del aprovechamiento se otorga sí y sólo sí, el plan de restauración es aprobado (siempre que éste asegure la restauración del área afectada luego del cierre de las canteras). En el Art. 5 de la presente Ley se detallan los contenidos mínimos que deben presentarse en el plan, entre los que se especifica cómo realizar la descripción del lugar que se va a explotar y las medidas previstas para la restauración.

Una de las principales acciones que se debe llevar a cabo, es la evaluación o estudio del impacto ambiental que generaría la explotación sobre los recursos naturales de la zona (Art. 5, inciso 2-b - Ley XI N°15). Además, el titular o responsable de la explotación de la cantera, debe presentar y cumplir un calendario de ejecución de las obras de restauración y cubrir los costes de las mismas por sus propios medios.

El decreto provincial N° 185/09 que reglamenta algunos capítulos de la Ley N° 5439 "Código Ambiental de la Provincia de Chubut" (según Art.1), establece en el capítulo XIV disposiciones acerca de Proyectos, actividades u obras específicas de la actividad minera, donde se incluyen las canteras. Según Art. 55, los interesados en llevar a cabo este tipo de proyectos, deben presentar un Informe de Impacto Ambiental respondiendo a las guías otorgadas por la autoridad de aplicación para cada una de las etapas (Apertura, explotación, cierre, restauración). Este artículo tiene el fin de dar cumplimiento a lo establecido por La Ley Nacional N° 24.585 de la Actividad Minera y por el Art. 251 del Código de Minería, incorporado por la misma.

La Ley Nacional N° 24.585 de la Actividad Minera - Impacto Ambiental establece en el Art.17, según inciso d) que el Informe de Impacto Ambiental presentado por los interesados en el aprovechamiento, debe incluir las medidas de prevención, mitigación, rehabilitación, restauración o recomposición del medio alterado según correspondiere.

Es importante mencionar que la habilitación del proyecto de explotación de áridos de la cantera en estudio, se encuadra en el Código de Planeamiento, dentro del Plan de Ordenamiento Territorial de Epuyen, ordenanza 1004/2011, en el nomenclador de usos permitidos, en el inciso 5.2 pequeñas industrias mezcladas, con condicionamientos especiales.

Asimismo, el espacio a explotar caracterizado por una vegetación gramínea arbustiva se encuentra fuera del territorio determinado por el Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) de la Provincia del Chubut – Ley XVII N° 92, de acuerdo a lo establecido por la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos.

Propuesta de rehabilitación del área explotada por la cantera

Dado que la Ley Nacional N° 24.585 de la Actividad Minera - Impacto Ambiental menciona que se deben incluir las medidas de rehabilitación, restauración o recomposición del medio alterado, se definen estos conceptos según Porta (2008):

- Restauración ambiental: es el más generalizado para identificar las acciones llevadas a cabo en este tipo de obras y que consisten en recuperar ambientalmente (en la mayor medida posible) el área degradada por las actividades extractivas.

En el sentido estricto, el concepto restauración consiste en reduplicar en forma exacta las condiciones que existían antes de producirse la degradación o alteración del área, situación que difícilmente suceda en la explotación de canteras, ya que el relieve de la zona y el suelo queda indefectiblemente modificado.

- Rehabilitación: consiste en un conjunto de prácticas o acciones que permitirán hacer útil un espacio que ha sido degradado, devolviendo a sus suelos un estado tal que les permita desarrollar un conjunto de funciones agroecológicas básicas de tal manera de lograr la reconversión del espacio.

Es importante mencionar que la Ley Nacional N° 24.585 no explicita estos conceptos llevando a interpretaciones subjetivas de lo que se entiende sobre la recuperación del espacio degradado.

Se sugiere, en el presente trabajo, una propuesta de “rehabilitación” del espacio degradado (siguiendo los lineamientos propuestos por Ferro, 2008; Higuera y Oyarzun, 2011) en donde al final de la misma, las condiciones ambientales no son las mismas que existían antes de la explotación, pero la realización de obras en el área degradada permitiría devolver al espacio impactado una cubierta edáfica con un potencial productivo para un uso agroforestal. Esto implicaría conferirle al suelo propiedades adecuadas de textura y fertilidad, entre otras, para que pueda albergar en el futuro especies vegetales forrajeras o forestales (Figura 14).

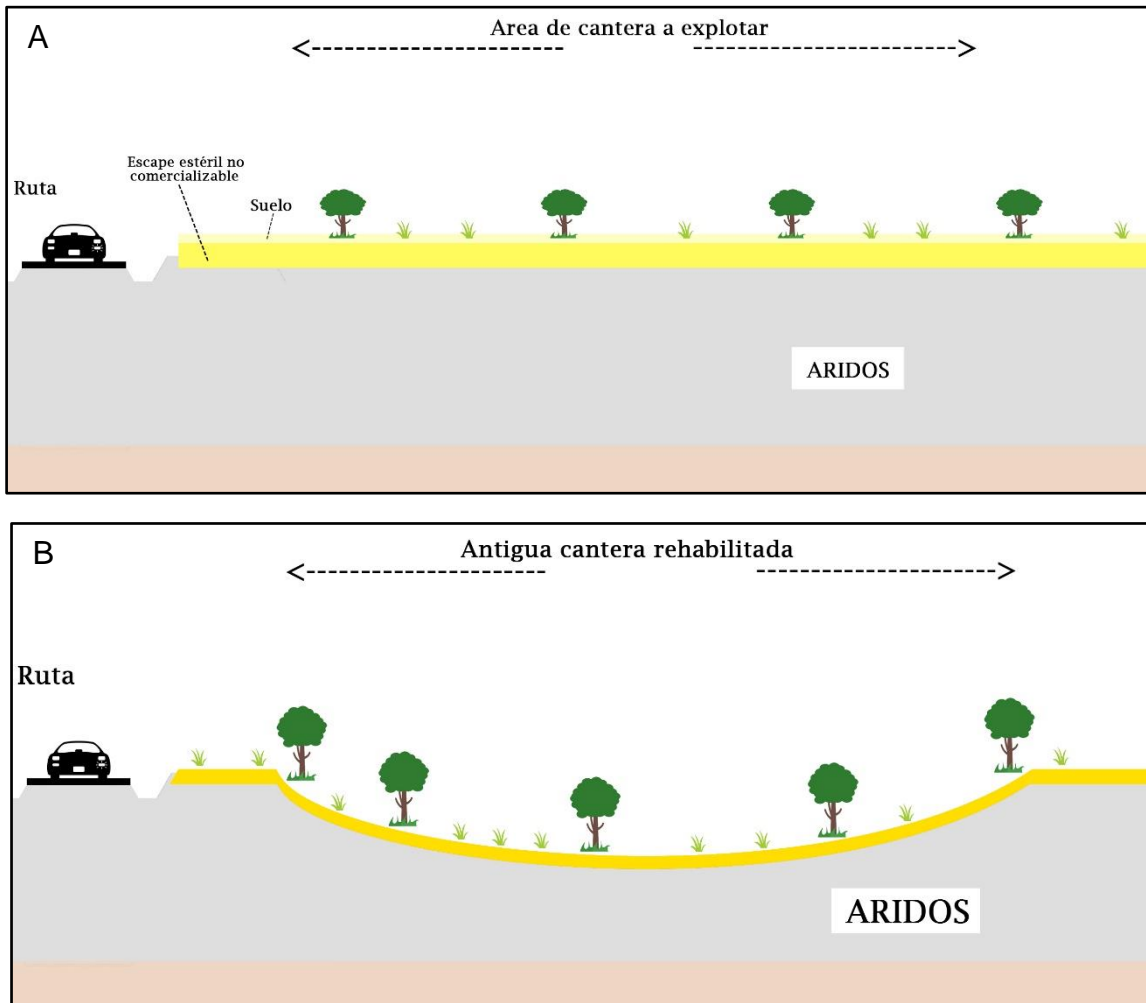


Figura 14: Modelo conceptual de espacio rehabilitado (restauración ambiental) antes (A) y después de la explotación y cierre de una cantera (B) (Ferro, 2008).

Para poder llevar a cabo esta propuesta y realizar una adecuada gestión ambiental, es necesario planificar previamente una serie de tareas en las distintas etapas de la explotación, desde el inicio de la actividad.

En la Figura 15 puede visualizarse el estado ambiental actual de la cantera en explotación.










				
				
<p>Destape y acopio de suelo</p>	<p>Límites de la cantera</p>	<p>Perfil de suelo</p>	<p>Propiedades del suelo</p>	
				
<p>Acopio de material estéril</p>	<p>Frente de explotación</p>		<p>Hueco minero</p>	

Figura 15: Características del estado ambiental actual de la cantera.

Previo a la apertura de la cantera, en la etapa de preparación y planificación, se deberían tener en cuenta los costos y beneficios del plan de rehabilitación en la cantera una vez finalizada la etapa de cierre. Este plan se detalla y describe en la etapa de cierre.

En la etapa de apertura de la cantera, la cubierta edáfica que fue decapitada debe conservarse desde el inicio de la explotación (que comenzó en el año 2018) y acopiarse en los bordes de la cantera, para ser utilizada en la rehabilitación del espacio degradado en la etapa de cierre (Figura 16). La cubierta edáfica presenta una textura franco arenosa, con una proporción adecuada de arena, limo y arcilla que permiten un buen drenaje del agua y los contenidos de materia orgánica son muy bien provistos (Tabla 2), estas propiedades garantizarían el éxito de la revegetación del lugar.



Figura 16: Acopio de suelo con restos vegetales.

Diversos autores mencionan que la cubierta edáfica presenta altos valores de materia orgánica, nutrientes, intensa actividad biológica y adecuadas propiedades físico-químicas que permiten una revegetación del lugar (Valenzuela *et al.*, 2014; Buono *et al.*, 2005).

En acopios estudiados de suelo derivado de ceniza volcánica de una cantera en Esquel, que ha sido abandonada sin ninguna gestión ambiental, después de 10 años, el acopio presentó una gran diversidad vegetal y fauna edáfica, y las mismas propiedades que el suelo sin disturbar (Ferro *et al.*, 2013). Esto permite suponer que el acopio edáfico de la cantera en estudio seguirá manteniendo las características físico-químicas mencionadas al momento del cierre de la cantera.

En la etapa de explotación de áridos, los materiales pétreo gruesos o muy finos que no presentan un valor comercial deberán acopiarse dentro de un sector de la cantera para luego ser utilizados como relleno con el objetivo de tapar huecos y suavizar pendientes de los taludes verticales que se formaron en la etapa de explotación de la cantera (Figura 17).



Figura 17: Material acopiado no comercializable.

En la etapa de cierre de la cantera, en donde termina la explotación de áridos debido al agotamiento del recurso mineral, deben iniciarse las obras restauradoras que se presentaron previamente en el plan de rehabilitación, antes de la apertura de la cantera. Las mismas consisten en:

Etapa de cierre y abandono de la cantera	a) Acciones para la remediación del espacio	
	b) Acciones para lograr la rehabilitación del espacio	<ul style="list-style-type: none"> - Escarificación - Perfilaje de taludes - Perfilaje de acopios y nivelación de la topografía -Dispersión del encape edáfico - Arado con surcos - Forestación

a) Acciones para la remediación del espacio: al finalizar la explotación, la superficie afectada será de 2 ha. La cantera se encuentra actualmente en explotación y una vez que finalice la misma, se deberían retirar los residuos que hayan sido depositados en el área y que impliquen un riesgo de contaminación. Estos incluirían residuos sólidos urbanos, residuos peligrosos (recipientes con aceite usado, trapos con gasoil, filtros de maquinaria) y residuos voluminosos (escombros). En esta cantera no se encuentran acumulaciones de agua en superficie o afloramiento del nivel freático.

Una vez realizadas las actividades de remediación, en la cantera podrían quedar depresiones, taludes verticales o de fuertes pendientes, acopios de material estéril, acopios de suelo, caminos internos con suelo compactado, cavas y huecos junto con lomadas de acopios de material no comercializado.

El espacio en estas condiciones, se encontraría degradado y sin capacidad regenerativa para la vegetación, siendo propicio para procesos erosivos hídricos y eólicos. Es por ello que deberían iniciarse las tareas de rehabilitación del ambiente antes de abandonar el lugar explotado.

b) Acciones para lograr la rehabilitación del espacio al finalizar la explotación:

- Escarificación: El piso de la cantera se encontraría compactado por el paso de camiones y máquinas principalmente (caminos internos, rampas o bermas de la cantera), por lo tanto, se debería escarificar para producir la descompactación del mismo. Con este proceso se logra la rugosidad en el terreno y es aconsejable que la misma se realice hasta los 20 cm de profundidad, incrementando la porosidad, la aireación y la infiltración. Estas propiedades son fundamentales para el posterior desarrollo de la vegetación.

El escarificado se puede realizar con arados o máquinas especiales, dejando la superficie apta para sostener la cubierta edáfica que se dispersará posteriormente sobre ella (Figura 18).



Figura 18: Ejemplo de escarificación de superficies compactadas con máquinas (Fuente: Ferro, L. 2013. Cantera Gaiman).

- Perfilaje de taludes: Los taludes rectos de gran altura que pudiesen presentarse deberán ser rebajados y perfilados de manera de suavizar las fuertes pendientes. El fin de estas actividades es disminuir el ángulo de las mismas y eliminar las aristas pronunciadas, recuperando el modelado natural acorde al entorno para que el área adquiera suficiente estabilidad y sostenibilidad productiva en el futuro.

La técnica para el perfilaje de taludes consiste en excavar en la cima del talud (donde se encuentra la arista pronunciada) y depositar el material en la base del mismo. De esa manera, disminuye la altura del talud y se suaviza la pendiente (Figura 19).

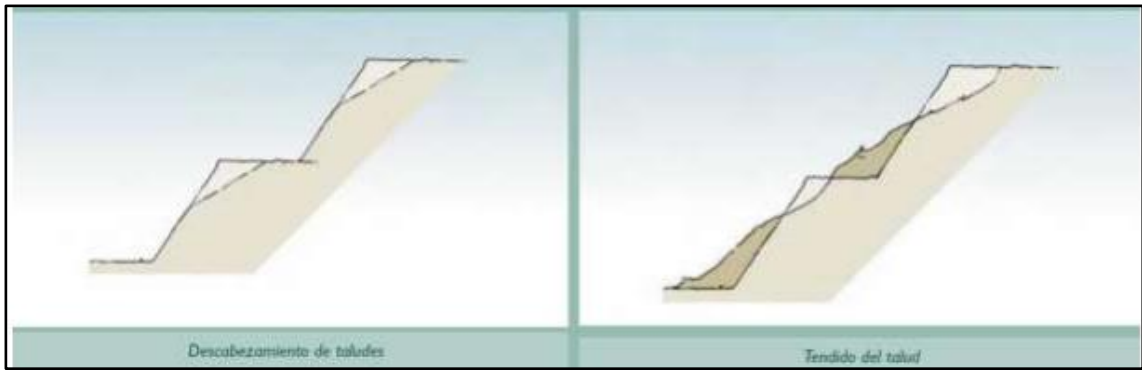


Figura 19: Descabezado del banco y relleno en la base del talud, suavizando la pendiente inicial (Fuente: ANEFA, 2006).

Para la ejecución del perfilaje de los taludes debe buscarse, no solo una pendiente que evite procesos erosivos posteriores por efecto del escurrimiento de agua, sino también que permita tener cierta estabilidad para que se pueda revegetar.

Para que el terreno pueda forestarse, la pendiente del talud debe ser menor a 35° , y en caso que se busque un posterior uso agroganadero del lugar, es deseable que la pendiente no supere los 15° (Figura 20).

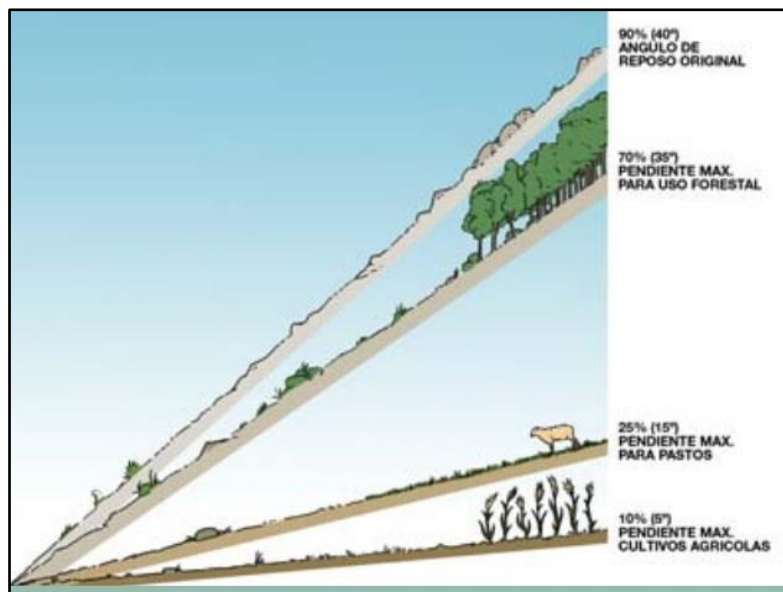


Figura 20: Usos posibles del terreno según pendiente (Fuente: ANEFA, 2006).

La pendiente máxima admitida no tendría que ser mayor a 35° (70%) y para eso, la relación de los perfiles debería ser como mínimo 3H:1V (Figura 21). Esto forma una pendiente más estable frente a procesos erosivos y permite un mejor manejo del suelo y la revegetación del lugar.

La maquinaria pesada presente en el lugar, utilizada para la explotación, es la misma que intervendrá en el perfilado de taludes y rellenos de huecos que puedan quedar en el piso de la cantera una vez concluidas las operaciones de explotación.

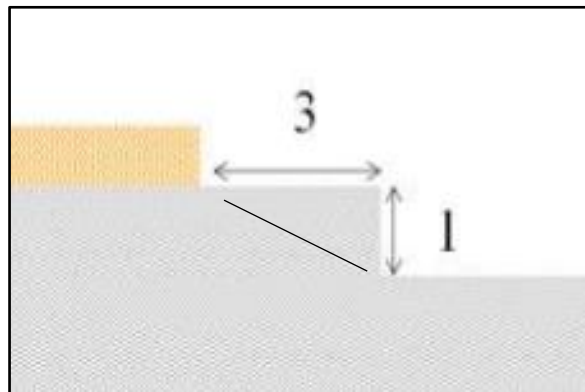


Figura 21: Relación 3H:1V(Ferro, 2008).

- Perfilado de acopios de material estéril o escombreras: los materiales que no fueron comercializados (limo, arcilla, rocas de distinta granulometría) y se acopiaron dentro de la cantera, deberán dispersarse mediante máquinas niveladoras para nivelar las depresiones, rellenar huecos y suavizar pendientes. El material inerte que se acopiará durante la etapa de explotación, se considera suficiente para las tareas de nivelación pretendidas una vez finalizada la tarea extractiva (Figura 22).

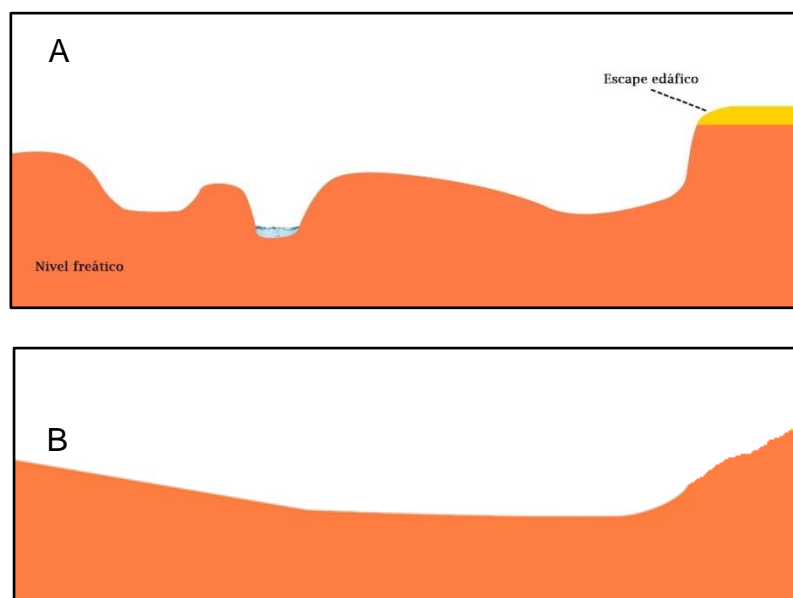


Fig.22: Esquema conceptual de la cantera antes (A) y después de nivelar (B)(Ferro, L. 2014).

- Dispersión del escape edáfico: La capa de suelo que se acopiará desde la etapa de apertura de la cantera en los bordes de la misma, deberá ser esparcida

uniformemente sobre toda el área en restauración. Lo ideal sería que, encima del terreno previamente perfilado y escarificado, quede extendida la capa de suelo con un espesor considerable de 20 o 30 cm de profundidad (Figura 23).

Se estima que la superficie degradada al final de la explotación no superará las 2 hectáreas (20000 m²), a las que se pretende cubrir con un encape edáfico de no más de 30 cm. Para ello se requerirá un volumen aproximado de unos 6000 m³ de este material que ya estaría acopiado en el perímetro de la cantera. Es útil recordar que el destape del suelo de la cantera implica su acopio durante toda la etapa de explotación y cuyo volumen total llegaría a unos 16000 m³ (tomando como promedio unos 80 cm de profundidad del suelo para todo el sector).

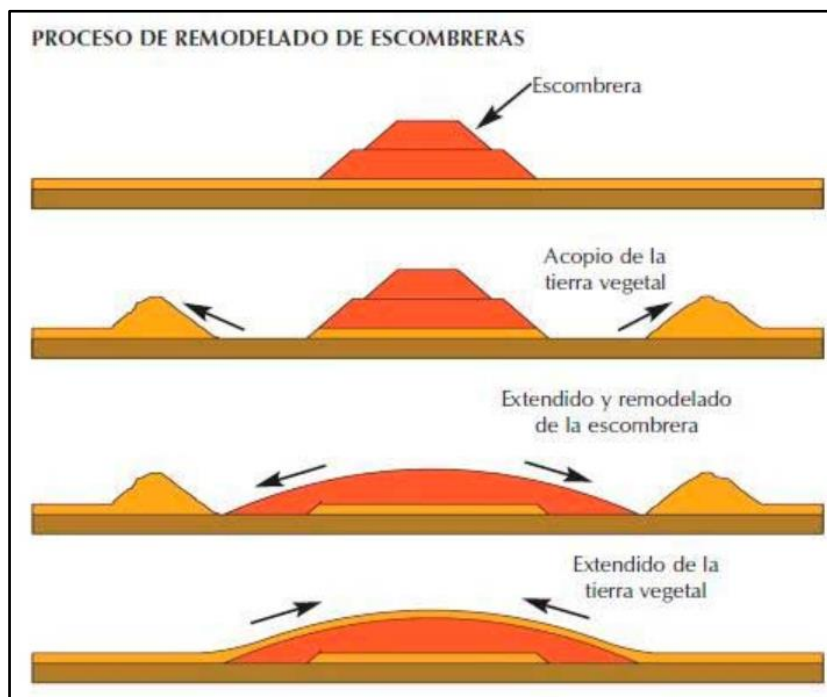


Figura 23: Esquema del perfilaje de acopios de estériles y/o escombrera en el proceso de restauración. Tendido posterior de suelo acopiado para facilitar el proceso de revegetación (Higueras y Oyarzun, 2011).

- Arado en surcos: Una vez esparcido el material que constituirá el soporte edáfico del área degradada, se procederá a realizar laboreos conservacionistas que faciliten el aprovechamiento y retención del agua precipitada. Estos laboreos, realizados principalmente con arados, consisten en la implementación de surcos perpendiculares a las pendientes en laderas, en forma circular en casos de hondonadas. Estas prácticas de manejo del suelo permiten que estas acanaladuras realizadas por arados mitiguen los efectos erosivos del viento y actúen como trampas de semillas que vuelan en el ambiente y así, facilitar la revegetación natural del lugar.

- Forestación: Sumado a estas prácticas y para acelerar el proceso de revegetación del lugar con fines de evitar procesos erosivos, se debería

reforestar. Históricamente, se ha reconocido el valor de las plantaciones forestales en áreas degradadas, por su papel en la recuperación y fijación del suelo. La reducción de la velocidad del viento y de la escorrentía logra la instalación de la vegetación y ello permite la estabilización del suelo y la paulatina acumulación de materia orgánica, además de evitar el efecto directo del impacto de las gotas de agua sobre la superficie (Bava *et al.*, 2015).

El diseño de una plantación tiene características propias como su forma, disposición espacial en el terreno y la composición de especies. Estos aspectos son muy importantes y deben abordarse desde la planificación de la forestación. Las plantaciones, según cómo sean planificadas y gestionadas, pueden contribuir al aumento y mantenimiento de la diversidad (Brockerhoff *et al.* 2008).

Las especies de coníferas más utilizadas en las forestaciones en Patagonia son pino murrayana (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon), pino ponderosa (*P. ponderosa* Douglas ex C. Lawson) y pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco), de las cuales se conoce su manejo silvícola e industrial. Estas especies poseen antecedentes de invasión en otras regiones del mundo y el pino oregón está invadiendo los bosques patagónicos de Chile y Argentina. Asimismo, la especie de pino más plantada en Patagonia, es el pino ponderosa, considerada una de las especies menos invasivas (Sarasola *et al.*, 2006).

La región Andino Patagónica presenta condiciones naturales favorables para el establecimiento de plantaciones de pino ponderosa (Andenmatten *et al.* 2003), determinadas por el clima y por las propiedades físico-químicas de los suelos, cuyo material original es predominantemente de naturaleza volcánica (Apcarian & Irisarri, 1993). Estas propiedades originan que estos suelos presenten un elevado potencial de uso forestal (Mendía e Irisarri, 1986, Irisarri *et al.*, 1995).

Asimismo, el pino ponderosa es prácticamente la única especie arbórea que se desarrolla satisfactoriamente en uno de los climas más rigurosos y extremos para las plantas, debido a la combinación de aridez y bajas temperaturas (Dezzotti., 2020). Un plantín de pino Oregón, por ejemplo, es mucho más exigente en condiciones de sitio, presenta prendimiento inferior y es afectado por el estrés hídrico en la estación de crecimiento y por heladas tardías. No debe ser plantado en áreas de relieve plano (como la de la cantera) o en fondos de valle (Tejera *et al.*, 2004).

Además, existen investigaciones que afirman que el pino ponderosa podría ser considerado como nodriza potencial para el establecimiento de plantines de Ciprés de la Cordillera, al menos para su establecimiento y sus primeros años de crecimiento. Esto implica que, en el norte de la Patagonia (incluida el área de estudio), gracias a la acción protectora de plantaciones de pino sería posible recuperar un bosque de una especie nativa con madera de valor (Dalla Salda *et al.*, 2005), como lo es el Ciprés de la Cordillera, que se observa presente en forma de individuos dispersos en zonas muy próximas a donde está situada la cantera en cuestión.

Esta especie, de rápido crecimiento, favorecería la estabilidad del encape edáfico y actuaría como un sitio de trampa para las semillas dispersadas por el viento, creando un ambiente con mejores condiciones (regula la temperatura y el viento) para el establecimiento de la vegetación. Es importante destacar que el encape edáfico que servirá de sustrato para la revegetación, presenta propiedades físicas y químicas que garantizan la supervivencia de las especies que se implanten y las que revegeten naturalmente.

Por todo lo expuesto anteriormente, es que se propondría reforestar con Pino Ponderosa, no con fines productivos, sino con fines de rehabilitación del espacio, de manera de evitar los procesos erosivos, y acelerar el proceso de revegetación del lugar.

Existe un modelo de plantación para el Pino Ponderosa en Patagonia, pensado con fines productivos, que incluye rodales de pinos de distintas edades, plantados a una densidad de 1111 plantas por ha, a una separación entre pinos de 3 m y entre hileras de 3m, que, en la actualidad con mejoras genéticas en los plantines se ha reducido a 825 plantas por hectárea (Perazzo, 2016).

Plantar a una densidad menor para llegar a una densidad final de 500 árboles por ha o menos, aumenta la supervivencia de los plantines, evita la extrema competencia entre los árboles por los recursos naturales, permite ingreso de luz en el dosel y favorece el crecimiento de pastizales nativos (Caballé et al., 2009).

La forestación propuesta debería permitir y favorecer el establecimiento de flora nativa para que el área se integre al paisaje circundante, por lo tanto se sugiere plantar a una densidad de 625 árboles por ha a una distancia de 4 metros entre pinos y 4 metros entre hileras.

La plantación puede hacerse con plantines a raíz desnuda, aunque presenta mejor supervivencia de plantas cuando se realiza con cepellón (raíz contenida en sustrato de crecimiento) tal cual se extrae de los contenedores.

La calidad del plantín se determina según la supervivencia y el crecimiento una vez llevado a campo. La supervivencia de los plantines a raíz desnuda durante el primer año luego de ser plantados, es menor o igual al 94% (dos años en almácigo sin transplante) (Contardi, 2007.), e inferiores al 52% (un año en almácigo y un año en cantero de transplante) (Pellegrini et al., 2001).

Con la intención de mejorar la supervivencia, las empresas forestadoras han comenzado a utilizar mayormente plantas producidas en contenedor. Estas tienen mejor supervivencia probablemente debido a que mantienen las raíces dentro del cepellón (Buamscha *et al.* 2012), y por lo tanto soportan mejor las condiciones de estrés a las que pueden estar expuestas desde el momento que abandonan el vivero hasta que son plantadas.

Para esta etapa, se propone realizar la forestación con plantines de vivero producidos en contenedor, de 1 año de edad con cepellón, raíz contenida en sustrato 1:1 de turba y arena volcánica. (Figura 24).



Figura 24: Plantines con cepellón (Foto: Angeles Martucci)

Algunas medidas que se deben tener en cuenta desde la cosecha de los plantines hasta la plantación propiamente dicha son:

Seleccionar solo plantas sanas, vigorosas y bien formadas, teniendo en cuenta el tamaño de los plantines que se compran en el vivero, que dependerá, en este caso, de las condiciones de humedad y la presencia de predadores, dado que no va a haber malezas al inicio de la plantación. En sitios como el área de estudio que presenta buenas condiciones de humedad sumado a la presencia de alófono, se recomiendan plantas grandes (tamaño aproximado de 25 cm de altura x 7 mm de diámetro al cuello) (Mexal, 2012), que además son resistentes al ataque de liebres (Bonino et al, 2007; Bonino 2009).

Las plantas deberían cosecharse del vivero, separándolas de los contenedores y enviándolas al sitio de plantación en el menor lapso de tiempo, plantándolas dentro de las próximas 48 horas en lo posible. La época para realizar este tipo de plantación inmediata, es en primavera y en inicios de otoño. La extracción de las plantas de los contenedores se debe realizar antes de las 10:00 hs y después de las 15:00 hs cuando tienen mayor contenido interno de agua, evitando exponer raíces y el tallo al sol y al viento. Se extraen y se embalan en cajas de transportes. El sistema radical debe ir suficientemente humedecido y protegido del viento para lo cual se recomienda regar a goteo antes de la cosecha, hacer paquetes de 25 plantas cada uno, aplicar gel hidratante o superabsorbente hidratado sobre el cepellón y cubrirlo o hacer el embalaje con film plástico (Merino1998). Posteriormente las plantas se depositan en la caja de transporte, debidamente hidratadas (López, 1999).

Durante el transporte desde el vivero al sitio de plantación y dentro de éste, las plantas están expuestas a sufrir daños fisiológicos que pueden afectar severamente su comportamiento en terreno.

El mayor riesgo que corren es el de la deshidratación, que disminuye notablemente si se cubren las raíces con gel hidratado (López, 1999).

El transporte debe ser rápido y directo, evitando demasiada manipulación. Idealmente, las plantas no deben cambiar de medio de transporte y, si ello no fuera posible, jamás deben ser removidas de su embalaje hasta llegar al lugar de acopio en el terreno.

En el transporte hasta el sitio de plantación, se debe tener especial cuidado en la temperatura a la cual viajen las plantas por el efecto que ésta tiene en la transpiración. Se estima que una buena temperatura de transporte es de 5 a 8 °C. Se deben utilizar vehículos cubiertos con carpas térmicas, carpas térmicas con anhídrido carbónico o carrocerías refrigeradas (Ramírez 1999). Lo ideal es que tanto la temperatura como la humedad a nivel de follaje, sean monitoreadas durante el viaje.

Una vez en terreno, se sugiere realizar la plantación con pala cavando hoyos anchos (30 cm x 40 cm) y no tan profundos. Una plantación realizada con plantas en contenedores se considera bien realizada cuando se logra el espaciamiento deseado y las plantas están firmes y rectas, enterradas hasta el cuello, uno a dos cm por sobre la parte superior del cepellón. Se debe evitar enterrarlas demasiado ya que esto suele producir daños en el tallo que pueden afectar la supervivencia.

Además de las medidas tradicionales, para garantizar casi al 100% el establecimiento de la plantación, se sugieren adoptar un par de medidas adicionales que si bien implican una mayor inversión, podrían aplicarse en este caso, considerando que se trata de una superficie de 2 ha y 1250 plantas en total. Estas medidas incluyen fertilización y mallas metálicas o plásticas de protección individual.

Sobre el mismo hoyo que se realiza sobre el encape edáfico para colocar el plantín, se recomienda adicionar una dosis de fertilizante. Se propone, según Davel et al. 2001, uso de fertilizante NPK 10-3-5 (por ejemplo, marca VITAL 1) con una dosis de 50 gr por planta (una cucharada sopera). Este fertilizante es granular y de dilución lenta. Recordemos que el encape edáfico sobre el que se realizarían los hoyos para colocar las plantas, está constituido por un suelo profundo, de textura franca a franco arenosa con buen drenaje, porosidad, aireación y la presencia de alófono, que se torna muy importante, porque a través de su capacidad de retención hídrica influye en la supervivencia y crecimiento de las plantas, facilitando de esta manera la recuperación del espacio degradado.

Una vez finalizada la plantación, se recomienda colocar mallas protectoras individuales metálicas (chapa rezago de tapa corona, alambre tejido) o plásticas (plástico corrugado o red), las cuales pueden ser utilizadas nuevamente en otras forestaciones, esto con el fin de disturbar lo menos posible el paisaje natural. La liebre es una especie europea introducida y distribuida en toda la región cordillerana patagónica que genera daños (corte en bisel y mortandad o arpillamiento) en las yemas y ramas de distintas especies de pinos, atacando

preferentemente al pino ponderosa durante los primeros 2 o 3 años desde la plantación hasta que alcanza alturas superiores a 40 o 50 cm (Bonino et al, 2007).

Con este tipo de plantines (supervivencia mayor al 90 % y buen crecimiento) se esperaría que el área esté rehabilitada y se mitigue la erosión y degradación del suelo en un corto plazo de tiempo (5 años), con el establecimiento paulatino de pastizales y especies arbustivas por dispersión de semillas aledañas creciendo bajo el dosel de los pinos que ya alcanzarían alturas aproximadas a 1 metro (Andenmatten, 2008).

En estas condiciones, y para garantizar el éxito de la plantación, se pueden aplicar tratamientos silviculturales (podas y raleos en épocas correspondientes, levantar los residuos de raleos), para que el pino ponderosa crezca vigorosamente en ausencia de importantes pestes o enfermedades (*Pissodes castaneus*, *Sirex Noctilio*) (Gómez, et al., 2010).

Bochet *et al.* (2011) señalan que la colonización de una zona y la comunidad de plantas resultante depende de la disponibilidad de semillas, las condiciones del medio y las interacciones planta-planta. La colonización espontánea está sujeta en gran medida a la presencia en sus proximidades de zonas de vegetación natural que suministren semillas. El área testigo, aledaña a la cantera, presenta una diversidad de especies considerable, que aportaría las semillas para la recolonización natural de flora nativa.

Estudios realizados en canteras de áridos de la zona de Esquel, evidencian que la especie dominante que recolonizó el área degradada por la explotación fue *Festuca sp.* (Figuroa, 2017). Esta especie se reporta para el área estudiada, pudiendo ser una de las primeras especies en colonizar.

Resultados esperados del manejo adecuado en la gestión del suelo de la cantera

De esta manera en un corto tiempo (menos de 5 años) y luego del cierre y restauración del área que fuera explotada por la cantera, el espacio comenzaría a recuperarse e integrarse a las características ambientales y paisajísticas de su entorno inmediato.

Anteriormente se mencionaron los impactos sobre el suelo y la vegetación que se producirían luego de la explotación de áridos, sin tener en cuenta una adecuada gestión ambiental.

Para destacar la importancia de una correcta gestión ambiental, se realizó una nueva evaluación de los impactos que se producirían en la etapa cierre de la cantera en estudio, ahora teniendo en cuenta la propuesta de rehabilitación desarrollada (Tabla 6). Es visible el cambio en la valoración de algunos impactos una vez que han sido mitigados, obteniéndose mejores resultados en la valoración de la importancia de los impactos que se generarían.

Tabla 6: Valoración de Impacto Ambiental sobre el suelo y la vegetación.

Matriz de Importancia del impacto sobre el suelo y la vegetación de una explotación de una cantera														
Matriz de Importancia sintética de Impactos (Vicente Conesa Fernández Vítora, 1997)														
$I = +/- (3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$														
Acción	Factor ambiental	+/-	Intensidad (i)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	Importancia	IMPACTO
Etapa de abandono y cierre con gestión AMBIENTAL adecuada	SUELO	-	1	2	1	2	1	1	1	4	4	2	-23	BAJO
Etapa de abandono y cierre con gestión AMBIENTAL adecuada	VEGETACIÓN	-	1	2	1	2	1	1	1	4	4	2	-23	BAJO

Intensidad (i): Comparando las dos etapas de cierre de la cantera, la intensidad (grado de daño producido por el impacto sobre el suelo y la vegetación) disminuye de un valor de 8 puntos (total) a 1 punto (baja). Esto se debe a que, con una gestión ambiental adecuada, se puede recuperar el encape edáfico casi en su totalidad y este permitiría la recolonización vegetal en un corto plazo, menor a 5 años aproximadamente.

Extensión (EX): Si bien la extensión del impacto es total (8 puntos) durante la explotación de la cantera, ésta podría reducirse a parcial (2 puntos) en la etapa de cierre, aplicando las técnicas de restauración desarrolladas en la propuesta de rehabilitación.

Momento (MO): El impacto en la etapa de cierre estaría mitigado en un corto plazo de tiempo menor a 5 años, por lo tanto, en esta etapa se valoraría el momento de manifestación del impacto con el menor puntaje, porque en realidad no se manifestaría (ya no habría impacto negativo), por lo tanto, se le asigna un puntaje mínimo (1 punto).

Persistencia (PE): Con una adecuada gestión ambiental, una vez realizada la etapa de cierre de la cantera, la duración del impacto ya no se considera permanente, porque el suelo se recupera y en unos años se espera también recuperar la vegetación, por lo tanto, la persistencia del impacto producido por la cantera, será temporal (2 puntos).

Reversibilidad (RV): La reversibilidad hace referencia a la capacidad del área afectada para retornar a sus condiciones iniciales por medios naturales. Como la gestión ambiental comienza a realizarse desde el momento cero de la explotación de la cantera, al finalizar, se coloca el encape edáfico que se retiró al inicio (porque no es aprovechado por la cantera). Por lo tanto, solo con esta acción y por medios naturales, el impacto podría considerarse reversible y a corto plazo (1 punto).

Sinergia (SI): Como ya se describió anteriormente, el efecto sinérgico era aquel efecto potenciado como consecuencia de múltiples acciones, que juntas producen un mayor daño que la suma de las mismas en forma individual. Si se aplican medidas ambientales correspondientes, no se produciría un impacto con sinergia (1 punto), porque se trata de afectar lo menos posible a los factores ambientales en cuestión (suelo y vegetación) y, además, se trata de retornarlos a sus condiciones iniciales previas a la apertura de la cantera.

Acumulación (AC): Apenas finalizada la etapa de cierre de la cantera con gestión adecuada, el impacto negativo comienza a disminuir por las intervenciones humanas realizadas con ese objetivo, por lo tanto, no hay un efecto de incremento progresivo del impacto a lo largo del tiempo, por lo que se considera que no hay efecto acumulativo (1 punto).

Efecto (EF): Si bien se aplican medidas correctoras, el efecto del impacto producido por la actividad de explotación de la cantera es directo y perdura un tiempo después del cierre de la misma, por lo tanto, el impacto, aun con gestión ambiental, continúa afectando directamente a la vegetación y al suelo (4 puntos) desde el inicio de la actividad. La nueva cubierta edáfica mejorará la capacidad agroproductiva del espacio.

Periodicidad (PR): Este parámetro también se mantiene igual en una etapa con cierre de cantera adecuado, es decir, el impacto se considera continuo (4 puntos) porque la alteración producida a los factores se mantiene desde el inicio de la actividad hasta después de la finalización de la misma.

Recuperabilidad (MC): Este parámetro es el más importante, porque aquí se tiene en cuenta la recuperación de los factores ambientales, mediante intervención humana. Cuando hay gestión ambiental adecuada, como la propuesta, hay medidas correctoras y técnicas de restauración aplicadas en la etapa de cierre de la cantera, por lo tanto, el impacto se considera recuperable (2 puntos).

Al aplicar la fórmula del cálculo de Importancia del Impacto (Tabla 6), el impacto sobre el suelo y la vegetación en la etapa de cierre adquiere un valor de 23 puntos siendo bajo, es decir el mismo ha bajado de 72 (severo) a 23 (bajo) al haber aplicado medidas de rehabilitación.

Los efectos del impacto se consideran irrelevantes en comparación con los fines y objetivos del proyecto en cuestión. Si bien el impacto continúa siendo negativo, los valores asignados a los parámetros de la matriz de importancia son mucho menores.

De esta manera, se pone de manifiesto la importancia de llevar a cabo este tipo de actividades con conciencia ambiental y respetando la legislación vigente, aplicando en la mayor medida posible, todas las acciones correctoras necesarias para mitigar el impacto que producen las actividades extractivas sobre los factores ambientales y sobre el medio ambiente.

CONCLUSIONES

- De los dos perfiles de suelo que se analizaron, el perfil A presenta una secuencia de horizontes A-Bw-C1-2C2 y en el perfil B aparecen los horizontes C1 y C2, estando ausentes los horizontes A y Bw, los cuales fueron decapitados en la etapa de apertura de la cantera.
- La textura, el pH y la conductividad eléctrica no mostraron variación apreciable entre los perfiles de suelo y el acopio de material edáfico. El horizonte A del perfil A y el material edáfico acopiado, están bien provistos de materia orgánica.
- La presencia de la arcilla no cristalina alófano en todos los sitios muestreados se torna importante, porque a través de su capacidad de retención hídrica influye en la supervivencia y crecimiento de las plantas, lo que facilitaría la revegetación del sitio.
- La vegetación en el Perfil A no afectado por la explotación, presenta una cobertura del 70% y está representada por 6 especies, siendo las más abundantes *Acaena pinnatifida* y *Festuca pallescens*. El perfil B que se corresponde con el área en explotación, no presenta vegetación, la misma fue eliminada en la etapa de apertura de la cantera.
- Al realizar la valoración del impacto ambiental que se generaría en la cantera sobre el suelo y la vegetación, se destaca la importancia fundamental de aplicar las medidas correctoras o protectoras propuestas (escarificación, perfilaje de taludes, rellenos y nivelación de terreno, dispersión de encape edáfico y forestación) para recuperar las condiciones del medio afectado por una explotación.
- Con una gestión ambiental adecuada, el impacto negativo que produciría la explotación, disminuiría considerablemente (de severo a bajo). Asimismo el grado de afectación sería irrelevante en comparación con los fines y objetivos del proyecto de explotación.
- Es de vital importancia destacar la conservación del encape edáfico desde el inicio de las actividades hasta el cierre de la cantera. El mismo, que para la cantera no es material aprovechable, es el único que confiere la capacidad de revegetar el área afectada una vez concluida la explotación, ya que conserva las mismas propiedades físicas y químicas que el suelo testigo. El volumen de material edáfico que se tendrá en la etapa de cierre, se considera suficiente para cubrir el área impactada.
- Para acelerar el proceso de revegetación del lugar, con fines de evitar procesos erosivos, se debería reforestar con la especie *Pinus ponderosa*, especie de rápido crecimiento que favorecería la estabilidad del encape edáfico y actuaría como un sitio de trampa para las semillas dispersadas por el viento, creando un ambiente con mejores condiciones (regula la temperatura, el viento) para el establecimiento de la vegetación. El área testigo aledaña a la cantera, al presentar una diversidad de especies considerable, aportaría las semillas para

la recolonización natural y de esta manera se recuperaría la capacidad agroecológica del suelo, integrándose al paisaje circundante.

La propuesta de rehabilitación es factible de ejecutarse cumpliendo con los aspectos legales y la forestación constituye una herramienta muy eficaz y de bajo costo relativo para rehabilitar sitios degradados por la explotación minera.

BIBLIOGRAFÍA

ANEFA. 2006. Manual de restauración de minas a cielo abierto. Gobierno de la Rioja. España.

Allison L.E. 1980. Diagnóstico y rehabilitación de Suelos salinos y sódicos. Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de América. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Editorial Limusa. México. 172 p.

Andenmatten E. y Letourneau F. 2003. Predicción y proyección del rendimiento de pino ponderosa en las provincias de Chubut y Río Negro, Argentina. Revista de Ciencias Forestales. Quebracho N° 10. pp. 14-25.

Apcarian A. e Irisarri J. 1993. Caracterización mineralógica de suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas en las provincias de Neuquén y Río Negro (R.A.). Actas II Jornadas de Vulcanología, Medio ambiente y Defensa Civil. Zapala. Neuquén. 23 p.

Bailey. 1943. Soil Science. 55 -143. En: Jackson M. L. 1970. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega S.A. Barcelona.

Barroetaveña C. y Rajchenberg M. 2003. Las micorrizas y la producción de plántulas de Pinus ponderosa Dougl. ex Laws. en la Patagonia, Argentina. Bosque. Vol. 24 N° 1. pp. 17-33.

Bava J., Chauchard L., Loguercio G., Mele U., Rusch V.E. 2015. La planificación del manejo forestal. Manual de buenas practicas para el manejo de plantaciones forestales en el noroeste de la Patagonia. Editores: Chaucard L., Frugoni M.C., Nowak C. Editorial Buenos Aires. Cap.2. pp: 47-68.

Besoain E. 1985. Mineralogía de arcillas de suelos. San José. Costa Rica: IICA.

Blanco Fernández D., Pardo Fabregat F., Meseguer Costa S., Sanfeliu Montolio T. y Gallardo Izquierdo A. 2011. Restauración de una cantera de áridos mediante cambios de uso: extractivo-vertedero de residuos de construcción y demolición (RCD)-forestal. Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima. ISBN 978-607-607-015-4. 331-33.

Bochet E., García-Palacios P., Peco B., Tormo J. y García-Fayos P. 2011. Procesos ecológicos y restauración de la cubierta vegetal. En: Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte: bases científicas para soluciones técnicas. Valladares F., Balaguer L., Mola I., Escudero A. y Alfaya V. (Eds.). Fundación Biodiversidad, Madrid.

- Bonino N. y Cortés G. 2007. Prevención del daño ocasionado por algunas especies de fauna silvestre y ganado doméstico en plantaciones forestales. INTA EEA Bariloche, Comunicación Técnica RRNN Fauna 144: 1-5.
- Bonino N. 2009. Liebres y conejos como plagas de plantaciones forestales. En: Serie técnica: Manejo Integrado de Plagas Forestales. INTA EEA Bariloche. Editores: Villacide J.M. y Corley J.C. Cuadernillo nº 7. Agosto de 2009. ISSN 1851-4103.
- Brockerhoff E.G., Jactel H., Parrotta J.A., Quine C.P. y Sayer J. 2008. Plantation forests and biodiversity: oxímor or opportunity? *Biodiversity Conservation* 17: 925–951. En: Buenas practicas para el manejo de plantaciones forestales en el NO de la Patagonia. La planificación del manejo forestal. Cap 2. p: 47-68.
- Broquen P., Girardin J.L. y Frugoni M.C. 1995. Evaluación de algunas propiedades de suelos derivados de cenizas volcánicas asociadas con forestaciones de coníferas exóticas (S.O. de la provincia de Neuquén-R. Argentina). *Bosque* 16: 69-79.
- Buamscha G., Contardi L., Kasten Dumroese R., Enricci J., Escobar R., Gonda H., Jacobs D., Landis T., Luna T., Mexal J. y Wilkinson K. 2012. Producción de plantas en viveros forestales. Editores CFI, CIEFAP, UNPSJB. Colección Nexos. 195 p.
- Buono G., Luque j., Ciano N., Beider A., Massara Paletto V., Massimelli S. y García L. 2005. Revegetación natural de taludes en locaciones del Departamento Escalante, Chubut. Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas, Neuquén.
- Caballé G., Fernández M.E., Gyenge J., Rusch V., Lantschner V., Villacide J.M. y Schlichter T. 2009. Plantaciones densas vs. plantaciones ralas con pino ponderosa en el NO de Patagonia: análisis de aspectos ambientales y productivos relevantes. 1º Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas. Misiones.
- Cabrera A.L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. En: W. F. Kugler (ed.). *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Tomo 2. 2da edición. Acme, Buenos Aires, Argentina. Fascículo 1. pp. 1-85.
- Ciano N., Nakamatsu V., Luque J., Vicente C. y Lisoni C. 2003. Plan de abandono de canteras y picadas en la Cuenca del Golfo San Jorge – Patagonia Argentina. Quintas Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas. Mendoza.
- Colmet Daage F., Marcolin A., López C., Lanciotti M., Ayesa J., Bran D., Andenmatten E., Broquen P., Girardin J., Cortés G., irisarri J., Besoain E., Sadzawka A., Sepúlveda G., Massaro S., Millot G., Bouleau P. 1988. Características de los suelos derivados de cenizas volcánicas de la cordillera y precordillera del norte de la Patagonia. Bariloche. Convenio INTA – ORSTOM. S. C. de Bariloche, Río Negro. 167 p.
- Conesa Fernández-Vítora V., Conesa Ripoll V., Conesa Ripoll L.A., Ros Garro V. 1997. *Guía Metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Mundi-Prensa, 1997. 412 p.

Contardi L. 2007. Vitalidad y comportamiento en terreno de plantines de pino ponderosa (*Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws.). En colección nexos: Producción de plantas en viveros forestales. ISBN 978-987-510-209-5. pp. 13-24.

Contardi L y Vera C. 2006. Diagnóstico del estado productivo de los viveros forestales y fuentes de semillas de la Provincia del Chubut. Informe Técnico Interno CIEFAP. Esquel. 31 p. En colección nexos: Producción de plantas en viveros forestales. ISBN 978-987-510-209-5. pp. 13-24.

Contardi L y Gonda H. 2012. La producción de plantines forestales en el Mundo y en la Patagonia Andina. En colección nexos: Producción de plantas en viveros forestales. ISBN 978-987-510-209-5. pp. 13-24.

Dalla Salda G. y Schlichter T.M. 2005. Plantaciones de Ciprés de la Cordillera bajo Protección de Pino ponderosa. INTA Bariloche. Río Negro. En revista IDIA XXI año 5: 8, pp. 72-77.

Davel M., Tejera L., Honorato M. y Sepúlveda E. 2001. Plantación de pino ponderosa. Control de malezas, tipos de plantas y fertilizantes. Financiamiento PIA N°3/96. 4 p.

Davies B.E. 1974. Loss-on-ignition as an estimate of soil organic matter. Soil Science Society of America. Proceedings, 38:150-151.

Dezzotti A. 2020. Las plantaciones mediterráneas de *Pinus* en la Argentina y España: características y debate ambientales. En [argentina forestal.com](https://www.argentinaforestal.com/2020/05/26/las-plantaciones-mediterraneas-de-pinus-en-la-argentina-y-espana-caracteristicas-y-debate-ambientales/). <https://www.argentinaforestal.com/2020/05/26/las-plantaciones-mediterraneas-de-pinus-en-la-argentina-y-espana-caracteristicas-y-debate-ambientales/>

Dirección Nacional de Vialidad. 2014. Planificación ambiental de canteras viales en desuso. Guía metodológica. DNV. 109 pp.

Enricci J., Alday G. y Massone D.S. 2001. Producción de plantines en contenedores. En Actas: VI Jornadas Técnicas de Viveristas forestales de la Patagonia. Esquel, Chubut. 12 p. En colección nexos: Producción de plantas en viveros forestales. ISBN 978-987-510-209-5. Págs. 13-24.

Escobar R. 2012. Extracción y manejo de poscosecha. En Colección nexos: Producción de plantas en viveros forestales. ISBN 978-987-510-209-5. Págs. 173- 186.

Fariña M. 2000. Producción de plantas en bandejas, una experiencia en Huiganco. Seminario técnico en Campo Forestal Gral. San Martín del INTA, Las Golondrinas, Chubut. 6 p. En colección nexos: Producción de plantas en viveros forestales. ISBN 978-987-510-209-5. Págs. 13-24.

Ferro L.F. y Valenzuela M.F. 2011. Conservación del suelo en las canteras de áridos del Noroeste de la Provincia de Chubut. Actas III Jornadas Argentinas de Ecología de Paisajes. San Carlos Bariloche. Río Negro. Argentina.

Ferro L. y Valenzuela F. 2012. Relevamiento del impacto de actividades extractivas en el Ejido Municipal de Esquel. XI Jornadas de Ciencias Naturales del Litoral. III Reunión Argentina de Ciencias Naturales. Córdoba.

Ferro L.F., Valenzuela M.F., Rizzuto S., Troncoso O., Tarabini M. y Gomez F. 2013. Caracterización ambiental de una ex cantera de áridos en el ejido

municipal de Esquel, Chubut. III Congreso Nacional de Ecología y Biología de Suelos. CONEBIOS III. Río Cuarto, Córdoba. 5p.

Ferro L. y Valenzuela F. 2014. Aéreas degradadas por actividades extractivas en el oeste de Río Negro. II Jornadas Nacionales de Ambiente 2014. ISBN 978-950-658-359-0. Tandil.

Ferro L. 2008. Modelos conceptuales de restauración ambiental de una cantera. Ficha de Cátedra. Cátedra Geociencias. Fac. Ingeniería. UNPSJB. Inédito.

Ferro L. 2013. Informe Técnico. Plan de Cierre Cantera de áridos Rovella Carranza – Elleprint SA UTE. Gaiman. Chubut. Autoridad de Aplicación. MAyCDS. Expte. N° 1184/09. Ministerio de ambiente y Control del Desarrollo Sustentable. Chubut.

Ferro L. 2014. Informe Técnico. Plan de Gestión Ambiental de Cantera de áridos “Sierra Colorada”. Comitente: Nelson Jones. Trevelin, Chubut. MAyCDS Chubut. Expte. N°1508-MAyCDS-08. Ministerio de ambiente y Control del Desarrollo Sustentable. Chubut.

Figuroa T., Ferro L y Valenzuela F. 2017. Efectos sobre el suelo y la vegetación de la explotación de una cantera de depósitos piroclásticos (lapilli) en la Reserva Natural Urbana “Laguna La Zeta”. Esquel. Chubut. AIDIS ARGENTINA I Ingeniería Sanitaria y Ambiental I N° 132.

Fieldes B. y Perrot K. 1966. The nature of allophane in soils. part 3 – rapid field and laboratory test for allophane. New Zealand Journal of Science 9: 623 – 629.

Gómez C., Greslebin A. y Rajchenberg M. 2010. Plagas y enfermedades de Pinus sp. de la región Andino Patagónica de Argentina. Manual de campo. ISBN 978-987-05-8935-8. Facultad de Ingeniería. UNPSJB. Esquel. 90 p.

Gómez Orea D. 2004. Recuperación de espacios degradados. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 582 p.

Higuera P. y Oyarzun R. 2011. Minería y Medio ambiente. Universidad De Castilla La mancha. Departamento de Ingeniería Geológica y Minera. España.

<http://www.legischubut.gov.ar/hl/digesto/lxl/XI-15.html>. Ley XI n°15 (antes LEY 4069)

<http://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2014/05/Decreto-185.pdf>. Decreto provincial 185/09.

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/30000-34999/30096/norma.htm>. Ley Nacional 24585. La Ley Nacional N° 24.585 de la Actividad Minera - Impacto Ambiental. 1995

<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136125/norma.htm>. Ley N° 26.331. Presupuestos mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos.2007

<https://earthexplorer.usgs.gov/>

Irisarri J., Mendía J., Roca C., Buduba C., Valenzuela F., Epele F., Fraseto F., Ostertag G., Bobadilla S. y Andenmatten E. 1995. Zonificación de las tierras para la aptitud forestal de la Provincia del Chubut. Dirección General de Bosques y Parques de la Provincia del Chubut. Formato digital.

López C., Colmet Daage F. y Planas H. 1992. Características de los suelos de origen volcánico en la Cordillera Andino–Patagónica Latitud 43° 30' S. Argentina - Chile. Actas V Jornadas Regionales de Suelos de la Patagonia. Puerto Madryn, Chubut.

López H. 1999. Efecto de la granulometría del superabsorbente en la protección de raíces en plantas producidas a raíz desnuda. Tesis de Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. En: Colección nexos: Producción de plantas en viveros forestales. ISBN 978-987-510-209-5. pp. 173-186.

Lizuain A. 2010. Hoja Geológica 4372 I y II, Esquel, provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. SEGEMAR. Buenos Aires. Boletín 369, 72 p.

Matteucci y Aida Colma. 1982 metodología para el Estudio de la Vegetación. Serie Biología N°22. Secretaria General de la OEA. Washington, DC.

Mendía J. e Irisarri J. 1986. Relevamiento de suelos con aptitud forestal en la Región occidental de la Provincia de Río Negro. Consejo Federal de Inversiones.

Merino S.C. 1998. Efecto del tiempo de extracción y tipo de embalaje en la conductividad electrolítica de plantas de *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata*. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. En: Colección nexos. Producción de plantas en viveros forestales. ISBN 978-987-510-209-5. pp. 172-186.

Mexal J.G. 2012. Calidad de los plantines: Atributos morfológicos. En Colección nexos: Producción de plantas en viveros forestales. ISBN 978-987-510-209-5. pp. 42-51.

Miró R. 1967. Geología Glaciaria y Pre-glaciaria del valle de Epuyen. Revista de la Asociación Geol. Argentina. Tomo XXII. Buenos Aires.

Ortiz E. 1976. Materia orgánica y nitrógeno en suelos de Patagonia. IDIA Suplemento 33: 79 – 83.

Pellegrini V. y Fariña M. 2001. Supervivencia y crecimiento de tres tipos de plantines de pino ponderosa. En Actas: VI Jornadas Técnicas de Viveristas forestales de la Patagonia. 4 p. Esquel, Chubut. En colección nexos: Producción de plantas en viveros forestales. ISBN 978-987-510-209-5. Págs. 13-24.

Perazzo D. 2016. Un diseño forestal contra los incendios. La Nación. En <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/un-diseno-forestal-contralos-incendios-nid1874421/>

Ramírez M. 1999. Efecto de la temperatura y tiempo de permanencia en el medio de transporte en el potencial hídrico y conductividad electrolítica en plantas de *Pinus radiata*. Tesis Ingeniería Forestal. Dpto. Silv. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. En Colección nexos: Producción de plantas en viveros forestales. ISBN 978-987-510-209-5. Págs. 173-186.

Rizzuto S., Valenzuela F. y Ferro L. 2014. Relevamiento preliminar de la mesofauna edáfica en un área degradada por la explotación de una cantera de áridos en Esquel, Chubut. XXVI Reunión Argentina de Ecología.

Rojas Quinteros H. 2004. Guía de control de equipos. Laboratorio de Suelos, EEAOC–Tucumán.

Sarasola M.M., Rusch V.E., Schlichter T.M. y Ghersa C.M. 2006. Invasión de coníferas forestales en áreas de estepa y bosques de ciprés de la cordillera en la Región Andino Patagónica. *Ecol. Aust.* 16(2):143-156.

Schonenerberger P.J., Wysocki D., Benham E.C. y Broderson W.D. 1998. Field book for describing and sampling soils. USDA. Traducción AICET – INTA del año 2000.

Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.

Tejera L. y Davel M. 2004. Establecimiento de pino oregón en Patagonia. Dónde plantar y qué plantas utilizar. *Patagonia Forestal*. Año X N°2. septiembre 2004. Págs. 9-12.

Valenzuela F., Irisarri J., Ferro L. y Buduba C. 2002. Caracterización mineralógica de suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas en el Noroeste de la Provincia del Chubut. *Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Puerto Madryn, Chubut. Formato digital.

Valenzuela F., Ferro L., Rizzuto, S., Arce M.E. y Rack M. 2014. Importancia de la conservación del suelo en actividades extractivas en Chubut. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bahía Blanca.

Valladares F., Balaguer L., Mola I., Escudero A., y Alfaya V., eds. 2011. Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte. Bases científicas para soluciones técnicas. Fundación Biodiversidad, Madrid, España. ©Fundación Biodiversidad 2011.

Vargas Ríos O., Reyes Bejarano S., Gómez Ruiz P. y Díaz Triana J. 2010. Guías técnicas para la restauración ecológica de ecosistemas. Grupo de Restauración ecológica (GREUNAL). Dpto de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. 92pp.