

**SISTEMA DE ESCOMBRERAS EN EL PARQUE NACIONAL  
LA CAMPANA ANÁLISIS DE LA RELACION DEL  
SUSTRATO CON LA COBERTURA DE LA VEGETACIÓN**

Tesis para optar al Grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental

Departamento de Postgrado y Postítulo

*Shanti Dewali Persaud*

Director de Tesis

Dr. Italo Serey Estay

Santiago, Chile 2001

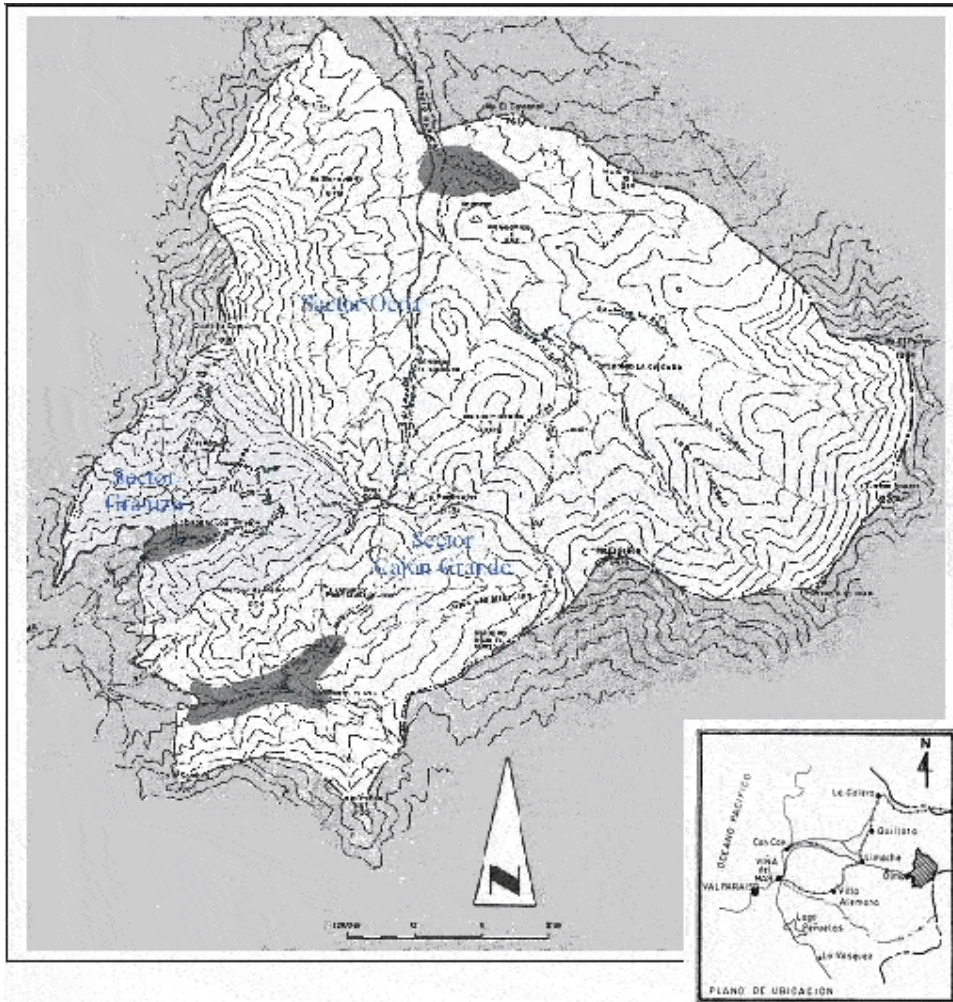
## 1. Introducción

La geología particular de Chile es el resultado de la tectónica de placas convergentes, que a través del tiempo, ha dejado los rasgos asociados con los ambientes de formación de minerales económicamente importante. Históricamente, la riqueza de Chile está estrechamente vinculada a la actividad minera, y en particular el cobre, que ha tenido un impacto económico significativo sobre el país. Los cambios globales, han llevado a una preocupación por los efectos ambientales de la actividad minera, entre ellos se encuentra la generación de materiales estériles, los cuales producen impactos ambientales de larga duración.

El Parque Nacional La Campana fue creado en 1967 (ley N°16.699), ubicado en la Quinta Región Valparaíso, Chile y es administrado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Tiene una gran importancia para la vegetación nativa de Chile Central, y fue propuesto con una superficie de 16.000 hectáreas. Actualmente la superficie reconocida es solamente de 8.000 hectáreas. Geográficamente se ubica entre la 32°57' latitud sur y 71°05' latitud nort e en la provincia de Quillota (Fig. 1). Las alturas máximas son Cerro El Roble que alcanza 2.222 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), y el Cerro La Campana con una altura de 1.900 m.s.n.m. El parque se encuentra en la zona de clima mediterráneo, característico de Chile central.

El área fue propuesta como Reserva de la Biosfera por la CONAF (Weber, 1983) y en 1984, junto a la Reserva Nacional Lago Peñuelas, fue declarada como tal por la United Nations Education Social and Cultural Organization (UNESCO). La importancia del área ha sido indicada en numerosas publicaciones tanto por su flora como por su fauna (Garaventa, 1964; Rundel y Weisser; 1975, Quintanilla, 1975, 1976; Villaseñor y Serey, 1980; Balduzzi *et al* 1980).

Fig.1 Mapa topográfico del Parque Nacional La Campana con los sectores administrativos - Granizo, Cajón Grande y Ocoa. (Fuente: CONAF)



El Cerro la Campana presenta una vegetación de tipo xerofítico del norte, bosque esclerófilo y matorral del centro, matorral andino de altura y bosques deciduos del sur, y el área es considerada un centro de convergencia florística (Villaseñor y Serey, 1980). Su importancia eco-agro-turística ha sido considerada en el ámbito del manejo de áreas protegidas (de la Maza, 1996), ya que es el único parque nacional en Chile Central y se encuentra próximo a tres centros urbanos – Santiago, Valparaíso y Viña del Mar (Salamanca 1999). La condición de Reserva de Biosfera implica el desarrollo de prioridades de gestión que permitan tanto la conservación de las especies, ecosistemas, paisajes y la realización de actividad humana.

El parque se encuentra geológicamente sobre una secuencia compleja de rocas ígneas y sedimentarias que comprende la Cordillera de la Costa en la región, con edades entre el Jurásico Medio y el Cretáceo Inferior (Tidy, 1970) con texturas mixtas de cristales gruesos y finos. Una intrusión granodiorítica-diorítica (batolito de Caleu) permite la formación de depósitos minerales en las zonas de contacto entre este batolito y las secuencias de rocas ígneas sedimentarias más antiguas (ver Anexo 1).

La primera referencia de actividad minera en el área del siglo XIX dada por Darwin en 1834 (Thomas, 1958). Durante todo el siglo XX existió actividad minera intermitente, y mucho antes de su creación como parque nacional (Tidy, 1970). El sector de Granizo ha tenido actividad minera durante todo el siglo XX quedando piques de exploración y de explotación de yacimientos, principalmente de cobre, abandonados. En el sector existen pertenencias mineras legales desde 1934, y en 1994 había 3 minas activas. En el Parque existen 19 faenas mineras de explotación que son abandonadas (Moder *et al.*, 1992; SERNAGEOMIN, 2001. ver Anexo 1).

## **1.1 Contexto**

Desde el punto de vista ambiental, en el sector de Granizo la actividad minera ha producido impactos por la construcción de caminos, instalación de faenas, excavaciones a tajo abierto y disposición de estériles en escombreras (Fig. 2 y 3). Todos ellos producen destrucción, entre otros efectos, de la vegetación, destrucción de refugio y lugares de alimentación y muerte de los animales de baja movilidad. Los caminos constituyen en términos de superficie el impacto de mayor importancia de la actividad minera sobre la vegetación. Un ejemplo de los impactos es el de la mina Pronosticada, que se encuentra cerca de los 1.300 metros de altitud, en la ladera sur del Cerro La Campana, y que terminó su explotación hace más de 50 años. El impacto del camino de acceso a la mina se encuentra notablemente reducido, debido a que la vegetación se ha establecido tanto en los cortes como en los taludes, reduciendo la erosión que debió ocurrir en los primeros años. En las escombreras, la vegetación reaparece sobre pendientes altas e inestables solo gradualmente, cuando ocurre (Montgomery, 1995). Sin embargo, las escombreras de la mina Pronosticada, aún no tienen una cobertura vegetal de importancia, a pesar de estar en exposición sur, donde se encuentran las condiciones más favorables para la vegetación en Chile Central (Rundel y Weiser, 1975). Las escombreras pueden considerarse impactos o perturbaciones de duración aún mayor que los caminos abandonados o antiguos con poco uso en el área del Cerro La Campana. Es decir, los impactos son de larga duración (de escala de siglos) y por lo tanto son importantes para el manejo del Parque (un impacto sobre la unidad de manejo ambiental (PNLC)).

Figura 2. Excavación a tajo abierto, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana.



Un impacto ambiental es un cambio en alguna propiedad de una componente del sistema ambiental, legalmente se considera como “una alteración del medio ambiente provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada” (Ley 19.300). Desde el punto de vista ecológico, un impacto es una perturbación, es decir, “es un evento relativamente discreto en el tiempo que altera una población, comunidad o ecosistema, y cambia los recursos, disponibilidad de substrato o el ambiente físico” (White y Pickett, 1985). También se ha definido como una alteración de la estructura, patrón de variación o funcionamiento de un sistema (Forman, 1995).

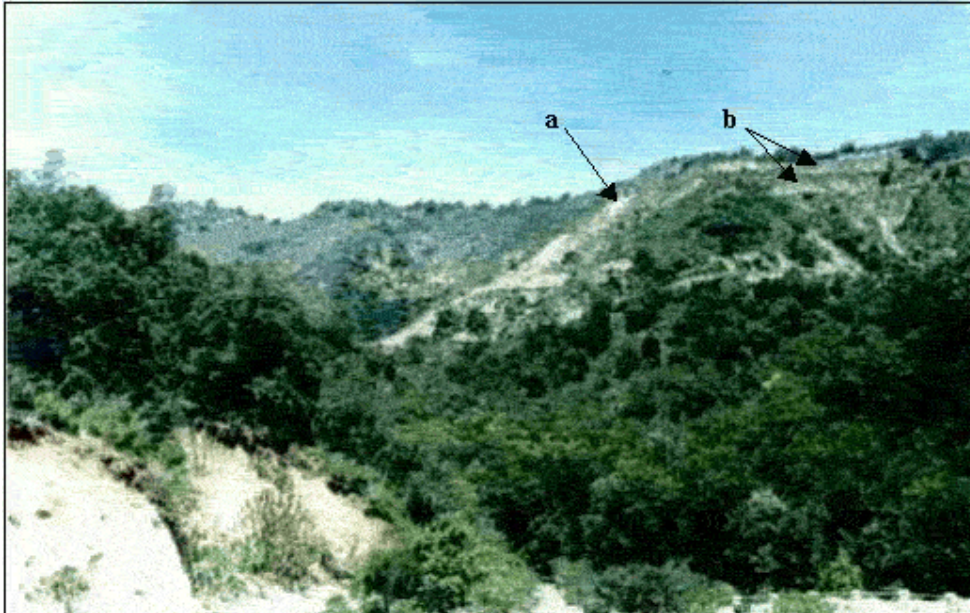
Figura 3. Pique minero, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana.



El impacto de la actividad minera en el Parque Nacional La Campana, en un estudio centrado sobre las tres últimas minas activas - La Opositora, La Balmaceda y la Felicidad 1/3 – todas ubicados en el lado sur-oeste del Cerro La Campana, sugiere que fue afectada negativamente la vegetación nativa, fauna silvestre, y globalmente limita la conservación de la biodiversidad. Generó pérdidas del paisaje natural y del suelo, y dañó las cuencas hidrográficas por sedimentos y contaminantes (Moder *et al* , 1992; ver Fig. 4).

Los impactos ambientales, desde el sector minero relacionados al abandono de faenas en Chile, han sido considerados recientemente en el estudio de Lagos y Andia (1999), que señalan de modo general efectos negativos para la salud y el ambiente. La producción de una tonelada de cobre puede producir de un ciento a varios cientos de toneladas de material estéril, en general son grandes volúmenes que son abandonados en las escombreras. Las áreas de faenas abandonadas en el Parque Nacional La Campana se consideran impactos negativos porque disminuyen el valor estético y paisajístico, generan riesgos de accidentes para visitantes, y drenaje ácido hacia las partes inferiores de las cuencas (Lagos y Andia, 1999).

Figura 4. La flecha 'a' muestra el sector de la faena minera de la Mina Opositora. Las flechas 'b' muestra el impacto de los caminos que han dado acceso a la explotación durante distintos periodos de actividad. La quebrada principal está dominada por vegetación esclerófila, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana.



En nuestro caso las áreas a recuperar son las escombreras, es decir, “depósitos donde se dispone de forma ordenada el material estéril procedente de una explotación minera”, y que forman parte de las áreas de abandono de las faenas mineras (ver Fig. 5). La explotación minera lleva a cabo una meteorización mecánica (antropogénica) que resulta en fragmentación de la roca madre en partículas desde tamaños finos (arenas) hasta tamaños grandes (fragmentos de rocas). Frecuentemente en los estudios de recuperación de áreas de escombreras abandonadas, se usa en forma errónea el concepto de suelo (Pichtel *et al.* 1994). Esto se debe a que el rango de tamaño de las partículas del suelo está entre 2  $\mu\text{m}$  y 2 mm, (Brady, 1990) mientras que el rango de tamaños de los estériles va entre 0.2mm y más de 50 cm (Barnes, 1995; escalas en Anexo 2.1, pagina 52). Las escombreras por sus propiedades físicas y químicas no constituyen un suelo en el sentido pedológico, sino más bien son un substrato (Bradshaw, 1987). Dentro de las tierras abandonadas, las escombreras son consideradas sitios de gran interés para el desarrollo de la vegetación natural (Ash *et al.* 1994), estas situaciones resultantes de perturbaciones extremas, pueden revelar conexiones dinámicas de los sistemas que no son posibles de establecer en ecosistemas en condiciones de estado estacionarios, especialmente porque se generan respuestas no lineales (Jordan *et al.* 1987).

Además, en el caso del suelo existe una transformación química de los minerales primarios a secundarios u otros minerales derivados (Schlesinger, 1991), mientras que en las escombreras se trata principalmente de minerales primarios. Entonces al material estéril que constituye la escombrera se dominará substrato (Ver Fig. 6). Aunque la meteorización mecánica es realizada por la actividad minera y aumenta la

superficie expuesta a la meteorización química, esta última toma un tiempo importante en climas mediterráneos, para que sea significativa, porque la escala temporal de los procesos de meteorización de rocas es muy grande. Es difícil que ocurra este tipo de meteorización de modo significativo en seis años, período de abandono de las faenas. En Chile, lo más rápido registrado de formación de suelo, corresponde a materiales volcánicos con substratos de composición básica que en 45 años han formado un Horizonte A – en un clima templado [Note1.](#)

Figura 5. Escombrera formada por la actividad minera en el Sector Granizo, Parque Nacional La Campana.



El crecimiento de la vegetación en las áreas mineras abandonadas está fuertemente limitado por factores físicos y químicos. Las limitaciones físicas incluyen una capa superficial impermeable al agua, baja capacidad de retención de agua por el substrato, formación de una capa superficial endurecida del substrato (crusting) y altas temperaturas en verano (Pichtel *et al.*, 1994). Un aspecto de importancia para las plantas, y consecuentemente para el desarrollo de una cobertura vegetal es la retención de agua en un substrato poco alterado (estériles), la que depende de la granulometría. La capacidad de retención de agua del suelo, depende del tipo de material que lo constituye; suelos arenosos tienen una baja capacidad retención de agua (Brady, 1990; Larcher, 1995; Or y Wraith, 1999).

En consecuencia, el material estéril más fino tiene una capacidad de retención de agua menor que los suelos arenosos de tal manera que presentan condiciones más desfavorables aún para la instalación de las plantas y el desarrollo de una cobertura



vegetal. Las escombreras en estudio prácticamente no contienen arcillas, ya que son productos de la meteorización química de los minerales primarios (Schlesinger, 1991), siendo las arcillas importantes en la retención de agua. De los estudios ecológicos se sabe que la sequedad del ambiente es un factor de estrés para las plantas (Larcher, 1995), especialmente cuando la capacidad de retención del suelo es baja. En el caso de las escombreras, el substrato es mucho más grueso y en consecuencia su retención de agua mucho menor que los suelos de tipo arenoso (Sumner, 1999).

Figura 6. Vista general del substrato en el área de la Mina La Opositora, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana. Diámetro del disco = 51mm.



En este trabajo, se considera a los estériles como substrato, desde el punto de vista ecológico, porque el suelo requiere de un proceso de transformaciones químicas que no se encuentra desarrollado en las escombreras que se estudiarán.

En las escombreras, desde el punto de vista ecológico, el desarrollo de la vegetación es una sucesión primaria, ya que no existe suelo en el inicio del proceso. Los propágulos o semillas de las especies llegan al área donde está disponible el nuevo substrato y comienza un proceso de colonización. Sin embargo, los estudios sucesionales describen los cambios de composición de un área en el tiempo y se trata de comprender la dirección y causas de los cambios. Una sucesión puede alcanzar una cobertura alta en poco tiempo, por ejemplo meses o años, pero puede estar dominada por una o más especies (Pickett *et al.* 1987). En una escombrera, después de un tiempo la vegetación debe alcanzar una cobertura con un valor, resultado

natural del incremento de la biomasa vegetal, pero la composición de especies puede ser muy diferente.

## 1.2 Problema

La recuperación de áreas perturbadas generalmente se traduce en conseguir unos pocos objetivos simples desde el punto de vista de la ingeniería civil: 1) estabilización de la superficie, 2) control de contaminación, 3) mejoramiento visual, 4) mantener en un estado apropiado al uso. No obstante, desde un punto de vista ecológico se requiere agregar otros aspectos que se muestran en los siguientes objetivos: 5) aumentar la productividad, 6) restaurar la comunidad ecológica, biodiversidad, funcionamiento ecosistémico (Jordan *et al.* 1987). Sin embargo, se considera en la tesis las escombreras como base para el desarrollo del ecosistema.

En nuestro caso, estamos interesados en entregar antecedentes para la recuperación de escombreras. En Chile, a partir de los antecedentes existentes, es evidente que las escombreras no han sido consideradas en detalle en los estudios de impactos mineros. Las escombreras son claramente áreas donde no hay suelo (Bradshaw, 1983). Desde el punto de vista ecológico, los estudios sobre escombreras se han centrado en los aspectos sucesionales, donde la composición de especies tiene una gran relevancia (Ash *et al.* 1994; Bradshaw, 1983, 1987). En el sector de Granizo, la actividad minera fue suspendida en 1994 y han transcurrido seis años del abandono de faenas. Las especies vegetales han tenido un tiempo para colonizar el sustrato nuevo proporcionado por las escombreras y así desarrollar una cobertura vegetal (una variable ecosistémica) en la estructuración de un nuevo ecosistema.

En este contexto podemos preguntar: ¿Existe colonización natural de las superficies formadas por los estériles de las escombreras? Si la respuesta es afirmativa, podemos preguntarnos: ¿Cómo la cobertura vegetal se relaciona con los tamaños del material que forman la escombrera? Desde el punto de vista ambiental, es importante establecer que tipo de relación existe entre la granulometría de la escombrera y la cobertura de la vegetación, porque los resultados a obtener deben servir como fundamento de propuestas de manejo de las escombreras abandonadas.

El estudio se puede también desarrollar desde otras aproximaciones como desde la teoría de sucesiones donde se debiera establecer cuales son los cambios de composición y abundancia de las especies en el tiempo de los diferentes sectores de la escombrera; desde la fisiología de plantas para estudiar las propiedades de las

especies que les permiten resistir las condiciones adversas de la estación estival que se producen en las escombreras; desde las propiedades físicas del sustrato, como la capacidad de retención de agua, que limitan el crecimiento de las plantas. Todas éstas aproximaciones al estudio de la cobertura, no responden a la pregunta de esta tesis en forma integrada, sino que centran el análisis en enfoques disciplinarios específicos. Es decir, buscan explicaciones, a una escala diferente, para responder la pregunta. En la observación de cualquier fenómeno a estudiar, el observador debe emplear una escala apropiada, ya que son escala-dependientes (Allen y Hoekstra,1990). Esto tiene, particular validez en los estudios ambientales, donde se deben integrar conocimientos desde distintas disciplinas en preguntas no disciplinarias.

### **1.3 Hipótesis**

La escombrera forma una capa de material estéril sobre el suelo original, con una superficie de gran inclinación, y donde la distribución de tamaños de estériles en ella, producto de las descargas realizadas en la operación, sigue un gradiente de gravedad, con estériles de menor tamaño en la parte superior a grandes tamaños en la parte inferior (National Research Council (NRC), U.S.A. 1999; Instituto Tecnológico Geominera de España (ITGE), 1989). En las hipótesis se enfatiza el tamaño de las partículas en superficie como uno de los factores más importantes, que determinan la cobertura resultante de la vegetación.

Las escombreras tienen necesariamente una expresión territorial y necesitamos probar la estructura espacial de la escombrera en relación a la variable independiente, el sustrato. El estudio incluye una prueba del supuesto sobre la estructura de la escombrera para determinar si la cobertura vegetal se asocia a la distribución de los materiales finos en el espacio, particularmente en sentido altitudinal.

#### **A. Hipótesis sobre la cobertura basada en la estructura espacial de la escombrera**

Si la parte superior de las escombreras tienen materiales finos y las inferiores gruesos, entonces de la cobertura vegetal debiera ser mayor en las partes superiores.

El otro aspecto a evaluar es la relación entre el sustrato y la cobertura vegetal, que se considera en la hipótesis siguiente.

#### **B. Hipótesis sobre la relación entre sustrato y la cobertura**

Si los sustratos de granulometría más fina generan condiciones favorables para el desarrollo de la vegetación, entonces en áreas con sustrato fino la vegetación debe presentar mayor cobertura que en áreas con sustrato gruesa.

#### **1.4 Objetivos**

El objetivo general de esta tesis es:

Establecer el tipo de relación existente entre la cobertura con la estructura de tamaños de estériles en la escombrera como parte de un sistema ambiental.

Los objetivos específicos son:

Establecer si la cobertura vegetal en una escombrera es mas importante en las partes superiores que inferiores.

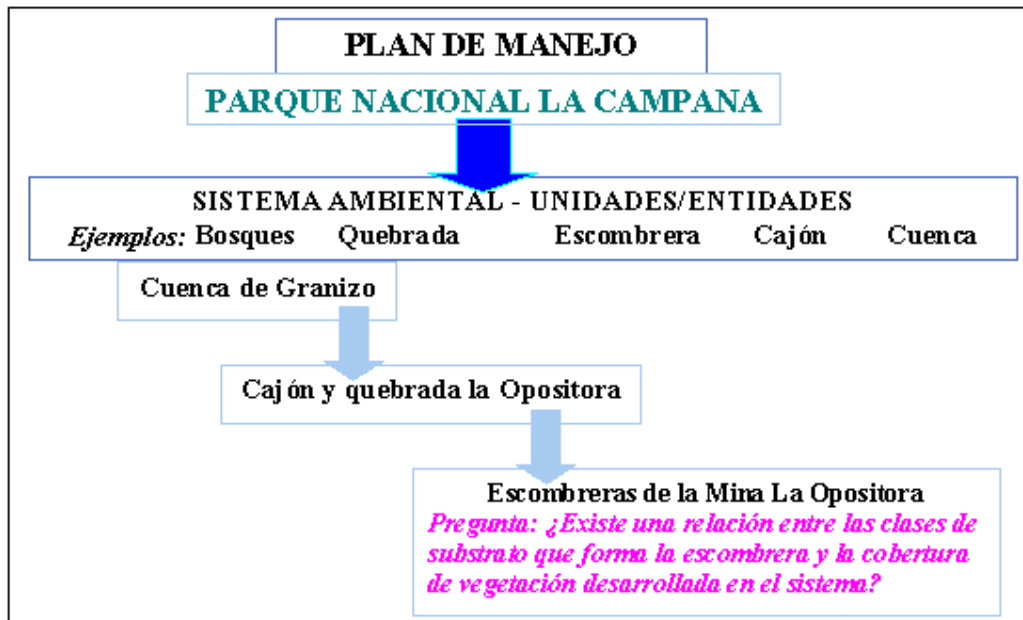
Medir la cobertura de la vegetación en una escombrera en función del tamaño de los estériles que se encuentran en la superficie.

Hacer recomendaciones para recuperar la cobertura vegetal de las escombreras.

### 2.1 Descripción del área del estudio y escala espacial de análisis

La Mina Opositora se encuentra en el sector Granizo en el Plan de Manejo del Parque Nacional la Campana (ver Fig. 1) y dentro su jerarquía de gestión el problema para la investigación se ubica en la siguiente esquema (ver Fig. 7). Sin embargo, el área de estudio está excluida de los programas de usos indicados en plan de manejo de CONAF (1997). La Mina Opositora se encuentra junto a otra pertenencia minera, mina Balmaceda, que se encuentra adyacente a la primera. No obstante, el Ministerio de Minería desarrolló en conjunto con CONAF un programa de Recuperación de parte de las áreas impactadas por las Minas Balmaceda y Opositora en el año 2000. En la Mina Balmaceda se reforestó la escombrera y en la Opositora se limpió y ordenó el área administrativa y de instalación de faenas, mientras se desarrolló esta tesis.

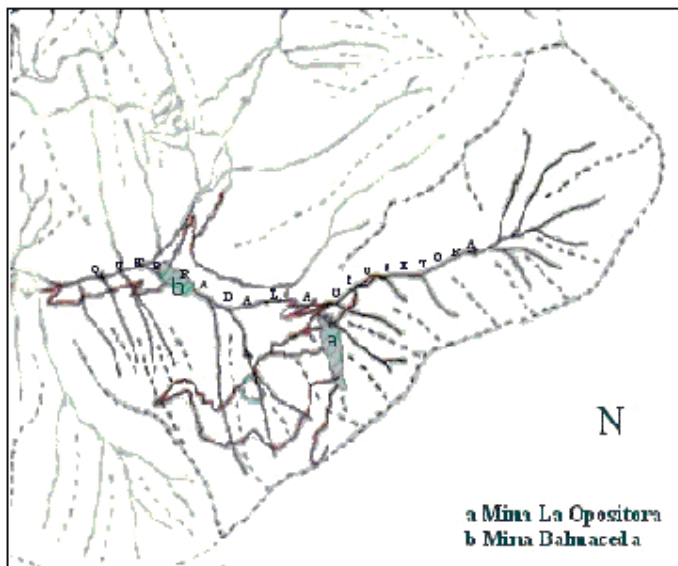
Figura 7. Localización del problema dentro un esquema de manejo para el Parque Nacional La Campana.



La mina Opositora se encuentra en el parte Sur-Este del sector Granizo en el Cajón La Opositora, y más específicamente en la Quebrada La Opositora, que forma la parte alta del cajón del mismo nombre. La Mina se encuentra desde el fondo de la quebrada hasta casi la cima, donde limita la cuenca, cubriendo toda la ladera de exposición norte (ver Fig. 7). La inclinación general del área aproximadamente de 19° con una exposición al Norte. Se encuentra entre los 750 y 950 metros de altitud. Se explotaron

las rocas para minerales en los sitios en que la intrusión ígnea esta dentro de la roca sedimentaria. La composición de la intrusión es granodiorítica – diorítica; y la actividad minera se dedicó a la explotación de oro y cobre y los minerales están ligados a estratos lenticulares de skarn, es decir, yacimientos formados a temperaturas elevadas con la adición o substracción de materia (resultado de un metamorfismo de contacto). Se tipificaron los skarn por sulfuros y óxidos diseminados. La mina Opositora, como las otras minas en este Sector, es de tipo estratiforme adentro la aureola de metamorfismo que rodea el cuerpo intrusivo principal, y los yacimientos están relacionados en estratigrafía, génesis, mineralogía y estructura.

Figura 8. Mapa de drenaje de la sección este del Sector Granizo, Parque Nacional La Campana. Línea roja – camino; línea negra – drenaje con dirección de flujo; línea negra interrumpida – crestas. Escala 1:20.000. (Fuente: SAF, 1994).

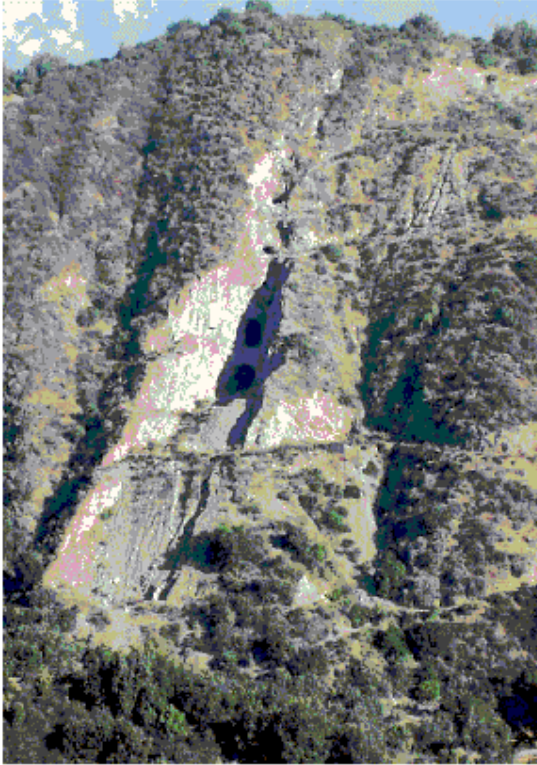


Después de seis años de abandono de los caminos de acceso han generado nuevos impactos provocados por movimientos de masa en la temporada de invierno cuando el suelo está saturado de agua, de dos formas, unos que han ocupado la parte plana del camino, y otros que lo han socavado. Simultáneamente, ha ocurrido erosión superficial, por las altas pendientes sobre las superficies desprovistas de vegetación generándose cárcavas que han aumentado el impacto inicial. En varios puntos se observa deslizamientos de tierra ocurridos en momentos que el suelo se encuentra saturado de agua, arrastrando suelo y rocas. También se observa deslizamiento de suelo y rocas por pequeños y los grandes movimientos sísmicos.

Desde el punto de vista geotécnico la mina es un área compleja. El hoyo de la mina sigue la dirección de las capas de rocas que tenía el mineral, formando paredes laterales lisas que en el lado Oeste tiene la inclinación de las capas sedimentarias, mientras que en el lado Este presentan fracturas originadas por la explotación. En la parte superior, hay una serie de túneles y puentes de rocas expuestas, sólidas y formados de roca madre no removida. Es bastante inaccesible, tiene grietas, lo que muestra que es geotécnicamente inestable, y deja expuesta en el piso a la roca madre como sustrato. En el interior se construyeron algunos túneles que suben o bajan siguiendo el mineral. Este sector de la mina es el límite superior del área de estudio (Fig. 9).

El límite inferior del área de estudio está constituido por los restos de explotaciones anteriores, es parte del antiguo camino que daba acceso a las explotaciones, conjuntamente con parte de las escombreras antiguas, parcialmente colonizadas por vegetación y modificadas por la última explotación, donde se construyeron terraplenes y bodegas. También se encuentran las entradas a varios piques de explotaciones anteriores. El área de estudio – las escombreras, se encuentra entre estos sectores (Figura 9).

Figura 9. Mina La Opositora mostrando las escombreras superior e inferior, Sector Granizo, Parque nacional La Campana.



Un plano detallado del área de estudios se observa en la Figura 10, y está formado por dos grandes sectores, uno superior que incluye caminos, una escombrera y taludes, y el sector inferior que incluye la escombrera grande, una entrada del camino, un 'sink hole' y una banda de estériles que pertenece a la actividad anterior. Las escombreras representan aproximadamente el 75 % del área impactada directamente y que corresponde a la mina propiamente tal. En ella se observa el tajo generado por la explotación como las áreas donde se instalaron las faenas y el área de nuestro interés que son las escombreras. Las coordenadas geográficas son S 32° 58' 893" y W 71° 06' 511", y se encuentra en la Quebrada Opositora, a la cual debe su nombre (Fig. 8). El tajo abierto de explotación alcanzó a una superficie aproximada de 4 hectáreas, dejando una gran depresión en la parte superior e inferior del área intervenida. Dentro de esa superficie se encuentran dos escombreras, una superior, pequeña, y otra inferior con una superficie varias veces mayor. La vegetación es de tipo esclerófilo, en los fondos de quebrada y xerofítica, en la mayor parte de las laderas de los cerros.

Sector Superior: En el sector más alto, existe un área plana formada por roca madre y material extraído, que limita con los taludes formados con las paredes Este y Oeste. El área plana también está en contacto con la escombrera superior, mediante dos apilamientos de estériles sueltos que se incorporan a la parte superior de la escombrera. La escombrera tiene la pendiente más alta de este sector superior y un camino paralelo con menos inclinación al lado este para llegar a la parte del sector



superior. El área que forma un triángulo a lado de este camino no se considera como parte de la escombrera, pero sí como superficie de estériles relacionada a la construcción de la vía de acceso. Finalmente, hay un área de camino plana formando el límite inferior de este sector, y que tiene un ancho irregular hacia la pared de roca en el Este (Fig. 10).

Sector Inferior: El sector inferior es menos complejo, constituido en su mayor parte por la escombrera inferior. La superficie de la escombrera tiene un pendiente general de 35°, pero muestra estructuralmente, una ondulación superficial hacia abajo causada por cursos de agua invernales. En la esquina inferior Este, hay una banda de estériles formada por la actividad anterior. La banda tiene un límite de cantos rodados, resultante de la nueva actividad y presenta rasgos distintos en términos de la cobertura vegetal ya desarrollada. El límite inferior Oeste se caracteriza por la presencia de un área donde hay una remoción manual de estériles y la entrada de un camino. En el límite inferior, hay una depresión ('sink hole') con un área circular de colapso con una profundidad aproximada de 8m, probablemente relacionada al derrumbe del techo de los túneles formados en explotaciones anteriores. Al exterior del límite inferior, hay un camino que pertenece a la actividad anterior. La explotación en la Opositora se realizó a tajo abierto y en piques, resultando en un impacto particular.

## **2.2 Variables**

En esta tesis, desde una perspectiva ambiental y en consecuencia necesariamente más integrado, se desea establecer cual es la relación entre el tamaño del sustrato y la cobertura vegetal. De éste modo, la variable independiente es el tamaño de partículas del sustrato (generada por la actividad minera) y la variable dependiente es la cobertura, respuesta integrada de todas las plantas de las diferentes especies y incluye hierbas y arbustos, que han logrado instalarse desde el abandono de faenas, en el ecosistema que se está estructurando.

En el estudio, el tiempo es un factor constante respecto del valor de cobertura, porque el tiempo de abandono es común en ambas escombreras, y el estudio es lo que se domina un experimento de tipo natural (Likens, 1989). La cobertura se puede considerar como una variable a escala del sitio, tal como altitud y pendiente (Waring y Running, 1998). Las escombreras son unidades donde se realizará el estudio y corresponden a una parte de las áreas perturbadas por las faenas mineras. En ellas suponemos un gradiente desde materiales finos en la parte superior y gruesos en la

inferior. Esto nos lleva a pensar que podemos obtener áreas homogéneas condiferentes clases de tamaños del sustrato que nos permitan obtener la información para nuestra hipótesis. Sin embargo, puede ocurrir que las unidades de observación contengan más de un tipo o clase de granulometría del sustrato, haciendo más difícil establecer la relación entre granulometría y cobertura vegetal.

Para realizar el estudio, el sustrato se ha dividido en seis clases de uso geotécnico, modificando la escala geológica de Wentworth (Barnes, 1995): Clase 1, arenas finas; Clase 2, arenas gruesas; Clase 3, gránulos; Clase 4, gravillas; Clase 5, piedras grandes; Clase 6, cantos rodados con límites de tamaños indicados en la Tabla 1. La roca madre no está incluida en las clases, porque no es parte de los estériles, depositados en las escombreras. Se trata cada escombrera como unidad distinta por criterio morfológico, es decir, por sus diferencias dimensionales, la separación espacial, y distribución distinta de estériles que las forman.

La cobertura de la vegetación fue considerada en dos estratos: a) herbáceo con anuales y perennes y b) arbustivo.

Tabla 1. Modificada escala de Wentworth (Barnes, 1995).

<b>Clase</b>	<b>Nombre</b>	<b>Límites de tamaños</b>
1	<i>ARENAS FINAS (AF)</i>	<0.5mm
2	<i>ARENAS GRUESAS (AG)</i>	0.5-2mm
3	<i>GRÁNULOS (GRAN)</i>	2-4mm
4	<i>GRAVILLAS (GRAV)</i>	4-64mm
5	<i>PIEDRAS GRANDES (PG)</i>	64-256mm
6	<i>CANTOS RODADOS (CR)</i>	256mm-4.096m

### **2.3 Unidad de Muestreo**

La variable a medir es el tipo de sustrato y la cobertura de la vegetación. El tamaño de cuadrícula seleccionado fue de 0,25 m<sup>2</sup>, es apropiado tanto para la variable independiente, tamaño del sustrato, como para la dependiente, la cobertura. La mayoría de las clases de sustrato tienen tamaños mucho menores que la superficie de la cuadrícula. Con el caso de los cantos rodados, que alcanzan hasta 4 metros, una muestra podría tener toda su superficie perteneciente a esa categoría. Aumentar el

tamaño de la cuadrícula, hace muy difícil las mediciones en tiempo y significa un aumento de error de medición. Para asegurar una homogeneidad de muestreo, la toma de muestra generalmente siguió el siguiente procedimiento: ubicación del punto de muestra en la superficie actual de una marca de la posición; orientación de la cuadrícula usando la brújula; medición de la superficie de las clases de substrato; y, medición de la cobertura del estrato herbáceo y arbustivo y la suma de éstos valores se consideró la cobertura de la vegetación.

## **2.4 Diseño del Muestreo**

Se seleccionó el muestreo aleatorio simple porque tiene la ventaja de representar en forma proporcional las distintas clases de substratos o combinaciones de tamaños que se encuentran en el área de estudio. De este modo, captura la información sobre heterogeneidad de las situaciones en el área de estudio. Para fijar los puntos de muestreo se obtuvieron pares de coordenadas aleatorias sobre la carta que representa las escombreras en estudio y después se midieron en terreno con huinchas. El número de muestras fue de 126, y su posición aproximada se encuentra representada en Anexo 2.2).

## **2.5 Análisis estadístico**

Para establecer las relaciones entre las variables seleccionadas en el estudio, se usó regresión múltiple paso a paso y análisis de componentes principales (Steel y Tudor, 1988, Vivanco 1999).

### **2.5.1 Análisis por sectores**

El análisis de los datos se realizará en función de la relación entre los sectores de la escombrera y la cobertura, para probar las relaciones propuestas en los objetivos e hipótesis. La escombrera se considera como una unidad estructural en el modelo propuesto geotécnicamente, de tal manera que podemos dividirla en sectores en función de la altura. De acuerdo a la **hipótesis a**, la cobertura debe disminuir desde el sector superior hacia el inferior. Los materiales finos del substrato (AF – AG) debieran disminuir y los materiales más gruesos (PG – CR) debieran aumentar hacia el sector inferior. Entonces en cada escombrera hemos definido tres sectores – superior, medio e inferior y cada uno de ellos dividido en 2 subsectores (ver Fig. 9). Se realizará un análisis de las superficies que cada clase de substrato ocupa en los sectores individualmente para cada escombrera.

### **2.5.2 Análisis de regresión lineal – múltiple paso a paso**

El análisis por el método de regresión se usa para predecir el comportamiento de la variable dependiente, es decir, utilizando la estructura de los datos para determinar un patrón de la respuesta, en este caso, la cobertura de la vegetación. La técnica de paso a paso fue útil para identificar las variables más significativas en el contexto de las otras. El nivel de confianza que se usará para la prueba es  $P = 0.05$ .

### **2.5.3 Análisis de Covarianza**

Para establecer si las diferencias entre las pendientes de las regresiones son diferentes se realizó un (ANCOVA), las escombreras como variables independientes, los sectores covariables y el substrato y cobertura como variables dependientes, las pruebas se realizaron con un nivel de significación de  $P = 0.05$ .

### **2.5.4 Análisis de Componentes Principales**

Análisis de Componentes Principales es otra técnica exploratoria para estructurar los datos. Se usa el método para (i) reducir el número de variables en la investigación y (ii) detectar la estructura de la relación entre las variables. La segunda es lo deseado en esta investigación. Los componentes son extraídos por la rotación máxima, literalmente para aumentar la variabilidad (*varimax rotation – variance maximizing rotation*) del ‘nuevo factor’, al mismo tiempo que se minimiza la varianza alrededor la nueva variable. Si hay más de dos factores extraídos, ellos definen un espacio en vez de un plano ortogonal. Los factores a extraer son consecutivos y resulta cada vez en menos variabilidad (Vivanco, 1999).

### **2.6 Censo de las especies vecinales**

Para conocer la composición de especies de la vegetación vecinal al área de estudio se realizaron 6 parcelas de 1m x 1m alrededor del área del impacto. Se produjo un listado con coordenados de las especies más probable para la colonización de las escombreras y el área en general.

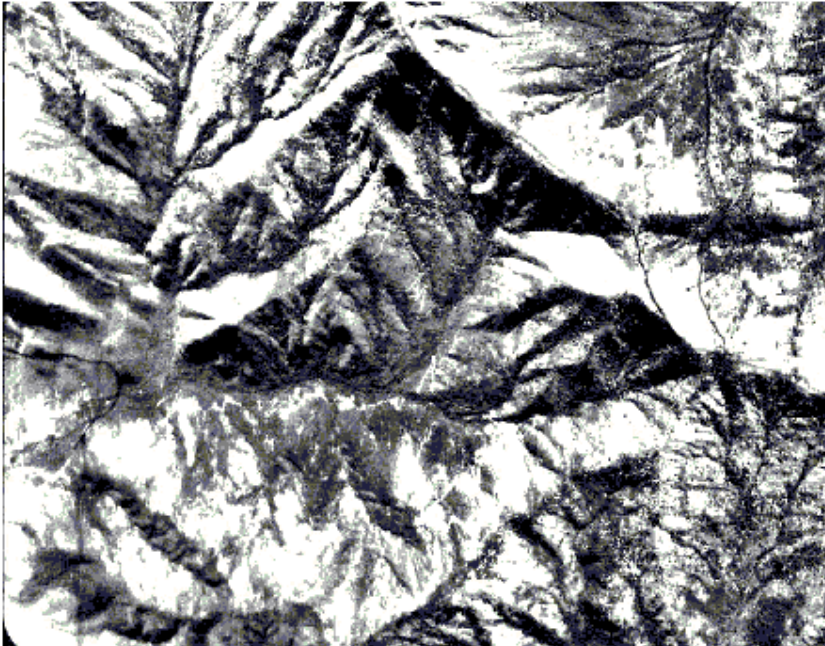
### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Características generales del área del estudio

##### 3.1.1 Descripción del área y cambios vegetacionales en el tiempo

La fotografía aérea de 1980 (1: 30.000) muestra que la vegetación está concentrada en las laderas y quebradas de exposición sur, mientras que las laderas de exposición norte están casi desprovistas de ella, presentándose vegetación leñosa más importante solamente en el fondo de las quebradas de exposición norte (ver Fig. 11). Sin embargo, las observaciones de terreno muestran que existe una vegetación xerofítica dominada por cháguales (Villaseñor *et al*, 1980). Las quebradas en general son profundas, las laderas presentan pendientes mayores que las laderas de exposición sur, y con cursos de aguas estacionales hacia el oeste, hacia el Sector de Granizo.

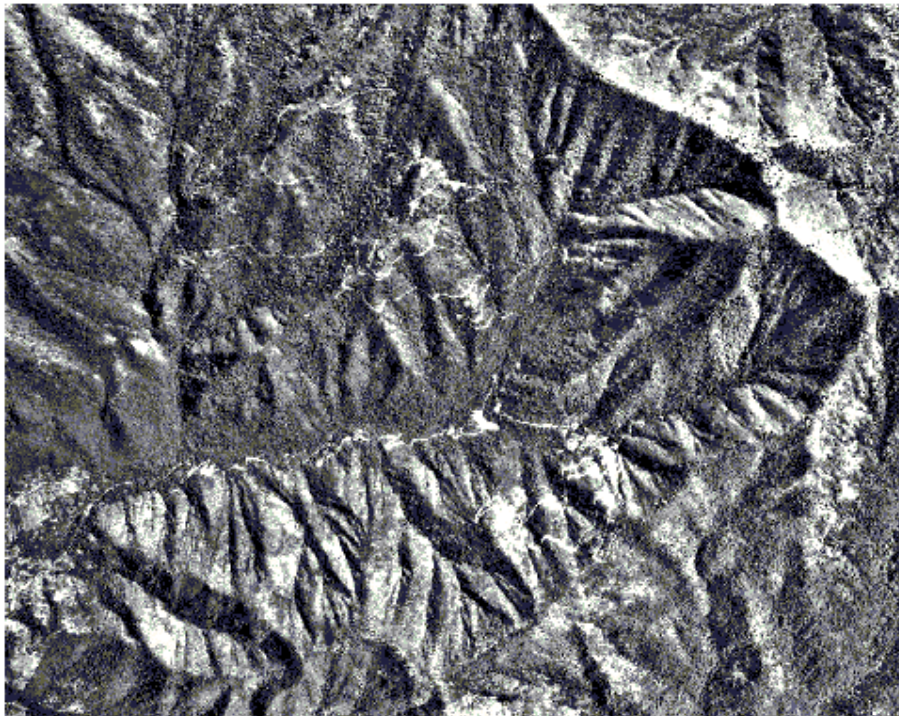
Figura 11. Sección de la fotografía aérea CH30 S15-16 # 020626, SAF, 1980, 1:30,000 mostrando el área de estudio. Posición de la Mina La Opositora encuadrada, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana.



Las fotografías de 1994, muestran un cambio importante en la cobertura de vegetación, un crecimiento de la vegetación del fondo de las quebradas hacia las partes superiores de las laderas y en la exposición norte una reducción de la superficie denudada (ver Fig. 12). También se evidencia la incorporación de la escombrera de la

explotación de la Mina Balmaceda. Los límites del área asociada a las escombreras en Mina La Opositora están claramente definidos, distinguiéndose el límite este, formado por acantilado rocoso, con un fuerte desnivel con relación a la escombrera y límite oeste con una vegetación más visible. En esta fecha, que coincide con el cierre de la actividad de explotación, los sectores vecinos de la misma quebrada presentan una cobertura de vegetación claramente mayor que en 1980, lo que se interpreta como un efecto general de la protección del área realizada por la declaración del terreno como Parque Nacional.

Figura 12. Sección de la fotografía aérea S09 L19, # 025372, SAF, 1994. Escala 1:20,000, mostrando el área de estudio. Posición de la Mina La Opositora encuadrada, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana.



### 3.1.2 Descripción de la vegetación en el área de estudio y vecina al área impactada

La vegetación existente en el área es principalmente de tipo xerofítico dominado por arbustos del género *Baccharis*, y especies arbustivas en roseta *Puya berteroa*, acompañadas de *Colliguaja odorifera*, *C. chilensis*, especies arbustivas espinosas como *Retamilla trinervis*, otras plantas en roseta como *Eryngium paniculatum*, *Helenium aromaticum*, plantas sub-arbustivas como *Calceolaria sp.* y especies hemicriptófitas como *Alstroemeria lightu*. En las quebradas de orientación norte y en la

parte superior se encuentra vegetación más esclerófila, con presencia de *Quillaja saponaria*, *Cryptocarya alba*, *Lithrea caustica*, *Peumus boldus*, *Sophora macrocarpa*, *Chusquea quila*, *Eupatorium glechonophyllum*, *Adiantum chilensis*, *Cestrum parqui*, *Lycium chilensis* y *Lobelia tupa*. La composición de especies del área perturbada de la Mina La Opositora alcanza a 128 especies, de las cuales un gran número es introducido y anuales. La composición de especies del primer grupo corresponde a la vegetación xerofítica de la Clase *Gutierrezio-Trichoceretea chilensis* (Ob. 1960) y el segundo grupo a la clase *Lithrea-Cryptocarya albae* (Ob. 1960) (Villaseñor *et al.* 1980/81), ambas propias de la zona de Chile Central (ver Anexo 3.1).

Un resultado sorprendente es que hay cerca de 60 especies que se encontraron en este estudio que no se encuentran registradas en la lista florística que tiene CONAF (ver Tabla 2), y mientras que cuando se compara con en el estudio de Villaseñor y Serey (1980) del área particular del cerro La Campana, hay solamente 25 especies en común. El área de la Mina La Opositora no fue considerada en el estudio de Villaseñor y Serey, que fue enfocado principalmente en La Quebrada la Campana y la parte inferior de la quebrada La Opositora<sup>Note2.</sup>. Probablemente para otras especies, la perturbación de estas áreas ofrece una oportunidad de colonización, aumentando su diversidad como se ha propuesto en teoría de comunidades (Ricklef, 1995).

Tabla 2. Número de especies registrado, Parque Nacional La Campana.

Fuente	Número de Especies Total	Especies en la Tesis			Área investigada
		Numero en común	Numero de nuevas	Total	
Villaseñor y Serey (1980)	137	34	93	127	Sector Granizo
Plan de Manejo, CONAF (1997)	331	66	61	127	Parque completo

### 3.2 ESTRUCTURA DE LAS ESCOMBRERAS Y DISTRIBUCIÓN DE LA COBERTURA

### 3.2.1 Descripción de las Escombreras

El mapa con la ubicación de las cuadrículas se presenta en el Anexo 2.2, y la distribución de las muestras en la Tabla 3. Además de la distribución de las clases de tamaños de los estériles que se discutirá en la parte siguiente, cada escombrera presentó características físicas que resultan del tipo de material, proceso de formación de las escombreras mismas y cambios desde el tiempo de abandono. No había información sobre el método de operación de la mina, pero la escala indica un proceso de baja tecnología y extracción del mineral del área por camiones. Las escombreras resultantes son vertidas por gravedad, altamente inestable y con una inclinación promedio de 30°. La superficie general es ondulando y acentuada por erosión de los cursos de aguas invernales y erosión de los materiales más finos. Esta ondulación resulta en una exposición variada en la superficie.

Tabla 3. Características generales de las escombreras, Mina La Opositora, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana.

	<b>Superficie Estimada</b>	<b>Número de muestras</b>	<b>Exposición general</b>	<b>Inclinación</b>
<b>Escombrera A</b>	400m <sup>2</sup>	30	N	30°
<b>Escombrera B</b>	2400m <sup>2</sup>	96	N	30°
<b>Total</b>	2800m <sup>2</sup>	126		-

La **hipótesis a**, está basada en la estructura física-espacial de los materiales de las escombreras, de tal modo que se necesita evaluar si esa estructura está de acuerdo con el conocimiento geotécnico de estos elementos del sistema ambiental y luego determinar si la cobertura responde del modo que sugiere el conocimiento ecofisiológico de plantas. Las unidades de análisis son las dos escombreras.

### 3.2.2. Descripción de la composición del sustrato de las escombreras por sectores

#### 3.2.2.1. Abundancia de las clases del sustrato en las escombreras

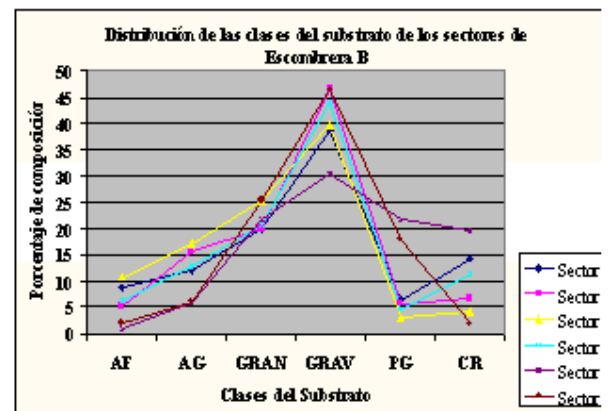
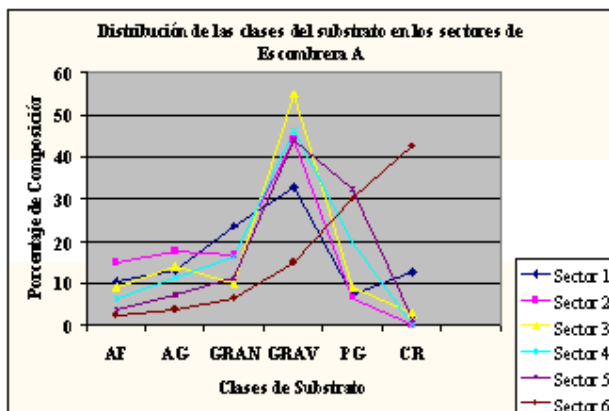
Las gravillas es el material que domina la superficie en ambas escombreras y se distribuye de modo homogéneo en la Escombrera B, mientras que en el sector inferior de la Escombrera A es menos dominante.



Escombrera A: La Figura 13A muestra el perfil de composición del substrato en los seis sectores de la Escombrera A. En los primeros 5 sectores definidos – sector 1 (superior) hasta Sector 5, las gravillas son importantes, pero en el inferior Sector 6, las piedras grandes y los cantos rodados dominan la composición. De acuerdo de la gráfica, los sectores superior y medio son similares, con un general disminución de los materiales finos (AF – GRAN). En sentido estricto, la escombrera no se estructura de acuerdo al modelo geotécnico.

Escombrera B: El perfil de la composición del substrato se muestra en Fig. 13B. En todos los sectores, las gravillas son el componente del substrato más importante. Los sectores superior y medio (Sectores 1 – 4) son prácticamente iguales, mientras los inferiores (Sectores 5 y 6 de esta escombrera) hay una disminución de los materiales finos y un aumento notable de las piedras grandes. Sin embargo, el gráfico muestra que el máximo de cantos rodados ocurre en el sector 5 y no en el ultimo, donde esta clase alcanza su mínimo de todos los sectores. Tampoco en este caso se cumpliría el modelo geotecnico.

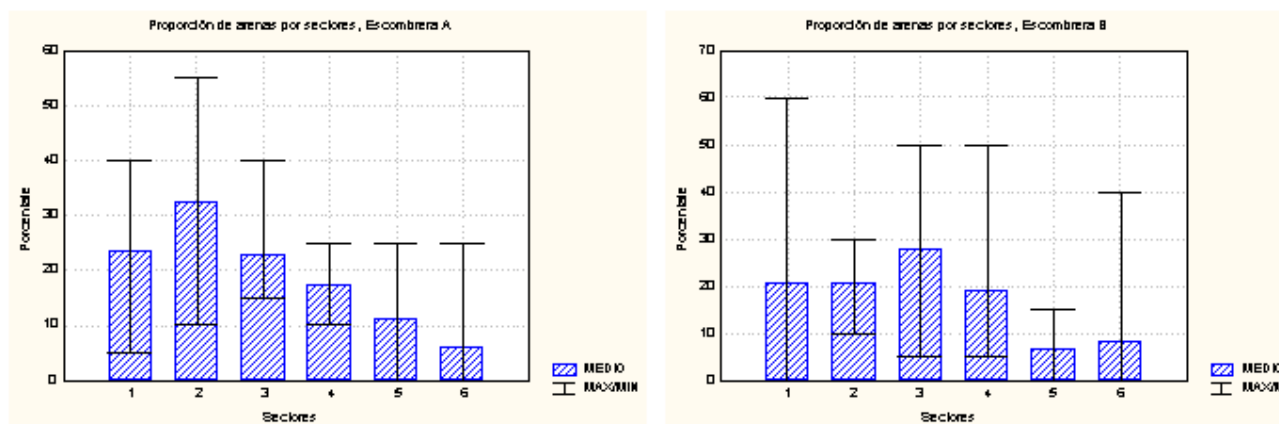
Figura 13 A y B. Composición de los sectores de las escombreras A y B respectivamente, Mina La Opositora, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana. AF – Arenas Finas, AG – Arenas Gruesas, GRAN – Gránulos GRAV – Gravillas, PG – Piedras Grandes, CR – Cantos Rodados. Refiere a Fig. 10 para ubicación espacial de los sectores.



### 3.2.2.2 Relación entre las arena y los sectores

Las figuras 14 A y B muestran la proporción de materiales finos, el total de las arenas, en ambas escombreras. En general, en ambas existe una disminución de los materiales finos en los sectores inferiores, pero en la Escombrera A, el máximo ocurre en el sector superior, mientras en la Escombrera B, ocurre en el sector medio.

Figura 14 A y B. Proporción de materiales finos en los sectores de las escombreras A y B respectivamente, Mina La Opositora, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana. Refiere a Fig. 10 para ubicación espacial de los sectores.



### 3.2.3 Análisis de regresión para definir la relación entre materiales y los sectores

Escombrera A. Los resultados del análisis de regresión muestran que los materiales finos, las arenas finas, AF ( $P = 0,005$ ), las arenas gruesas, AG ( $P = 0,005$ ) y los gránulos, GRAN ( $P = 0,003$ ) disminuyen desde los sectores superiores hacia los inferiores (ver Tabla 4; curvas en Anexo 3.3, página 64). Los valores de los parámetros de la regresión se encuentran en la tabla 4. Esta distribución de materiales en los sectores apoya el modelo propuesto para las escombreras basado en los conocimientos geotécnicos.

Tabla 4. Parámetros de regresión, Escombrera A, Mina La Opositora, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana. (AF – Arenas Finas, AG – Arenas Gruesas, GRAN – Gránulos, PG – Piedras Grandes).

Variable Dependiente	Beta	Intercepto	Nivel –Pde intercepto	Nivel - p	R <sup>2</sup>
AF	-0,4954	15,0931	1,2429x06	0,0054	0,2185
AG	-0,4962	18,4352	3,8811x08	0,0053	0,2192
GRAN	-0,5242	24,1058	3,1709x08	0,0029	0,2747
PG	0,5560	1,9411	0,7327	0,0014	0,3091

Escombrera B. La regresión lineal muestra una disminución significativa de las arenas finas AF ( $P = 0,001$ ) y de las arenas gruesas AG ( $P = 0,0002$ ) hacia los sectores

inferiores de la escombrera mientras un aumenta significativa por parte de las piedras grandes, PG (P = 0,001; ver tabla 5; curvas en Anexo 3). Estos resultados apoyan también el modelo de la estructura de la escombrera basado en los conocimientos geotécnicos.

Tabla 5. Parámetros de regresión, Escombrera B, Mina La Opositora, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana. (AF – Arenas Finas, AG – Arenas Gruesas, PG – Piedras Grandes).

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Beta</b>	<b>Intercepto</b>	<b>Nivel –P de intercepto</b>	<b>Nivel - p</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
AF	-0,3286	19,8188	4,3283x06	0,0011	0,0985
AG	-0,3695	28,8249	1,6477x09	0,0002	0,1274
PG	0,3257	-1,3565	0,6826	0,0012	0,1061

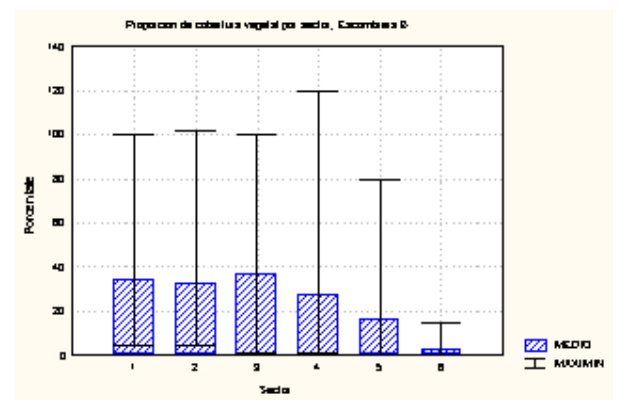
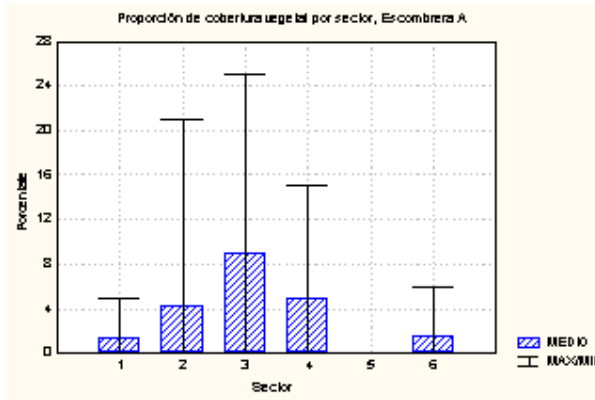
### **3.2.3.1 Análisis de Covarianza (ANCOVA) para las arenas en las escombreras**

Para determinar si las pendientes de las regresiones en ambas escombreras son iguales o diferentes, respecto de los materiales finos, se realizó un ANCOVA. Los resultados muestran que las diferencias no son significativas (P= 0,69) y en consecuencia las pendientes de ambas regresiones pueden ser consideradas iguales. Es decir, los materiales finos se distribuyen de la misma forma en la estructura de ambas escombreras.

### **3.2.4 Descripción de la cobertura vegetal de las escombreras por sectores**

Las figuras 15 A y B muestran la distribución de la cobertura vegetal en cada una de las escombreras. En ambas, hay una alta variabilidad intra-sector, y el máximo de cobertura vegetal ocurre en el sector medio.

Figura 15 A y B. Proporción de cobertura vegetal en los sectores de las escombreras A y B respectivamente, Mina La Opositora, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana. Refiere a Fig. 10 para ubicación espacial de los sectores.



### 3.2.5 Análisis de regresión para definir la relación entre cobertura vegetal y los sectores

Escombrera A. En la Escombrera A, la cantidad de cobertura vegetal no está relacionada ni negativa ni positivamente con los seis sectores definidos para la escombrera, con ésta técnica de regresión. En consecuencia, la cobertura no cambia de la misma forma que los materiales finos en la estructura de la escombrera. Estos resultados no apoyan la predicción hecha en la *hipótesis a*, ya que se debería haber encontrado más cobertura en los sectores superiores, donde los materiales finos son más abundantes, que en los inferiores.

Escombrera B. Por su parte, la regresión de la cobertura en función de los sectores de la Escombrera B muestra una disminución significativa hacia los sectores inferiores ( $P = 0,002$ ). Así, la distribución de la cobertura muestra la misma dirección de cambio que los materiales mas finos. Estos resultados apoyan la hipótesis b, donde la cobertura debe disminuir desde de los sectores superiores hacia los inferiores (ver Tabla 6).

Tabla 6. Parámetros de regresión para la cobertura vegetal, Escombrera B, Mina La Opositora, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana. (CVT – Cobertura Vegetal Total)

Variable Dependiente	Beta	Intercepto	Nivel –P de intercepto	Nivel - p	R <sup>2</sup>
CVT	-0,3074	47,4265	1,3813x09	0,0023	0,0945

#### 3.2.5.1 Análisis de Covarianza (ANCOVA) para la cobertura vegetal en las escombreras

El análisis de covarianza para la cobertura mostró que las pendientes de las regresiones eran diferentes ( $P = 0.00001$ ). En consecuencia, la distribución de la vegetación en cada una de las escombreras es diferente.

### 3.3 RELACIÓN ENTRE SUBSTRATO Y COBERTURA

La **hipótesis b**, está formulada en un contexto exclusivamente de relaciones entre variables y en consecuencia no se considerara los aspectos espaciales en este caso. Las unidades de análisis en este caso son las cuadrículas, independientes de su disposición espacial.

#### 3.3.1 Regresión simple entre las variables

El análisis realizado incluye una regresión simple donde se investiga la relación entre la variable dependiente y las independientes. Los resultados mostraron que las variables significativas que se asocian con la cobertura son: (i) las arenas finas (AF) ( $p = 0,0047$ ). (datos del análisis en Anexo 3.5 página 66); (ii) las arenas gruesas (AG) ( $p = 0,0012$ ), y (iii) las gravillas (GRAV) ( $p = 0,0499$ ). Los coeficientes de determinación,  $R^2$  es bajo en todas las relaciones ( $R^2 < 0,10$ ), de tal manera, que el modelo de regresión no es un buen predictor de los cambios en cobertura vegetal (ver Fig. 16).

#### 3.3.2 Análisis de componentes principales (ACP)

##### 3.3.2.1 Los componentes

Se usa el análisis de componentes principales para detectar la estructura entre las variables, para conocer el significado de los factores extraídos, es decir, como interpretarlos en una manera significativa.

La primera columna de la Tabla 7 representa el valor absoluto y la segunda la varianza relativa. Los resultados indican que 60% del total de la varianza está dado por los primeros 2 factores.

Tabla 7. Valores propios derivados por la extracción de componentes principales

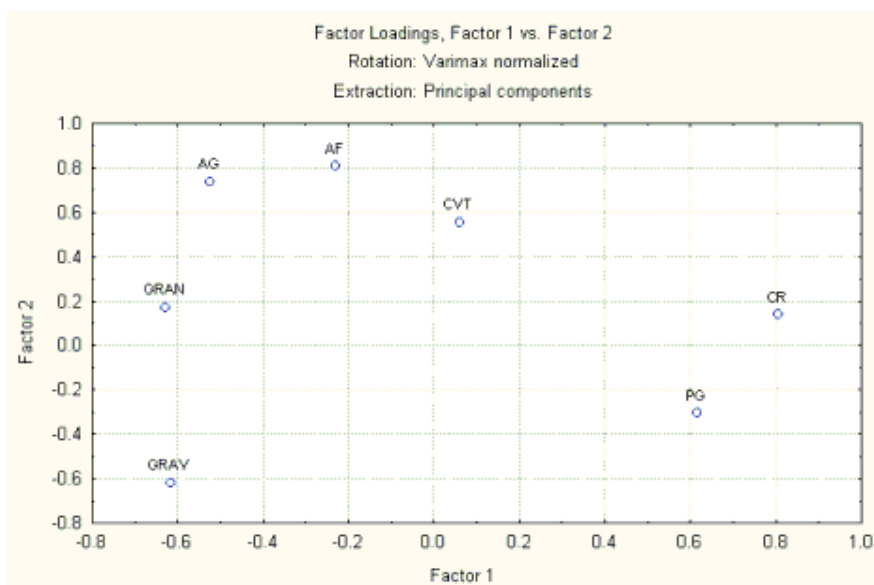
	Valor Propio	% de la Varianza Total	Valor Propio Cumul.	% Cumulativo
1	2,3981	34,26	2,3981	34,26
2	1,7109	24,44	4,1091	58,70

### 3.3.2.3 Saturaciones de los Factores

La saturación del factor es la correlación entre los factores extraídos y las variables originales. Ellos representan la información más importante sobre lo cual se basa la interpretación de los factores. El Factor 1 tiene una fuerte correlación positiva con los cantos rodados (saturación = 0.80) y las piedras grandes (saturación = 0.61), fuertes correlaciones negativas con gravillas, gránulos y arenas gruesas (saturaciones = -0.64, -0.62 y -0.50 respectivamente). Se puede considerar que el Factor 1 representa una variable que describe el tamaño del sustrato y la cobertura no tiene relación con éste factor (saturación = 0.07; ver Fig. 15).

Para el Factor 2, las variables con fuerte correlaciones son las arenas finas, arenas gruesas y la cobertura vegetal en el lado positivo (saturaciones = 0.80, 0.74 y 0.56 respectivamente), mientras que en el lado negativo, las gravillas es la variable con mayor correlación (saturación = -0.59). Estas variables presentan bajas correlaciones con el factor 1. Eso nos hace pensar que las arenas se asocian fuertemente a la existencia de cobertura vegetal. Esto se puede interpretar, como que la cobertura es más importante en los sustratos finos (arenas).

Figura 17. Saturaciones de las variables en los ejes en el análisis de componentes principales. AF – Arenas Finas, AG – Arenas Gruesas, GRAN – Gránulos GRAV – Gravillas, PG – Piedras Grandes, CR – Cantos Rodados, CVT – Cobertura Vegetal Total.



## 4. Discusión

El establecimiento de una cobertura vegetal en las áreas de faenas mineras abandonadas es uno de los objetivos importantes en las actividades de recuperación de esas tierras (Bradshaw, 1987). Desde el punto de vista ecológico significa que se debe estructurar un ecosistema, que se mantenga en el tiempo. En las escombreras, de acuerdo a los antecedentes geotécnicos, los materiales finos se depositan de preferencia en las partes superiores mientras que los gruesos en las partes inferiores (NRC, 1999; ITGE, 1989). Estos substratos representan ambientes difíciles de colonizar por las plantas (Pichtel *et al.* 1994) y en general determinan que el desarrollo de un ecosistema en ellos sea lento.

### **4.1 Relación entre escombreras, las clases del substrato y la cobertura vegetal**

El desarrollo de una cobertura vegetal, puede estar determinado por numerosos factores, uno de ellos es la calidad del substrato, especialmente aquellos que proporcionan las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas y que forman parte del ecosistema. Ese substrato corresponde a los materiales finos de la escombrera que están representados en particular por las arenas finas y gruesas, (Larcher, 1995; Pichtel *et al.* 1994; Brady, 1990; Or y Wraith, 1999).

En nuestro estudio, ambas escombreras presentaron una mayor cantidad de materiales finos (AF, AG) en la parte superior, con una disminución progresiva hacia las partes inferiores, y apoyan el modelo general de formación de escombreras, en actividades mineras, sugerido por el conocimiento geotécnico (NRC, 1999, ITGE, 1989). Las escombreras estudiadas tienen distintos tamaños y se ajustan bien al mismo modelo descrito. Los gránulos pueden estar débilmente asociados a la cobertura vegetal, que se puede explicar por ser la clase siguiente después de las arenas, mientras en el caso de las piedras grandes, es posible que los espacios entre partículas generan micrositios protegidos donde se acumulan las partículas finas.

#### **4.1.1 El desarrollo de la cobertura vegetal en el ecosistema**

De acuerdo al conocimiento actual y los resultados, deberíamos encontrar una mayor cobertura en los sectores superiores de las escombreras porque existe mayor cantidad de materiales finos. Los resultados de ésta tesis muestran que en la Escombrera A, la vegetación no tiene relación con la distribución de los materiales más finos. Sin embargo, en la Escombrera B, se presenta una relación positiva entre una mayor superficie con materiales finos y una mayor cobertura vegetal. Los resultados de la

Escombrera A pueden explicarse desde un punto de vista ecológico o geotécnico o bien por el tiempo que lleva el desarrollo del ecosistema. La ubicación de la escombrera, podría determinar una menor probabilidad de llegada de semillas provenientes de las áreas vecinas, lo que sería una causa ecológica. La descarga de estériles en la escombrera podría también determinar una escala de distribución de los estériles en el perfil del sustrato, que originara una condición desfavorable para la colonización y crecimiento por las plantas, como por ejemplo que este constituido por piedras grandes, cantos rodados y gravillas. Otra causa podría ser que la formación de la escombrera ocurrió durante las últimas actividades de explotación, y en consecuencia tenga menos tiempo relativo que la escombrera mayor. Estas tres explicaciones son posibles dentro de la jerarquía de análisis considerado en la tesis.

Las escombreras estudiadas, representan un proceso de sucesión primario y no secundario como en la mayoría de los estudios de dinámica de perturbaciones en el ambiente. Es decir, nos encontramos frente a un nuevo ecosistema, muy distinto al existente sobre la misma área donde se formó la escombrera. Desde una aproximación de dinámica de parches, por ejemplo, muy distinta de la aproximación elegida en ésta tesis, habría esperado que los bordes más próximos a las fuentes de semillas, es decir, donde existe vegetación en la vecindad, deberían presentar una mayor cobertura (Runkle, 1985). Los resultados de esta tesis, tampoco apoyarían una explicación de este tipo, ya que no se observa un aumento de la cobertura vegetal hacia los bordes del parche (White y Pickett, 1985).

#### **4.1.2 Relación entre el sustrato y la cobertura vegetal**

En las escombreras, en general, las limitaciones son físicas porque tienen una baja retención de agua, a veces una superficie impermeable y endurecida, y sujetas a altas temperaturas en verano (Pichtel *et al.* 1994). Este último aspecto es muy importante en el caso de las escombreras en estudio, ya que se encuentran en exposición norte. En los suelos la retención de agua está determinada por la granulometría (Or y Wraith, 1999), y en la escombrera por la granulometría del sustrato. Estos antecedentes permitieron formular la hipótesis que propone que la granulometría del sustrato determina en algún grado la cobertura vegetal en el ecosistema.

El sustrato es parte constitutiva del ecosistema en crecimiento y desarrollo en el área denominada escombrera, y en consecuencia sus características son importantes para comprender la cobertura vegetal, que es una expresión de los componentes bióticos del ecosistema. El análisis de regresiones realizado muestra que las clases de sustrato más asociadas a la cobertura vegetal son las arenas finas (AF), las arenas



gruesas (AG) y las gravillas (GRAV), pero como los coeficientes de determinación de las regresiones son bajos no podemos afirmar que estos valores del sustrato permite predecir el valor de la cobertura vegetal. Este análisis no entregó resultados que apoyen fuertemente la hipótesis.

En muchas situaciones en los estudios ambientales es difícil establecer relaciones fuertes, dada las numerosas variables que participan en el fenómeno en estudio, y a que las variables se relacionan de forma múltiple, propios de los sistemas ambientales. Para comprender mejor las relaciones entre las variables realizamos un ACP. Las cuadrículas están compuestas por más de un tipo de sustrato y el ACP nos permite establecer relaciones entre variables mediante la formación de nuevas variables (factores) que son ortogonales, es decir, independientes, y así evaluar la segunda hipótesis. Los resultados de ACP nos indican que la cobertura vegetal aparece correlacionada positivamente sólo con las arenas gruesas y finas, mientras que negativamente con las gravillas y piedras grandes. No tiene correlaciones con los restantes tipos de materiales. Estos resultados apoyan la hipótesis que los materiales más finos son más favorable para el desarrollo de una cobertura vegetal. Así los resultados del ACP concuerdan con los resultados de la regresión múltiple, donde las arenas gruesas aparecen como la variable más importante para predecir la cobertura vegetal.

Entonces podemos pensar que las arenas gruesas principalmente, y las arenas finas en forma secundaria, son los tipos de sustrato que se asocian o explican más el desarrollo de la cobertura vegetal. Variables como el tipo de ciclo de vida, mecanismos de dispersión, exposición general de la escombrera, temperaturas del sustrato en el verano y otras variables, como se han sugerido en la literatura (Pichtel *et al.* 1994), pueden ser también factores que afectan la cobertura, así como el tiempo de desarrollo del ecosistema. Observaciones no cuantificadas en sectores vecinos, pero abandonados con anterioridad, aparecen con mayor cobertura vegetal que las escombreras estudiadas.

#### **4.1.3 Consecuencias ambientales de los resultados**

Los resultados obtenidos muestran que en una escombrera formada por pequeña minería, se encuentran diferentes puntos que tienen coberturas muy distintas, a pesar que pueden tener una composición en la superficie, en cuanto a categorías de sustratos, parecidas. Estos resultados, sugieren que una tarea de los administradores de éstas áreas es proveer sustratos más finos, en el área de las escombreras, lo cual debería provocar un aumento en el desarrollo de la cobertura en el tiempo. Es

importante considerar que el aporte de los materiales finos sobre las escombreras, debe realizarse de acuerdo a la distribución que éste presenta, en los diferentes sectores. En la parte inferior, donde los materiales finos son más escasos, debiera ocurrir el aporte principal, para el desarrollo de una cobertura en el sistema. Los métodos para lograr ese objetivo pueden ser muy distintos y corresponden al campo de la ingeniería (ver ITGE, 1999, Montgomery, 1995).

## **4.2 Gestión ambiental**

### **4.2.1 Estrategias de manejo de las escombreras en el parque**

Para desarrollar una estrategia de manejo ambiental, es necesario distinguir algunos conceptos básicos que están asociados al manejo de perturbaciones desde el punto de vista ecológico. La idea de restauración ecológica es clave para ese objetivo, entendiéndose por ésto “la alteración intencional de un sitio para establecer un ecosistema definido nativo e histórico” (Henry & Amoros, 1995). La finalidad de este proceso es emular la estructura, diversidad y funcionamiento de un ecosistema especificado. Podría decir que es diferente de creación de ecosistemas y manejo ecosistémico. Creación, recuperación o reasignación de ecosistemas implica la transformación de un ecosistema en un ecosistema distinto donde éste nunca existió (Lewis, 1990, NRC, 1999; Henry & Amoros, 1995). Mientras, manejo ecosistémico es “restaurar y mantener la salud, productividad y diversidad biológica de los ecosistemas y la calidad de vida global mediante una aproximación al manejo de recursos naturales completamente integrado con las metas económicas y sociales” (Franz, 1999). Consecuentemente el concepto base para manejar las escombreras de Mina la Opositora, es el de recuperación. Esto es manipular el ecosistema que se está formando para direccionar el cambio hacia un tipo de ecosistema deseado. Los resultados de la investigación de la relación tipo de sustrato con la cobertura permiten hacer las siguientes recomendaciones:

1. Aumentar la superficie con sustratos finos en las escombreras particularmente en las zonas inferiores de ellas, de modo de facilitar la retención de humedad en el sustrato que sirve de base para el desarrollo de las plantas y consecuentemente debe ocurrir una meteorización más intensa que facilita el mismo proceso.
2. Los registros en las muestras indican claramente la existencia de un grupo de especies arbustivas que dominan la vegetación presente en las escombreras, que debieran considerarse especies pioneras en el proceso sucesional. Entre las

especies herbáceas se deben indicar *Vulpia myuros* y *Vulpia* sp., *Avena barbata*, *Bromus berterianus*, que a pesar de ser introducidas tienen la capacidad de formar cobertura vegetal en forma muy rápida. Entre los arbustos las especies de mayor frecuencia y biomasa son *Baccharis linearis*, *B. paniculatum*, *Colliguaja odorifera*, *Muehlenbeckia hastulata*, *Lobelia salicifolia*, *Colletia* sp. *Eryngium paniculatum*, que son especies nativas. El problema para las especies *Colliguaja odorifera*, *Muehlenbeckia hastulata* y *Lobelia salicifolia* es la dificultad para colonizar, porque no siempre llegan sus semillas, que son grandes. Las especies de *Baccharis*, por otro lado, tiene dispersión por viento, con semillas pequeñas y son los más abundantes en las escombreras. Estas especies deberían ser consideradas en los planes de recuperación de la cobertura vegetal.

3. Incrementar la tasa de crecimiento de la cobertura usando las especies indicadas en el punto anterior mediante la siembra para las anuales y plantación para las arbustivas con riego y fertilización.

#### **4.2.2 Recomendaciones para la gestión**

Se debe incluir un programa de acción en el Plan de Manejo del Parque Nacional La Campana para las áreas de faenas mineras abandonadas. Esto permitiría considerar medidas de manejo sugeridas para las escombreras de la Mina La Opositora. El desarrollo de una cobertura vegetal, es producto de la dinámica natural de la sucesión primaria que allí ocurre y las medidas deben favorecer esa dinámica. Para lograr ese objetivo, se debe facilitar los procesos sucesionales y así reducir el tiempo de desarrollo del nuevo ecosistema.

#### **4.2.3 Otras recomendaciones generales para manejo de las escombreras**

1. Agregar materia orgánica a la superficie de las escombreras, usando por ejemplo, material extraído del mantillo de otros ecosistemas. Eso permitiría una mayor capacidad de retención de agua y de nutrientes favoreciendo el desarrollo de más vegetación.
2. Aumentar la estabilidad general de la escombrera usando técnicas como cobertura con mallas metálicas o formación de terrazas, pero estas técnicas tienen sus propios impactos que deben ser considerados en la toma de decisiones.
3. Otra técnica para aumentar o mejorar las condiciones para desarrollar una cobertura en estos ecosistemas es reducir el endurecimiento de la superficie, actividad de baja utilidad de escombreras de alta pendiente.

4. Restringir el uso humano (riesgos por razones de estabilidad del área del impacto) y ganadero, para reducir el impacto de nuevas perturbaciones en el desarrollo de la vegetación, lo que puede lograrse cercando el área.

5. Aplicar las medidas mencionadas anteriormente para otros sectores impactados, como los taludes, el camino, las cortes de camino.

#### **4.2.4. Otras Escombreras en El Parque**

Existen varias escombreras, en el sector de Granizo del PNLC, que corresponden a faenas de minas abandonadas en la actualidad. Las minas Pronosticada y Felicidad 1/3, se encuentran dentro del área del Bosque de *Nothofagus obliqua*, ambas en exposición sur. La Pronosticada posee una escombrera abandonada antes de primera mitad del siglo XX, donde aún no se desarrolla una cobertura arbustiva o arbórea. Pero esta escombrera tiene una estructura diferente dado por la dominancia de las piedras grandes y cantos rodados (observaciones personales). La escombrera originada en la explotación de los años 90, tiene muy poca colonización por parte de la vegetación y solamente de herbáceas. En la Mina Felicidad 1/3 existen tres escombreras, todas con poca colonización ya que su abandono también es reciente. La baja colonización podría deberse a que las especies existentes en el bosque dominado por *Nothofagus obliqua* pueden tener restricciones más fuertes para crecer en esas condiciones, que las especies de tipo mediterráneo en las escombreras de bajas altitudes. La Mina Balmaceda se encuentra dentro del área del Bosque Esclerófilo mediterráneo y tiene dos escombreras – una grande abajo en el camino general del Parque, y otra dentro el área administrativa asociada a la Mina La Opositora. Ambas fueron intervenidas en Septiembre de 2000 por el Ministerio de Minería en la ejecución del “Programa de Recuperación de Zonas Afectadas por la Minería”. Estas intervenciones impidieron evaluar en ellas la distribución de las clases de substrato y la cobertura desarrollada naturalmente desde el tiempo de abandono.

#### **4.2.5 Complejidad del sistema ambiental y Niveles de Integración**

El área de las faenas mineras abandonadas constituye un sistema ambiental complejo, con límites relativamente bien definidos, en términos geomorfológicos y vegetacionales, cuando se observa a la escala de la cuenca La Opositora. Sin embargo, al interior de dicha área no puede considerarse como una unidad homogénea ya que se encuentran diferencias en los substratos y la vegetación desarrollada. La existencia de faenas anteriores y un período de abandono antes del último período que generó las escombreras en estudio, la construcción de nuevos caminos, espacio para la operación de máquinas, el desplazamiento del suelo, la

erosión por agua en los taludes de los caminos y también en las escombreras - flujos de masa sobre los caminos, generaron impactos muy heterogéneos. Así, la mina tiene impactos muy diferentes en un área relativamente reducida, con significados y consecuencias distintas en el sistema ambiental y deben estudiarse en forma específica. El estudio comprendió el desarrollo de la cobertura vegetal solamente en un tipo de unidad geomorfológica, las escombreras. El desarrollo de la cobertura de los ecosistemas sobre las diferentes unidades geomorfológicas puede tener características muy distintas y puede ser afectada por otras variables. Una aproximación ambiental se debe desarrollar bajo un enfoque integrativo, sistémico y que responda a la pregunta a su propia escala (Lawrence, 1997; Allen y Hoekstra, 1990; Palik *et al.*, 2000).

#### **4.3 Desarrollo de la aproximación ambiental del problema.**

El objetivo general fue establecer qué tipo de relación existe entre el tamaño del material que forma la escombrera y la cobertura que se desarrolla en el área. En el caso de las escombreras de La Mina La Opositora, por estar dispuestas en el tajo abierto de explotaciones anteriores, es un área con un nuevo sustrato, donde se está desarrollando un nuevo ecosistema, ya que fue un área previamente perturbada. Las escombreras, producto de la actividad minera, después de su creación del Parque representan una perturbación significativa, que hace disminuir la velocidad de recuperación de esos ecosistemas mediterráneos. Desde la incorporación de las áreas como parque nacional, CONAF, mediante las acciones de protección, ha permitido una transformación de los ecosistemas en el sentido que alcanzan una mayor cobertura y biomasa. Además, el área del Parque, representa una de las pocas superficies donde se protege la vegetación esclerófila, y representa un valor para la sociedad. El desafío fue desarrollar una investigación, que mantuviera una perspectiva ambiental, integrando conocimientos y fundamentos teóricos de distintas disciplinas.

En conclusión, la relación entre las variables seleccionadas en la investigación, como resultados, es poco fuerte, y como consecuencia, vale probar la validez de las hipótesis – si realmente las otras escombreras en el Sector Granizo del PNLC presentan la misma forma o no, respecto a los materiales finos y como se distribuye la cobertura vegetal. Podría ocurrir que en los sectores de los finos, no hay nada de vegetación y la relación entre el sustrato y la cobertura vegetal para las otras minas puede ser muy distinta considerando la alta heterogeneidad encontrado en los datos de la Mina La Opositora.

Otra consideración que también merece investigación, pero a una escala distinta, es que el desarrollo de la cobertura vegetal en estas áreas, puede tener una mayor influencia de causas de tipo geológico o de la naturaleza química de los minerales.

Ecológicamente, por parte de la vegetación, pero manteniendo el substrato como variable independiente, se puede establecer que relación tienen los mecanismos ecológicos de importancia en la colonización en la formación de cobertura vegetal, y como por ejemplo composición de especies y su relación con los síndromes de dispersión (causas biológicas) – considerando tamaño de las semillas y distancia de las fuentes de semillas a los lugares de colonización.

## 5. REFERENCIAS

1. Allen, T. F. H. y T. W. Hoekstra. 1990. The Confusion between scale defined levels and conventional levels of organization in ecology. ***Journal of Vegetation Science***. 1: 5-12
2. Ash, H. J., R. P. Gemmell y A. D. Bradshaw. 1994. The introduction of native plant species on industrial waste heaps: a test of immigration and other factors affecting primary succession. ***Journal of Applied Ecology***.31: 74-84.
3. Balduzzi, A., I. Serey, R. Tomaselli y R. Villaseñor. New phytosociological observations of the Mediterranean type of climax vegetation of central Chile. ***Atti Inst. Bot. Lab. Critt. Univ. Pavia***, s.6, XIV, 1980/81 p. 93-112.
4. Barnes, J. 1995. Basic Geological Mapping. John Wiley y Sons. 133p.
5. Bradshaw, A. D. 1983. The reconstruction of ecosystems. ***Journal of Applied Ecology***. 20: 1-17
6. Bradshaw, A.D. 1987. The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems. p 53-74, *In*:Jordan, W.R., Gilpin, M.E. y J.D. Aber (Eds): Restoration Ecology: A synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press. 342p.
7. Brady, N.C. 1990. The Nature and Properties of Soils. 10th Ed. Macmillan Publishing Company. United States of America. 621p.
8. Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente. 1994. Ley 19.300. Ley de Bases del Medio Ambiente. 9 marzo 1994. 37p.
9. CONAF. 1995. Guía de Parques Nacionales y otras áreas protegidas de Chile. Ministerio de Agricultura. Santiago de Chile. 263p.
10. CONAF (Foll. s.f.) Parque Nacional La Campana. V Región, Región de Valparaíso. Ministerio de Agricultura. 6 lados + mapa.
11. CONAF V Región. 1997. Plan de Manejo – Parque Nacional La Campana, V Región. Ministerio de Agricultura. Documento de Trabajo No. 270.135p +anexos.
12. CONAF V Región. 1981. Zonificación Parque Nacional La Campana. Informe Final. Ministerio de Agricultura. Viña del Mar. 60p + mapas
13. Connell, J.H. y R.O. Slatyer. 1977. Mechanism of succession in natural communities and their role in community stability and organization. In Pickett *et al* . 1987. Models, Mechanisma and Pathways of Succession. ***The Botanical Review***. Jul – Sept. 1987. 53 ( 3 ) : 335- 371.
14. De La Maza, C. L. 1996. Valorización Contingente y Su Aplicación en el Parque Nacional La Campana: Una Discusión Metodológica. ***Ciencias Forestales***. 11 (1-2) : 37- 43.
15. Evans, A. M. 1993 Ore Geology and Industrial Minerals, An Introduction. 3rd Ed. Blackwell Scientific Publications. 389p
16. Ford, R. y P. Langkamp. Re-establishing Australia´s flora on mined areas. Mining and the Return of the Environment. Australian Mining Industry (publishers). Melbourne. p. 10-14.
17. Forman, R. T. T. 1995. Land Mosaics. Cambridge University Press. 632p.
18. Forman, R. T. T. y M. Godron. 1986. Landscape Ecology. John Wiley y Sons. 619p.
19. Franz, E. 1999. Course notes – Ecosystem Management. Program in Environmental Science and Regional Planning. Página web: [www.wsu.edu/-franz/courses/EcoMan/index.html](http://www.wsu.edu/-franz/courses/EcoMan/index.html)
20. Gándara, J. El sistema nacional de áreas silvestres protegidas y la generación de servicios a la comunidad. CONAF. Boletín Técnico N°31. 9p. + anexos.
21. Garaventa, A. 1964. Importancia e interés botánico que presenta la vegetación del Cerro La Campana. Boletín de la Sociedad Científica de Valparaíso. 23: 2.

22. Harper, J. L. 1977. Population Biology of Plants. Academic Press. Chap. 5. p111-147.
23. Henry, C.P. y C. Amoros. 1995. Restoration Ecology of Riverine Wetlands: 1. A Scientific Base. Environmental Management. 19 (6): 891-902.
24. Instituto Tecnológico Geominero de España. 1989. Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales de Minería. Segundo Edición. Madrid. Cap. 1-3.
25. Jordan, W. R., M. E. Gilpin y J. D. Aber. 1987. Restoration Ecology: A synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press. 342p.
26. Lagos, G. y M. Andía. 1999. Recursos Mineros. En: Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile. Centro de Analisis de Políticas Publicas, Universidad de Chile. Chap. 7. p 289-324.
27. Larcher, W. 1995. Physiological Plant Ecology. 3rd. Edition. Springer. p321-448.
28. Levin, S. A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology. **Ecology. 73** (6): 1943-1967. MacArthur Award Lecture.
29. Likens, G. (Ed.) 1989. Longterm studies in Ecology. Springer-Verlag, New York. 214p.
30. Moder Z., L. (ed.) 1992. La Actividad Minera en el Parque Nacional La Campana y su Impacto. V Región, CONAF. Boletín Técnico No. 50. 43p.
31. Montgomery, C. W. 1995 Environmental Geology. 4th Ed. Wm C Brown Publishers. 496p.
32. National Research Council, Committee on Hardrock Mining on Federal Lands. 1999. Hardrock Mining on Federal Lands. National Academic Press. 260p.
33. Or, D. y J. M. Wraith. 1999. Soil Water Content and Water Potential Relationships. A 53 – 83. In: Sumner, M. E. (ed.). Handbook of Soil Science. CRC Press.
34. Palik, B. J, P. C. Goebel, L.K. Kirkman y L. West. 2000. Using Landscape Hierarchies to Guide Restoration of Disturbed Ecosystems. **Ecological Applications**10(1): 189-202.
35. Pickett, S.T.A., S.L. Collins y J.J. Armesto. 1987a. Models, Mechanisms and Pathways of Succession. **The Botanical Review**. Jul – Sept. 1987. **53** ( 3) : 335-371.
36. \_\_, 1987b. A heirarchical consideration of causes and mechanisms of succession. **Vegetatio**. **69**: 109-114.
37. Pichtel, J. R., W.A. Dick y P. Sutton. 1994. Comparison of Amendments and Management Practices for Long Term Reclamation of Abandoned Mine Lands. **Journal of Environmental Quality**. **23**:766-772.
38. Quintanilla, V.G. 1975. Biogeografía de la Quinta Región. **Revista Geográfica de Valparaíso**. **6**:3-22.
39. Quintanilla, V.G. 1976. Fitogeografía dela Cueca de Quillota. **Revista Geográfica de Valparaíso**.**7**:33-79.
40. Ricklefs, R.E. 1996. Invitación a la Ecología, La Economía de la Naturaleza. Editorial Medica Panamericana. 692pp.
41. Rundel, P. y P. Weisser. 1975. La Campana, a new natonal park in Central Chile. **Biological Conservation**.**8**:35-46.
42. Runkle, J.R. 1985. Disturbance Regimes in Temperate Forests *In* S.T.A. Pickett y P.S. White(eds)The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Chap. 2 pp.17-33. Academic Press. New York.
43. Salamanca, G. 1999. Parque Nacional La Campana: un Gran Proyecto. **Agroeconomía**. N. 49. Marzo 1999. p. 44-47.
44. SERNAGEOMIN. 2000. Rol de Concesiones Mineras de Explotación ‘Constituidas’. Región : V Valparaíso. p.80
45. Schlesinger, W. H. 1991. Biogeochemistry. Academic Press 443p.



46. Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1995. Biometry. 3rd Ed. Freeman y Co. New York. 887p.
47. Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2nd. ed. McGraw Hill. 622p.
48. Sumner, M. E. (ed.). 1999. Handbook of Soil Science. CRC Press.
49. Tidy Finch, E. 1970. Geología del distrito minero La Campana, Provincia de Valparaíso. Memoria de Título. Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. 2 vols.
50. Thomas, H. 1958. Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de la Ligua y la Cuesta de Barriga. Instituto de Investigación Geológica. Boletín #2.
51. Villaseñor C., R. y I. Serey E. 1980. Estudio fitosociológico de la vegetación del Cerro La Campana (Parque Nacional La Campana) en Chile central. **Atti Inst. Bot. Lab. Critt. Univ. Pavia**, s.6, XIV, 1980/81 p. 69-91.
52. Vitousek, P.M. y W. A. Reiners, 1975. Ecosystem Succession and Nutrient Retention: A Hypothesis. *Bioscience*. 25 (6): 376 – 381.
53. Vivanco, M. 1999. Análisis Estadístico Multivariable Teoría y Práctica. Editorial Universitaria. 243pp
54. Waring, R.H. y S. W. Running. 1998. Forest Ecosystems : Analysis at Multiple Scales. 2°Ed. Academic Press. 370 pp.
55. Weber, C.A. 1983. Representación de las Provincias Biogeográficas por las Reservas de la Biosfera en Chile: Acción presente y Futura de la Corporación Nacional Forestal. Santiago. CONAF, Gerencia Técnica. Boletín Técnico No. 10. 23p.
56. White, P.S. y S.T.A. Pickett. 1985. Natural Disturbance and Patch Dynamics: An Introduction. *En*: Pickett, S.T.A. y P.S. White(eds). The ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Chap. 1 p.3-13. Academic Press. New York.

#### **Otras Leyes, Decretos Supremos, Decretos Leyes, y Declaraciones relacionadas**

1. Ley 16.699 (Oct. 1967) - Creación de El Parque Nacional La Campana
2. Decreto Supremo 531 (1967) – Ministerio de Relaciones Ext. Ratifica la aprobación del Congreso Nacional como Ley de la República a la Convención de Washington sobre explotación de parques nacionales.
3. Decreto Supremo 266 (Min. Agricultura. May. 1968) Donación de la Hacienda Las Palmas de Ocoa (para ser parte de El Parque).
4. Decreto Supremo 451 (Nov. 1980) Límites del Sector Ocoa definido.
5. Decreto Ley 3557 (Feb. 1981). Ministerio de Agricultura
6. Ley 18.097 (Ene. 1982) Ley orgánica constitucional sobre concesiones de minería
7. Ley 18.248 (Oct.1983) Código Minero
8. Decreto Supremo 228 (Jun. 1985) Re- definición de los límites de El Parque – Granizo, Cajón Grande y Ocoa.
9. Declaración como Reserva de la Biosfera (UNESCO Dic. 1984)
10. Decreto Supremo 133 (Oct. 1989). Lugar de interés científico para efectos mineros

# ANEXOS

## ANEXO 1

SERVICIO NACIONAL DE  
GEOLOGÍA Y MINERÍA

ROL DE CONCESIONES MINERAS DE EXPLOTACION ( CONSTITUIDAS - 2000 )

PAG. : 79  
FECHA: 05/02/2001

( UNIDAD : UTM/10 ) - SITUACION : PAGDA

REGION : V VALPARAISO

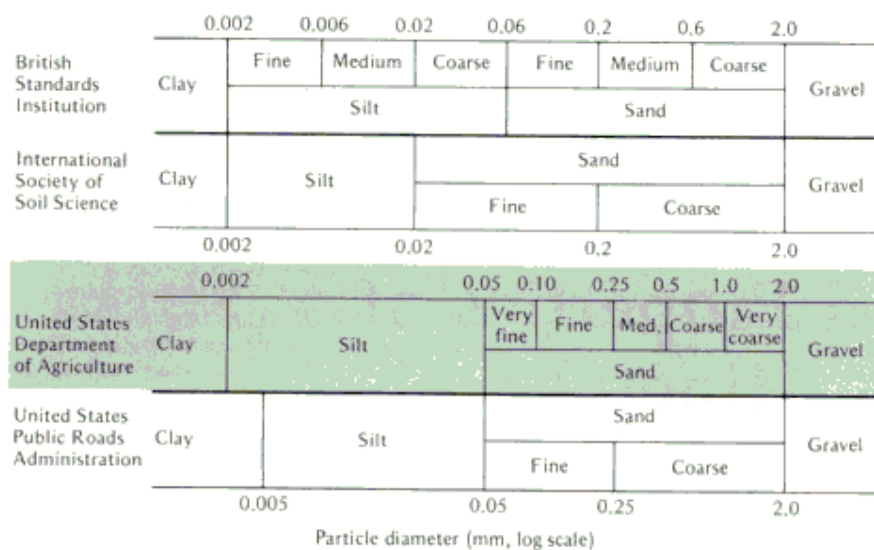
PROVINCIA : QUILLOTA

COMUNA : OLME

GRUPO DE PERTENENCIAS						TITULAR					
ROL NACIONAL	NOMBRE	UBICACION (STERRA)	E.CAT.	SUS	PERTENEN	HECTARAS	RUT	COMERE	DIRECCION	CIUDAD	CUADRA
05307-0005-4	ALIANZA 1/10	LA DORNIDA	110-DI	313	6	30	089274000-3	CIA EXPLOT DE MINAS SCM	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 049
05307-0007-0	EL CRISTO 1/6	LA DORNIDA	118-00	337	6	30	078249640-9	SIM EL CRISTO 1/6 DE OLME	LA DORNIDA S/N	OLME	E 049
05307-0014-3	FRONOSTICADA	LA CAMPANA	110-AI	070	1	5	004660524-1	SUC FITZ HENRY	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0015-1	OCOSICHA	LA CAMPANA	110-AI	070	1	3	089274000-3	CIA EXPLOT DE MINAS SCM	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0016-X	BALANCIADA	LA CAMPANA	110-AI	070	1	5	089274000-3	CIA EXPLOT DE MINAS SCM	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0017-8	SAN JOSE	LA CAMPANA	110-AI	070	1	4	004660524-1	RASMUS ECHECOPAR JUN	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0018-6	EL MANTO	LA CAMPANA	110-DI	070	1	5	004660524-1	RASMUS ECHECOPAR JUN	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0019-4	REVENTON	LA CAMPANA	110-DI	070	1	5	004660524-1	RASMUS ECHECOPAR JUN	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0020-8	LA LLANCA	LA CAMPANA	110-AI	070	1	5	089274000-3	CIA EXPLOT DE MINAS SCM	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0021-6	PIRITA	LA CAMPANA	110-AI	070	1	5	004660524-1	RASMUS ECHECOPAR JUN	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0022-4	FELICIDAD 1/3	LA CAMPANA	110-AI	070	3	15	004660524-1	RASMUS ECHECOPAR JUN	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0023-2	ORIENTE I/III	LA CAMPANA	110-DI	070	3	15	004660524-1	RASMUS ECHECOPAR JUN	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0024-0	SUR FUENTE	LA CAMPANA	110-DI	070	1	5	004660524-1	RASMUS ECHECOPAR JUN	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0025-9	RESGUARDO	LA CAMPANA	110-DI	070	1	5	004660524-1	RASMUS ECHECOPAR JUN	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0027-5	FRONOSTICADA FUENTE	LA CAMPANA	110-DI	070	1	5	004660524-1	RASMUS ECHECOPAR JUN	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0028-3	SUR 1/4	LA CAMPANA	110-DI	070	4	20	004660524-1	RASMUS ECHECOPAR JUN	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0030-5	MERCEDES IV/VI	LA CAMPANA	110-AI	070	3	15	004660524-1	RASMUS ECHECOPAR JUN	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0032-1	MERCEDES I/III	LA CAMPANA	110-AI	070	3	15	089274000-3	CIA EXPLOT DE MINAS SCM	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0033-K	FRONOSTICADA SUR	LA CAMPANA	110-DI	070	1	5	004660524-1	RASMUS ECHECOPAR JUN	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0034-8	FELICIDAD FUENTE	LA CAMPANA	110-DI	070	1	5	004660524-1	RASMUS ECHECOPAR JUN	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042
05307-0037-2	ROSITA 1/305	LA CAMPANA	110-DI	337	62	244	004660524-1	RASMUS ECHECOPAR JUN	HUESPANO 1178 OF 301	SANTIAGO	E 042

## ANEXO 2.1 Escalas utilizadas en estudios de suelo y geología.

### Escala de suelos

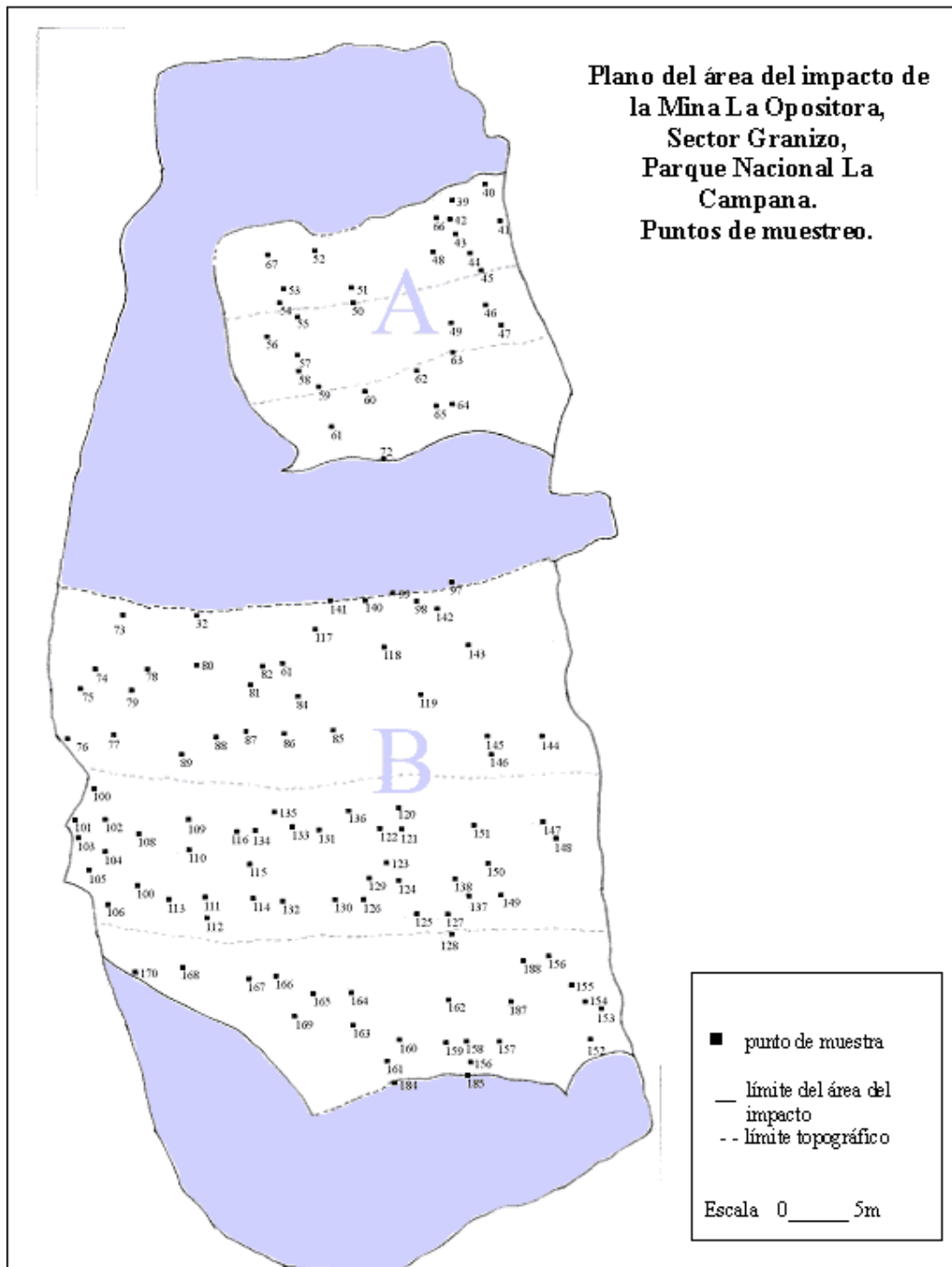


### Escala de geología

**Table V.2** Abridged grain-size scales

<i>Size class (Wentworth)</i>		<i><math>\phi</math>-scale</i>	<i>Metric Scale</i>
<i>Gravel</i>	Boulders	-12	4.096 m
	Cobbles	-8	256 mm
	Pebbles	-6	64
	Granules	-2	4
		-1	2
<i>Sand</i>	Very coarse sand	0	1
	Course sand	1	0.5 ( $\frac{1}{2}$ mm)
	Medium sand	2	0.25 ( $\frac{1}{4}$ mm)
	Fine sand	3	0.125 ( $\frac{1}{8}$ mm)
	Very fine sand	4	0.063 ( $\frac{1}{16}$ mm)
<i>Silt</i>	Coarse silt	5	32 $\mu$ m
	Medium to very fine silts	8	4 $\mu$ m
<i>Clay</i>	Clay or mud	14	

**ANEXO 2.2 Puntos de muestreo y distribución en los sectores de las escombreras.**



**Anexo 3.1. Listado de las especies de la vegetación vecinal del área del estudio, Mina La Opositora, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana.**

	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
<b>X (UTM E)</b>	303011	303036	303001	303037	303290	303920
<b>Y (UTM N)</b>	6348767	6348735	6348709	6348585	6348535	6348552
<b>Altitud</b>	898	919	959	957	957	972
<b>1 ESPECIES</b>						
2 <i>Adesmia filifolia</i>		+				
3 <i>Adiantum chilensis</i>		+		e	e	
4 <i>Aira caryophylla</i>						+
5 <i>Anthriscus caucalis</i>	e					
6 <i>Avena barbata</i>				r		+
7 <i>Baccharis linearis</i>	1	e				15
8 <i>Bromus berteruanus</i>	e	1				
9 <i>Bromus sp.</i>	+					+
10 <i>Calceolaria polifolia</i>	15	1	+			
11 <i>Calceolaria thyrsoflora</i>	e					
12 <i>Carex aphylla</i>		+	+			
13 <i>Carex setifolia</i> var. <i>berteroana</i>	+					
14 <i>Chaetanthera moenchioides</i>			+			
15 <i>Cheilanthes hypoleuca</i>		e	+			
16 <i>Chusquea quila</i>	e				+	
17 <i>Clarkia tenella</i>		+				
18 <i>Colliguaja odorifera</i>			+	50	e	
19 <i>Conyza bonariensis</i>				1	+	
20 <i>Conyza sp.</i>						+
21 <i>Cryptocarya alba</i>					+	
22 <i>Cynoglossum creticum</i>				r	e	e
23 <i>Daucus australis</i>		e				
24 <i>Dichondra repens</i>						+
25 <i>Dioscorea heterophylla</i>				e		
26 <i>Dioscorea humifusa</i>			e			
27 <i>Dioscorea sp.</i>		e			+	
28 <i>Echinopsis chilensis</i>			+			
29 <i>Erodium cicutarium</i>		e		e		
30 <i>Eryngium paniculatum</i>		e				e
31 <i>Escallonia pulverulenta</i>					+	
32 <i>Eupatorium glechonophyllum</i>		+		e	+	+
33 <i>Euphorbia peplus</i>					1	
34 <i>Fabaceae</i>		e				
35 <i>Galium aparine</i>					+	
36 <i>Galium croceum</i>			+			
37 <i>Galium sp.</i>		+				
38 <i>Gamochaeta oligantha</i>	e	1				e
39 <i>Gamochaeta stachyifolia</i>	e					
40 <i>Gastidium ventricosum</i>		+		r		1
41 <i>Gnaphalium philippii</i>		e				e
42 <i>Helenium aromaticum</i>	+	+		1		+
43 <i>Homalocarpus dichotomus</i>			e			
44 <i>Leucheria rosea</i>	e					

	ESPECIES	PARCELAS					
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6
45	<i>Lithraea caustica</i>				r		e
46	<i>Lophochloa cristata</i>				e		1
47	<i>Madia</i> sp.				r		
48	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	20					+
49	<i>Nasella chilensis</i>	1	+	10	1		5
50	<i>Paspitheo coerulea</i>			e			
51	<i>Peumus boldus</i>				e	10	
52	<i>Phacelia secunda</i>		+	e			
53	<i>Plantago hispidula</i>			1	r		+
54	<i>Plantago tumida</i>			1			
55	<i>Pleurophora pusilla</i>			1			
56	<i>Poa</i> sp.			+			
57	<i>Puya berteroaana</i>		+	5			
58	<i>Pyrhocactus garaventae</i>			+			
59	<i>Quillaja saponaria</i>					30	
60	<i>Retamilla trinervis</i>	1	20	+			
61	<i>Rhombolytrum subaristatum</i>						+
62	<i>Schizanthus pinnatus</i>		e				
63	<i>Solenomelus pedunculatus</i>					5	
64	<i>Sophora macrocarpa</i>				e	+	
65	<i>Stachys grandidentata</i>		e				
66	<i>Stipa lachnophylla</i>			+			
67	<i>Tetraglochin alatum</i>			+			
68	<i>Trifolium glomeratum</i>	e					
69	<i>Tweedia</i> sp.				r		
70	<i>Valeriana lobata</i>		1				
71	<i>Verbascum virgatum</i>	r					+
72	<i>Videns pilosa</i>			+			
73	<i>Vulpia myuros</i>	+	1	+	r		1
74	<i>Vulpia</i> sp. 2				+		
	<b>AFUERA LAS PARCELAS</b>						
1	<i>Acacia caven</i>					+	
2	<i>Adiantum chilensis</i>			+			
3	<i>Aira caryophylla</i>					+	
4	<i>Alstroemeria angustifolia</i>			+			
5	<i>Alstroemeria ligta</i> ssp. <i>simsi</i>					+	
6	<i>Alstroemeria pallida</i>			+			
7	<i>Anagallis foeminum</i>			+			
8	<i>Avena barbata</i>			+		+	
9	<i>Azara petiolaris</i>						+
10	<i>Baccharis linearis</i>					+	
11	<i>Baccharis salicifolia</i>		+				
12	<i>Briza minor</i>					+	
13	<i>Bromus berteroaanus</i>						e

	ESPECIES	P A R C E L A S					
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6
16	Calceolaria polifolia						+
17	Calceolaria thyrsiflora					+	
18	Camassia sp.				+	+	
19	Cardionema ramosissimum					+	
20	Carex setifolia var. berteriana			e			
21	Chaetantes hypoleuca						+
22	Chaetanthera glabrata						+
23	Chaetanthera microphylla			+			
24	Chusquea quila				r		
25	Citronella mucronata					+	
26	Colliguaja odorifera						+
27	Conyza bonariensis	+					
28	Conyza sp.					+	
29	Cuscuta chilensis		+	+			
30	Cuscuta sp.		+				
31	Cynoglossum creticum	+					
32	Dichondra repens					+	
33	Ephedra chilensis			+	+		
34	Erodium cicutarium						+
35	Eupatorium glechonophyllum			+			
36	Eupatorium salvia					+	
37	Galium sp.				r		
38	Gamocheata stachydifolia						+
39	Gastridium ventricosum					+	
40	Glandularia berterii					+	
41	Glandularia sp.			e			
42	Gnaphalium philippii			+		+	
43	Gochmathia foliolosa					+	
44	Homalocarpus dichotomus	+					
45	Hordeum murinum					+	
46	Leucheria rosea			+			
47	Ligaria cunefolia			e			
48	Linum chamissonis			e			
49	Lithraea caustica			+			+
50	Lobelia salicifolia						e
51	Lobelia salicifolia				+		+
52	Lycium chilensis		+				
53	Madia chilensis						+
54	Malesherbia linearifolia			+			+
55	Medica chilensis						+
56	Melica sp.			+			
57	Muehlenbeckia hastulata					+	
58	Nicotiana acuminata						+
59	Pasphelea coerulea						+
60	Plantago firma					+	
61	Plantago hispidula			+			
62	Puya coerulea		+				+

	ESPECIES	PARCELAS					
		Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6
63	<i>Pyrrhocactus curvispinus</i>			+			
64	<i>Quillaja saponaria</i>			+			
65	<i>Quinchamalium chilense</i>						+
66	<i>Retamilla trinervis</i>					+	+
67	<i>Rhombolytrum subaristatum</i>			+		+	
68	<i>Satureja gilliesii</i>			+		+	+
69	<i>Solenomelus pedunculatus</i>				+		
70	<i>Sophora macrocarpa</i>						e
71	<i>Stachys grandidentata</i>						+
72	<i>Stipalachnophylla</i>				+	+	
73	<i>Sysirinchium graminifolium</i>					+	+
74	<i>Trifolium glomeratum</i>			+			
75	<i>Tweedia obliquifolia</i>			+			
76	<i>Urospermum picricoides</i>			+			
77	<i>Verbascum virgatum</i>			e			
78	<i>Vulpia myuros</i>					+	
<b>QUEBRADA</b>							
1	<i>Alstroemeria sp.</i>		e				
2	<i>Anagallis arvensis</i>		e				
3	<i>Azara dentata</i>		+				
4	<i>Colliguaja odorifera</i>		+				
5	<i>Cuscuta chilensis</i>		e				
6	<i>Dioscorea humifusa</i>		e				
7	<i>Echinopsis chiloensis</i>		+				
8	<i>Leucheria rosea</i>		+				
9	<i>Loasa pallida</i>		e				
10	<i>Maytenus boaria</i>		+				
11	<i>Pasithea coerulea</i>		e				
12	<i>Plantago hispidula</i>		e				
13	<i>Proustia cinerea</i>		5				
14	<i>Satureja gilliesii</i>		e				
15	<i>Schinus latifolius</i>		+				
16	<i>Tristerix corymbosus</i>		e				
17	<i>Verbascum virgatum</i>		+				
<b>BAJADA</b>							
1	<i>Adesmia radicefolia</i>						+
2	<i>Oenothera affinis</i>						+
3	<i>Polypogon linearis</i>						+
4	<i>Senecio sp.</i>						+

### Simbolos

+	presente	e	escaso
5	porcentaje en la parcela	r	raro

### Anexo 3.2. Datos de terreno, Mina La Opositora, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana

Fig026.gif



SAMP	AF	AG	GRAN	GRAV	PG	CR	PER	ANU	ARB	CVT	EXP	PEN
82	10	15	15	50	10	0	5	0	10	15	40	40
83	5	15	30	40	5	5	5	1	40	46	320	10
84	5	15	20	35	10	15	1	0	30	31	0	15
85	10	15	30	40	0	5	10	1	0	11	40	30
86	0	10	5	75	10	0	10	10	5	25	0	30
87	0	20	0	80	0	0	50	5	0	55	0	30
88	5	15	0	80	0	0	10	0	5	15	0	40
89	5	10	10	15	30	30	20	0	20	40	0	30
97	30	30	25	10	5	0	0	5	25	30	0	0
98	10	15	10	10	5	50	0	1	40	41	45	15
99	5	5	10	40	10	30	1	0	20	21	0	0
100	5	15	10	45	5	20	0	5	0	5	100	38
101	15	5	10	25	2	43	5	0	0	5	60	45
102	5	10	35	50	0	0	5	0	5	10	36	36
103	15	15	10	35	0	25	10	0	0	10	40	40
104	15	15	20	50	0	0	5	1	0	6	40	30
105	20	25	40	10	0	5	10	0	0	10	0	28
106	0	10	35	50	5	0	5	0	0	5	60	25
107	7	7	10	20	0	56	5	1	0	6	40	30
108	10	20	30	40	0	0	0	1	0	1	0	40
109	5	15	30	40	5	5	40	1	1	42	30	30
110	15	20	25	30	10	0	5	0	0	5	0	30
111	5	15	30	50	0	0	5	0	0	5	0	30
112	10	20	23	40	0	7	5	1	1	7	40	33
113	15	25	20	40	0	0	5	1	1	7	0	30
114	10	15	5	5	0	65	5	0	50	55	0	43
115	5	15	45	35	0	0	1	0	20	21	340	30
116	10	20	30	40	0	0	5	0	20	25	20	30
117	5	5	15	20	15	40	5	0	40	45	90	5
118	0	5	5	45	15	30	0	0	35	35	330	40
119	0	10	10	70	10	0	10	0	30	40	60	45
120	0	10	25	60	5	0	10	1	0	11	320	55
121	0	5	25	70	0	0	5	5	0	10	0	30
122	0	25	25	50	0	0	80	0	0	80	40	30
123	2	13	35	50	0	0	5	1	30	36	0	36
124	5	10	10	40	0	35	10	1	0	11	350	40
125	5	10	15	70	0	0	10	1	0	11	30	30
126	0	10	20	70	0	0	25	0	0	25	20	40
127	5	20	23	45	7	0	5	0	50	55	350	45
128	0	10	15	25	0	50	10	0	0	10	0	30
129	0	10	13	70	7	0	5	1	0	6	60	50

Anexo 3.2 Datos de Terreno, Mina La Opositora, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana

SAMP	AF	AG	GRAN	GRAV	PG	CR	PER	ANU	ARB	CVT	EXP	PEN
130	0	5	20	60	0	15	5	0	0	5	0	40
131	25	25	25	25	0	0	0	0	100	100	0	30
132	25	25	25	25	0	0	20	0	100	120	0	30
133	25	25	25	25	0	0	0	0	100	100	0	30
134	5	17	28	50	0	0	15	0	60	75	0	30
135	10	10	0	50	30	0	2	0	80	82	0	30
136	25	25	25	25	0	0	0	0	100	100	0	30
137	7	3	30	53	7	0	1	0	0	1	60	40
138	5	15	30	40	10	0	30	0	60	90	350	30
140	10	10	0	20	0	60	0	0	100	100	0	0
141	5	15	60	20	0	0	1	0	40	41	10	10
142	10	15	40	20	15	0	0	1	15	16	30	25
143	10	10	30	40	10	0	80	0	0	80	350	25
144	10	20	30	40	0	0	30	0	0	30	340	30
145	5	25	40	30	0	0	40	5	0	45	65	40
146	10	20	30	40	0	0	10	0	10	20	50	30
147	5	20	25	45	5	0	20	0	0	20	0	30
148	5	20	30	40	5	0	5	0	0	5	180	25
149	5	10	15	30	35	5	40	5	0	45	30	45
150	5	5	30	40	10	10	15	5	0	20	60	40
151	25	25	25	25	0	0	0	0	100	100	0	30
152	0	0	30	56	7	7	5	0	0	5	30	25
153	0	0	10	75	10	5	0	5	0	5	20	25
154	0	0	40	55	5	0	0	5	0	5	0	40
155	0	5	30	59	5	1	5	1	0	6	0	25
156	0	5	40	50	5	0	0	0	0	0	0	40
157	0	0	25	69	5	1	0	15	0	15	0	35
158	0	0	0	50	50	0	0	0	0	0	0	15
159	0	0	20	30	40	10	0	0	0	0	0	30
160	15	25	25	35	0	0	1	0	0	1	60	30
161	0	10	30	57	3	0	0	0	0	0	30	20
162	0	3	30	67	0	0	5	0	0	5	0	45
163	5	10	30	40	15	0	1	0	0	1	60	30
164	0	10	30	40	5	15	5	0	0	5	0	45
165	5	10	30	20	35	0	15	0	0	15	0	30
166	0	10	20	25	0	45	0	1	0	1	340	5
167	5	10	25	0	25	35	5	0	0	5	40	30
168	0	0	5	10	55	30	0	0	0	0	30	30
169	0	10	30	5	10	45	80	0	0	80	70	45
170	0	0	5	25	70	0	80	0	0	80	70	20
171	0	5	5	10	20	60	10	0	10	20	80	30

**Anexo 3.2 Datos de Terreno, Mina la Opositora, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana**

<b>SAMP</b>	<b>AF</b>	<b>AG</b>	<b>GRAN</b>	<b>GRAV</b>	<b>PG</b>	<b>CR</b>	<b>PER</b>	<b>ANU</b>	<b>ARB</b>	<b>CVT</b>	<b>EXP</b>	<b>PEN</b>
186	0	5	25	30	40	0	0	0	0	0	30	75
187	0	5	20	55	5	15	5	0	0	5	0	30
188	0	0	0	15	65	20	10	0	0	10	0	30

**SAMP** Numero de muestra

**AF** Arenas finas

**AG** Arenas gruesas

**GRAN** Gránulos

**GRAV** Gravillas

**PG** Piedras grandes

**CR** Cantos Rodados

**PER** Perennes

**ANU** Anuales

**CVT** Cobertura Vegetal Total

**EXP** Exposición

**PEN** Pendiente

**Anexo 3.2 Datos de Terreno, Mina la Opositora, Sector Granizo, Parque Nacional La Campaña**

Numero de muestra	Especies arbustivas y otros comentarios
32	<i>Baccharis linearis</i> , <i>Muehlenbeckia hastulata</i> , limite del área con pendiente
47	Curso de agua invernol
51	<i>Baccharis linearis</i>
56	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>
73	<i>Muehlenbeckia hastulata</i> (muerto)
74	Curso de agua invernol
75	Casi completamente solido
77	<i>Baccharis linearis</i>
79	Casi completamente solido
80	<i>Eryngium paniculatum</i>
82	<i>Baccharis linearis</i>
83	<i>Baccharis linearis</i>
84	<i>Baccharis linearis</i> (muerto)
85	Dentro área grande de via de agua (ancho aprox. = 7m)
86	<i>Baccharis linearis</i> , <i>Eryngium paniculatum</i>
87	<i>Eryngium paniculatum</i>
88	<i>Baccharis linearis</i> , <i>Tweedia</i> sp.
89	<i>Baccharis linearis</i>
97	<i>Baccharis linearis</i>
98	<i>Baccharis linearis</i>
102	<i>Colletia</i>
109	<i>Baccharis linearis</i>
112	<i>Baccharis linearis</i>
113	<i>Baccharis linearis</i>
114	<i>Baccharis linearis</i>
115	<i>Baccharis linearis</i>
116	<i>Baccharis linearis</i>
117	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>
118	<i>Muehlenbeckia hastulata</i> (muerto)
119	<i>Baccharis linearis</i>
121	<i>Eryngium paniculatum</i>
122	<i>Eryngium paniculatum</i>
123	<i>Baccharis linearis</i>
123	<i>Eryngium paniculatum</i>
124	<i>Eryngium paniculatum</i>
127	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>
131	<i>Muehlenbeckia hastulata</i> (muerto)
132	<i>Baccharis linearis</i> , <i>Muehlenbeckia hastulata</i> (muerto)
133	<i>Muehlenbeckia hastulata</i> (muerto)
134	<i>Colletia</i> , <i>Muehlenbeckia hastulata</i> (muerto)

Anexo 3.2 Datos de Terreno, Mina La Opositora, Sector Granizo, Parque Nacional La Campana.



Esc B												
1	130	8,67	180	12	300	20	580	38,67	95	6,33	215	14,33
2	85	5,31	250	15,63	320	20	745	46,56	90	6	110	6,87
3	247	10,74	395	17,17	578	25,13	915	39,78	67	2,91	98	4,26
4	109	6,41	215	12,65	354	20,82	748	44	81	4,76	193	11,35
5	10	0,77	78	6	280	21,54	396	30,46	280	21,54	256	19,69
6	25	2,08	75	6,25	305	25,42	557	46,42	215	17,92	23	1,92

Regression Summary for Dependent Variable:  
AF

R= .49544355 R<sup>2</sup>= .24546431 Adjusted R<sup>2</sup>=  
.21851661

F(1,28)=9.1089 p<.00537 Std.Error of estimate:  
6.4945

	BETA	St. Err. of BETA	B	St. Err. of B	t(28)	p-level
Intercpt			15,0931446	2,45651914	6,14411844	1,2429E-06

SECT	-0,49544355	0,16415756	-2,07228018	0,68661797	-3,01809778	0,00537117
Regression Summary for Dependent Variable: AG						
R= .49619946 R <sup>2</sup> = .24621390 Adjusted R <sup>2</sup> = .21929297						
F(1,28)=9.1458 p<.00529 Std.Error of estimate: 6.5233						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(28)	p-level
Intercpt			18,4351714	2,46742596	7,47141827	3,8811E-08
SECT	-0,49619946	0,16407599	-2,085693	0,68966652	-3,02420508	0,00529042
Regression Summary for Dependent Variable: GRAN						
R= .52417508 R <sup>2</sup> = .27475952 Adjusted R <sup>2</sup> = .24885807						
F(1,28)=10.608 p<.00295 Std.Error of estimate: 8.4397						

		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(28)	p-level
Intercpt			24,1058122	3,19229271	7,55125372	3,1709E-08
SECT	-0,52417508	0,16093926	-2,90611028	0,89227294	-3,25697458	0,0029467
Regression Summary for Dependent Variable: GRAV						
R= .17121842 R <sup>2</sup> = .02931575 Adjusted R <sup>2</sup> = -----						
F(1,28)=.84563 p<.36565 Std.Error of estimate: 19.391						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(28)	p-level
Intercpt			45,5737705	7,3347021	6,21344533	1,0325E-06
SECT	-0,17121842	0,18619155	-1,8852459	2,05011156	-0,9195821	0,36564597
Regression Summary for Dependent Variable: PG						



R= .55598493 R <sup>2</sup> = .30911924 Adjusted R <sup>2</sup> = .28444493						
F(1,28)=12.528 p<.00142 Std.Error of estimate: 14.875						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(28)	p-level
Intercpt			- 1,94113264	5,62642561	- 0,34500281	0,73267055
SECT	0,55598493	0,15708059	5,56631893	1,57263377	3,53948837	0,00142239
Regression Summary for Dependent Variable: CR						
R= .25589504 R <sup>2</sup> = .06548227 Adjusted R <sup>2</sup> = .03210664						
F(1,28)=1.9620 p<.17229 Std.Error of estimate: 22.845						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(28)	p-level
Intercpt			- 1,26676602	8,64094422	- 0,14660042	0,88449788

SECT	0,25589504	0,18268999	3,38301043	2,41521733	1,40070642	0,1722873
Regression Summary for Dependent Variable: CVT						
R= .06561052 R <sup>2</sup> = .00430474 Adjusted R <sup>2</sup> = -----						
F(1,28)=.12105 p<.73050 Std.Error of estimate: 6.7661						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(28)	p-level
Intercpt			4,34649776	2,5592322	1,69836007	0,10052756
SECT	-0,06561052	0,18857504	- 0,24888227	0,71532714	- 0,34792789	0,73049647
Escombrera B						
Regression Summary for Dependent Variable: AF						
R= .32858584 R <sup>2</sup> = .10796865 Adjusted R <sup>2</sup> = .09847896						
F(1,94)=11.377 p<.00108 Std.Error of estimate: 6.6618						

		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(94)	p-level
Intercpt			11,1458684	1,58606379	7,02737712	3,3031E-10
SECT	-0,32858584	0,09741507	-1,44549334	0,428542	-3,37304943	0,00108099
Regression Summary for Dependent Variable: AG						
R= .36955999 R <sup>2</sup> = .13657458 Adjusted R <sup>2</sup> = .12738921						
F(1,94)=14.869 p<.00021 Std.Error of estimate: 7.0750						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(94)	p-level
Intercpt			18,2951851	1,6844365	10,8613089	2,7558E-18
SECT	-0,36955999	0,09584037	-1,75494633	0,45512153	-3,85599494	0,0002109
Regression Summary for Dependent Variable: GRAN						

R= .09843516 R <sup>2</sup> = .00968948 Adjusted R <sup>2</sup> = -----						
F(1,94)=.91972 p<.34001 Std.Error of estimate: 11.699						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(94)	p-level
Intercpt			19,8471917	2,78524096	7,12584369	2,0786E-10
SECT	0,09843516	0,10264121	0,72171214	0,75255026	0,95902184	0,34000796
Regression Summary for Dependent Variable: GRAV						
R= .01773170 R <sup>2</sup> = .00031441 Adjusted R <sup>2</sup> = -----						
F(1,94)=.02956 p<.86385 Std.Error of estimate: 18.227						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(94)	p-level
Intercpt			41,7261951	4,33953089	9,61537	1,2079E-15
SECT	- 0,0177317	0,10312591	- 0,20160352	1,17250722	- 0,17194224	0,86385256

Regression Summary for Dependent Variable: PG						
R= .32575740 R <sup>2</sup> = .10611789 Adjusted R <sup>2</sup> = .09660850						
F(1,94)=11.159 p<.00120 Std.Error of estimate: 13.891						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(94)	p-level
Intcpt			- 1,35652399	3,30728955	- 0,41016185	0,68262053
SECT	0,3257574	0,09751607	2,98512867	0,8936037	3,34055093	0,00120046
Regression Summary for Dependent Variable: CR						
R= .02933360 R <sup>2</sup> = .00086046 Adjusted R <sup>2</sup> = -----						
F(1,94)=.08095 p<.77664 Std.Error of estimate: 16.653						
		St. Err.		St. Err.		

	BETA	of BETA	B	of B	t(94)	p-level
Intercpt			10,3420837	3,96481261	2,60846722	0,01058035
SECT	-0,0293336	0,10309774	-0,30479762	1,07126128	-0,28452221	0,77663606
Regression Summary for Dependent Variable: CVT						
R= .30740287 R²= .09449652 Adjusted R²= .08486351						
F(1,94)=9.8097 p<.00231 Std.Error of estimate: 29.640						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(94)	p-level
Intercpt			47,4265701	7,05677712	6,72071249	1,3813E-09
SECT	-0,30740287	0,09814793	-5,97180913	1,90668584	-3,13203623	0,00231449
<b>Regresión entre pares de variables</b>			<b>n=126</b>			
Regression Summary for Dependent Variable: CVT						

R= .25016426 R <sup>2</sup> = .06258216 Adjusted R <sup>2</sup> = .05502233						
F(1,124)=8.2783 p<.00473 Std.Error of estimate: 28.246						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(124)	p-level
Intercpt			14,7828854	3,49699725	4,22730829	4,55E-05
AF	0,25016426	0,08694723	1,01893106	0,35414026	2,8771963	0,0047256
Regression Summary for Dependent Variable: CVT						
R= .28365392 R <sup>2</sup> = .08045954 Adjusted R <sup>2</sup> = .07304390						
F(1,124)=10.850 p<.00129 Std.Error of estimate: 27.975						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(124)	p-level
Intercpt			8,25636022	4,80020886	1,7200002	0,08792717
AG	0,28365392	0,08611416	1,09851523	0,33349696	3,2939288	0,00128795

Regression Summary for Dependent Variable: CVT						
R= .00473936 R <sup>2</sup> = .00002246 Adjusted R <sup>2</sup> = -----						
F(1,124)=.00279 p<.95800 Std.Error of estimate: 29.173						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(124)	p-level
Intercpt			21,527003	5,28455565	4,07356917	8,20E-05
GRAN	0,00473936	0,08980164	0,01182745	0,22410708	0,05277591	0,95799541
Regression Summary for Dependent Variable: CVT						
R= .17507853 R <sup>2</sup> = .03065249 Adjusted R <sup>2</sup> = .02283517						
F(1,124)=3.9211 p<.04990 Std.Error of estimate: 28.723						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(124)	p-level
Intercpt			33,0540006	6,246694	5,29143906	5,32E-07
GRAV	-	0,0884156	-	0,13993739	-	0,04989789



	0,17507853		0,27710078		1,98017682	
Regression Summary for Dependent Variable: CVT						
R= .11061801 R <sup>2</sup> = .01223634 Adjusted R <sup>2</sup> = .00427051						
F(1,124)=1.5361 p<.21754 Std.Error of estimate: 28.994						
		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(124)	p-level
Intercpt			23,8869362	3,09674179	7,71357051	3,46E-12
PG	- 0,11061801	0,08925153	- 0,20630623	0,16645705	- 1,23939615	0,21753949
Regression Summary for Dependent Variable: CVT						
R= .05306534 R <sup>2</sup> = .00281593 Adjusted R <sup>2</sup> = -----						
F(1,124)=.35016 p<.55510 Std.Error of estimate: 29.132						
		St. Err.		St. Err.		

	BETA	of BETA	B	of B	t(124)	p-level
Intercpt			20,9828622	2,91621744	7,1952324	5,21E-11
CR	0,05306534	0,08967612	0,08439094	0,14261384	0,59174441	0,55509907
<b>Resultados de ANCOVA</b>						
<b>Summary of all Effects; design: (mulreg.sta)</b>						
1-ESC						
	df	MS	df	MS		
	Effect	Effect	Error	Error	F	p-level
1	1	24,2952175	123	151,884949	0,15995802	0,68988889
<b>Summary of all Effects; design: (mulreg.sta)</b>						
1-ESC						
	df	MS	df	MS		
	Effect	Effect	Error	Error	F	p-level
1	1	14041,084	123	699,203857	20,0815296	1,68E-05