

5.6 EDAFOLOGÍA

5.6.1 Objetivos

El objetivo del presente capítulo es identificar y caracterizar los suelos existentes en el Área de Influencia, evaluando de manera especial su Capacidad de Uso, limitaciones y valor ambiental.

5.6.2 Metodología de Trabajo

5.6.2.1 Descripción de los Suelos

Para elaborar la Línea de Base de suelos, en primera instancia se realizó una búsqueda de información disponible para el Área de Influencia del Proyecto contenida en estudios anteriores realizados en esta zona del país.

Posteriormente, especialistas de Arcadis Geotécnica (AG) realizaron una visita al terreno durante el mes de marzo y abril de 2010, para describir las características de los suelos, contrastarla con la información disponible y reconocer aquellas áreas sin estudios previos.

Esta información permitió evaluar el Área de Influencia considerando los aspectos más significativos en términos del valor ambiental que presentaba el suelo.

Es importante destacar que habitualmente los suelos se describen en términos agrológicos (Luzio y Rojas, 1995) con el fin de reconocer la Capacidad de Uso Potencial, lo que tiene una connotación agronómica, situación que no necesariamente corresponde al caso en análisis. Así, aún cuando se mantiene la connotación agrológica y de Capacidad de Uso, el presente análisis tiene un enfoque hacia el valor ambiental del mismo.

La búsqueda y recopilación de información se basó principalmente en:

- Descripciones de Suelos y Materiales y Símbolos. Estudio Agrológicos de CIREN – CORFO.
- Estudios de Impacto Ambiental y otros Estudios cercanos al área del Proyecto
- Revisión de Imágenes Satelitales

5.6.2.2 Clasificación de los Suelos

La forma más usual para clasificar los suelos es mediante las Clases de Capacidad de Uso (Clases, Subclase y Unidades). Estas clases son un ordenamiento de los suelos existentes, para señalar su relativa adaptabilidad a ciertos cultivos, es decir, permite predecir el potencial productivo. Además, indica las dificultades y riesgos que se pueden presentar al usarlos. Está basada en la capacidad de la tierra para producir, señalando las limitaciones naturales de los suelos. Así, el potencial productivo puede ser agrícola, forestal o para praderas, pero también, cuando no posee estas capacidades, su potencial puede estar radicado en la protección de hoyas hidrográficas (producción del recurso hídrico) o destinado a la vida silvestre.

Las clases convencionales para definir las Clases de Capacidad de Uso, son ocho, que se designan con números romanos del I al VIII, ordenados según crecientes limitaciones y riesgos en el uso. De esta forma se dividen en suelos arables desde la Clase I a la IV y no arables, desde la Clase V a la VIII (Salgado, 2000). El detalle de las características edafológicas asociadas a las distintas Clases de Capacidad de Uso y Sub-Clases, se presentan en el **Anexo 5.6-1**, así como también otros aspectos que permiten su estudio en términos agrológicos.

5.6.3 Resultados

5.6.3.1 Antecedentes Bibliográficos

De acuerdo a los antecedentes recopilados, el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) posee un estudio de suelos del Valle de Copiapó denominado: "Actualización de Suelos en la III Región", realizado entre los años 2005 y 2007. La superficie cubierta en el Valle de Copiapó fue de 25.000 ha generando 40 ortofotos a escala 1:10.000.

En el Área de Estudio, la caracterización de suelos hecha por CIREN, abarca solamente un tramo del trazado del Acueducto, el cual se desarrolla en la parte baja del valle de Copiapó, específicamente entre la Ruta C-358 y la Ruta C-424. A partir del cruce de la Ruta 5 con la Ruta C-358 hacia Caldera no se encontraron estudios de suelos.

El tramo caracterizado posee una extensión aproximada de 35 km. En él, se describieron 4 series de suelos y una unidad no diferenciada, las que corresponden principalmente a la Serie Ramadilla y en menor grado a la Serie Buenaventura, Chañar, Pichincha y Unidad No Diferenciada Chamonate.

En el caso del trazado de la Línea de Alta Tensión no se encontraron estudios de suelos por los sectores que este atraviesa.

5.6.3.2 Antecedentes de Terreno

a) Pedogénesis y Geomorfología

a.1) Acueducto

El trazado del Acueducto se inicia en el borde costero de la Ciudad de Caldera, lo que corresponde a terrazas marinas. Durante los primeros 7 km se aprecia un leve aumento de la pendiente llegando hasta la cota 100 msnm. En este tramo se observa gran cantidad de afloramientos rocosos de gran tamaño, los que van disminuyendo en la medida que se desplaza hacia el sur. (Ver **Fotografía 5.6-1** y **5.6-2**)

A partir del cruce del trazado con la Ruta C-360 se llega al llano de Caldera. Éste se extiende aproximadamente por 15 km hasta llegar Pampa la Higuera, donde recorre 12 km para llegar al valle de Copiapó, Fundo María Isabel. Presenta una pendiente compleja, con microrelieve ondulado, llegando a una cota cercana a 150 msnm. Durante este trayecto el trazado se ve interrumpido por pequeñas quebradillas que recorren en sentido este-oeste. (Ver **Fotografía 5.6-3** y **5.6-4**)



Fotografía 5.6-1: Sector borde costero



Fotografía 5.6-2: Sector entre Ruta C-352 y C-350.



Fotografía 5.6-3: Sector Llano de Caldera



Fotografía 5.6-4: Cerros sector Fundo María Isabel.

Desde el cruce de la Ruta C-358 hacia el este, el trazado recorre paralelo a la Ruta 5, por el valle de Copiapó. Los suelos en este tramo, como se mencionó anteriormente, fueron descritos por CIREN.

Los suelos de la Serie Ramadilla ocupan una posición de terrazas aluviales remanentes, al igual que los suelos de las Series Buenaventura, Chañar y Pichincha pero con topografía plana. Al contrario en las Series Buenaventura, Chañar y Pichincha podemos encontrar topografía plana, casi plana a suavemente inclinada.

Por otra parte, los suelos de la Unidad No Diferenciada Chamonate corresponden a suelos aluviales en la parte baja del Valle de Copiapó.

a.2) *Línea Eléctrica 110 kV*

Este trazado se extiende desde la Subestación Cardones (cruce de la Ruta C-397 con la Ruta 5), ubicada en la quebrada homónima hasta la Planta Desaladora en Caldera.

Desde el cruce de la Ruta 5, el trazado sigue una trayectoria hacia el norponiente por los piedmonts formados a partir de los cerros de la Sierra Jesús María. A partir del cruce de la quebrada de Jesús María, vira en dirección norte-nororiente atravesando piedmonts de los cerros de la Sierra Infante hasta la altura del cerro El Chanco (796 m.s.n.m.) donde el Tendido Eléctrico presenta otro quiebre, esta vez hacia el poniente atravesando un portezuelo formado entre los cerros Pata de Gallina (730 m.s.n.m.) y Monardes (1.068 m.s.n.m.). (Ver **Fotografías 5.6-6 y 5.6-7**)



Fotografía 5.6-6: Vista en dirección Subestación Cardones, kilómetro 1,0 del trazado



Fotografía 5.6-7: Vista en dirección Norponiente, kilómetro 3,7 del trazado.

A partir de este punto el trazado atraviesa la Quebrada Poblete cuyo ancho es de aproximadamente 2,0 km. hasta la Sierra Monardes donde cruza para llegar al Llano de Las Liebres. Desde aquí vira hacia el norte cruzando el Río Copiapo cuyo ancho aproximado en este punto no supera los 10 m. (Ver **Fotografías 5.6-8 a 5.6-13**)



Fotografía 5.6-8: Piedmont, kilómetro 4,2 del trazado



Fotografía 5.6-9: Piedmont, kilómetro 6,2 del trazado



Fotografía 5.6-10: Piedmont, kilómetro 9,9 del trazado



Fotografía 5.6-11: Quebrada Poblete, kilómetro 26,7 del trazado



Fotografía 5.6-12: Vista Hacia Llano de las Liebres, kilómetro 33,7 del trazado



Fotografía 5.6-13: Sector Cruce Río Copiapó, kilómetro 41,1 del trazado

Desde la llegada del trazado al cruce de la Ruta 5 y la C-358 (Kilometro 42,5 aproximadamente), sigue en dirección a Caldera paralelo al trazado del Acueducto, presentando, de esta manera, la misma descripción realizada anteriormente para el trazado del Acueducto.

Por otro lado, desde el kilómetro 18, se inicia el trazado de la Línea Eléctrica de 23 kV en dirección este hasta el sector de Bodegas donde se ubican los estanques y piscina de acumulación de agua.

Este trazado posee una extensión aproximada de 7,8 km. Su recorrido va inicialmente por piedmond hasta cruzar entre los cerros Chancho y Chancho Chico desde donde se desplaza por 1,2 km por la cima y ladera de cerro para posteriormente volver a llegar a un sector de piedmond. A partir de este punto el descenso se realiza a través de quebradas, entre las cuales se encuentra la quebrada Infante Chico, hasta llegar al sector de Bodegas. (Ver **Fotografías 5.6-14 a 5.6-15**)



Fotografía 5.6-14:, kilómetro 4,2 del trazado



Fotografía 5.6-15:, kilómetro 6,2 del trazado, kilómetro 6,9 del trazado

b) Morfología y Granulometría de los Suelos

La morfología del suelo representa el ordenamiento espacial de sus componentes en un determinado momento de su evolución. En función de ella se puede deducir las características que posee, los fenómenos que lo afectan, las potencialidades y restricciones de uso, entre otros.

Como se ha descrito, el suelo presenta una morfología típica como resultado de su génesis. Ésta a su vez, depende de los factores y procesos de la pedogénesis, donde el material de origen, el clima, la vegetación, el tiempo cronológico y el hombre interactúan con distinta intensidad o grado de importancia. Fundamental, como elemento regulador de los factores mencionados, se encuentra la topografía.

Dentro de la morfología del suelo, aquellos aspectos relevantes son: tipos de horizontes y su espesor, textura, estructura, consistencia, pedregosidad, drenaje interno, contenido de materia orgánica y color.

b.1) *Acueducto*

En la zona costera encontramos suelos arenosos, sin grado estructura (grano simple) cuyo espesor oscila entre 30 y 100 cm. A partir de esta profundidad se aprecia una estrata compuesta de restos paleontológicos (conchales). (Ver **Fotografías 5.6-16 y 5.6-17**)

De manera general, podemos indicar que en aquellos tramos donde el trazado del Acueducto atraviesa el Llano Caldera y la Pampa Las Higeras, los suelos están principalmente compuestos por texturas gruesas, arenas de distintos tamaños.



Fotografía 5.6-16: Suelos Costeros



Fotografía 5.6-17: Estrata formada por restos paleontológicos

En ciertos sectores se puede encontrar bajo el horizonte superficial, suelos con una textura media como areno francosa, franco arenosa. El color dominante del suelo es pardo con diferentes tonalidades (7.5 YR 5/3 o 5/4). La pedregosidad superficial puede variar entre un 30% a un 70% desde grava fina (2-5 mm) a media (5-20 mm). (Ver **Fotografías 5.6-18 y 5.6-19**)



Fotografía 5.6-18: Pedregosidad superficial sector Llano de Caldera



Fotografía 5.6-19: Pedregosidad superficial sector Pampa Higeras

Al llegar al cruce de la Ruta C-364 con la Ruta C-358, se observa la presencia de dunas, las cuales están compuestas por suelos arenosos, sin grado estructural (grano suelto). (Ver **Fotografía 5-6-20**)

En el caso de los suelos caracterizados por el estudio de CIREN para el valle de Copiapó tenemos que los suelos de la Serie Ramadilla son profundos con un buen desarrollo de estructura (Ver **Fotografía 5-6-21**). A causa de la estratificación característica de todos los suelos del Valle de Copiapó los colores pueden ser variables entre los matices 10YR, 7.5YR y 5YR. Por otro lado, la Serie Buenaventura por ocupar una posición de terraza aluvial, los suelos son generalmente muy estratificados con texturas gruesas. En el caso de la Serie Chañar son suelos estratificados de texturas finas y moderadamente finas, profundos y moderadamente profundos, mientras que para la Serie Pichincha los suelos son ligera a moderadamente profundos, estratificados que se encuentran sobre un sustrato de piedras con matriz arenosa.

En general, para estas series de suelos (Buenaventura y Chañar), el horizonte superficial presenta colores en el matiz 10 YR y los horizontes subsuperficiales en el matiz 7.5 YR y 5YR. (Ver **Fotografías 5.6-22 a 5.6-24**)

Los suelos de la Unidad No Diferenciada Chamonate son delgados, sobre un sustrato de gravas y piedras angulares y subangulares que pueden ocupar hasta un 80% en volumen. Presenta una reacción al HCl fuerte en la estrata superficial y débil en profundidad.



Fotografía 5.6-20: Suelos sector Monte Amargo, presencia de suelos arenosos. Kilómetro 47



Fotografía 5.6-21: Suelos sector parcelas, Serie Ramadillas. Kilómetro 56



Fotografía 5.6-22: Suelo sector Piedra Colgada. Kilómetro 63



Fotografía 5.6-23: Suelo sector cerro Bramador. Kilómetro 72.



Fotografía 5.6-24: Suelo superficial sector Bodegas

b.2) Línea de Alta Tensión

De acuerdo con el reconocimiento de terreno, el trazado de la Línea Eléctrica de 110 kV en su tramo que va desde la subestación Cardones hasta la quebrada Poblete se caracteriza por presentar suelos aluviales asociados principalmente a piedmond de texturas gruesas (arenosas) en superficie y con estratas gravosas en profundidad. La pedregosidad superficial oscila entre 50 y 200 mm (Grava gruesa y guijarros) con coberturas entre 20 – 30%. En el sector de Sierra Monardes encontramos suelos con texturas gruesas a medias y predominancia de color superficial 5 YR 4/4 (Pardo rojizo). (Ver **Fotografías 5.6-25 a 5.6-32**)



Fotografía 5.6-25: Pedregosidad Superficial, Kilómetro 1,1



Fotografía 5.6-26: Suelos Arenosos, kilómetro 9,8



Fotografía 5.6-27: Pedregosidad superficial, kilómetro 18,8



Fotografía 5.6-28: Suelo superficial sector Bodegas



Fotografía 5.6-29: Pedregosidad superficial Llano de las Liebres



Fotografía 5.6-30: Pedregosidad superficial Llano de las Liebres



Fotografía 5.6-31: Perfil de Suelos, presencia de texturas gruesas, kilómetro 9,9.



Fotografía 5.6-32: Presencia de estrata gravosa, kilómetro 9,9.

Las planicies y terrazas son las unidades morfológicas dominantes en el paisaje, las que se encuentran disectadas por quebradas de distintas profundidades y anchuras. También se observan piedmont formados por aluviones recientes provenientes de cerros cercanos a ellos.

La granulometría presenta una variación directamente en el sentido de la pendiente, que va principalmente de Oriente a Poniente, y está directamente influida por la pendiente del terreno. En general, en sectores altos, la clase textural dominante es la arenosa, tanto en superficie como en profundidad, con presencia abundante de pedregosidad y clastos angulares en todo el perfil. En sectores más bajos se puede reconocer, superficial y subsuperficialmente, texturas más finas francas a franco arcillosa y una reducción de la pedregosidad superficial. (Ver **Fotografías 5.6-33** y **5.6-34**)



Fotografía 5.6-33: Pedregosidad superficial, Quebrada Poblete.



Fotografía 5.6-34: Suelos aluviales, kilómetro 21,5.

En general las partículas de suelo no se encuentran cohesionadas, por lo que se podría decir que el material es suelto o con ausencia de estructura. En la medida que se aprecia un aumento de partículas minerales finas (arcilla y limo) y de materia orgánica estas tienden a conformar algún tipo de estructura. (Ver **Fotografía 5.6-35** y **5.6-36**)



Fotografía 5.6-35: Suelos arenosos, kilómetro 14,5.



Fotografía 5.6-36: Dunas sector Llano de las Liebres

De acuerdo con el reconocimiento de terreno, en el Área de Influencia del trazado de la Línea Eléctrica de 23 kV se observó gran presencia de pedregosidad superficial y suelos de texturas gruesas.

En este tramo se presentan piedmont formados por suelos aluviales con un alto porcentaje de pedregosidad dentro del perfil de suelos. De la misma manera existen varias quebradas cuya dirección de escurrimiento va de poniente a oriente. En ellas, se observa un porcentaje alto de pedregosidad superficial de tamaño variable, las cuales han quedado al descubierto debido a procesos erosivos producto de eventos de precipitaciones que en la zona son esporádicas. (Ver **Fotografía 5.6-37** y **5.6-38**)



Fotografía 5.6-37: Perfil de Suelo Quebrada Infante Chico.



Fotografía 5.6-38: Pedregosidad superficial sector Bodegas

c) Uso del Suelo

Durante el recorrido del trazado del Acueducto se reconocieron varios usos de suelos, ligados principalmente a actividades económicas. En Caldera la Planta Desalinizadora se encuentra en un área dentro de los límites de Puerto Padrones. Desde este punto hasta llegar al cruce de la Ruta C-358 el trazado va por un área donde no existe un uso de suelo definido, a excepción de las franjas asociadas a camino (Ruta C-364) y línea Férrea.

Desde la Ruta C-358 hasta el cruce de la Ruta 5 con la Ruta C-327 (sector cerro Bramador) se observa un uso agrícola principalmente de frutales como olivos o uvas de mesa. A partir de la Ruta C-327 hasta la Llegada a los estanques y piscinas de acumulación (Sector de Bodegas, Ruta C-424), el uso de los suelos cambia de uno mayoritariamente agrícola a uno mixto, agrícola e industrial, este último asociado a la Ruta 5. En él, encontramos principalmente empresas agroindustriales como exportadoras frutícolas.

En el caso del trazado de la Línea Eléctrica de 110 kV, el tramo que va desde la subestación cardones hasta el cruce con la Ruta C-370 no se distinguen usos de suelos a excepción de una pequeña área en el sector Sierra Jesús María donde se aprecia un uso minero (pequeña minería) y otro asociado a Rutas como la C-386 y C-404. En el kilómetro 5,5 de este trazado se observó un área destinada a un relleno sanitario el cual no fue implementado en el tiempo.

En el tramo que la Línea Eléctrica de 110 kV va paralela a la Ruta C-370 se observa un uso ganadero caprino extensivo debido a la cercanía al Río Copiapó que en este sector presenta escurrimiento superficial y por ende una cobertura herbácea y arbustiva asociada. De igual manera se registro la presencia de una franja de servidumbre por donde va un mineroducto de Minera Hierro Atacama (MHA) Finalmente, para la Línea Eléctrica de 23 kV, no se observan usos actuales de suelos a excepción de un uso agrícola en terrenos ubicado al norte de la franja del trazado. De igual forma existe un basural no autorizado en una quebrada ubicada a una distancia inferior a 0,5 km del sector donde estarán los estanque y la piscina de acumulación en el sector de bodegas.

d) Riesgo de Erosión

d.1) Riesgo de Erosión Hídrica

Los factores que inciden en la erosión hídrica son las precipitaciones, las condiciones del suelo, la pendiente y la cubierta vegetal. En relación al primero de ellos, las precipitaciones líquidas intensas tienden a provocar erosión hídrica. En el Área de Influencia tienen gran importancia las precipitaciones intensas y esporádicas que eventualmente se podrían desarrollar en el transcurso del año.

La pendiente determina el potencial de arrastre del agua de escorrentía. Los suelos ubicados en planicies son los menos susceptibles a la erosión, en tanto aquellos que se encuentran en pendientes más pronunciadas dan origen a la mayor energía potencial del agua de lluvia. También favorece la erosión la falta de estructura de los suelos. Finalmente el tipo y la escasa vegetación favorecen la erosión hídrica.

Los suelos de las Áreas de Estudio muestran evidencias de erosión hídrica en quebradas y cursos de aguas secos que denotan la presencia eventual de agua en una parte importante del trazado de la Línea Eléctrica de 110 kV y 23 kV y en menor grado para el Acueducto. (Ver **Fotografía 5.6-39** y **5.6-41**)



Fotografía 5.6-39: Evidencia de Erosión hídrica, sector Llano Seco.



Fotografía 5.6-40: Presencia de cárcavas, sector Llano Seco, kilómetro 3,3.



Fotografía 5.6-41: Presencia de cárcavas, Kilómetro 15,5.

d.2) *Riesgo de Erosión Eólica*

Se estima un permanente riesgo la erosión eólica en función de la evidencia de los mismos aspectos climáticos tales como la aridez y exposición al viento, los que se acentúan por la escasa eficacia protectora que ejerce la cubierta vegetal, considerando los parámetros de su estructura: estratos, grados de cubierta por estrato y del conjunto y la disposición de la misma.

De acuerdo a la textura del suelo y otras características de éste, el grado de erodabilidad eólica se puede considerar que es mediano a alto en los sectores de planicie y bajo a nulo en las quebradas.

En gran parte del Área de Influencia de este Proyecto, principalmente en zonas alejadas de áreas urbanas existe una evidente presencia de erosión eólica producto de la presencia de abundante pedregosidad superficial. Este proceso se ve favorecido principalmente por la aridez (nula cobertura herbácea) y amplitud de la planicie en ciertos sectores (ej: Llano de Caldera y Llano Seco). De la misma manera, en el sector Monte Amargo y Llano las Liebres se observó la presencia de dunas. (Ver **Fotografías 5.6-42 y 5.6-43**)



Fotografía 5.6-42: Dunas sector Monte Amargo



Fotografía 5.6-43: Dunas Sector Llano las Liebres

e) Valor Ambiental del Suelo

Desde el punto de vista del valor ambiental, los suelos observados, no constituyen singularidades o rarezas y son abundantes en la zona. Tienen un bajo a mediano grado de intervención Antrópica en el caso del trazado de las Líneas Eléctricas de 110kV y 23 kV y del Acueducto en el tramo que va desde el cruce con la Ruta C-364 hasta la llegada a Caldera;

Para el tramo del Acueducto asociado a zonas urbanas que recorre desde la Ruta C-358 hasta la llegada al sector de Bodegas, se observó un alto grado de intervención Antrópica de los suelos.

Los suelos del Área de Influencia de este Proyecto son representativos de lo que se puede observar en otros sectores de la Región, tanto a nivel de mar como en sectores intermedios. Son de baja productividad en términos de biomasa fijada por unidad de superficie y/o por tiempo; no tienen capacidad productiva para actividades forestales, agrícolas o pecuarias; son de baja calidad con respecto a la desviación que tienen sobre parámetros establecidos para evaluar su productividad y son de media a alta fragilidad en cuanto a las posibilidades de erosionarse.

En el caso de suelos asociados al valle de Copiapó, si presentan condiciones favorables para actividades agropecuarias, debido principalmente a las propiedades físicas del suelo (texturas, estructura, etc), la existencia de agua y las condiciones climáticas.

5.6.4 Conclusiones

Gran parte del área estudiada, presenta suelos con condiciones físicas desfavorables para las actividades agropecuarias, tales como pendientes pronunciadas, pedregosidad excesiva elevada erodabilidad y presencia de sales, a excepción de los suelos ubicados en el valle de Copiapó los cuales de acuerdo con el estudio de CIREN fueron clasificados con Capacidades de Uso que varían de II a III en aquellos sectores más planos.

Los suelos asociados al área estudiada, en su gran mayoría para el trazado de la Línea Eléctrica y parte del Acueducto, no presenta ningún uso silvoagropecuario. En general, están asociados a usos camineros o en menor grado ligada directamente a actividades mineras. En el caso del tramo del Acueducto que va desde el cruce de la Ruta C-370 hasta el sector de Bodega se observó un uso mayoritariamente agrícola o industrial asociado de alguna manera a esta misma actividad productiva.

5.6.5 Referencias Bibliográficas

ALCAYAGA, S. 1984. Curso sobre reconocimiento de suelos. s.p. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Departamento de Ingeniería y Suelos, Santiago, Chile.

BESOAIN, E. 1985. Mineralogía de Arcilla de Suelos. IICA, San José, Costa Rica. 1205 p.

CIREN. 2007. Estudio Agrológico Valle de Copiapó y Valle del Huasco. Publicación CIREN N°135.

EE.UU. 1975. Soil Taxonomy. Agriculture Handbook N° 438. Soil Survey Staff, Soil Conservation Service. 754 p.

LUZIO, W. y ALCAYAGA A. 1990. Mapa de Asociaciones de Grandes Grupos de Suelos de Chile. VI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo y Universidad de la Frontera, Temuco. 285-294.

LUZIO, W. y C. ROJAS. 1995. Evaluación de Suelos. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Ingeniería y Suelos. 58 Pág.

LUZIO, W. 1994. Los Suelos de Chile. En: Suelos una Visión Actualizada del Recurso. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Publ. Misc. Agr. N° 38.

LUZIO, W. et al. s/f. Guía práctica para la descripción morfológica de suelos. Universidad de Chile.

REPÚBLICA DE CHILE. 1999. Ministerio de Agricultura. Corporación Forestal Región de Antofagasta. Plan de Manejo Parque Nacional Lluillailaco. Documento de Trabajo N° 301. 58 pág.

SOIL SURVEY DIVISION STAFF. 1993. Soil Survey Manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18.

VERA, W. 1994. Mineralogía de Suelos. En: Suelos una Visión Actualizada del Recurso. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Publ. Misc. Agr. N° 38.