

Informe

Evaluación cortina cortaviento Relleno Sanitario Santiago Poniente

Diciembre, 2016

Tabla de contenido

1. Introducción.....	3
2. Localización	3
3. Características faja cortaviento	4
4. Método.....	4
4.1 Análisis Biomasa	4
4.2 Análisis Suelos	5
5. Resultados	6
5.1 Características especies analizadas	6
Casuarina (<i>Casuarina equisetifolia</i> L.).	6
Quillay (<i>Quillaja saponaria</i> Mol.).	6
Quebracho (<i>Senna candolleana</i> (Voguel)Irw.et Barneby (Sin. <i>Cassia Closiana</i> Phil).	7
Eucalipto (<i>Eucaliptus globulus</i> Labill.).....	8
Huingán (<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera).	8
Pimiento (<i>Schinus molle</i> L).	8
5.2 Análisis Biomasa.....	9
5.3 Análisis de suelos	13
6. Recomendaciones.....	15
7. Bibliografía.....	16

1. Introducción

Cortina cortaviento se define como el establecimiento de una o más hileras de árboles y/o arbustos dentro de un predio para proteger, conservar los recursos naturales y/o aumentar la productividad predial (Sotomayor, 2011), para el caso del relleno Sanitario Santiago Poniente (RSSP) la plantación de una cortina cortaviento tiene la finalidad de disminuir el olor que emana desde el relleno y llegue a los centros poblados de la zona. Para tener éxito en la plantación de una cortina cortaviento la elección de la especie a ocupar resulta clave, considerando la elevada radiación solar y altas temperaturas a la que están sometidas las plantas en el período estival en la zona de estudio. Un factor que puede limitar el desarrollo de las plantas es el tipo suelo, el que potenciará o impedirá el buen desarrollo del sistema radicular, influyendo directamente en el estado de los árboles o arbustos plantados (Rodríguez *et al.*, 2011).

En el Relleno Sanitario Santiago Poniente (RSSP) se plantó una cortina cortavientos el año 2011. Posterior a la plantación se ha presentado la mortalidad de los ejemplares en la cortina, desconociéndose la causa.

El informe final considera información acerca de seis de las especies plantadas, un análisis de biomasa y un análisis de suelo que permite identificar causas de la mortalidad en las plantas.

2. Localización

El Relleno Sanitario Santiago Poniente se ubica en la Provincia de Santiago, Región Metropolitana de Chile, en el extremo sur occidental de Rinconada de Maipú, específicamente al interior del Fundo La Ovejería de Rinconada de Lo Vial, predio ROL N° 01185-001, con una superficie de aproximadamente 900 hectáreas.



Figura 1. Ubicación de las cortinas cortaviento (tres rectángulos coloreados)

3. Características faja cortaviento

De acuerdo a la información entregada por la empresa, la plantación en la cortina cortavientos fue realizada durante el año 2011, la cual consta de 9 hileras, dando un ancho aproximado a la cortina de 14 metros. Además, se instaló un sistema de riego por goteo para disminuir la mortalidad durante el período estival.

Las especies utilizadas en la cortina cortaviento correspondieron a *Colliguaja odorifera* Mol. (colliguay), *Senna candolleana* (Voguel) Irw.et Barneby. (quebracho), *Quillaja saponaria* Mol. (quillay), *Schinus molle* L. (pimiento), *Casuarina equisetifolia* L. (casuarina), *Eucaliptus globulus* Labill. (eucalipto). La cortina se conformó, en un principio, de la siguiente manera:

Tabla 1. Conformación inicial de la cortina cortaviento (año 2011).

Hilera	Especie	Separación hilera (m)
1	Colliguay	1
2	Colliguay	1
3	Quebracho	1
4	Quillay	2
5	Pimiento	2
6	Pimiento	2
7	Casuarina	2
8	Eucalipto	3
9	Eucalipto	3

Sin embargo, es importante señalar que durante las visitas efectuadas durante el año 2016, no se encontró colliguay (*Colliguaja odorifera* Mol.) en la faja, pero si se encontró huingán (*Schinus polygamus*) y de éste último fueron las muestras colectadas para los análisis de biomasa.

4. Método

Para establecer la causa de la mortalidad de plantas ocurridas en la cortina cortaviento se propuso realizar las siguientes actividades.

Revisión bibliográfica de especies

Caracterizar las especies plantadas en la faja, determinando las condiciones naturales de desarrollo mediante análisis bibliográfico (características de crecimiento, hábitat entre otras).

4.1 Análisis Biomasa

Se seleccionaron y extrajeron en su totalidad dos individuos por especie (seis especies). Se realizó un muestreo destructivo de los ejemplares, es decir, se extrajo en su totalidad cada ejemplar y se midió largo de raíz (L, m), altura (H, m), y diámetro a la altura del cuello (DAC; mm).

Para la obtención de la biomasa de los ejemplares, se procedió a guardar en sacos debidamente rotulados cada árbol identificando especie, código y fecha. Luego se trasladaron a la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza para separar sus diferentes componentes (raíz, tallo, ramas, hojas). Una vez separados los componentes, se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C hasta alcanzar peso constante. Se determinó el peso seco de cada componente y se calculó la relación de la parte aérea con la subterránea del individuo (PA/PS).

4.2 Análisis Suelos

Se analizó las propiedades físicas de los suelos de la faja donde se instaló la cortina cortaviento (textura principalmente). Para ello se tomaron tres muestras compuestas de suelo a diferentes profundidades (0 – 20 cm, 20 – 40 cm, 40 – 60 cm).

5. Resultados

5.1 Características especies analizadas

Casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.).

Especie originaria de Australia, nativa de la costa de Queensland y las islas del litoral, Malasia, Borneo, Sumatra, sur de India y Madagascar (Morton, 1980; Hoffmann, 1998a). Habita regiones con 2.500 mm o más de precipitación anual, pero se adapta a climas secos con menos de 1.000 mm. Las temperaturas medias en su área de distribución natural oscilan entre 20 y 26°C. Pertenece a la familia *Casuarinaceae*.

Árbol siempreverde finamente ramificado, dioico o monoico, de porte piramidal, muy parecido a una conífera. Puede alcanzar de 6-35 metros de altura; copa cónica cuyo vértice tiende a aplanarse en los ejemplares más viejos. Tronco recto y cilíndrico; corteza marrón grisáceo casi negro, áspera y resquebrajada en los ejemplares adultos, en los ejemplares jóvenes es lisa y gris ceniciento. Tiene numerosas ramillas verdes, articuladas, de 23-38 cm x 0,5 cm. Hojas pequeñas, no fotosintéticas, que nacen en verticilos de las articulaciones de las ramillas, en cantidad de 7 a 8 por nudo. Flores unisexuales; las masculinas al final de las ramillas, en espiga de 7 a 40 mm de largo; las femeninas en inflorescencia lateral, globosa y leñosa, de 10-24 x 9-13 mm con apéndices más o menos agudos. Florece en primavera y otoño. Se poliniza por el viento. Infrutescencia leñosa. Semillas con alas (amentos). Produce fruto en junio y diciembre (Hoffmann, 1998a).

Casuarina es potencialmente utilizable para la recuperación de suelos. Se adapta a sustratos pobres e incluso con escombros, soportando bien condiciones extremas de sequía, salinidad, frío o vientos (Hoffmann 1998a). Además de ser un árbol de rápido crecimiento, provee al suelo P, Ca, K y Mg, en altas cantidades en comparación con otras especies (Suárez *et al.*, 2009), fija nitrógeno atmosférico en simbiosis con una bacteria del género *Frankia*, y es posible encontrarlo viviendo en simbiosis micorrícicas con hongos del género *Glomus*, permitiéndole incrementar su capacidad de captación de nitrógeno (Valdés *et al.*, 2004).

Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.).

Es un árbol perennifolio endémico de Chile central, de amplia distribución, comprendida entre Ovalle en la Región de Coquimbo, a Collipulli en la Región de la Araucanía. En la zona litoral y andina va desde los 15 a los 1.600 msnm (Gallardo y Gastó, 1987). Es un árbol adaptado a climas secos y cálidos, pero también se halla en sitios más frescos y húmedos, con una precipitación media anual de 200 a 1.500 mm. Se desarrolla con temperaturas entre los -3,2 y los 31,3 °C. (Rodríguez *et al.*, 1983; Del Fierro, 1998). Pertenece a la familia *Rosaceae*.

Árbol siempreverde, de copa esférica y ramas gruesas, que puede alcanzar hasta 15 m de altura, pudiendo llegar a más de 30 m y un diámetro (DAP) de 1,5 m (Vita, 1966). Fuste recto con uno o varios ejes principales y de forma cilíndrica, corteza lisa y de color pardo claro en los individuos jóvenes, para luego oscurecerse y adoptar una rugosidad gris cenicienta con un veteado rojizo en las rasgaduras longitudinales en ejemplares de mayor edad, rica en saponina. Hojas simples, alternas, glabras, coriáceas, cortamente pecioladas (2 mm de largo), de 2 a 5 cm de longitud y de 1 a 2,5 cm de ancho, de forma elíptica a ovada, de margen entero y/o levemente denticulado, obtuso a subagudas en el ápice. El haz es de color verde claro amarillento y brillante debido a la gruesa capa

de cera que las recubre (Hoffmann, 1998b; Montenegro, 2000; Riedemann y Aldunate, 2004; Gutiérrez, 2006). Las flores son hermafroditas, pentámeras, polígamo dioica, de aproximadamente 1 cm de diámetro, con 5 sépalos, 5 pétalos y 10 a 12 estambres en dos series, dispuestas en corimbos terminales, de color blanco amarillentas que florecen durante primavera y verano. El fruto es un plurifolículo con cinco secciones bivalvos tomentosos, de alrededor de 1 cm de largo y 5 a 6 cm de diámetro, con la forma de una estrella, que contienen numerosas semillas aladas, las que se dispersan con el viento. El fruto seco y vacío queda por largo tiempo prendidos en el árbol (Riedemann y Aldunate, 2004). Presenta un sistema radicular oblicuo, con raíces iguales o fasciculadas, muy extensas, y fijadoras de terreno en situaciones de pendiente (Gutiérrez, 2006; Alvarado *et al.*, 2013).

La flor es melífera (Pérez, 1983). La corteza se emplea desde muy antiguo como detergente, lo que motiva la exportación en grandes cantidades para la fabricación de jabón y dentífricos. También tiene propiedades medicinales y es usado en el campo para ciertas enfermedades del ganado (Hoffmann, 1998b; Alvarado *et al.*, 2013).

La especie forma parte del tipo forestal esclerófilo, donde constituye una asociación mixta con espino, litre, huingán y boldo, entre otros. Crece rápido en su primera etapa, para posteriormente continuar su desarrollo en forma más lenta, alcanzando una longevidad cercana a los 100 ó 150 años (Riedemann y Aldunate, 2004; Alvarado *et al.*, 2013).

Naturalmente crece en diferentes suelos, desde muy pobres y compactados, a buenos en nutrientes y estructura. Resiste las sequías, aun cuando crece muy bien en sectores húmedos, razón por la que se le encuentra tanto en laderas de exposición norte como sur (Vita, 1966; Rodríguez *et al.*, 1983; Del Fierro, 1998). Tolerancia un rango amplio de acidez en el suelo (pH). También se encuentra en sectores donde cae nieve y heladas (Alvarado *et al.*, 2013).

Quebracho (*Senna candolleana* (Voguel) Irw. et Barneby (Sin. *Cassia Closiana* Phil).

Especie chilena que habita desde la Región de Coquimbo hasta Colchagua (Montenegro, 2000). Se desarrolla en laderas y planicies, en especial en las exposiciones occidentales de la Cordillera de la Costa (Donoso y Ramírez, 1994). Pertenecer a la familia *Caesalpinaceae*.

Árbol o arbusto de 2-6 m de altura. Hojas gruesas, semicoriáceas o coriáceas compuestas de 6 o 7 pares de folíolos y de hasta 10 cm de longitud; ápice escotado, base asimétrica. De copa redondeada y follaje denso, con forma globosa. Las flores son llamativas, de un color amarillo, reunidas en inflorescencias (Corimbo), con floración desde el invierno hasta comienzos del verano. El fruto es una legumbre angosta, larga e indehiscente, con las semillas separadas por tabiques. Su maduración se produce en otoño (Navas, 1976).

Gallardo y Gastó (1987), señalan que la especie es importante en las etapas iniciales de la sucesión secundaria en sectores costeros, sobre terrenos descubiertos de vegetación o de cultivo agrícola cuando se dejan de intervenir. No son claras sus relaciones sintaxonómicas, aunque *Senna candolleana* aparece, aunque con muy baja presencia, dentro de la asociación *Cestro-Trevoetum* (Oberdorfer, 1960; Tapia, 2005).

Senna es un género importante en la parte alta de los andes, ya que es resistente a la heladas y puede desarrollarse en suelos erosionados dando cobertura a estos (Lojan, 1992).

Eucalipto (*Eucaliptus globulus* Labill.).

Especie originaria de Australia y Tasmania. Árbol de 70 a 90 m de altura, hojas con capa cerosa blanca. Se caracteriza por un importante polimorfismo, de jóvenes son opuestas, oblongas de 7 a 15 cm de largo; cuando son adultas son alternas. Inflorescencia axilar, solitaria, botones sésiles, flores de 4 cm de ancho, masa proveniente de estambres, fruto cónico de 2 a 3 cm de ancho y numerosas semillas. Tronco largo generalmente liso (Acho y Rodríguez, 2014). Pertenece a la familia *Myrtaceae*.

Por la rapidez de su crecimiento se puede encontrar cultivado en muchas regiones del mundo, para la producción de madera, fabricación de pulpa de papel, y obtención de aceites (Moreno *et al.*, 2010; Nutto y Vázquez, 2006).

Huingán (*Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera).

Árbol parcialmente caducifolio nativo, con presencia en Chile, Argentina, Brasil, Perú y Uruguay. No es abundante ni forma matorrales con presencia dominante. En Chile es frecuente en el matorral mediterráneo, tanto en la costa como en el interior, entre Atacama y Valdivia. Pertenece a la familia *Anacardiaceae* (Flora de Chile, 2016; San Martín y Villagra, 2013).

Arbusto siempreverde, de doce o quince pies de altura, muy lampiño, ramoso, inerme o poco espinudo, con la corteza rugosa y de un morado-ceniciento. Las hojas son muy cortamente pecioladas, oval-lanceoladas u ovalado-oblongas, enteras o algo dentadas o lobuladas, coriáceas, peninerviosas, de un verde claro en ambos lados y desiguales en el tamaño. Flores blancas, pequeñas, no alcanzando 4,5 mm de diámetro, llevadas por pedicelos algo más largos, reunidas en racimos axilares y acompañadas de una pequeña bráctea. Cáliz grueso, partido en cinco divisiones triangulares que alternan con los pétalos; estos elípticos, obtusos, ligeramente cóncavos. Cinco a diez estambres con los filamentos cortos y las anteras oval-redondeadas, un poco acorazonadas en la base. El fruto es una drupa redonda, de 4,5 mm poco más o menos de diámetro, con el epicarpio delgado, liso, frágil y de color morado oscuro. Florece de octubre a diciembre y fructifica de enero a febrero (Flora de Chile, 2016; San Martín y Villagra 2013).

La especie se desarrolla en suelos pobres de exposición norte y habita tanto en planicies como en laderas, en la región mediterránea de Chile central (Donoso, 1982).

Pimiento (*Schinus molle* L.).

Especie dioica, originaria de Perú, desde donde se ha extendido profusamente. En Chile se identifica como la primera especie introducida al país por los Incas. Actualmente crece en forma natural desde la Región de Arica y Parinacota a la Región Metropolitana (Alvarado *et al.*, 2013). Pertenece a la familia *Anacardiaceae*.

Árbol siempreverde, de copa muy amplia y compuesta por ramillas colgantes y ramas gruesas y nudosas, que puede alcanzar hasta 25 m de altura y más de 1 m de diámetro de copa. Fuste con un eje principal, pero a veces posee más de un eje que ramifica desde abajo. Corteza rugosa y de color gris oscuro. Hojas compuestas, de folíolos lineares lanceolados, de entre 25 a 30 cm de largo, de borde levemente aserrado, de color algo glauco, ricas en aceites. Las flores corresponden a panículas ramificadas de color verde amarillento, que da la formación de un atractivo fruto en forma de racimo que permanece por largo tiempo en el árbol, con un intenso olor un tanto picante. La

época de floración es en verano. El fruto es una pequeña drupa, de color rosado oscuro, del tamaño de un grano de pimienta, que madura en el otoño. Las raíces son preferentemente horizontales, que avanzan en búsqueda de agua. Especie de crecimiento rápido y una buena longevidad (Alvarado *et al.*, 2013).

Especie rústica, adaptada a crecer en suelos deficitarios o con excesos de nutrientes, sin exigencias a la textura del mismo, aceptando suelos muy compactados. Necesita muy poca agua, siendo altamente resistente a la sequía. Destaca su resistencia en ambientes contaminados tales como orillas de carretera y áreas mineras. Soporta la salinidad, los vientos de gran intensidad y las altas temperaturas (Alvarado *et al.*, 2013).

La especie es recomendada para el control de la erosión, abundantemente empleada en programas de reforestación de áreas desérticas. En el norte de Chile se lo planta para dar sombra a los animales, obtener leña y sombrear caminos (Hoffmann, 1998a). En medicina natural se usa como insecticida. Contiene aceites esenciales y otros productos químicos (Riedemann *et al.*, 2006; Alvarado *et al.*, 2013).

5.2 Análisis Biomasa

Se consideró un total de 15 árboles de muestra para realizar el análisis de biomasa, pues se quiere conocer cuál es la relación de la parte aérea y la parte subterránea de las especies en estudio (Tabla 2).

Una característica importante para el éxito en el establecimiento y supervivencia de las plantas es el crecimiento y desarrollo de la raíz, pues de ésta depende en gran medida la absorción de agua y nutrientes esenciales para diversos procesos fisiológicos (Rodríguez *et al.*, 2011).

Tabla 2. Caracterización morfológica de los ejemplares extraídos

Especie	DAC (cm)	Long. Tallo (m)	Long. Raíz (m)	Altura (m)
Casuarina 1	1,8	1,50	0,76	0,94
Casuarina 2	4,2	2,65	1,58	2,58
Eucalipto 1	4,6	2,45	1,69	2,40
Eucalipto 2	2,1	0,70	0,69	0,70
Huingán 1	7,9	2,05	5,21	2,00
Huingán 2	4,2	1,58	1,62	1,49
Pimiento 1	7,4	2,45	4,15	2,19
Pimiento 2	6,4	2,61	4,90	2,40
Quebracho 1	6,1	1,83	0,83	1,80
Quebracho 2	5,7	1,65	1,60	0,71
Quillay 1	2,9	1,27	1,10	1,22
Quillay 2	10,5	1,65	1,00	1,60
Quillay 3	2,4	1,28	0,80	1,23
Quillay 4	4,0	1,35	1,10	1,27
Quillay 5	5,3	1,35	1,33	1,30

Tabla 3. Distribución de la biomasa (gramos) de las especies en estudio.

	Raíz (g)	Tallo (g)	Ramas (g)	Hojas (g)	Biomasa Total (g)	PA/PS
Casuarina 1	335,3	530,0	155,4	186,7	1207,4	2,6
Casuarina 2	27,9	108,0	237,4	11,7	384,9	12,8
Eucaliptus 1	702,0	621,9	205,0	721,0	2249,8	2,2
Eucaliptus 2	62,1	42,5	22,3	9,6	136,5	1,2
Huingán 1	2000,1	967,4	753,3	311,0	4031,8	1,0
Huingán 2	434,0	380,5	173,8	118,9	1107,3	1,6
Pimiento 1	1305,4	1551,2	219,0	16,8	3092,3	1,4
Pimiento 2	1538,2	940,5	254,4	11,5	2744,6	0,8
Quebracho 1	306,8	701,6	235,1	100,0	1343,4	3,4
Quebracho 2	345,4	304,0	103,3	100,2	852,9	1,5
Quillay 1	158,1	110,4	249,9	73,0	591,3	2,7
Quillay 2	52,7	53,3	63,8	5,2	174,9	2,3
Quillay 3	79,0	91,7	97,6	54,9	323,3	3,1
Quillay 4	1297,2	813,3	718,3	373,2	3202,1	1,5
Quillay 5	186,7	116,0	219,7	16,0	538,5	1,9

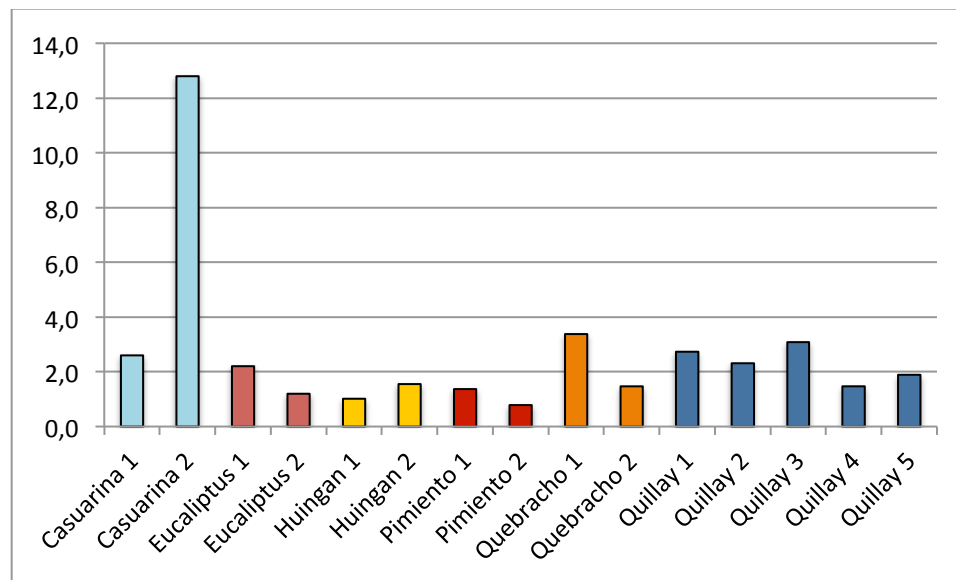


Figura2. Relación Parte Aérea (PA) y Parte Subterránea (PS) de los individuos en estudio.

En el caso de quillay, la relación PA/PS se encuentra entre 1,5 y 3,1 lo que se ajusta relativamente a lo encontrado por Donoso *et al.* (2011), quienes encuentran valores de entre 1,4 y 2,3 para la especie. En el presente análisis existe un menor desarrollo radicular en dos individuos de *Q. saponaria* (PA/PS de 2,7 y 3,1 respectivamente).

Respecto a la comparación de los ejemplares de casuarina se observa que ambas muestras son diferentes en la relación PA/PS impidiendo definir una tendencia para la especie en esta situación. Para casuarina 2, la relación PA/PS tiende a ser mayor a casuarina 1, lo que indica un sistema radicular muy pequeño en comparación con la parte aérea del individuo. Al respecto, Francis y Lowe (2000) indican que las plántulas de casuarina desarrollan una raíz pivotante delgada y coriácea, y numerosas raíces laterales fibrosas. Los árboles maduros típicamente poseen raíces pivotantes profundas y un sistema de raíces laterales extenso y superficial. También indican que el desarrollo pobre de raíces pivotantes es característico de árboles en sitios con suelos poco profundos.



Figura 3. Ejemplar de quillay extraído para análisis.

Para eucalipto, Wang *et al.* (1988) y Costa e Silva *et al.* (2004) señalan que tiene una amplia variación entre procedencias en cuanto a la velocidad de crecimiento de la raíz y la relación parte aérea/parte radicular (Rodríguez *et al.*, 2011). El eucalipto por lo general no forma una raíz pivotante. Produce raíces a través de todo el perfil del suelo, arraigándose a una profundidad de varios centímetros, en los suelos que lo permiten, o de manera superficial en otros casos. El árbol presenta una buena resistencia a los vientos cuando alcanza el tamaño de brinjal, pero debido a que el sistema radical se desarrolla con lentitud, puede ser volcado por el viento durante etapas iniciales de crecimiento (Francis y Lowe, 2000). Para el presente análisis los valores se ajustan a lo encontrado en otras especies, siendo siempre menor la biomasa radicular (Figura 4). La mortalidad de individuos de eucalipto en esta zona se debió principalmente a ejemplares que se encontraban lejanos a algún curso de agua.



Figura 4. Ejemplar de eucalipto extraído para análisis.





Figura 5. Arriba: Ejemplar de casuarina analizado. Abajo: Tipo de suelo en el lugar de estudio.

El factor común de los ejemplares en estudio corresponde a un bajo desarrollo de la parte subterránea del individuo en comparación con la parte aérea. En la mayoría de los casos, los valores encontrados se ajustan a las características propias de la especie. Solo para casuarina se observa una marcada diferencia (12:1), la que puede ser explicada por las condiciones del terreno, tipo y profundidad de suelo, las que estarían afectando directamente a las plantas establecidas.

5.3 Análisis de suelos

Se analizaron nueve muestras de suelo a distintas profundidades (0-20 cm; 20-40 cm; 40-60 cm) (Tabla 4), donde M4 y M5 fueron muestras colectadas del mismo perfil desde donde se extrajo dos ejemplares vivos, mientras que M6 fue colectada en el mismo lugar desde donde se extrajo una casuarina muerta, esto con la finalidad de revisar si existían diferencias en el tipo de suelo y relacionarlo con la mortalidad de los ejemplares presentes en la faja.

Tabla 4. Análisis de suelos

Muestra	Textura			Clase textural
	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	
M4 0-20 cm	56,11	20,32	23,57	Franco arcillo arenoso
M4 20-40 cm	51,74	18,35	29,90	Franco arcillo arenoso
M4 40-60 cm	53,63	20,52	25,85	Franco arcillo arenoso
M5 0-20 cm	54,43	26,19	19,38	Franco arenoso
M5 20-40 cm	56,87	24,00	19,12	Franco arenoso
M5 40-60 cm	45,95	13,88	40,18	Arcillo arenoso
M6 0-20 cm	55,91	16,01	28,08	Franco arcillo arenoso
M6 20-40 cm	64,78	20,06	15,15	Franco arenoso
M6 40-60 cm	52,89	20,79	26,31	Franco arcillo arenoso

Los resultados indican que para las muestras M4 y M6 el suelo con textura del tipo franco arcillo arenoso predomina en las tres profundidades analizadas, mientras que la muestra M5 predomina la textura franco arenosa. Sin embargo, la muestra 5, indica un incremento del porcentaje de arcillas en profundidad, que explicaría la limitación en desarrollo del sistema radical. Esto además se ratifica con la distribución de raíces en el perfil, donde estas profundizaban hasta un máximo de 60 a 80 cm.

En estos casos, la presencia de un estrato arcilloso actúa como una barrera, impidiendo que las raíces se desarrollen en profundidad en busca de recursos hídricos que durante los periodos de sequia son bastante escasos, esto podría explicar la baja sobrevivencia de los individuos plantados en la faja cortaviento. Además, Donoso (1999), indica que los ejemplares que se desarrollan sobre arcillas cercanas a la superficie, verán limitado su crecimiento por la restricción, pues pueden explorar un menor volumen de suelo (Donoso, 1999).

Estudios de biomasa realizados para Eucaliptus en España, señalan que el sistema radical no alcanza a profundizar en aquellos suelos donde se incrementa el porcentaje de arcillas (mayor densidad aparente) es decir la profundidad del sistema radical depende de la profundidad a la que se encuentre un horizonte masivo en arcilla, donde la densidad aparente del suelo es alta (Obispo, 1999).

De acuerdo a la línea base realizada en el Relleno Sanitario Santiago Poniente, se define que los suelos analizados corresponden principalmente a la serie Cuesta barriga (PTB) franco arenosa fina, que es el tipo de suelo predominante en el área. Estos suelos presentan características franco gruesas, con dominancia mixta del tipo “Mollisoles.” Esta información concuerda con la descrita por Peralta (1995) que indicó que los suelos de esta zona corresponden principalmente a suelos del tipo franco arcillo arenoso, de textura moderadamente fina y una mayor consistencia con adherencia moderada.

6. Recomendaciones

De acuerdo a la información obtenida en terreno, es posible observar que la mortalidad de los ejemplares presentes en la faja cortaviento, estaría más bien dada por las características que presenta el suelo que por los tipos de especies plantadas. Bajo estas condiciones se recomienda remover la tierra hasta aproximadamente 1 m de profundidad pues en esta profundidad se encontraba el suelo más compacto que impedía la penetración de las raíces, con la remoción del suelo se espera aumentar el prendimiento de los ejemplares plantados, ya que facilitará el ingreso de las raíces y mejorará la captación de agua.

No obstante lo anterior, se propone también realizar cambio de algunas especies y probar con otras que se encuentran adaptadas a las condiciones ambientales presentes, por ejemplo, se observó que espino (*Acacia caven*) es una especie que se da mejor bajo estas condiciones, además se recomienda probar con algunos ejemplares de algarrobo (*Prosopis chilensis*), pues durante la visita al sector se observaron individuos de esta especie en buenas condiciones.

Se recomienda no insistir en plantar con eucalipto puesto que corresponde a una especie de rápido crecimiento por lo que necesita bastante agua para desarrollarse de manera sana y vigorosa. De acuerdo a las condiciones que se presentan en el sector los eucaliptos plantados que se veían en buenas condiciones era justamente los que se encontraban cercanos a cursos de agua. Al presentar la zona central cada vez periodos más extensos de sequía (periodo estival) no se recomienda la plantación de estos ejemplares puesto que se debilitan siendo un potencial huésped de enfermedades y patógenos que pueden afectar el desarrollo de los demás individuos plantados en el área.

7. Bibliografía

- Acho, A.; Rodríguez, I. 2014. Actividad antibacteriana in vitro de los extractos acuosos liofilizados de hojas de *Eucalyptus globulus* Labill y cortezas de *Cinnamomunzeilanicum* Blume. IMET - EsSalud, 2012. Tesis. Química Farmacéutica. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), Perú. pp. 24-25.
- Alvarado, A.; Baldini, A.; Guajardo, F. 2013. Árboles urbanos de Chile. Guía de reconocimiento. Corporación Nacional Forestal. Gerencia Forestal. Departamento de Arborización. Santiago de Chile. 375 p.
- CIREN; 1996. Estudio Agrologico Región Metropolitana. Publicación 115. 431 páginas.
- Costa e Silva, R.; Shvaleva, A.; Maraco, J.; Almeida, J.; Chaves, M.; Pereira, J. 2004. Responses to water stress in two *Eucalyptus globulus* clones differing in drought tolerance. Tree Physiol. 24: 1165-1172.
- Del Fierro, P. 1998. Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile. Publicaciones Lo Castillo. Impresiones Salesianos. Santiago, Chile.
- Donoso, C. 1982. Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile. *Bosque* 4(2): 117-146.
- Donoso C. 1992. Ecología forestal. Editorial Universitaria, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Donoso, C.; Ramírez, C. 1994. Arbustos nativos de Chile. María Cuneo Ediciones.
- Donoso, S.; Peña-Rojas, K.; Pacheco, C.; Luna, G.; Aguirre, A. 2011. Respuesta fisiológica y de crecimiento en plantas de *Quillaja saponaria* y *Cryptocarya alba* sometidas a restricción hídrica. *Bosque* 32: 187-195.
- Donoso S. 1999. Evaluación de Prácticas Silvícolas en Plantaciones de *Eucalyptus globulus*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes. 113 p.
- Eswaran H, Reich P, Quandt LA. 1999. Guy D. Smith Memorial Slide Collection. Vertisols: their properties, classification, distribution and management. USDA. Formato digital.
- Flora de Chile. 2016. *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera. Disponible en <http://floradechile.cl/dicotyle/species/ascpolyg.htm> Consulta: 20 oct. de 2016.
- Francis, J.; Lowe, C. 2000. Bioecología de Arbóreas Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Gen. Tech. Rep. IITF-15. Río Piedras, Puerto Rico: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. eds. Trabanino, Salvador, traductor. 582 p.
- Gallardo, S.; Gastó, J. 1987. Estado y Planteamiento del cambio de estado del ecosistema de *Quillaja saponaria* Mol. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Informe de Investigación. Sistemas en Agricultura. Teoría Avances. 248 p.

- Gutiérrez, P. 2006. 84 árboles para las ciudades de Chile. Escuela de Ingeniería Forestal. Ediciones Universidad Mayor. Santiago, Chile.
- Hoffmann, A. 1998a. El árbol urbano en Chile. Ediciones Fundación Claudio Gay. Tercera Edición Revisada. Santiago, Chile. 255 p.
- Hoffmann, A. 1998b. Flora Silvestre de Chile, Zona Central. Ediciones Fundación Claudio Gay. Cuarta Edición Revisada. Santiago, Chile.
- La Manna L, Buduba C, Irisarri J, Valenzuela F. 2004. Vertisoles en los bosques de *Austrocedrus chilensis*. Revista Científica Agropecuaria 8(1): 73-78.
- La Manna L, Rajchenberg M. 2004. The decline of *Austrocedrus chilensis* forests in Patagonia, Argentina: soil features as predisposing factors. Forest Ecology and Management 190: 345 - 357.
- Lojan, L. 1992. El verdor de los Andes. Árboles y arbustos nativos para el desarrollo forestal altoandino. Proyecto Desarrollo Forestal Participativo en los Andes. Quito.
- Montenegro, G. 2000. Chile Nuestra Flora Útil. Guía de plantas de uso apícola, en medicina folklórica, artesanal y ornamental. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Moreno, J.; López, G.; Jara, R. 2010. Modelación y optimización del proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*). *Scientia Agropecuaria* 1(2): 147-154.
- Morton, J. F. 1980. The Australian pine or beefwood (*Casuarinaequisetifolia* L.) an invasive “weed” tree in Florida. In *Proc. Fla. State Hort. Soc* 93: 87-95.
- Navas, L. 1976. Flora de la Cuenca de Santiago de Chile. Tomo II. Dicotyledoneae, Archichlamydeae. Ediciones de la Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Nutto, L., Vázquez, M. 2006. Modelos de producción de madera sólida en plantaciones de *Eucalyptus globulus* de Galicia. *Boletín Informativo CIDEU* (2): 37-50.
- Oberdorfer, J. 1960. Pflanzensoziologische Studien in Chile: E in Vergleich mit Europa. *Flora et Vegetatio Mundi* 2: 1-208.
- Obispo, A. 1999. Selvicultura de *Eucalyptus globulus* Labill. En la provincia de Huelva: efectos del laboreo en el árbol. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Córdoba. 91 p.
- Peralta, M. 1995. Guía N°2 de Edafología, Universidad de Chile, Fac. de Cs. Forestales. Dpto de Silvicultura.
- Pérez, V. 1983. Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas. Chile. CONAF-FAO. Documento de trabajo N° 47. Santiago, Chile.
- Rubio A. 2010. La densidad aparente en suelos forestales del parque natural Los Alcornocques. Memoria Ingeniero Técnico Agrícola. Universidad de Sevilla. España. 96.

- Riedemann, P.; Aldunate, G. 2004. Flora nativa de valor ornamental, identificación y propagación, Chile, zona centro. Segunda Edición. Edición revisada y actualizada por Sebastian Teillier. Impresión Productora Grafica Andros Ltda. Santiago, Chile.
- Riedemann, P.; Aldunate, G.; Teillier, S. 2006. Flora nativa de valor ornamental: Identificación y Propagación, Chile Zona Norte. Productora Gráfica Andros Limitada. Santiago, Chile.
- Rodríguez, D.; Vargas, J.; López, J.; Muñoz, A. 2011. Crecimiento de la raíz en plantas jóvenes de *Pinus pincheana* Gordon en respuesta a la humedad del suelo. *Agrociencia* 45(4): 493-506.
- Tapia, D. 2005. Comunidades vegetales de la quebrada de La Plata, Región Metropolitana (Chile). *Chloris Chilensis* 8(2).
- Rodríguez, R.; Matthei, O.; Quezada, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Ediciones Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 408 p.
- SACSA. 2015. Característica del suelo arcilloso. Servicios Agropecuarios de la Costa S.A. de C.V. Disponible en: <http://www.gruposacsa.com.mx/caracteristicas-del-suelo-arcilloso/> Consulta 14 dic. 2016.
- San Martín, J.; Villagra, M. 2013. Productos forestales no madereros de la Región del Maule. Fondo de investigación del Bosque Nativo (CONAF). Universidad de Talca, Chile. 77 p.
- Sotomayor, A. 2011. Antecedentes generales sobre cortinas cortavientos forestales. Instituto Forestal. Chillan, Chile. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/Noticias/CortinasCortavientosINFOR.pdf> Consulta: 24 oct. 2016.
- Suárez, A.; Equihua, M. 2009. Rehabilitación de algunas propiedades químicas de los suelos y del bosque de niebla en Veracruz, México con ensambles experimentales de leñosas nativas y *Casuarina equisetifolia* L, Amoen. *Interciencia* 34(7): 471-478.
- Valdés, M.; Cayetano, R.; Leyva, M.; Camacho, A. 2004. Promoción del crecimiento en vivero de *Casuarina equisetifolia* (L.) por microorganismos simbiotes. *TERRA Latinoamericana*. Universidad Autónoma Chapingo. México. 22(2): 207-215.
- Vita, A. 1966. Reforestación por siembra directa con quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) y Peumo (*Cryptocarya alba* (Mol.) Looser). Memoria. Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago, Chile.
- Wang, D.; Bachelard, E.; Banks, C. 1988. Growth and water relations of seedlings of two subspecies of *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiol.* 4: 129-138.