

**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**Profesor Patrocinante:** Carmen Gloria González Labbé.

**“ANÁLISIS DE LA PLANTACIÓN DE  
DOCA COMO RECUBRIMIENTO EN  
TALUDES URBANOS EN SECTOR  
MONTAHUE, PENCO”**

Proyecto de título presentado en conformidad a los requisitos para optar al título de Ingeniero  
Civil.

**MARTÍN ALONSO LUENGO JONES.**

**CONCEPCIÓN, MAYO 2017**

*A mis padres Mario Luengo y Claudia Jones, por su apoyo incondicional durante toda mi vida, y a mi hijo Tomas Luengo, por brindarme felicidad a cada día, además de ser mi nueva y gran motivación.*

*Gracias.*

### ***Agradecimientos.***

En primer lugar agradecer a mis padres Mario Luengo Rivera y Claudia Jones Lagos por el apoyo incondicional en todo mi proceso de formación educacional y personal.

También agradecer a mis hermanos Pablo y Claudio por ser parte muy importante en mi familia, como también, primos, primas, tías y tíos, que siempre me brindaron apoyo para poder llegar hasta este punto.

A mi hijo Tomas Luengo que me ha dado aún más fuerzas para lograr mis objetivos en la vida.

Agradecer a mis amigos de la infancia, Felipe, Ignacio, Daniel, por la inmensurable cantidad de consejos que brindan día a día, mis amigos del liceo Adrián, Matías, Raúl, Roberto, que a pesar de las distancias nuestra amistad aún perdura. A mis amigos de la Universidad Celia, Cristian, Felipe, Ignacio, Javiera, Jorge, Nicolás Ricardo, Pablo, Rodrigo y Valentina que más allá de ser compañeros de estudio, fueron compañeros de la vida en este proceso de formación universitaria.

A la familia Mardones Vera por su total apoyo en mi vida de universitario.

Agradecimientos a Joaquín Vergara estudiante de agronomía de la Universidad de Concepción, por su gran conocimiento en botánica y mayor aún su disponibilidad para ayudar, y a Belén Villegas por la colaboración en la redacción y por apoyarme en todo sentido desde que nos conocemos.

Familia Verdejo Aitken por entregar una amistad incondicional y en especial a Reynaldo Verdejo por el brindarme apoyo en todo mi proceso universitario y por todos esos buenos momentos de conversaciones y aprendizajes de la vida.

A Felipe Torres, Don Miguel Orellana y a la profesora Carmen González por todo el apoyo brindado durante la realización de esta tesis.

Y a todos las personas que estuvieron conmigo en mi proceso escolar, liceano y universitario,

Gracias.

**INDICE GENERAL.**

ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	9
1.1.- Justificación del tema.....	10
1.2.- Alcances de la Investigación.....	10
1.3.- Identificación del problema.....	11
1.4.- Objetivos.....	12
1.4.1.- Objetivo General.....	12
1.4.2.- Objetivos específicos.....	12
1.5.- Descripción de la zona de estudio y el comportamiento de la doca en el lugar.....	13
1.6.- Metodología de trabajo.....	15
CAPITULO II: FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CORRECTO DESARROLLO DE LA DOCA E INVESTIGACIÓN BÁSICA.....	16
2.1.- Descripción de la Doca: Carpobrotus Edulis.....	16
2.2.- Taludes urbanos.....	19
2.3.- Principales factores que influyen en el desarrollo del Carpobrotus edulis.....	19
CAPITULO III: ANÁLISIS LOCAL DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO DE LA DOCA.....	21
3.1.- Factores propios de las plantas.....	21
3.1.1.- Recursos hídricos.....	21
3.1.2.- Nutrición y fertilidad del suelo.....	21
3.1.3.- Luminosidad.....	22
3.1.4.- Temperatura.....	23
a) Velocidad de crecimiento.....	23
b) Germinación.....	23
c) Transpiración.....	24
d) Fotosíntesis.....	24
3.1.5.- Plagas y parásitos.....	25
3.2.- Factores de terreno y geométricos.....	26
3.2.1.- Tipo de suelo.....	26
3.2.2.- Permeabilidad e infiltración del suelo.....	27

3.3.- Factores de agentes externos. ....	27
3.3.1.- Naturales. ....	27
a) Viento. ....	27
b) Lluvia.....	28
3.3.2.- Artificiales.....	28
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA ETAPA EXPERIMENTAL. ....</b>	<b>29</b>
4.1.- Resultados experimento de la doca sometida a cuidados iniciales. ....	29
<b>CAPITULO V: PROPUESTA DE SOLUCIONES PARA POTENCIAR EL CRECIMIENTO DE LA DOCA EN LA ZONA.....</b>	<b>31</b>
4.1.- Soluciones físico - geométricas. ....	31
4.2.- Obras de desagüe. ....	32
4.3.- Bioingeniería.....	33
4.4.- Complementos con otros tipos de plantas. ....	33
4.5.- Fertilización. ....	35
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
Recomendaciones.....	38
<b>BIBLIOGRAFÍA. ....</b>	<b>39</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS.**

Figura 1: Descripción en planta de la zona.....	14
Figura 2: Descripción del Carpobrotus Edulis.....	18
Figura 3: Reproducción por estolones en una planta de frutillas.....	18
Figura 4: Temperaturas medias mínimas mensuales.....	23
Figura 5: Efecto del pisoteo en taludes urbanos del sector Montahue.....	28
Figura 6: Técnicas para facilitar la revegetación de taludes.....	32

## **ÍNDICE DE TABLAS.**

Tabla 1: Horas por estación del año para la comuna de Penco.....	22
Tabla 2: Resultados obtenido en la experimentación.....	30
Tabla 3: Función de las hierbas con respecto a las características que posea.....	34

## **ANÁLISIS DE LA PLANTACIÓN DE DOCA COMO RECUBRIMIENTO EN TALUDES URBANOS EN SECTOR MONTAHUE, PENCO.**

Autor: Martin Luengo Jones.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Biobío.

Correo Electrónico: [luengojones@gmail.com](mailto:luengojones@gmail.com)

Profesor Patrocinante: Carmen González Labbé.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Biobío.

Correo Electrónico: [cgonzal@ubiobio.cl](mailto:cgonzal@ubiobio.cl)

### **RESUMEN.**

La siguiente tesis se enfoca en los factores que afectan el desarrollo del *Carpobrotus edulis* en un talud urbano en la población “Montahue” de la comuna de Penco en Chile. Primeramente se identifican los factores que afectan el desarrollo de la planta para luego analizar cada uno de los factores de manera local, para las condiciones que existen en la zona. El factor que más influyó fue la pendiente la cual en la zona se observa que prácticamente a lo largo de la zona donde predominan las mayores pendientes no se desarrolló la planta, como también el pisoteo constante dada la proximidad del talud a la población. Debido a esto se confeccionaron lisímetros homologando las condiciones del lugar y se plantaron esquejes de *Carpobrotus edulis* extraídos del lugar de estudio. Finalmente se obtuvo que los esquejes que fueron “tratados” durante 20 días tuvieron un mayor porcentaje de sobrevivencia que los que solamente fueron plantados sin tratamiento, tanto como para los plantados en pendiente y los plantados sin pendiente. Por otra parte la planta demostró poseer cualidades que la hace una planta altamente resistente a las condiciones climáticas como también muy adaptable a las características del terreno presentes en la zona de estudio.

Palabras clave: Talud urbano, *Carpobrotus Edulis*, Pendiente, Pisoteo.

7.748 Palabras Textos + 9 Figuras/Tablas\*250 = 9.998 Palabras Totales.

## **ANALYSIS OF THE PLANTING OF "DOCA" AS COVERAGE IN URBAN TALUDS IN SECTOR MONTAHUE, PENCO.**

Author: Martin Luengo Jones.

Environmental and Civil Engineering Department, Universidad del Biobío.

Email: [luengojones@gmail.com](mailto:luengojones@gmail.com)

Sponsoring Teacher: Carmen Gonzalez Labbé.

Environmental and Civil Engineering Department, Universidad del Biobío.

Email: [cgonzal@ubiobio.cl](mailto:cgonzal@ubiobio.cl)

### **ABSTRACT.**

The following thesis focuses on the factors that affect the development of *Carpobrotus edulis* in an urban slope in the "Montahue" population of the commune of Penco in Chile. First, we identify the factors that affect the development of the plant and then analyze each of the factors locally, for the conditions that exist in the area. The factor that influenced the most was the slope which in the area is observed that practically along the area where the major slopes predominate the plant was not developed, as well as constant trampling given the proximity of the slope to the population. Due to this, lysimeters were made, homologating the conditions of the place and cuttings of *Carpobrotus edulis* extracted from the place of study were planted. Finally, it was obtained that the cuttings that were "treated" during 20 days had a greater percentage of survival than those that were only planted without treatment, as well as those planted in slope and planted without slope. On the other hand the plant proved to possess qualities that make it a plant highly resistant to the climatic conditions as well as very adaptable to the characteristics of the terrain present in the study area.

Keywords: Urban slope, *Carpobrotus Edulis*, Slope, Trampling.

7,748 Words Texts + 9 Figures / Tables \* 250 = 9,998 Total Words



## CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, tanto en Chile como en el mundo, existen distintas problemáticas asociadas a la estabilidad de taludes, por lo que durante el transcurso del tiempo se han creado y modificado formas para anticiparse a estos fenómenos con el fin de evitar posibles desprendimientos o derrumbes. Actualmente con la tecnología es posible modelar el comportamiento de un talud como también calcular y dimensionar su geometría con mayor exactitud.

En Concepción la lluvia incide abruptamente en los taludes, provocando lo que se conoce como erosión, es más, en Chile la erosión más común producida es por el agua lluvia (*Carrasco, J. y Riquelme, J. 2003*).

Existen diferentes tipos de soluciones para disminuir la incidencia de la erosión causada por la lluvia en taludes, una de ellas, es el recubrimiento vegetal; Siendo esta una solución natural y de bajo costo en comparación con las técnicas que utilizan hormigón, otorgando una estética medioambiental a un corte de terreno artificial.

La vegetación, aparte de servir como medida de integración de un talud ejecutado por el hombre en el entorno, puede tener un papel muy importante en dar mayor estabilidad en taludes. La presencia de vegetación conlleva dos efectos diferenciados, un efecto hidrológico que afecta a la infiltración, evaporación, transpiración, y a todos los demás fenómenos hidrológicos que se producen en la naturaleza, y por otra parte la vegetación tiene un efecto de carácter mecánico sobre el talud, reteniendo partículas del suelo, disminuyendo la acción del viento, o atenuando la degradación del talud (*Castro, D., 2000*).

Fundamentos y revisión de la literatura demuestran que las raíces gruesas actúan como clavos en las laderas, reforzando el suelo de la misma manera que el hormigón se refuerza con barras de acero. Las raíces finas actúan en tensión durante el fallo en pendientes y si cruzan la superficie de deslizamiento, proporcionan una contribución importante a la estabilidad de la pendiente (*Holsworth L., 2014*).

Todos estos factores influyen sobre las obras de drenaje, tanto superficiales como profundas, ya que cuanto mayor sea la cobertura vegetal, menor será el agua de escorrentía y mayor será la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Esto significará también una reducción de los procesos erosivos que se pueden producir en el talud. (*Castro, D., 2000*).

Como efectos mecánicos, se puede resaltar que la existencia de una cubierta vegetal aumenta la resistencia y la estabilidad del suelo en el que se desarrolla, al tiempo que protege la superficie de los terrenos ante la acción de agentes externos. (*Castro, D., 2000*).

### **1.1.- Justificación del tema**

Es de suma importancia la incorporación de un recubrimiento sobre los taludes con el fin de evitar el contacto directo de la lluvia y eludir los efectos de la erosión hídrica.

En esta investigación se estudia el recubrimiento vegetal como revestimiento de taludes por lo que el análisis de la planta en base a sus características, bajo las condiciones del lugar de estudio, es importante para conocer su irregular desarrollo en la zona de estudio con el fin de entregar posibles soluciones a lo acontecido en el lugar. Para conocer los fenómenos producidos en taludes por la erosión hídrica véase con detalles en el anexo C, “Principales factores que provocan inestabilidad en los taludes urbanos”.

### **1.2.- Alcances de la Investigación.**

El fin de la investigación es analizar el desarrollo de la doca según las características del sector, identificando los principales factores que interfieren en el correcto desarrollo de esta.

### 1.3.- Identificación del problema.

Los movimientos en masa son eventos potencialmente desastrosos que han ocasionado cuantiosas pérdidas humanas y económicas alrededor del mundo; de acuerdo a las estadísticas presentadas por la CRED (*Centre for research on the epidemiology of disasters*, 2012), en el año 2011 se han presentado 332 desastres de origen natural alrededor del mundo afectando 244,7 millones de personas que dejaron pérdidas económicas superiores a 246.800 millones de dólares. Del total de desastres ocurridos, el 52,1% corresponden a eventos de origen hidro-meteorológico que aportaron un 57,1% del total de víctimas. Estos datos permiten dimensionar la magnitud de la problemática, con el agravante de que una de las principales consecuencias asociadas al cambio climático es el incremento de la frecuencia e intensidad de eventos hidro-meteorológicos extremos.

Para el caso local de los taludes urbanos en el sector de Montahue en Penco, se puede apreciar a simple vista los principales fenómenos que son ocasionados por la erosión hídrica (surquillos y cárcavas). Con el fin de evitar este tipo de fenómenos se plantaron esquejes de *Carpobrotus Edulis* o conocida comúnmente como “doca”, la cual creció de manera regular en algunos sectores del talud. La interrogante principal es la razón por la cual no se mantuvo o simplemente no creció, como también el incorrecto funcionamiento o desempeño de la doca como protector superficial del talud.

A pesar de ser taludes pequeños estos están muy próximos a las viviendas, lo que aumenta el peligro de derrumbes o deslizamientos que podrían afectar a las personas que viven al pie del talud, como también a las que viven en la parte superior del mismo.

## **1.4.- Objetivos.**

### *1.4.1.- Objetivo General.*

- Analizar la plantación de doca como recubrimiento vegetal en los taludes urbanos con respecto a los factores que influyen en su correcto desarrollo.

### *1.4.2.- Objetivos específicos.*

- Identificar los principales factores que influyen en el crecimiento de la doca en taludes urbanos.
- Analizar los principales factores que influyen en el crecimiento de la doca con respecto a las condiciones locales del sector de estudio.
- Experimentar con los factores predominantes que condicionan el correcto desarrollo de la doca.
- Proponer soluciones que potencien el crecimiento de la doca en la zona, contribuyendo a su normal desarrollo y funcionamiento.

### **1.5.- Descripción de la zona de estudio y el comportamiento de la doca en el lugar.**

El lugar de estudio es en la población “Montahue” situado en la comuna de Penco. La población nació para dar solución familias que había perdido sus hogares a causa del terremoto y posterior tsunami del 27 de febrero del año 2010; La idea fue ubicarlas lo antes posibles en zonas más alejadas de la costa, en este caso desde el borde costero hacia los cerros. El 80% de las familias habían perdido su hogar por daños del terremoto y tsunami, el 20 % restante fue por solamente el terremoto. Las familias afectadas que ahora viven en la primera etapa de la población son 450, lo que se materializa en 450 viviendas, 3 juntas de vecinos, pequeños espacios dedicados a aéreas verdes y un jardín infantil JUNJI. Las viviendas fueron diseñadas y presentadas en 2011 para posteriormente ser entregadas en agosto del 2013 por el actual alcalde de Penco. (*Fuente: Entidad de gestión inmobiliaria social, Penco. 2016*).

El sector está esencialmente compuesto por cerros y quebradas que antiguamente se utilizaba con propósitos forestales.

Según una descripción de la Universidad de Chile acerca de los climas del país señala que la zona corresponde a un clima “Mediterráneo seco y húmedo” que es otra variante del clima templado-cálido. Tiene una estación húmeda y seca equivalente. Abarca desde el sur hasta la cuenca del Maule hasta los alrededores de Traiguén, zona en que la pluviosidad supera los 1.000 mm. de promedio anual, y la temperatura varía de un sector a otro: en el norte, los veranos son con frecuencia más cálidos que en Santiago y la media de Concepción alcanza, en la misma estación, los 13 grados.

Las características climáticas, temperaturas, horas de luminosidad, la dirección hacia donde mira la cara del talud, como también, el tipo de planta son las mismas a lo largo de toda la zona de estudio.

A continuación se muestra la ubicación de la población Montahue:

En el centro de la fotografía se observa el enlace que une la ruta 164 con la ruta 152 o “Ruta del Itata”, al noreste se encuentra las poblaciones Desiderio Guzmán y los Aromos, al norte se proyecta la comuna de Penco y al noroeste está ubicada la población Montahue.



*Figura 1: Descripción en planta de la zona, Fuente: Google Earth, (2016).*

## **1.6.- Metodología de trabajo.**

La metodología para la realización de esta investigación se basa en una metodología cuantitativa.

- 1) Búsqueda de información de la planta con el fin conocer su funcionamiento y características que la hacen una planta apta para la utilización en la contención de taludes.
- 2) Identificación de los factores que condicionen el crecimiento de la planta con el fin de detallar las posibles causas de su muerte en algunas zonas del talud como también la caracterización de la zona de estudio y recopilación de antecedentes mediante ensayos de mecánica de suelos, toma de muestras para someter a análisis y ensayos, topografías y encuestas con el fin de conocer con detalles el suelo donde la planta crece y la opinión de los habitantes de la zona acerca del mal crecimiento de la planta en el lugar y las posibles causas para que esta no se desarrolle.
- 3) Analizar los factores mencionados basados en todos los antecedentes obtenidos con respecto a la información obtenida sobre las características de la planta y sus condiciones para un óptimo desarrollo.
- 4) Experimentar con los factores predominantes en el desarrollo de la doca, mediante la utilización de lisímetros que homologuen las condiciones locales de la zona de estudio con el fin conocer el comportamiento de la planta.
- 5) Proponer una solución posible que corrija los efectos de la erosión hídrica en la zona de estudio y que luego potencie el crecimiento y desarrollo de la planta.

## **CAPITULO II: FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CORRECTO DESARROLLO DE LA DOCA E INVESTIGACIÓN BÁSICA.**

En este capítulo se describen los conceptos claves asociados al proyecto de título, por medio de antecedentes de investigaciones anteriores. El objetivo de este capítulo es conocer los principales factores que influyen en el correcto crecimiento de la doca en los taludes.

### **2.1.- Descripción de la Doca: *Carpobrotus Edulis*.**

Antes de comenzar con la descripción se debe señalar que se encontraron tres posibles tipos de doca que podrían desarrollarse en el sector, descritas como *Carpobrotus aequilaterus*, *Carpobrotus edulis* y *Carpobrotus chilensis*.

Para conocer a fondo el reconocimiento de la planta que yace en el lugar, véase en el anexo A, “Identificación previa de la Doca existente en el Talud”.

Como se trata de una descripción de la planta en el ámbito de la botánica se utilizan numerosos términos complejos y asociados a este tipo de ciencia. Por lo que se describirá en función de lo competente para la investigación.



## **Carpobrotus Edulis.**

Datos generales:

- Clase: Magnoliopsida Cronq. Takht. & Zimmerm.
- Familia: Aizoaceae Rudolphi
- Especie: *Carpobrotus edulis* (L.) N.E. Br. in E.P. Phillips,
- Xenótipo: Metafito holoagriófito.
- Tipo biológico: Caméfito suculento reptante.

Nombres comunes: Doca, Hierba del cuchillo, uña de gato, uña de león. (*Sanz M., Dana E., Sobrino E., 2004*).

### **Procedencia y forma de inducción.**

Originaria de Sudáfrica (El Cabo), donde vive de manera natural entre el nivel del mar y los 1.000 m de altitud. Debido a su capacidad para cubrir densamente dunas y arenales se ha utilizado como planta ornamental encespedante y fijadora de suelos en zonas costeras. Presenta un carácter invasor muy agresivo, con clara tendencia a aumentar rápidamente sus poblaciones si no se controlan (*Sanz M., Dana E., Sobrino E., 2004*).

### **Biología.**

Es una planta suculenta y reptante, con los tallos de hasta 2 m, radicales, muy ramificados, subcilíndricos. Hojas opuestas, erectas, oblongas, subfalcadas o rectas, de sección transversal en triángulo equilátero, verdes, de 4-10 x 1-1,6 cm, ligeramente adnatas en la base. Flores de 8-10 cm de diámetro, de color amarillo o rosado (var. *rubescens* Druce), con cinco tépalos de los cuales los tres externos miden 2-4,5 cm y son oblongos y los dos internos más pequeños, con el margen escarioso. Florece de marzo a junio. La fecundación es alógama y entomófila. Posee metabolismo CAM. Los frutos maduros son devorados por gaviotas y pequeños mamíferos (conejos, ratas) contribuyendo así a su dispersión al ser expulsadas las semillas con las deyecciones. Se reproduce activamente por estolones que enraízan fácilmente en los nudos. Necesita climas templados, no tolerando las heladas moderadas o reiteradas. Ha desaparecido por completo en algunas zonas después de un periodo de frío intenso. Soporta bien la sequía, la salinidad y los substratos arenosos, por lo cual se ha utilizado para fijar dunas y taludes en zonas litorales. Necesita exposiciones a pleno sol. Forma alfombras muy tupidas que cubren superficies considerables de terreno

impidiendo el desarrollo de otras plantas. *Carpobrotus edulis* apenas prospera a la sombra. (Sanz M., Dana E., Sobrino E., 2004). En las siguientes imágenes se muestran (a la izquierda) las hojas, flores y frutos del *Carpobrotus edulis* como también (a la derecha) el tipo de reproducción de la planta, en este caso mediante estolones.



Figura 2: Descripción del *Carpobrotus Edulis*, Fuente: Floravascular.com, (2017).

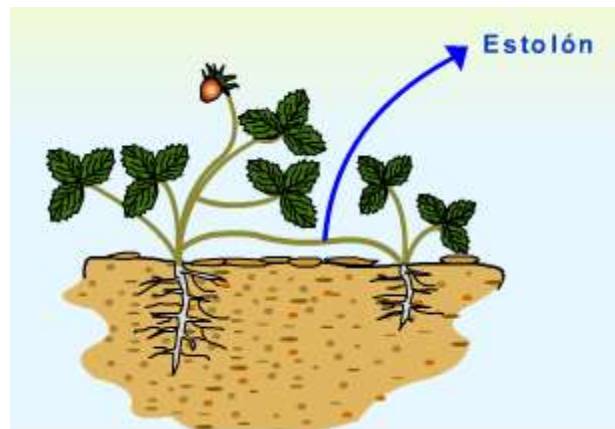


Figura 3: Reproducción por estolones en una planta de frutillas, Fuente: Emaze.com, (2017).

## **2.2.- Taludes urbanos.**

En la investigación se señala en específico a los taludes como “taludes urbanos”, este es un concepto que en la práctica se ocupa bastante, pero no posee una definición etimológica. En investigaciones asociadas se hace alusión al término pero sin referirse a él como un concepto ingenieril como tal. Para este caso el concepto de “talud urbano” adoptado por el investigador es para referirse a los taludes con las siguientes características:

- Poca altura, no más allá de los 5 metros de altura vertical.
- Ubicados muy próximos a viviendas.
- No poseen pendientes muy pronunciadas.
- Esta susceptible a agentes externos (seres humanos, animales, vehículos, basura etc.).

## **2.3.- Principales factores que influyen en el desarrollo del *Carpobrotus edulis*.**

A continuación se mencionan cada uno de los principales factores que inciden en el correcto desarrollo de una planta como recubrimiento en general. Basándose en la caracterización del lugar y en la similitud de condiciones a lo largo del talud se mencionaran los factores más relevantes con un mayor grado de profundidad en la investigación.

**Factores que influyen en el desarrollo del *Carpobrotus Edulis*.**

- a) Factores propios de las plantas. (*Navarro, R., Del Campo, A., Cortina, J., (2006)*)
  - Recursos hídricos.
  - Nutrición y fertilidad.
  - Luminosidad.
  - Temperatura (Velocidad de crecimiento, germinación, transpiración y fotosíntesis).
  - Plagas y parásitos.
- b) Factores de terreno y geométricos. (*Gliessman, S., 2002*), (*López, C. 1999*).
  - Tipo de suelo.
  - Permeabilidad e infiltración.
  - Pendiente.
- c) Factores de agentes externos. (*López, C. 1999*).
  - Naturales (Lluvia y viento).
  - Artificiales (Humano, animal etc.).

Los detalle de como incide cada uno de los factores mencionados en el *Carpobrotus edulis* son mencionados en el Anexo I: “Factores que influyen en el desarrollo del *Carpobrotus edulis*”.

### **CAPITULO III: ANÁLISIS LOCAL DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO DE LA DOCA.**

En este capítulo se realiza un análisis en base a la información obtenida de la planta con respecto a las condiciones locales del sector, incorporando lo obtenido en la topografía, encuestas a pobladores, mecánica de suelos, análisis de muestras de suelo obtenidas con el fin de conocer su comportamiento en el lugar. El objetivo principal de este capítulo es conocer el factor que más condicione el crecimiento de la planta.

#### **3.1.- Factores propios de las plantas.**

##### *3.1.1.- Recursos hídricos.*

En una encuesta realizada a la comunidad residente cercana al talud indica que el 46% de los encuestados cree que la falta de agua ha influido en el mal crecimiento de la doca. A esto se le complementa la siguiente afirmación: “Jamás han venido a regarlas desde las entidades públicas a cargo de estos predios”. En consecuencia se muestrea la zona con el fin de conocer la humedad en distintos puntos del talud.

Mediante ensayos de humedades realizados en laboratorio se determinó que en promedio las humedades en las zonas donde existe doca viva es de un 38%, mientras que en las zonas donde no existe es de un 34%. Siendo que los porcentajes de humedad del suelo son aceptables, la diferencia entre las dos humedades no provee un rango para poder afirmar que una es suficiente y la otra no; Pese a esto existen zonas donde la doca si se desarrolló correctamente.

##### *3.1.2.- Nutrición y fertilidad del suelo.*

Según el Ingeniero agrónomo Mauricio Millán Guerrero a cargo de la evaluación de los resultados de los ensayos adjuntos en el Anexo E se dice que: “El Estado de revisión de la muestra para a este cultivo es: no se le realizan recomendaciones, ya que normalmente utilizan muy pocos fertilizantes, solo se utiliza guano o fertilizantes líquidos para flores una vez por temporada que no dependen de muestras de suelo para su fertilización”.

Dicho lo anterior la nutrición y fertilidad para este tipo de planta y para las condiciones del suelo del sector no influyen en el desarrollo de la planta.

### 3.1.3.- Luminosidad.

Para el caso del *Carpobrotus edulis* necesita una exposición a pleno sol (Sanz M., Dana E., Sobrino E. 2004), la cual cumple con esta característica. La cara del talud posee una orientación mirando hacia el norte, otorgando una plena llegada de luz solar a la planta durante todo el día.

En base a los datos otorgados por *salidasypuestadesol.com* que utiliza georreferenciación para otorgar datos precisos y actualizados de la salida y puesta de sol durante todo el año, se muestra:

Época del Año	Horas de sol (Horas: Minutos: Segundos)
Otoño	10:33:14
Invierno	10:58:38
Primavera	13:40:38
Verano	13:40:29

Tabla 1: Horas por estación del año para la comuna de Penco, Fuente: *salidasypuestadesol.com* (2016).

El mes con mayores horas de sol es Diciembre con un promedio de 14 horas, 38 minutos y 03 segundos, con su máximo el 21 de diciembre con 14 horas con 41 minutos y 13 segundos.

El mes con menores horas de sol es Junio con 9 horas con 40 minutos y 28 segundos, con su mínimo el 21 de Junio con 9 horas con 37 minutos y 53 segundos.

No existe un dato asociado específicamente a el *Carpobrotus Edulis* frente a la cantidad de luminosidad específica que requiere, aunque basándose en lo dicho anteriormente y en la característica de la planta se puede afirmar que para el crecimiento y la floración de la doca (floración es en primavera y verano) la cantidad de luminosidad es suficiente y no debería incidir en el correcto desarrollo de esta.

3.1.4.- *Temperatura.*

a) *Velocidad de crecimiento.*

De la encuesta realizada a los vecinos del sector se tiene que el crecimiento de la doca desde su plantación (aproximadamente 3 años) ha sido, en un 38% rápido y en un 46% ha tenido un crecimiento normal. Esto indica que la percepción de los habitantes es que en general la doca se ha desarrollado normalmente, solo la zona con mayores pendientes no existe un buen desarrollo.

Para un mayor detalle del crecimiento de la doca véase el ANEXO B, “Descripción fotográfica detallada del talud”.

b) *Germinación.*

En el caso de la doca plantada en el lugar de estudio, esta fue plantada por esquejes, no por medio de semillas. No obstante el principal aniquilador de este especie son los fríos a los que pueda estar expuesta (Sanz M., Dana E., Sobrino E. 2004). A continuación se presenta un gráfico con las temperaturas medias mínimas alcanzadas en los últimos 10 años, registrados en la estación Carriel Sur. (Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil, Dirección Meteorológica de Chile).

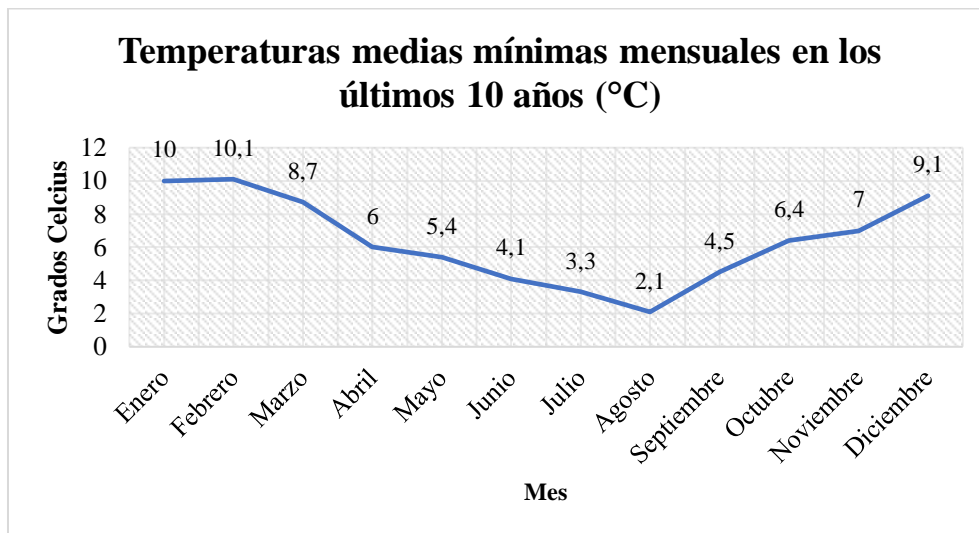


Figura 4:

Temperaturas medias mínimas, Fuente: Elaboración propia (2016).

Para las temperaturas mínimas (las más bajas de cada mes desde el 2004 hasta el 2014), durante los últimos 10 años registrados se tienen valores también por encima de los 2 grados Celsius.

Por lo que la temperatura en este tipo de clima y por el desarrollo existente en el lugar de *Carpobrotus Edulis*, no debería influenciar en dicha planta el factor temperatura sobre la germinación, para la zona de estudio.

c) Transpiración.

El *Carpobrotus Edulis*, pertenece a la familia de las “Aizoáceae” la cual, muchas de sus caracteres son el resultado de las adaptaciones a condiciones de sequía extrema (xeromorfismo) y los miembros típicos pueden sobrevivir los largos períodos de insolación y estiaje de los desiertos de África del Sur. Las hojas son más o menos suculentas y en algunas especies también lo son las raíces o los tallos. (*Medina-Lemos R., 2007*).

En la actualidad dos grupos contrastantes de plantas vasculares presentan metabolismo ácido en igual proporción (*Keeley, 1998*): las xerofitas y las hidrofitas. Ambos grupos parecen converger en el mismo tipo de metabolismo en respuesta a presiones de selección muy diferentes (*Keeley y Rundel, 2003*). El primer grupo responde a la capacidad de incrementar la eficiencia en el uso del agua al abrir los estomas en la noche cuando las tasas de transpiración son menores (*Griffiths, 1989*). Por otro lado, las hidrofitas habitan medios donde los organismos eutróficos disminuyen la concentración de CO<sub>2</sub> del agua durante el día, por lo que la fijación nocturna confiere una ventaja evolutiva (*Raven y Spicer, 1996; Keeley, 1998*), (*Andrade J., De La Barrera E., Reyes-García C., Ricalde M., Vargas-Soto G., Cervera J., 2007*).

De este modo el factor de la regulación de la transpiración del *Carpobrotus edulis* es intrínsecamente controlado por la naturaleza de la familia a la cual pertenece y el metabolismo CAM que posee (detallado a continuación), de esta forma para la zona de estudio no tendría mayor incidencia.

d) Fotosíntesis.

Como se menciona en la descripción de la planta, el *Carpobrotus edulis* posee metabolismo CAM, por su abreviación en inglés y traducido al español como: Metabolismo ácido de las



crasuláceas (Sanz M., Dana E., Sobrino E., 2004), la cual consiste en que las plantas fijan el CO<sub>2</sub> principalmente por la noche con el uso de la enzimas, el producto de la reacción de cuatro carbonos se almacena en las vacuolas; luego, durante el período de luz consecutivo se asimila el CO<sub>2</sub> en los cloroplastos por el ciclo C<sub>3</sub> (Taiz y Zeiger, 2002; Larcher, 2003). Aproximadamente 7% de las plantas vasculares presentan la fotosíntesis CAM (que incluye plantas del desierto, plantas acuáticas y epifitas).

Sin embargo, es en la respuesta al ambiente donde CAM presenta una mayor variación en la amplitud de las diferentes fases de este metabolismo, lo que hace difícil elaborar una definición correcta de la fotosíntesis CAM (Holtum, 2002; Lüttge, 2004). (Andrade J., De La Barrera E., Reyes-García C., Ricalde M., Vargas-Soto G., Cervera J., 2007).

De esto se entiende que las condiciones ambientales locales influyen en el desempeño de este tipo de fotosíntesis llamado CAM, del mismo modo en la zona de estudio el crecimiento y floración del *Carpobrotus edulis* se evidencia por lo que el proceso de fotosíntesis para la zona de estudio se lleva a cabo exitosamente.

### 3.1.5.- Plagas y parásitos.

Las cochinillas se caracterizan por tener una especie de escudo protector, de distintos colores y consistencias, según la especie de que se trate. La plaga, junto a los pulgones, es el más frecuente en jardinería ya que puede afectar a casi cualquier planta ornamental. Estos insectos clavan un pico sobre hojas, tallos y frutos y absorben la savia, parte de esta la excretan como líquido azucarado (melaza). Pueden tener una o más generaciones durante el año según la especie y el clima de la zona. Este proceso (generación) se repite una, dos o incluso tres veces al año. Algunos de los síntomas asociados de la acción de estos agentes son, en algunos casos, que larvas clavan un pico y se alimentan de la savia en el envés de las hojas, dejando manchas blanquecinas en las hojas, de un típico aspecto plateado-plomizo y rodeado de motitas negras de sus excrementos. También pican en flores y frutos. La deformación de hojas, flores y frutos, punteados decolorados y caída prematura de hojas, pétalos y frutitos son otro tipo de síntoma, Además específicamente para el chanchito blanco se puede apreciar viendo al propio insecto, por las hojas descoloridas, amarillas y deformadas y por la presencia del hongo negrilla, con esto también se asienta este hongo sobre la melaza de pulgones y la mosca blanca. (Zapata A., s.f).

Como se menciona en el texto anterior las propias plagas y parásitos son precursoras para la atracción de otros vectores (moscas de todo tipo u otros agentes mencionados anteriormente) que mediante inspección visual se podrían identificar como zonas donde ha sido afectada la doca. De todos modos mediante inspección visual se ha corroborado que no existe destrucción de este tipo en el talud, la mayoría de la doca destruida es por acción de agentes externos artificiales.

### **3.2.- Factores de terreno y geométricos.**

Como influya el factor de la pendiente será detallado en el siguiente capítulo.

#### *3.2.1.- Tipo de suelo.*

Conocer el tipo de suelo es fundamental para conocer el desempeño de la doca, como se ha descrito anteriormente en el punto 2.1, la doca es una planta rastrera que se da naturalmente en zonas costeras, arenosas y de alta salinidad.

El sector donde esta se encuentra es próximo a la zona costera (aproximadamente 400 metros de la playa de Penco). Esto conlleva a que el suelo tienda a ser arenoso.

De hecho como se detalla en el anexo E, los resultados de las granulometrías realizadas de 2 muestras de suelos tomadas en el talud.

Para la primera muestra señala que es un suelo según la norma AASHTO, como un suelo del tipo A-2-7, con un índice de grupo de (6). En base a la clasificación de suelos según la norma USCS indica que se trata de un suelo tipo SC, lo que quiere decir que se trata de una arena arcillosa.

Para la segunda muestra señala que el suelo según la norma AASHTO es del tipo A-2-7, con un índice de grupo de (0). Según la clasificación USCS el suelo, al igual que el anterior, es un suelo del tipo SC, o de otro modo, un suelo arenoso arcilloso.

Ambas muestras de suelos se clasifican como Arena Arcillosa, esto concuerda con la proximidad que existe entre la zona de investigación y la playa. Lo que varía, es la cantidad de suelo arcilloso en cada uno de las muestras, teniendo uno más plasticidad que otro.

Al ser un suelo arenoso arcilloso por un lado le brinda el suelo ideal para el cultivo de la doca, (arena) y por otro lado le brinda la capacidad de retener humedad y minerales por la naturaleza de la arcilla. El nivel de influencia del fino o del granular será evaluado según la capacidad de infiltración del suelo.

### 3.2.2.- *Permeabilidad e infiltración del suelo.*

Según los ensayos in situ del método Porchet (*MINVU 1996*), catalogan al suelo del talud en promedio como un suelo de buen drenaje con las características de: “Un suelo de arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezcla de arena limo y arcilla, morenas glaciares y depósitos de arcillas estratificadas”. (*Terzagui and peck 1967*). (*Puga P., 2012*).

La proliferación de la planta para la zona de estudio no se ve influenciado por el tipo de suelo en la que se encuentra.

## 3.3.- **Factores de agentes externos.**

### 3.3.1.- *Naturales.*

#### a) Viento.

Existe una correlación directa entre el viento y la disminución de la estatura de la planta. Las plantas en ecosistemas de dunas costeras y en ecosistemas alpinos frecuentemente son pequeñas debido a los constantes vientos de gran velocidad. Los cultivos que crecen en zonas con viento constante tienen, normalmente, menor estatura que los mismos cultivos sembrados en áreas sin viento. La corta estatura es el resultado de una desecación constante, que ocasiona que las células sean más pequeñas y la planta más compacta. Cuando los vientos son más variables y hay períodos largos de calma, alternados con períodos de vientos fuertes, las plantas no tienden a ser enanas. (*Gliessman, S., 2002*).

El *Carpobrotus Edulis* es una planta rastrera de zonas costeras, esta posee las características mencionada en la reseña anterior lo cual la hace una planta altamente resistente al viento debido a la constante evolución y adaptación sobre lo vientos costeros.

## b) Lluvia.

La lluvia provee de los recursos hídricos a las plantas, como ya se ha mencionado a lo largo de la investigación, el *Carpobrotus edulis* posee características que la catalogan como una planta resistente a las sequías; de otro modo el exceso de agua como a cualquier planta perjudicaría su crecimiento al aumentar la probabilidad de afloramiento de hongos. En el talud de estudio en durante la confección de la tesis no se observan inconvenientes sobre este tema aunque se calculara mediante el método racional la cantidad de escorrentía superficial que se generara en la zona. Para mayor detalle del método y el cálculo véase el anexo H “Calculo de escorrentía superficial”.

El cálculo entrego una escorrentía superficial de 770,6 Lts/hr, en base a características del talud e intensidades de lluvias de la zona (Anexo H). Este excedente de lluvia u escorrentía puede ser extraído mediante alguna obra de desagüe mencionada en el capítulo V.

### 3.3.2.- *Artificiales.*

En el sector se observan senderos demarcados por la acción del hombre o animales del sector, como se menciona en el anexo I, el desgaste del recubrimiento vegetal aumenta a medida que aumenta la frecuencia de las pisadas sobre esta. Es de esperar que este fenómeno ocurra en los taludes urbanos puesto que una de sus características es estar próximo a zonas pobladas. A continuación se muestra una fotografía donde se ve el accionar del pisoteo y la formación de senderos en el sector. Para un mayor detalle véase el anexo B “Descripción fotográfica detallada del talud”.



Figura 5: Efecto del pisoteo en taludes urbanos del sector Montahue, Fuente: Elaboración propia (2017).

## **CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA ETAPA EXPERIMENTAL.**

En este capítulo se presentaran los resultados de la experimentación de la doca que fue plantada en lisímetros con pendiente y sin pendiente, con y sin tratamiento inicial, homologando las condiciones del sector. El objetivo de este capítulo es analizar y comparar el crecimiento de esquejes de doca plantados en pendiente y sin pendiente, bajo cuidados iniciales y sin cuidados iniciales, con el fin de conocer la incidencia de estos sobre la planta.

Para revisar el detalle de la confección e instalación de los lisímetros como también la plantación, regado y obtención de datos de los esquejes de *Carpobrotus Edulis* véase el anexo D adjunto en el informe.

### **4.1.- Resultados experimento de la doca sometida a cuidados iniciales.**

En este capítulo se presenta un resumen y resultado de la experimentación de la doca en distintos tipos de lisímetros con el fin de conocer el comportamiento de la planta a los días posteriores de la plantación de los esquejes desde el punto de vista del cuidado inicial de la planta.

Para los lisímetros con pendiente se tiene una notoria diferencia entre los porcentaje de sobrevivencia al término de la sexta semana del experimento puesto que para el lisímetro sin tratamiento al término de la quinta semana ya no poseía esquejes con vida, en cambio para el lisímetro con tratamiento inicial al término de la sexta semana permaneció con un 57% de doca viva.

Por otro lado, los lisímetros sin pendiente al principio del experimento no tuvieron mayor diferencia, aunque entre la semana n° 4 y 5 hubieron pérdidas considerables de la vida de los esquejes para el lisímetro sin tratamiento, donde este alcanzó un 43% de sobrevivencia en comparación con el que tubo tratamiento inicial, que finalizó el experimento con un 86% de sobrevivencia.

En el caso de los lisímetros con pendiente nula se observa que estos han tenido un comportamiento más estable, la muerte de los esquejes en el lisímetro con pendiente no es equivalente a los lisímetros que no tiene pendiente. Esto puede señalar que la pendiente genera un condicionamiento para el desarrollo del esqueje de doca.

Se ha comprobado que el tratamiento inicial incidió en el arraigamiento de los esquejes de doca plantada tanto como en los lisímetros con pendiente y sin pendiente. Para el caso de los lisímetros con pendiente se dio un arraigamiento mayor al esperado puesto que se pretendía que obtuviera un valor equivalente o menor al de los lisímetros sin pendiente. Esto se debe a que los lisímetros sin pendiente necesitarían más tiempo para la apertura del callo y la formación de la raíz, aunque es cuestión de tiempo que los demás esquejes con callosidad generasen raíz. Además que el desarrollo de la raíz es notoriamente favorable para los lisímetros con tratamiento inicial, observando desarrollos de raíces de hasta 13 cm de largo la mayor y con un promedio de 4,3 cm de largo. Sin embargo no se observó crecimiento de ramas de la doca lo que supone que es una planta que demora en su desarrollo y por lo tanto en recubrir las zonas deseadas.

Como antecedente de investigaciones anteriores además se tiene que: La cobertura de doca cumple de buena manera la protección de suelos contra agentes erosivos, teniendo como principal defecto, su lento período de establecimiento. La cobertura de doca es la de mayor costo al momento del establecimiento, sin embargo, requiere menos mantención en el tiempo, haciéndola conveniente en términos económicos. (Aguirre G., 2008).

A continuación se muestra una tabla resumen con los principales resultados obtenidos en la experimentación:

Semana	Pendiente /tratamiento	N° de plantas vivas	% Doca Viva al termino	Con Formación de callosidad	Con desarrollo de Raíz
6	Si / no	0	0	0	0
6	Si / Si	17	57	17	8
6	No/ No	6	43	6	0
6	No / Si	12	86	11	1

*Esquejes con desarrollo de raíz, Fuente: Elaboración propia, (2017).*

## **CAPITULO V: PROPUESTA DE SOLUCIONES PARA POTENCIAR EL CRECIMIENTO DE LA DOCA EN LA ZONA.**

En este capítulo se mostrarán las distintas soluciones que contribuyan al correcto desarrollo de la doca, basándose en lo mencionado en el capítulo III y IV, con el fin de potenciar el crecimiento de la doca en las zonas donde existe o a tenido un mal crecimiento. Cabe mencionar que existen variadas soluciones para la revegetación de taludes, es por esto que se presentarán las soluciones para el ámbito local, asociados a taludes urbanos.

### **4.1.- Soluciones físico - geométricas.**

Las condiciones geométricas de los taludes pueden supeditar el crecimiento de especies de plantas utilizadas como recubrimiento en los taludes, por lo que es primordial que el talud posea condiciones estables y regulares en la superficie. El hecho de que en la naturaleza las laderas construidas por materiales sueltos y fácilmente disgregables, tienden a desarrollar con el tiempo formas convexas en la cabecera y cóncavas en la parte central y en la base, aconseja aproximarse lo más pronto posible al perfil de equilibrio. Así pues, para evitar los cortes rectos en la cresta y en el pie de los desmontes, eliminando los surcos producidos por los dientes de los cazos de la maquinaria, en el sentido de la pendiente, mediante laboreo transversal, y durante el acabado final de los terraplenes proceder al rebaje de la parte superior, consiguiendo una forma convexa, rellenando con materiales en la parte inferior, dejándola con un perfil cóncavo quedando el tercio central con perfil rectilíneo (*López, C. 1999*).

En la figura se presenta el esquema de un talud tipo con los problemas más comunes a resolver mediante técnicas de modelado y control del drenaje. (*López, C. 1999*).

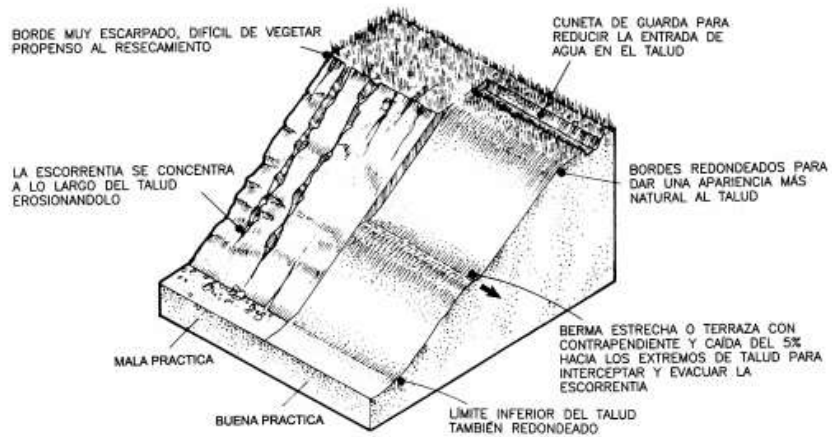
*Técnicas de revegetación de taludes*

Figura 6: *Técnicas para facilitar la revegetación de taludes*, Fuente: *Manual De Estabilización Y Revegetación De Taludes*, (1999).

Para el caso local además se plantea la incorporación de un mayor número de bermas longitudinales no solo en el centro del talud con el fin de aumentar la intercepción de escorrentía y proveer una mayor humedad con tal de potenciar el arraigamiento y desarrollo de la planta en las zonas con mayor pendiente.

#### 4.2.- Obras de desagüe.

Para controlar la erosión hídrica y la erosión eólica pueden utilizarse diferentes técnicas de contención, la decisión de adoptar unas u otras dependerá del objetivo que se persiga, en este caso como se señala en la encuesta realizada, un 56 % de las personas encuestadas manifiestan que si ha tenido problemas con la escorrentía superficial, pero solamente refiriéndose, o a la acera aledaña a sus hogares, o al pie del talud, no directamente en las viviendas, por lo que se consideraría un dren que evacuaría la escorrentía superficial que no fue capaz infiltrarse en el talud, hacia un sumidero de aguas lluvias cercano en el sector, además de la incorporación de una cámara decantadora para evitar estancamientos debido al material fino que pueda arrastrarse.



### **4.3.- Bioingeniería.**

Las técnicas de bioingeniería del suelo y estabilización biotécnica presentan importantes ventajas sobre los métodos convencionales de estabilización: menor costo, mejora estética de los taludes tratados, necesidades de mantenimiento mínimas y capacidad de autoreparación, etc. (*López, C. 1999*).

Contextualizando para el caso en estudio, estos tipos de soluciones son tomadas en cuenta por su bajo costo en algunos casos, para el caso en estudio se presenta una técnica de revegetación llamado fajinas, que consiste en manojos de ramas y tallos atados en forma de huso que se colocan en el fondo de zanjas poco profundas, excavadas transversalmente siguiendo el contorno del talud, y que se recubren parcialmente de tierra para evitar que se mueva, pueden fijarse con estacas de madera o con estaquillas de la misma especie plantada en la construcción de las fajinas; Esta técnica beneficiaría al crecimiento de la doca existente puesto que, entre otras, evita la formación de cárcavas y barrancos, protege el talud frente a la erosión superficial, ya que, con su instalación se reduce la longitud efectiva de la pendiente al quedar está dividida en tramos más cortos por las sucesivas fajinas, lo que disipa la energía erosiva del agua, como también al desarrollarse las plantas, en sitios excesivamente húmedos se favorece la infiltración, al reducir la velocidad de la escorrentía, y en sitios secos incrementa el volumen de agua. Complementariamente crea un microclima más favorable para la colonización y el desarrollo de la vegetación (*López, C. 1999*).

### **4.4.- Complementos con otros tipos de plantas.**

La revegetación contrala la erosión en cárcavas al incrementar la infiltración y reduce la escorrentía, así como también ofrece protección física al suelo frete al impacto de la lluvia y la escorrentía y reduce la velocidad del agua al aumentar la resistencia hidráulica del terreno, por lo tanto, disminuye la capacidad erosiva del agua (*Hudson, 1982*). En el ámbito forestal al momento posterior de la tala y retiro del material forestal obtenido, según la “Guía de conservación de suelos forestales”, existen técnicas, que mejoran las características físicas y químicas del suelo, como los son la incorporación de vegetación, hidrosiembra y el mulch, lo cual quiere decir, que estas técnicas además de otorgar una estabilidad superficial al suelo descubierto, le brinda mejoras a las características químicas de suelo, ayuda a su restauración y por lo tanto son capaces de entregar nutrientes al suelo desgastado. (*Gayoso J., Alarcón D., 1999*).

A continuación se muestran las funciones que realizan tipos de plantas asociadas a las características que posean (López, C. 1999).

Función	Características deseables
Contención y captura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ramificación desde la base.</li> <li>- Tallos fuertes y flexibles.</li> <li>- Rápido crecimiento de la parte aérea.</li> <li>- Capacidad de rebrote.</li> <li>- Propagación rápida por esquejes y raíz.</li> </ul>
Revestimiento y cubierta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Superficie de crecimiento extensiva y densa.</li> <li>- Sistema radicular extendido y fibroso y superficial.</li> </ul>
Refuerzo y soporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Raíces profundas fuertes y extensivas.</li> <li>- Rápido crecimiento del sistema radical.</li> <li>- Alta relación entre la biomasa de la raíz y de la parte aérea.</li> <li>- Alta tasa de transpiración a través de las hojas.</li> </ul>

*Tabla 2: Función de las hierbas con respecto a las características que posea, Fuente Manual De Estabilización Y Revegetación De Taludes, (1999).*

Puesto que el talud ya posee un recubrimiento vegetal, lo ideal será a partir de la solución geométrica de escarpe y reestructuración de la forma del talud, replantar esquejes de doca en las zonas donde no existe vegetación.

Para el caso en estudio esto debiese ser analizado puesto que al ser un predio a cargo de la municipalidad de Penco, la posibilidad de aplicar hidrosiembra o mulch, recae directamente en las acciones que contemple necesarias la entidad a cargo.

#### **4.5.- Fertilización.**

En general, la adición de materia orgánica a suelos degradados produce una mejora en las propiedades físicas del suelo (mayor infiltración, capacidad de retención de agua, estabilidad estructural) y químicas, traducidas en un aumento de la productividad del mismo (*Albaladejo y Díaz, 1990*) junto con la aplicación de materia orgánica es posiblemente la opción más adecuada pues alivia la limitación más importante (la falta de agua disponible para las plantas), contribuye a la mejora de la estructura del suelo e incrementa los nutrientes (*Albaladejo, 1995*). La utilización de los productos de depuración del agua en el medio forestal es modesta en comparación con el vertido y con el uso agrícola de los mismos.

Para el caso en estudio, al igual que el en el ítem anterior, esto debiese ser analizado puesto que al ser un predio a cargo de la municipalidad de Penco, la posibilidad de fertilización estacionaria recae directamente en las acciones que contemple necesarias la entidad a cargo.

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES.

Pues bien como se ha mencionado a lo largo de la investigación existen múltiples factores que condicionan la utilización de las plantas como recubrimiento vegetal, para el caso de particular de la doca, se demuestra en el estudio, que esta posee las características necesarias para ser utilizada como recubrimiento vegetal en el sector.

Por una parte, con respecto a los factores asociados a cualquier tipo de planta, esta se ve afectada mínimamente o en algunos casos donde simplemente no se ve afectada. Las condiciones de temperaturas mínimas cercanas a las heladas condicionan el crecimiento de la doca, pero en la zona de estudio como también se menciona en la investigación, no se registran temperaturas constantes donde esta pueda verse afectada. Sus propiedades xerofíticas además la catalogan como una planta muy resistente a las altas temperaturas.

Por otro lado, en los factores de terreno y geométricos la planta en el experimento creció y se adaptó a un suelo que a simple vista parece inerte, tuvo una gran adaptación en los lisímetros tratados al comienzo y se generaron raíces de hasta 13 cms de largo con un promedio de 4,3 cms para la doca tratada en los lisímetros con pendiente, así como también en los lisímetros tratados sin pendiente se generó en un esqueje una raíz de 1,5 cms.

Los agentes externos como la lluvia y el viento no interfieren en su correcto funcionamiento, puesto que el clima de la zona no posee las condiciones para que esta llegue a verse alterada. La lluvia calculada en el sector asociada a la tasa de infiltración calculada conlleva a que la escorrentía superficial pueda ser captada por alguna otra solución de drenaje mencionada en el capítulo V.

En el caso del pisoteo y desgaste la doca, posee características que la hacen resistentes puesto que la naturaleza de enredadera forma alfombras muy tupidas que cubren superficies considerables de terreno (*Sanz M., Dana E., Sobrino E., 2004*), que para el caso local provee de un colchón de unos 15 a 20 cms aproximadamente (en las zonas más frondosas), lo que podría reducir el impacto de las pisadas de personas. Además de poseer un carácter invasor muy agresivo, con clara tendencia a aumentar rápidamente sus poblaciones, si no se controlan (*Sanz M., Dana E., Sobrino E., 2004*), lo que proveería una alta tasa de regeneración y desarrollo a lo largo del talud.

En el caso de la pendiente, donde esta obtuvo menos desarrollo, lo cual se comprueba en el experimento que la doca necesita al menos un mes y medio para poder generar una raíz para luego desarrollarse y lograr los tamaños de las raíces ya mencionadas.

Puesto que el material superficial al ser un corte (en el caso de los lisímetros un material transportado y compactado) esta pierde rápidamente humedad, haciendo que las capas más superficiales se sedimenten en la parte baja del talud y dejando descubierto el tallo del esqueje que se inserta en la tierra.

Dado que esta generalmente se planta a través de esquejes, se comprobó que al comienzo de la plantación se debería tener un cuidado inicial, y con mayor énfasis las zonas con pendientes, para que logre un correcto desarrollo en los primeros meses desde su plantación.

Como se comprueba en el experimento, el simple regado día por medio durante 20 días, alcanzó un desarrollo de un 57%, por el contrario, en el lisímetro sin cuidado obtuvo un 0% de desarrollo, así como también se evidenció un nulo desarrollo de raíz (Anexo D), además el desarrollo de la raíz con respecto al total de los esquejes plantados es de un 30 % y con respecto a la doca que permaneció viva en el talud es de un 53 % para los lisímetros con pendiente y tratamiento, del mismo modo para la doca en los lisímetros sin pendiente y con tratamiento el desarrollo fue de un 7 % con respecto a la cantidad de esquejes plantados y un 8 % con respecto a los que quedaron con vida.

La influencia de los agentes externos como animales y seres humanos, mencionados en la encuesta, también tiene una incidencia en su desarrollo los meses próximos a la plantación. El desarrollo y crecimiento de la doca dependerá directamente del cuidado inicial que se le dé al momento de la plantación de los esquejes.

La planta luego de un tiempo de desarrollo, es capaz de resistir largos períodos de tiempo sin recibir agua (lluvia), como se observa en la zona el desarrollo de la doca.

Además para una mayor proliferación de las plantas se podría complementar con fertilizantes al comienzo de la plantación de los esquejes con el fin de concentrarse en el cuidado inicial para luego dejar que esta se desarrolle y arraigue, para luego no necesitar tratamientos.

El tipo de suelo incide directamente en la capacidad de drenaje que esta tenga, dado que la planta necesita un suelo bien drenado, las condiciones locales ayudan a su proliferación.

Existen variadas técnicas para la reestructuración de taludes dañados, siendo como se menciona en el cuerpo del informe la reestructuración del talud y escarpe, además de la incorporación de bermas longitudinales para la mayor captación de humedad en los meses próximos a la plantación de los esquejes, la mejor opción para el caso de estudio, puesto que contribuiría a disminuir la erosión hídrica presente, reducción de los surquillos y cárcavas de la zona como también aumento en la proliferación y desarrollo del *Carpobrotus edulis*.

La planta posee características que la hacen resistente a muchos de los factores mencionados en el estudio (altas temperaturas, sequías prolongadas, poco requerimiento de fertilizante). Como también su buena adaptación a suelos Arenosos Arcillosos y además la característica de planta invasora la catalogan como una planta ideal para la contención de taludes para la zona de estudio. Además no se observan temperaturas prolongadas e inferiores a los 0° C por lo que su desarrollo no se ve afectado por factores climáticos en la zona de estudio.

### **Recomendaciones.**

- Dado que los lisímetros se realizaron con material compactado se recomienda realizar la experiencia usando en el mejor de los casos un corte de talud pequeño, con el fin de homologar aún más las condiciones de la zona.
- Comprobar con más tiempo el posible desarrollo de la doca después de la plantación de los esquejes puesto que está en el este experimento solo se arraigó pero no tuvo un desarrollo propiamente tal.
- También utilizar otro tipo de suelos, utilizando suelos predominantemente de material fino, con el fin de relacionar la infiltración y la posible germinación de los esquejes plantados.

**BIBLIOGRAFÍA.**

Aguirre G., (2008) *Memoria de Título “Evaluación de coberturas en taludes en un suelo sometido a extracción de áridos”*, Escuela de agronomía, Facultad de ciencias agronómicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Andrade J., De La Barrera E., Reyes-García C., Ricalde M., Vargas-Soto G., Cervera J., (2007). *El metabolismo ácido de las crasuláceas: Diversidad, Fisiología Ambiental y Productividad*. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., Mérida, Yucatán, México.

Angelone S., Garibay M., Cauhapé M., (2006). *Permeabilidad de suelos*. Facultad de ciencias exactas, ingeniería, agrimensura, geología y geotecnia, Universidad nacional de rosario, Argentina.

Castro, D., (2000). *Tesis Doctoral, Estudio y análisis de las membranas flexibles como elemento de soporte para la estabilización de taludes y laderas de suelos y/o materiales sueltos*, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad De Cantabria, Cantabria, España.

Chesselet, P., Smith, G., & Van Wyk, A.. (2002). *A New Tribal Classification of Mesembryanthemaceae: Evidence from Floral Nectaries*. *Taxon*, 51(2), 295-308.

Del río, E., (2013). *Diagnóstico de taludes urbanos, en base a catastro de carácter visual, para la comuna de Chiguayante, proyecto de título presentado en conformidad a los requisitos para optar al título de Ingeniero Civil*. Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile.

García A.,(1994). *Cultivo en zonas semi áridas*. Consejería de agricultura, ganadería y pesca Universidad de Murcia, España.

Gliessman S., (2002). *Agroecología, procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba, CR, CATIE.

Gayoso J., Alarcón D., (1999). *Guía de conservación de suelos forestales*, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

- Gayoso J., Acuña M., (1999). *Guía de campo “Mejores prácticas de manejo forestal”*, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Hofstede, R., (1998). *Impactos ecológicos de plantaciones forestales. In II Conferencia Electrónica sobre Usos Sostenibles y Conservación del Ecosistema Páramo en los Andes (p. 82).*
- Holsworth L., (2014). *Numerical analysis of vegetation effects on slope stability, Institut Für Geotechnik, Universität Für Bodenkultur, Vienna, Austria.*
- López, C., (1999). *Manual De Estabilización Y Revegetación De Taludes, Editorial Entorno Grafico, Madrid, España.*
- Martínez-Alonso C., Valladares F., (2002). *Análisis ecológico de las medidas de revegetación de taludes aplicadas en la Autopista de La Costa del Sol (Málaga), Actas del I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y medio ambiente. Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos. Madrid, España.*
- Medina-Lemos R. (2007). *Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán, Fascículo 46, Aizoaceae. Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.*
- Navarro, R., Del Campo, A., Cortina, J., (2006). *Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. Organismo Autónomo “Parques Nacionales”, Ministerio Del Medio Ambiente, Madrid, España.*
- Puga P., (2012). *Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, “Estudio experimental del coeficiente de permeabilidad en arenas”. Facultad de ingeniería, Departamento de ingeniería civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile.*
- Recharte J., Torres J., Medina G., Ponce A., Echandía E., (2000). *II Conferencia Electrónica sobre Usos Sostenibles y Conservación del Ecosistema Páramo en los Andes: “Los Páramos como fuente de Agua, Mitos, Realidades, Retos y Acciones” Síntesis de la Conferencia Electrónica Organizada del 22 de Mayo al de 30 de Junio. Lima, Perú.*
- Rivera J., Siniestra J., Calle Z., (2007). *Restauración ecológica de suelos degradados por erosión en cárcavas en el enclave xerofítico de Agua, Valle del Cauca, Colombia. Área de restauración ecológica de CIPAV, Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, Colombia.*



Sanz M., Dana E., Sobrino E. (2004). *Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España*, Dirección General para la Biodiversidad, Madrid, España.

Sotes G., Cavieres L., y Rodríguez R., (2014). *Carpobrotus edulis (L.) N.E. Br. (Aizoaceae) y su presencia en la flora de Chile*, Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Balasch, J., & Piña, C., (1991). *Fertilidad de los suelos y fertilizantes (No. S633. T5718 1988.)*. Editorial Uteha, México.

Valdecantos A., (2001). *Aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la repoblación de zonas forestales degradadas de la Comunidad Valenciana. Memoria presentada por para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas*. Facultad de Ciencias, Departamento de Ecología, Universidad de Alicante, España.

Vila M., D'Antonio C., (1998). *Fitness of Invasive Carpobrotus (Aizoaceae) hybrids in coastal California*, Departmente Of Integrative Biology, University Of California, Berkeley, California, U.S.A.

Wilhelm de Mösbach, E.,(1991). *Botánica Indígena De Chile*, Editorial Andrés Bello, Santiago, Chile.

Zapata A., (s.f). *Plagas y enfermedades de las plantas*, Universidad de Almería. España. Recuperado de:<http://www2.ual.es/cursosdeotonno/ponencias/control%20de%20plagas.pdf>

[Cals.Arizona.edu](http://Cals.Arizona.edu): College of agriculture and life sciences, Arizona University, Arizona, U.S.A.

Facultad de Ciencias Naturales y Exactas y Agrimensura, (2003). *Guía de Consultas Botanica II (UNNE)*. Extraído de <http://www.biologia.edu.ar/diversidadv/fascIII/4.%20Aizoaceae.pdf>.

## ÍNDICE DE ANEXOS.

- ANEXO A: INVESTIGACIÓN PARTICULAR PREVIA DE LA DOCA EXISTENTE EN EL LUGAR.
- ANEXO B: DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DETALLADA DEL TALUD.
- ANEXO C: FACTORES QUE PROVOCAN INESTABILIDAD SUPERFICIAL AL TALUD.
- ANEXO D: CREACIÓN DE LISÍMETROS Y PLANTACIÓN DE LOS ESQUEJES.
- ANEXO E: MECÁNICA DE SUELOS.
- ANEXO F: TOPOGRAFÍA.
- ANEXO G: ENCUESTA.
- ANEXO H: CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.
- ANEXO I: FACTORES QUE CONDICIONAN EL DESARROLLO DEL CARPOBROTUS EDULIS.

## **ANEXO A: INVESTIGACIÓN PARTICULAR PREVIA DE LA DOCA EXISTENTE EN EL LUGAR.**

Antes de comenzar con la descripción se debe señalar que se encontraron con 3 posibles tipos de doca, descritas como *Carpobrotus Aequilaterus*, *Carpobrotus edulis* y *Carpobrotus Chilensis*. Dado que en las especificaciones técnicas no se señala de qué tipo de “Carpobrotus” es la plantada en el lugar (solo se señala como “doca”) se presenta un análisis bibliográfico y fotográfico para deducir con qué tipo de *Carpobrotus* se está trabajando.

Según bibliografía se puede afirmar que:

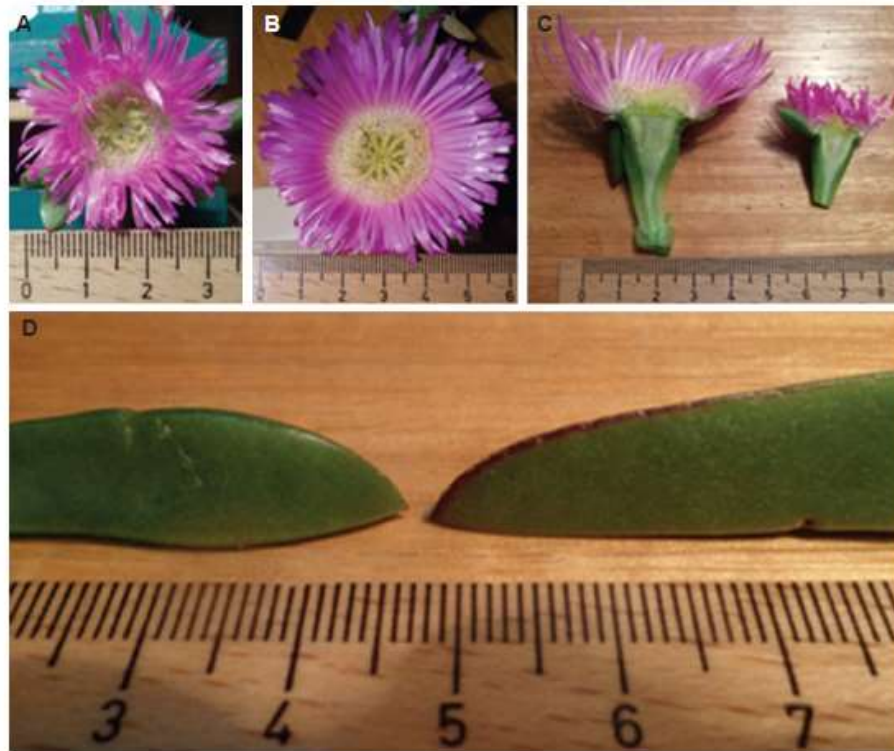
- *Carpobrotus Chilensis* (Molina) N. E. Br., es una planta americana cuyo nombre correcto es *Carpobrotus Aequilaterus* (*Anales Jardín Botánico De Madrid*, 53(2) 1995).
- Para el Instituto De Botánica Darwinion de Argentina: “*Carpobrotus Aequilaterus* auct. non (Haw.) N.E. Br. es sinónimo de *Carpobrotus Chilensis* (Molina) N.E. Br.”.

El género *Carpobrotus* queda representado en Chile por dos especies que se pueden separar por la siguiente clave:

*Carpobrotus Chilensis*: Hojas de 3-5 cm de largo, no aserradas en la arista inferior; flores de 3-5 cm de diámetro; pétalos de color purpúreo (puro).

*Carpobrotus Edulis*: Hojas de 7-10 cm de largo, aserradas en la arista inferior; flores de 6-10 cm de diámetro; pétalos de color amarillo, anaranjado o purpúreo con matices blancos. (*Sotes G., Cavieres L., y Rodríguez R., (2014)*).

**A.1: Ilustración de la flor y hojas de la *Carpobrotus Chilensis* y *Carpobrotus Edulis*.**



(1)

*Fuente: (Sotes G., Cavieres L., y Rodríguez R., (2014)).*



(2)

*Fuente: Elaboración propia, (2016).*



(3)

*Fuente: Elaboración propia, (2016).*



Fuente: *Elaboración propia,*  
(2016).(4)



Fuente: *Elaboración propia,*  
(2016).(5)



Fuente: *Elaboración propia*  
(2016).(6)

### **Descripción:**

- 1.A: Flor de *Carpobrotus Chilensis*.
- 1.B: Flor de *Carpobrotus Edulis*.
- 1.C: Comparación de ambas flores.
- 1.D: Comparación de ambas hojas.
- 2. Muestras de hojas de varias zonas del sector.
- 3. Tamaño de la hoja más grande encontrada.
- 4. Tamaño de la hoja más pequeña encontrada.
- 5 y 6: Tamaño de un par de flores encontradas.

Como se puede apreciar, el tamaño y la forma del total de las hojas indican que la especie de doca es *Carpobrotus Edulis*, no obstante el tamaño de las flores no concuerda con el de las fotografías, esto se debe a que las flores fueron extraídas cerca de las 19:00 horas, por lo tanto los pétalos ya se encontraban cerrados (5) y (6) al contrario de las mostrada en (1.A) y (1.B).

Además, en el estudio “*Carpobrotus edulis* (L.) N.E. Br. (Aizoaceae) y su presencia en la flora de Chile” de Gastón J. Sotes, Lohengrin A. Cavieres y Roberto Rodríguez del Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas de la Universidad de Concepción, señala que al realizar un estudio sobre poblaciones litorales de *Carpobrotus* en las regiones de Valparaíso y del Biobío se localizó otra especie naturalizada que hasta ahora no había sido reportada como un componente de la flora chilena, identificada como *Carpobrotus edulis* (L.) N.E. Br. Esta especie es nativa de Sudáfrica y ha sido introducida en zonas templadas del mundo (incluido Chile), para jardinería y control de erosión de taludes en carreteras y zonas costeras (*Schmalzer & Hinkle 1987*), (*Sotes G., Cavieres L., y Rodríguez R., (2014)*).

Con todos los antecedentes registrados y las comparaciones realizadas se puede afirmar que la planta en estudio es *Carpobrotus Edulis*.

## **ANEXO B: DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DETALLADA DEL TALUD.**

A continuación se muestra una serie de fotografías del talud, mostrando su largo, la proximidad a las viviendas y las singularidades que se podrían formar a través del tiempo.

El nombre asociado al talud será: “Talud PMP” por talud con problemas en el sector Montahue de la comuna de Penco, con el fin de abreviar su descripción espacial en las fotografías.



*Talud PMP, Zona Con Menor Pendiente., Fuente Elaboración Propia (2016).(1)*



*Talud PMP, Zona con Mayor Pendiente., Fuente Elaboración Propia (2016).(2)*



*Talud PMP, Zona con Menor Altura, al comienzo del talud., Elaboración Propia (2016).(3)*





*Talud PMP, Zona con Mayor Altura, al término del talud, Elaboración Propia (2016).(4)*



*Talud PMP, Pie del Talud, Elaboración Propia (2016). (5)*



*Talud PMP, Corona del Talud. Elaboración Propia (2016).(6)*



*Talud PMP, Cara del Talud Con Mayor Vegetación, Elaboración Propia (2016).(7)*



*Talud PMP, Cara del Talud Con Menor Vegetación, Elaboración Propia (2016). (8)*



*Talud PMP, Cárcavas, Elaboración Propia (2016). (9)*



*Talud PMP, Surquillos, Elaboración Propia (2016). (10)*



*Talud PMP, Surquillo Mayor, Elaboración Propia (2016). (11)*



*Talud PMP, Surquillo Mayor, Elaboración Propia (2016). (12)*



*Talud PMP, 27 de febrero de 2014, Fuente Google Earth (2016). (13)*



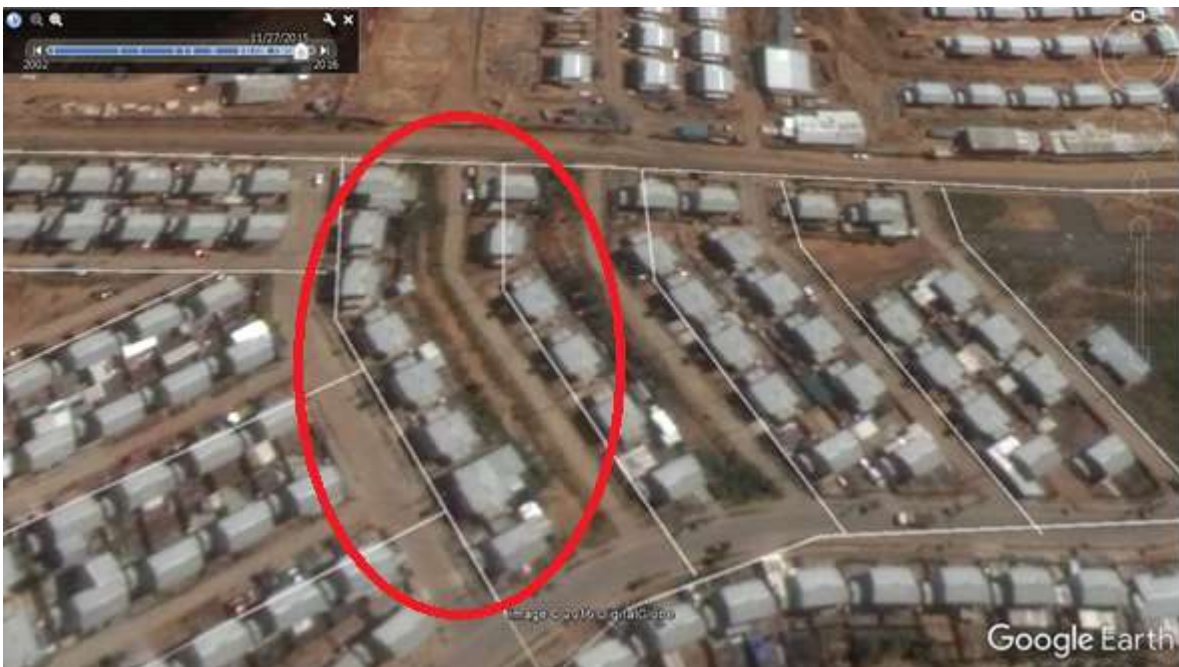
*Talud PMP, 22 de octubre de 2014, Fuente Google Earth (2016). (14)*



*Talud PMP, 27 de noviembre de 2015, Fuente Google Earth (2016). (15)*



*Talud PMP, 14 de mayo de 2016, Fuente Google Earth (2016). (16)*



*Talud PMP, 27 de Noviembre de 2015, Fuente Google Earth (2016). (17)*



*Talud PMP, 1 de Enero de 2016, Fuente Google Earth (2016). (18)*



*Efecto del pisoteo en taludes urbanos del sector, Fuente: Elaboración propia (2017). (19)*





*Efecto del pisoteo en taludes urbanos de otros sectores de Penco con doca como recubrimiento vegetal, Fuente: Elaboración propia (2017). (20)*



*Efecto del pisoteo en taludes urbanos de otros sectores de Penco con doca como recubrimiento vegetal, Fuente: Elaboración propia (2017). (21)*



*Efecto del pisoteo en taludes urbanos de otros sectores de Penco con doca como recubrimiento vegetal, Fuente: Elaboración propia (2017). (22)*

**Comentario.**

Para (1) y (2), se aprecia una clara tendencia al crecimiento de la doca hacia las zonas con menor pendiente, aunque a lo largo del talud existen zonas con baja pendiente y con poca o nula vegetación.

Para (3) y (4), no se aprecia una dependencia de la altura del talud para la generación de vegetación.

Para (5) y (6), son las zonas donde más se desarrolla la vegetación, siendo zonas donde la pendiente es pequeña (Corona del talud) o relativamente nula (pie del talud).

Para el caso del pie del talud (5), este se ve favorecido al crecimiento de vegetación puesto que la propia erosión hídrica sedimenta la capa superficial del suelo (con más nutrientes) y la precipita al pie del talud, favoreciendo en esa zona el crecimiento de la vegetación.

Para (7) y (8) existen dos características que las diferencian en (7), como se muestra, su pendiente es menor a (8), y además posee vegetación de otro tipo, en este caso, árboles. Estos al ser captadores de agua del rocío, tienden a retener más humedad a su alrededor, y así, beneficia el crecimiento de vegetación a sus alrededores.

EN (9) y (10), Se aprecian los fenómenos asociados a la erosión hídrica, las cárcavas y los surquillos, estos están en las zonas que tienen menos recubrimiento y a la vez, son las zonas con mayor pendiente.

En (11) y (12) se proyecta un surco de mayor envergadura a los demás, este se genera por la caída de agua lluvia de una vivienda sobre el talud, la que al ser una pequeña corriente de agua, permanece constantemente húmeda, por lo tanto afloró otro tipo de vegetación como maleza y pasto silvestre (11), del mismo modo, donde culmina el surco existe abundante vegetación silvestre.

Las fotografías (13), (14), (15) y (16) muestran el desarrollo de la doca en el talud a través de los años, siendo tomadas 2 en 2014, 1 en 2015 y la última, que es la actual de Google Earth, en mayo de 2016. En esta se aprecia el desarrollo de la doca de manera uniforme a través de los años, es de esperar que ya a casi 4 años de la creación de esta población se haya generado una capa de vegetación que, en las mejores condiciones, cubra en su totalidad el talud. De todos modos la no generación de vegetación se ve marcada para (14), (15) y (16) en la zona donde comienza la

pendiente del talud, hasta aproximadamente 1/4 de la cara del talud (desde el pie hacia la corona), acentuando en mayor medida en las zonas donde predomina la mayor pendiente (mostrado en fotografías anteriores).

Para (17) y (18) se aprecia una disminución de la cantidad de doca en el talud. La primer fotografía que se muestra es del 27 de Noviembre de 2015, un poco más de un mes después, el 1 de Enero de 2016, se aprecia una disminución de la cobertura vegetal en el talud, primordialmente como se señalan en el texto anterior, en la zona central del talud. La escasa pluviosidad en esta época del año (Verano), disminuye los niveles de humedad en el suelo generando que la Doca más alejada de pequeñas fuentes de agua (como por ejemplo arboles) mueran, dejando el talud desprotegido.

Para (19) se muestra el efecto del pisoteo constante en el talud, generando un desgaste de la doca desarrollada en la zona y que al cabo genera una destrucción total de esta, dejando el talud desprotegido.

Para (20), (21) y (22), se observa el mismo efecto del pisoteo en otro complejo habitacional en la comuna de Penco, donde también se utilizó la doca como recubrimiento vegetal para los taludes urbanos. El constante pisoteo hace que la doca no se desarrolle y se destruya dejando el talud descubierto.

Existe una zona al comienzo del talud (En las fotos en planta en la parte inferior y mostrada en la foto n° 12) la cual constantemente se ha mostrado desprotegida. En este caso se aprecia el efecto de los agentes externos. Se ha observado y evidenciado, por medio de conversaciones con vecinos del sector, que esa zona es frecuentada por niños a realizar cualquier actividad recreativa. Es importante mencionar que es la parte más baja del talud y que colinda con la vereda que sube perpendicularmente al talud, por lo que es de muy fácil acceso.

## **ANEXO C: FACTORES QUE PROVOCAN INESTABILIDAD SUPERFICIAL AL TALUD.**

### **C.1.- Erosión.**

Se denomina erosión, al proceso de sustracción o desgaste de la roca del suelo intacto (roca madre), por acción de procesos geológicos exógenos como las corrientes superficiales de agua o hielo glaciario, el viento, o los cambios de temperatura. Usualmente, la erosión es considerada como un proceso más de la degradación de los suelos, sin embargo, en términos más rigurosos, debería diferenciarse entre los mecanismos de degradación o deterioro y los de pérdida del recurso.

Para el caso de los taludes, los tipos de erosión que más inciden en su estabilidad son la erosión hídrica y la erosión eólica, siendo la primera (como ya se mencionó) la de mayor incidencia en Chile.

Estos procesos se ven favorecidos por la creación de suelos desnudos en desmontes y terraplenes y que son fácilmente erosionables. El problema de la erosión exige, por tanto, medidas de control de los movimientos superficiales que pudieran llegar a afectar a la estabilidad superficial, e incluso global, del talud o ladera. Los procesos de erosión acarrea entonces una aceleración de la pérdida de la capa de suelo superficial, además de producir o acelerar también los siguientes procesos:

- Arrastre de suelos por erosión hídrica, y en menor medida, por erosión eólica.
- Degradación por inestabilidad superficial del terreno por meteorización.
- Desplome de masas y bloques.
- Deslizamientos por pérdida de estabilidad, fundamentalmente en las zonas más afectadas por la humedad (*Castro, D., 2000*).

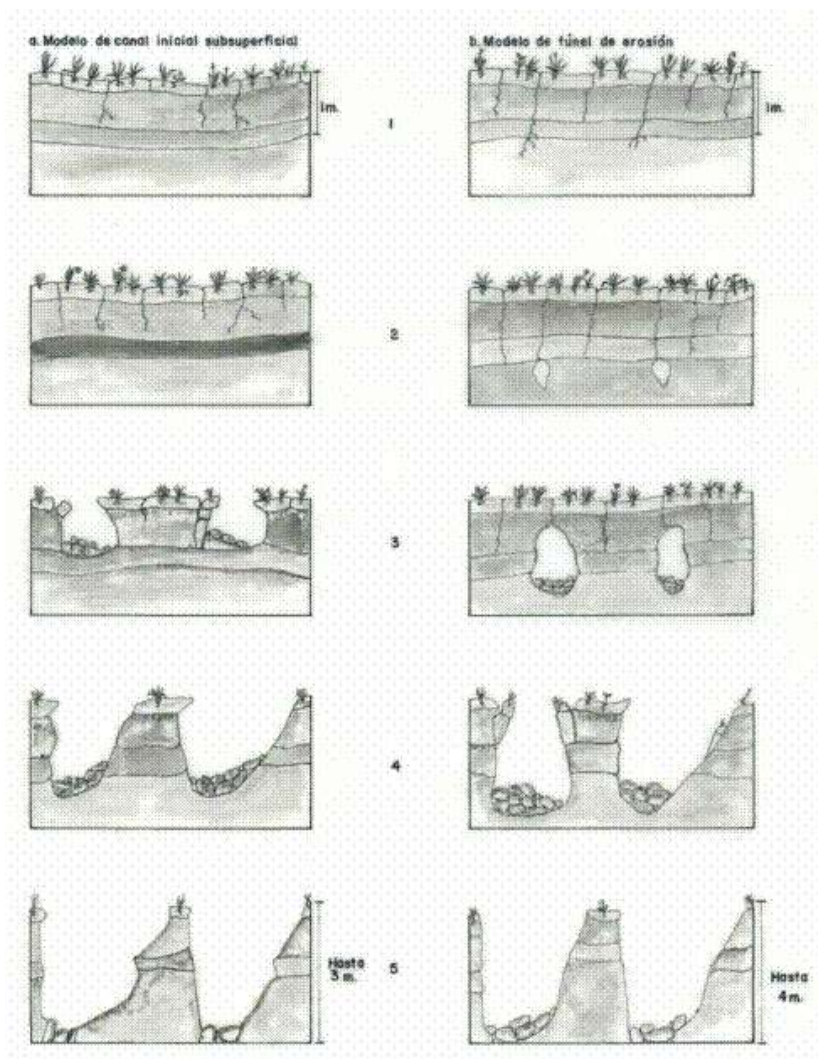
### *C.1.1.- Erosión hídrica.*

Es aquella en la que, los procesos de disgregación de la roca o suelo, de denudación y transporte, son realizadas por el agua, ya sea, superficial o subterránea, aparece en el talud o la ladera, saturando los poros del material que conforma el macizo o talud, provocando la pérdida de capacidad portante del conjunto.

El afloramiento inesperado de agua subterránea en el talud, erosiona y socava la superficie provocando pequeños desprendimientos y deslizamientos, la velocidad de erosión dependerá en gran medida de los materiales que conforman el talud o ladera., es así como, en el caso de arcillas, la velocidad de erosión será lenta, frente a las arenas o en taludes con contactos plásticos, en los que la velocidad es mayor. Dentro de esta erosión hídrica se consideran cuatro modalidades o tipos:

- a) Erosión laminar o en manto: Ocurre en terrenos con poca pendiente por los que el agua discurre llevándose la materia orgánica, con lo que se produce un descenso de elementos nutrientes y de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Este tipo de erosión cumple siempre dos procesos consecutivos: el primero, de arranque y desprendimiento debido al impacto del agua de lluvia y, el segundo, consistente en el transporte del material en flujo laminar.
- b) Erosión por trezada: El agua discurre por las irregularidades del talud formando una serie de hilillos de agua de trayectoria cambiante, cuyos efectos son similares a los de flujo laminar.
- c) Erosión en surcos: Los flujos de agua se van agrupando según la línea de máxima pendiente del talud, con lo que aumenta la capacidad de erosión. Se pueden formar incisiones en el terreno en forma de “U” o “V”, a las que denominaremos regueros o surcos. Este tipo de erosión se ve favorecida por los fuertes aguaceros; sobre todo, si previamente se ha producido una erosión laminar o una erosión por arroyada.
- d) Erosión en cárcavas: Las pequeñas incisiones que se producen en el terreno pueden progresar, si no se eliminan, se formarán grandes incisiones de hasta varios metros, con secciones en forma de “U”, de “V”, o de una combinación de ambas. A estas incisiones se les denomina cárcavas y se producen en zonas que han estado sometidas a algunas de las modalidades de erosión anteriores. La presencia de este tipo de erosión implica un avanzado

estado de la misma, en el cual los daños causados pueden llegar a ser irreversibles. Para corregir estos daños se deben mover grandes cantidades de tierra, fijar taludes, así como realizar otras acciones que pueden resultar excesivamente costosas. (Castro, D.,2000).

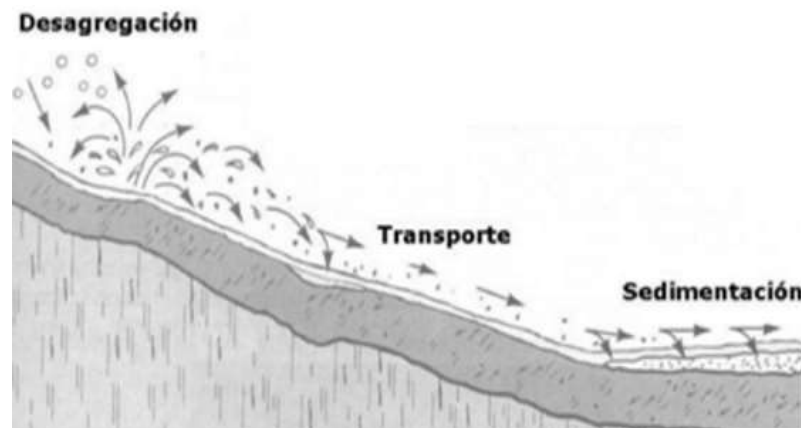


Proceso de formación de cárcava y posterior desplome, Fuente Wildor, h., (2008).

### C.1.2.- Factores que potencian la erosión hídrica.

- **Intensidad de la lluvia:** Es el factor primordial del fenómeno, ya que la velocidad de penetración del agua en el suelo es frecuentemente insuficiente cuando ésta cae con gran intensidad; la llegada al suelo de una elevada cantidad de agua en un período corto de tiempo, produce rápidamente escorrentía; es así como no es tan importante el total de la lluvia, como la intensidad misma. A este respecto, Hudson (1982) expone que los intensos aguaceros típicos de los trópicos tienen un efecto mucho más catastrófico que las suaves.
- **Pendiente del terreno:** En condiciones normales, sería de esperar que la erosión se incrementara conforme lo hicieran el grado y la longitud de la pendiente, como resultado de los respectivos incrementos en velocidad y volumen de la escorrentía superficial. Además, mientras en una superficie plana el golpeteo de las gotas de lluvia arroja las partículas de suelo al azar en todas las direcciones, en condiciones de pendiente inclinada más suelo es salpicado hacia abajo de ella que hacia arriba incrementándose la proporción conforme lo hace el grado (Morgan, 1986).

En teoría la ley de caída de los cuerpos, la velocidad del agua varía con la raíz cuadrada de la distancia vertical que ella recorre, y su capacidad erosiva con el cuadrado de la velocidad, esto quiere decir, por ejemplo, que si la pendiente del terreno se aumenta cuatro veces, la velocidad del agua que fluye sobre él se duplica, y su capacidad erosiva se cuadruplica.



*Degradación de suelos por erosión hídrica, Fuente: aapresid.com.ar (2016)*



## 1.2.- Erosión Eólica.

Se presenta cuando el viento transporta partículas diminutas que chocan contra alguna roca y se dividen en más partículas que van chocando con otras cosas. Se suelen encontrar en los desiertos en formas de dunas y montañas rectangulares o también en zonas relativamente secas. Lo que conlleva un tiempo más largo, debido al tiempo que tarda en erosionar.

El viento es un agente erosivo por sí solo, pero cuando éste se da con lluvia, influye directamente en la velocidad y dirección de las gotas de agua, o sea, aparte de agente erosivo, por sí solo potencia la erosión por salpicadura (Splash Erosion), puesto que se suma al efecto de la gravedad (Sepúlveda, P., 2006).



*Erosión eólica, Fuente portaleducativo.net (2016).*

La pérdida de suelo orgánico que suele ser menos permeable y la presencia de la vegetación, que proporciona al suelo un efecto de consolidación y compactación, constituye un manto natural de protección del suelo. Se trata de una de las consecuencias de la erosión y, a su vez, de uno de los factores que marcan la evolución futura de los procesos erosivos. La desaparición de la cobertura vegetal y del manto orgánico, acelera los siguientes procesos: (Castro, D., 2000).

- Arrastre de suelos por erosión hídrica.
- Deslizamientos por pérdida de estabilidad.
- Degradación del terreno por acción de la meteorización.

**ANEXO D: CREACIÓN DE LISÍMETROS Y PLANTACIÓN DE LOS ESQUEJES.**

En base la experiencia visual se tiene que en las zonas donde no crece doca, son zonas con pendientes pronunciadas, así como también, en zonas afectadas por agentes externos como senderos creados por las pisadas de personas también por vehículos (pie del talud). En cambio, las zonas donde crece doca, además de otra vegetación silvestre, son las zonas con baja pendiente, en la corona y al pie del talud. También se observa con mayor presencia alrededor de árboles plantados aleatoriamente en el talud (Aromos).

En la encuesta realizada a vecinos del sector, se señala que al menos un 76 % de las personas asegura que el mal desarrollo de la doca se debe a agentes externos en el lugar, este porcentaje, se señala específicamente a un mal cuidado al comienzo de la plantación de esquejes.

Conociendo estos antecedentes se plantea una situación de cuidado y no cuidado al momento, y los días previos de la plantación de los esquejes. Se recrea la situación del lugar utilizando un lisímetro con pendiente y otro con pendiente nula con cuidados iniciales y al otro extremo, un lisímetro con pendiente y otro sin pendiente con un grado mucho menor en el cuidado inicial.

El lugar de experimentación se encuentra a unos 600 metros de la zona de estudio, en la misma comuna de Penco. Esto hace que las condiciones climáticas sean prácticamente las mismas. Este se llevó a cabo en el domicilio particular del memorista que posee el terreno necesario para realizar la experimentación.

### **D.1.- Materiales utilizados.**

#### Lisímetros en pendiente:

- 2 Planchas de OSB de 9 mm x 122 mm x 144 mm
- Huincha de medir.
- Caladora.
- Clavos de puntillas.
- Pisón de madera.
- Martillo.
- Esquejes de *Carpobrotus Edulis* obtenidas desde el sector en estudio.
- Nivel de manguera transparente.

#### Lisímetros horizontales:

- Tinetas de forma cilíndricas de 50 cm de diámetro superior y 40 cm de radio inferior, con una altura de 30 cms.
- Clavos de 4 pulgadas para perforaciones.
- Martillo.
- Pisón de madera.
- Esquejes de *Carpobrotus Edulis* obtenidas desde el sector en estudio.

#### Materiales extras:

- Agua
- Enraizante “Green fuse Root”, estimulante de crecimiento orgánico puro.
- Palas, rastrillos y picotas para escarpe del lugar de experimentación.

## D.2.- Metodología.

Como se menciona en el Anexo A, mecánica de suelos, la densidad natural húmeda es de 1,524 T/m<sup>3</sup> el contenido de humedad es de 14,8% y la densidad seca es de 1,328 T/m<sup>3</sup>.

Se crearon dos lisímetros simulando la pendiente obtenida en la topografía, la máxima pendiente local obtenida fue de un 80 % con respecto a la horizontal y la mayor pendiente global fue de un 60 %, con el fin de homologar de mejor manera las condiciones de terreno se utilizó la pendiente del 60% para la creación de los lisímetros.

Estos fueron creados con planchas OSB de 9 mm de espesor, con un largo de 1,20 cms y de 84 cms de alto. Desarrollándose a lo largo de 80 cms.



*Confección y previa instalación de los lisímetros. Fuente: Elaboración propia (2017).*

Estas fueron cortadas por medio de una caladora con tal de otorgarle la pendiente del 60 %. Fueron clavados con puntillas a una plancha en la zona trasera para formar los lisímetros.

Debido a la gran envergadura de los lisímetros se extrajo material de la zona donde se instalaron los lisímetros y sobre este una capa del material extraído del sector.

Se asumió un rango de densidades de los lisímetros entre 65% y 75% de DMCS del suelo, al igual que el suelo ocupado como complemento en la capa inferior de apoyo. Aproximándose lo más posible al promedio de estos valores, un valor del 1,22 T/m<sup>3</sup>. De acuerdo a una humedad de 15%, estableciendo una compactación que se realizó manualmente con un pisón metálico de 2,5 kg, mediante 6 capas de 10 cm con la finalidad de controlar con mayor detalle la densidad a la cual se deseaba llegar, las que se compactaron dejando caer el pisón. Del mismo modo asumiendo el mismo rango de densidades se compactó el material de apoyo que se utilizara como sub-base. Los valores del 65% de la D.M.C.S y de humedad óptima 1,082 T/m<sup>3</sup> y 17%, respectivamente; utilizando el mismo procedimiento de compactación mencionado anteriormente. Dado la gran pendiente del ensayo, las zonas colindantes con las uniones entre las planchas de OSB no se obtuvieron las densidades deseadas debido a la posibilidad del desarme del lisímetro, para esto se utilizaron cuñas en la zona posterior para mantener confinado los lisímetros en los rangos denotados anteriormente.

Para el retiro de los esquejes se utilizaron tijeras y una fuente con líquido, donde se ubicaron hasta su plantación en los lisímetros. El día 18 de enero del 2017 se removieron los esquejes, para luego estos estar 48 horas sobre una solución de agua y enraizante “Green Fuse Root”, para potenciar su adaptación a su nueva condición; Estos esquejes tenían en promedio 14 cms de largo, algunos con más hojas que otros, aunque conservando el promedio de altura, además de dejar un mínimo de 5 cms para la introducción del esqueje en el suelo.

Se plantaron 6 filas de 5 esquejes cada una, 30 esquejes por lisímetro.



*Extracción de esquejes y aplicación de fertilizante, Fuente: Elaboración propia (2017).*

Del mismo modo se establecieron dos lisímetros horizontales para conocer el crecimiento de la doca sin pendiente. El volumen de los lisímetros es de 0,128 m<sup>3</sup> utilizable.

Estos fueron modificados para simular las condiciones del terreno, y fueron compactados con 4 capas de 5 cms cada una con el mismo pisón ocupado en el experimento anterior para alcanzar los debidos valores de D.M.C.S. Para dejar escapar el agua sobrante se realizaron agujeros en el fondo del lisímetro como se muestra a continuación. Se plantaron 14 esquejes por lisímetro con pendiente nula.



*Lisímetros sin pendiente, Fuente: Elaboración propia. (2017).*



*Plantacion de los esquejes de doca y lisímetros instalados. Fuente: Elaboracion Propia. (2017).*

*D.2.1.- Metodología de riego.*

Una vez plantados los esquejes se procede a regar de manera uniforme todos los lisímetros, mediante una manguera adaptada para atomizar las gotas de agua, y de esta forma no generar escorrentía superficial en los lisímetros. Hora de riego: 21:00 horas.

	Fecha (2017)	Días	Pendiente nula. Sin tratamiento	Pendiente nula. Con tratamiento	Pendiente. Sin tratamiento	Pendiente. Con tratamiento	Lluvia
ENERO	20	Día 1	Regado + Enraizante	Regado + Enraizante	Regado + Enraizante	Regado + Enraizante	no
	21	Día 2	Regado	Regado	Regado	Regado	no
	22	Día 3	-	Regado	-	Regado	no
	23	Día 4	-	-	-	-	no
	24	Día 5	-	Regado	-	Regado	no
	25	Día 6	-	-	-	-	no
	26	Día 7	-	Regado	-	Regado	no
	27	Día 8	-	-	-	-	leve
	28	Día 9	-	Regado	-	Regado	no
	29	Día 10	-	-	-	-	no
	30	Día 11	-	Regado	-	Regado	no
	31	Día 12	-	-	-	-	no
Febrero	1	Día 13	-	Regado	-	Regado	no
	2	Día 14	-	-	-	-	no
	3	Día 15	-	Regado	-	Regado	no
	4	Día 16	-	-	-	-	si
	5	Día 17	-	Regado	-	Regado	no
	6	Día 18	-	-	-	-	no
	7	Día 19	-	Regado	-	Regado	no
	8	Día 20	-	-	-	-	no



Con tal de homologar las condiciones en las que se ocuparía la doca como recubrimiento, estas fueron regadas como muestra la tabla siguiente y desde el día 20 en adelante no se le realizó ningún cuidado hasta el final del experimento.

### **D.3.- Fotografías del desarrollo de la doca.**

Desarrollo de la doca en los lisímetros con pendiente, a mano izquierda sin tratamiento inicial y a la derecha con tratamiento inicial.



*Lisímetros con pendiente, semana 1, Fuente: Elaboración propia, (2017).*



*Lisímetros con pendiente, semana 2, Fuente: Elaboración propia, (2017)..*



*Lisímetros con pendiente, semana 3, Fuente: Elaboración propia, (2017).*



*Lisímetros con pendiente, semana 4, Fuente: Elaboración propia, (2017).*



*Lisímetros con pendiente, semana 5, Fuente: Elaboración propia, (2017).*



*Lisímetros con pendiente, semana 6, Fuente: Elaboración propia, (2017).*

Desarrollo de la doca en los lisímetros con pendiente nula, a la izquierda sin tratamiento inicial y a la derecha con tratamiento inicial.

Para el caso de la primera fotografía, las frontales son con tratamiento inicial y las posteriores sin tratamiento inicial. Fotografías a partir desde la semana n° 2.



*Lisímetros con pendiente nula, semana 2, Fuente: Elaboración propia, (2017).*



*Lisímetros con pendiente nula, semana 3, Fuente: Elaboración propia, (2017).*



*Lisímetros con pendiente nula, semana 4, Fuente: Elaboración propia, (2017).*



*Lisímetros con pendiente nula, semana 5, Fuente: Elaboración propia, (2017).*



*Lisímetros con pendiente nula, semana 5, Fuente: Elaboración propia, (2017)*

#### D.4.- Ilustraciones fotográficas de la formación de raíces en los lisímetros.

Una vez finalizado el experimento, el día 11 de marzo se comprobó el enraizado de los esquejes. Se comprobó que el proceso de enraizado consta de la formación de una callosidad en la base del esqueje que luego este se desarrolla formando la raíz.



*Proceso de formación de la raíz, Fuente: Elaboración propia, (2017).*



*Desarrollo de la raíz, lisímetro con tratamiento y con pendiente, Fuente: Elaboración propia, (2017).*



*Desarrollo de la raíz, lisímetro sin tratamiento y con pendiente, Fuente: Elaboración propia, (2017).*



*Desarrollo de la raíz, lisímetro con tratamiento y sin pendiente, Fuente: Elaboración propia, (2017).*

Los resultados son de la formación de las raíces para cada uno de los lisímetros son:

Esquejes	Lisímetros con pendiente	
	Con tratamiento	Sin tratamiento
	n° de esquejes	n° de esquejes
Vivos	17	0
Con Formación de callosidad	8	0
Con desarrollo de Raíz	9	0

*Esquejes con desarrollo de raíz, Fuente: Elaboración propia, (2017).*

Esquejes	Lisímetros sin pendiente	
	Con tratamiento	Sin tratamiento
	n° de esquejes	n° de esquejes
Vivos	12	6
Con Formación de callosidad	11	6
Con desarrollo de Raíz	1	0

*Esquejes con desarrollo de raíz, Fuente: Elaboración propia, (2017).*

N° de esquejes con raíz	Tamaños de raíces(cm)	
	C/pendiente y tratamiento	Sin pendiente y con tratamiento
1	13	1,5
2	6	
3	5	
4	4,5	
5	4	
6	2	
7	2	
8	1	
9	1	
Promedio	4,3	

*Esquejes con desarrollo de raíz, Fuente: Elaboración propia, (2017).*



Para lisímetros con pendiente y sin tratamiento.

Semana	N° de plantas	% Doca viva al inicio	N° de plantas	% Doca viva al término
1	30	100%	27	90%
2	27	90%	18	60%
3	18	60%	6	20%
4	6	20%	1	3%
5	1	3%	0	0%
6	0	0%	0	0%

*Esquejes con desarrollo de raíz, Fuente: Elaboración propia, (2017).*

Para lisímetros con pendiente y con tratamiento.

Semana	N° de plantas	% Doca viva al inicio	N° de plantas	% Doca viva al término
1	30	100%	27	90%
2	27	90%	21	70%
3	21	70%	20	67%
4	20	67%	17	57%
5	17	57%	17	57%
6	17	57%	17	57%

*Esquejes con desarrollo de raíz, Fuente: Elaboración propia, (2017).*

Para lisímetros sin pendiente y sin tratamiento.

Semana	N° de plantas	% Doca viva al inicio	N° de plantas	% Doca viva al término
1	14	100%	13	93%
2	13	93%	10	71%
3	10	71%	7	50%
4	7	50%	6	43%
5	6	43%	6	43%
6	6	43%	6	43%

*Esquejes con desarrollo de raíz, Fuente: Elaboración propia, (2017).*

Para lisímetros sin pendiente y con tratamiento.

Semana	N° de plantas	% Doca viva al inicio	N° de plantas	% Doca viva al término
1	14	100%	14	100%
2	14	100%	14	100%
3	14	100%	12	86%
4	12	86%	12	86%
5	12	86%	12	86%
6	12	86%	12	86%

*Esquejes con desarrollo de raíz, Fuente: Elaboración propia, (2017).*

### **D.5.- Resultados del experimento.**

Los 3 días previos a la colocación de los esquejes, estos cambiaron de apariencia mostrando una notoria deshidratación debido a que estos no poseían raíces, por lo que el regado inicial que se dio a todos los esquejes ayudo a que estos no murieran durante los primeros días del experimento.

Cuando se dejó de regar el par de lisímetros sin tratamiento, estos a los 2 días posteriores mostraron una pérdida apreciable de humedad en la capa más superficial del suelo, generándose grietas y desmoronamiento, precipitando el material al pie del lisímetro. Esto se debe a que al ser un material depositado que fue compactado, perdió una gran cantidad de humedad debido a las altas temperaturas posteriores.

Cabe mencionar que los esquejes fueron plantados 5 días antes de la intensa ola de calor que se registró en la región, teniendo temperaturas máximas históricas, de hasta 36° Celsius en la zona de estudio (Fuente: [weather.com](http://weather.com), 2017). Además la zona de experimento se vio alcanzada por las cenizas y material quemado por los incendios forestales que afectaron a la comuna de Penco, desde el día 25 de enero hasta el día 27 del mismo mes. Una vez que las temperaturas disminuyeron a las normales para el mes de enero y febrero, cercano a los 21° C de máxima en promedio (Fuente, Anuarios Climatológicos, Dirección de aeronáutica Civil).

Para los lisímetros con pendiente se tiene una notoria diferencia, entre los porcentaje de sobrevivencia al término de la semana n° 6 del experimento, puesto que, para el lisímetro sin tratamiento al término de la quinta semana ya no poseía esquejes con vida, en cambio para el lisímetro con tratamiento inicial, al término de la misma semana permaneció con un 57% de doca viva.

Por otro lado, los lisímetros sin pendiente, al principio del experimento no tuvieron mayor diferencia, aunque entre la semana n° 4 y 5 tuvo una pérdida considerable de la vida de los esquejes, donde el sin tratamiento alcanzó un 43% de sobrevivencia, en comparación con el que tuvo tratamiento inicial que finalizó el experimento con un 86% de sobrevivencia.

En el caso de los lisímetros con pendiente nula, se observa que estos han tenido un comportamiento más estable, la muerte de los esquejes en el lisímetro con pendiente no es equivalente a la que no tiene pendiente. Esto puede señalar que la pendiente genera un condicionamiento para el desarrollo del esqueje de doca.

En el transcurso de los días posteriores el deterioro es apreciable en los lisímetros sin tratamiento, ya se observan diferencia entre los lisímetros de pendiente nula, de los cuales el que no tuvo tratamiento inicial posee mayor porcentaje de muerte en los esquejes.

Se ha comprobado que el tratamiento inicial incidió en el arraigamiento de los esquejes de doca plantada, tanto en los lisímetros con pendiente y como en los sin pendiente; Para el caso de los lisímetros con pendiente se dio un arraigamiento mayor al esperado, puesto que se pretendía que obtuviera un valor equivalente o menor al de los lisímetros sin pendiente. Esto se debe a que los lisímetros sin pendiente necesitarían más tiempo para la apertura del cayo y la formación de la raíz, aunque es cuestión de tiempo que los demás esquejes con callosidad formada generen raíz. Además, el desarrollo de la raíz es notoriamente favorable para los lisímetros con tratamiento inicial, observando desarrollos de raíces de hasta 13 cm de largo la mayor y con un promedio de 4,3 cm de largo para los lisímetros con pendiente y tratamiento.

Dado que las condiciones de los lisímetros son de un talud creado a partir de capas de material compactado, la erosión debido a la pérdida de humedad de las capas más superficiales fue mayor que la que existe en la zona de estudio (corte de terreno).

## ANEXO E: MECÁNICA DE SUELOS.

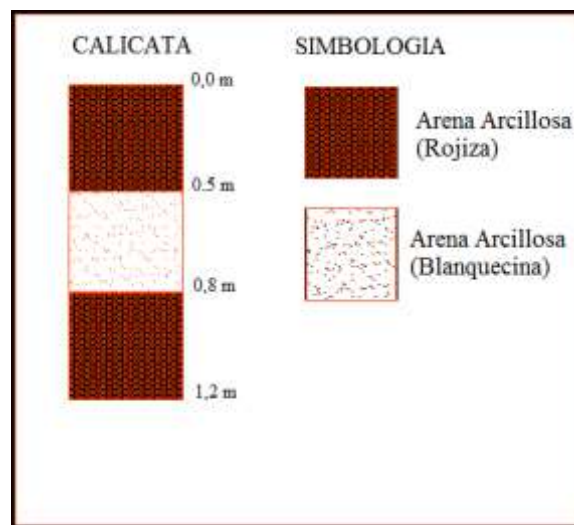
El estudio contempla la realización de:

- 1 calicata realizada al pie del talud con una profundidad total de 1,2 metros de profundidad.
- 3 granulometrías, de las cuales 2 son del material encontrado en la calicata en los distintos estratos y una con el material utilizado como sub-base para los lisímetros.
- 2 ensayos in situ Porchet para conocer la capacidad de infiltración del suelo.
- Además se adjunta el informe del ensaye Proctor para la obtención de la densidad máxima compactada seca.

### E.1.- Resultados de las prospecciones.

#### *Descripción del Sub-Suelo.*

En esta sección se presentan las estratigrafías correspondientes a la prospección junto con una descripción de las distintas capas existentes. La figura número 3, muestra los perfiles estratigráficos de la calicata.



(Calicata, Fuente: Elaboración propia, 2016).

La estratigrafía del terreno se resume de la siguiente forma:

H-1: Arena arcillosa de color rojizo con pequeños lentes de gravas y material orgánico, además de otros materiales depositados ajenos al suelo original del lugar.

Espesor del estrato es de 0.5 m.

H-2: Arena arcillosa de un color blanquecino que a inspección visual y tangible posee una alta plasticidad.

Espesor del estrato es de 0.3 m.

H-3: Arena arcillosa en su totalidad, se puede caracterizar al talud con este tipo de material.

Espesor del estrato es de 0.4 m.

A la fecha de ejecución de ambas prospecciones, no se detectó la presencia de nivel freático.

## **E.2.- Registro fotográfico de la calicata**



*(Calicata, Fuente: Elaboración propia, 2016).*



*(Calicata, Fuente: Elaboración propia, 2016).*



*(Calicata, Fuente: Elaboración propia, 2016).*

### **E.3.- Muestras de suelos para someter conocer el contenido de humedad.**

La finalidad de este ensayo, es conocer las distintas humedades que se aprecian en el talud, caracterizando el suelo donde crece vegetación y en las zonas donde no existe. Estos ensayos muestras, que de por sí, las zonas de vegetación poseen un mayor contenido de humedad significativamente mayor, debido a que el suelo donde yace la vegetación posee un mayor contenido orgánico y por la propia captación de agua de la planta. De todos modos, la diferencia entre el promedio de los porcentajes de humedades de las muestras obtenidas del suelo sin vegetación con respecto a los del suelo con vegetación es pequeña.

Porcentajes de humedades en zonas con vegetación:

- 29%                      Promedio: 22%
- 30%
- 38%

Porcentajes de humedades en zonas sin vegetación:

- 13%                      Promedio: 24%
- 21%
- 34%

### **E.4.- Análisis de fertilidad de suelos.**

Se extrajeron 2 muestras de suelos del talud, una en la zona más erosionada y otra alrededor de la zona donde la planta se desarrolló normalmente. Las muestras fueron enviadas a un laboratorio especializado en agronomía en la Universidad de Concepción, sede Chillan. Las muestras son señaladas en el informe como “Bolsa Blanca” y “Bolsa roja” las cuales están asociadas a las muestras de la zona erosionada y la zona alrededor del desarrollo normal de la doca respectivamente. Del informe se tiene que

### **E.5.- Ensaye de capacidad de infiltración de suelos (Porchet).**

Mediante la confección de un pequeño agujero de prospección de 20 cm de profundidad y 20 cm de diámetro se llevó a cabo el ensayo in situ “Porchet para conocer la capacidad de infiltración del suelo”. Estos se realizaron en la cabeza del talud puesto que es donde el suelo posee características más regulares, al contrario del pie del talud donde se encontró suelos no correspondientes a la zona (escombros).



*Perforación para ensayo Porchet, Fuente: Elaboración propia. (2017).*

### **E.6.- Ensayos de laboratorio.**

Para la caracterización del suelo muestreado de las calicatas, se realizaron ensayos de granulometría, plasticidad y Proctor, cuyos resultados se presentan en los informes adjuntos; Como también, se adjuntan los resultados del ensayo Porchet y las humedades de las muestras obtenidas a lo largo del talud.

El ensayo de clasificación realizado al material obtenido del horizonte H-3 a partir de la granulometría y plasticidad: indica un límite líquido (LL) de 56.4 %, límite plástico (LP) de 39,5 % y un índice de plasticidad (IP) de 16,9 % junto con los porcentajes calculados de acuerdo a la



granulometría indican que estamos en presencia de una arena arcillosa. (Tipo SC de acuerdo al USCS y AASHTO A-2-7, Con índice de grupo de (6)).

El ensayo de clasificación realizado al material obtenido del horizonte H-2 a partir de la granulometría y plasticidad: indica un límite líquido (LL) de 53,5 %, límite plástico (LP) de 40 % y un índice de plasticidad (IP) de 13,5 % junto con los porcentajes calculados de acuerdo a la granulometría indican que estamos en presencia de una arena arcillosa. (Tipo SC de acuerdo al USCS y AASHTO A-2-7, Con índice de grupo de (0)).

El ensayo de clasificación realizado al material obtenido en el domicilio particular para ser utilizado como sub-base en los lisímetros, tuvo los siguientes resultados a partir de la granulometría y plasticidad: indica un límite líquido (LL) de 45,8, límite plástico (LP) de 42,7 % y un índice de plasticidad (IP) de 3,1 % junto con los porcentajes calculados de acuerdo a la granulometría indican que estamos en presencia de una limo de baja compresibilidad. (Tipo ML de acuerdo al USCS y AASHTO A-5, Con índice de grupo de (6)).

Por otra parte se realizó un ensayo Proctor a la muestra del horizonte H-3, a partir de 5 probetas con sus procedimientos respectivos y de esa forma obtener el porcentaje de humedad óptimo junto con su máxima D.M.C.S, los resultados obtenidos a partir de este indicaron gráficamente que la humedad óptima corresponde a 25.0% y su densidad compactada seca máxima (D.M.C.S) es de 1.448 g/cm<sup>3</sup>.

Como también el Por otra parte se realizó un ensayo Proctor a la muestra representativa del material que se usó como sub-base en la plantación de doca a partir de 5 probetas con sus procedimientos respectivos y de esa forma obtener el porcentaje de humedad óptimo junto con su máxima D.M.C.S, los resultados obtenidos a partir de este indicaron gráficamente que la humedad óptima corresponde a 17,1 % y su densidad compactada seca máxima (D.M.C.S) es de 1.665 g/cm<sup>3</sup>.

Para el ensayo in-situ Porchet se tiene que el suelo analizado del talud es un suelo con arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezcla de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada. Con drenaje catalogado como bueno según cuadro adjunto a los resultados Porchet.

**E.7.- Informes de ensayos.**

<b>ESTRATIGRAFIA CALICATAS</b>			
Concepción , 19 de diciembre de 2016			
Proyecto / Obra : Análisis de la plantación de doca como recubrimiento en taludes urbanos para el sector Montahue, Penco.			
Ciudad : Penco , Calle El Laurel, Montahue.			
Región : Bio Bío			
Calicata : Única (C1) Fecha ejecución : 7/12/2016			
Ubicación : Calle El Laurel.-Penco			
Control de Napa : No se observa			
Horizonte	Cotas Límites (m)	Espesor (m)	Descripción del Material
H-1	0.0 - 0.5	0.5	Arena arcillosa de color rojizo con pequeños lentes de gravas y material orgánico, además de otros materiales depositados ajenos al suelo original del lugar.
H-2	0.5 - 0.8	0.3	Arena arcillosa de un color blanquecino que a inspección visual y tangible posee una alta plasticidad.
H-3	0.8 - 1.2	0.4	Arena arcillosa en su totalidad, se puede caracterizar al talud con este tipo de material

**OBSERVACIONES:** El material rojizo predomina en la calicata, pero se destaca el pequeño lente del material blanquecino, de tal forma que se represente de mejor manera las muestras de suelos obtenidos.

**CLASIFICACION DE SUELOS**  
 Concepción , 12 de Diciembre de 2016

Proyecto / Obra : Análisis de la plantación de doca como recubrimiento en taludes urbanos para el sector Montahue, Penco.  
 Ciudad : Penco , Calle El Laurel, Montahue.  
 Región : Bio Bío

**IDENTIFICACION ITEM DE ENSAYO**  
 Muestra : C1 ; cotas: 0.8 - 1.2m  
 Material (inspección Visual) : Arena Arcillosa

**MUESTREO Y FECHAS ENSAYOS**  
 Lugar de muestreo : Calicata C1  
 Fecha de recepción : 7/12/2016

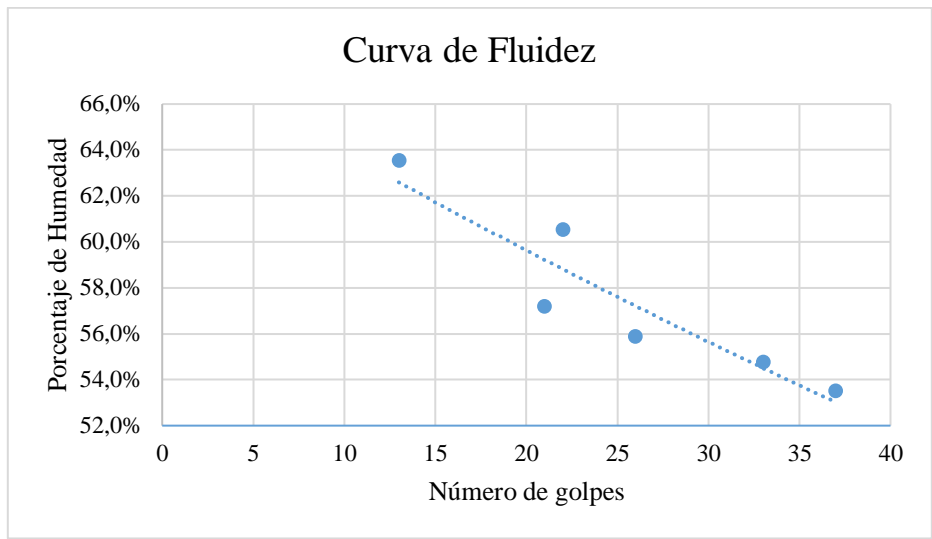
	Inicio ensayo	Termino ensayo
Granulometría:	12-12-2016	14-12-2016
Limite Liquido :	15-05-2016	19-05-2016
Limite Plástico :	15-05-2016	19-05-2016

**RESULTADOS ENSAYOS**

TAMICES ASTM	Abertura (mm)	Peso ret. (gr)	% retenido	% que pasa
3"	80.0			
2 1/2"	63.0			
2"	50.0			
1 1/2"	37.5			
1"	25.0			
3/4"	19.0			
3/8"	9.50			
N°4	4.75			
N°10	2.00			100
N°20	0.85	0.4	0.2	99.8
N°40	0.425	25.5	12.5	87.3
N°60	0.250			
N°200	0.075	105.1	52.3	35
<b>Residuo</b>		70.8	35	

Límite Líquido	56.4
Límite Plástico	39.5
Índice de Plasticidad	16.9

Clasificación AASHTO y USCS	A-2-7 (6) ; SC
-----------------------------	----------------



<p><b>CLASIFICACION DE SUELOS</b>                  Concepción , 12 de Diciembre de 2016</p>
---

Proyecto / Obra	:	Análisis de la plantación de doca como recubrimiento en taludes urbanos para el sector Montahue, Penco.
Ciudad	:	Penco , Calle El Laurel, Montahue.
Región	:	Bio Bío

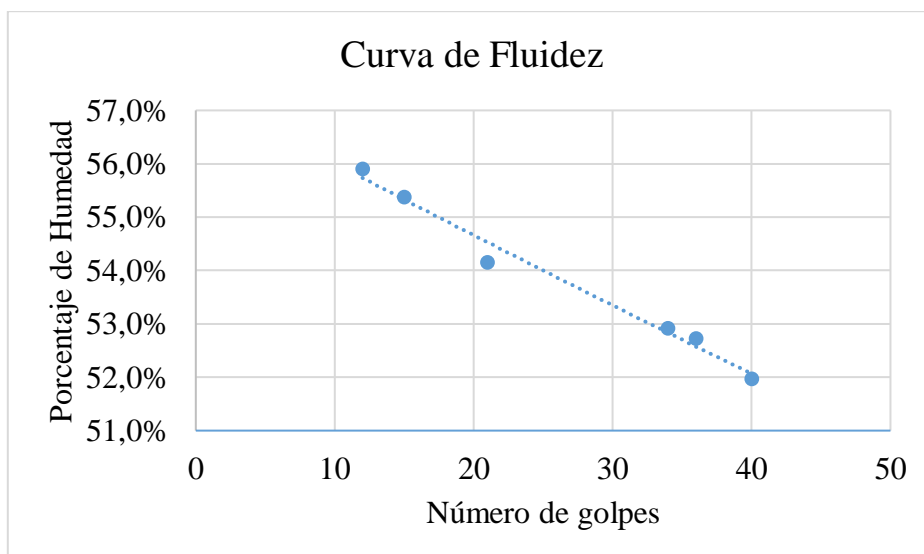
<b>IDENTIFICACION ITEM DE ENSAYO</b>		
Muestra	:	C1 ; cotas: 0.5 – 0.8m
Material (inspección Visual)	:	Arena arcillosa

<b>MUESTREO Y FECHAS ENSAYOS</b>		
Lugar de muestreo	:	Calicata C1
Fecha de recepción	:	7/12/2016
		Inicio ensayo                      Termino ensayo
Granulometría:		12-12-2016                      14-12-2016
Limite Liquido	:	15-05-2016                      19-05-2016
Limite Plástico	:	15-05-2016                      19-05-2016

<b>RESULTADOS ENSAYOS</b>				
---------------------------	--	--	--	--

TAMICES ASTM	Abertura (mm)	Peso ret. (gr)	% retenido	% que pasa
3"	80.0			
2 1/2"	63.0			
2"	50.0			
1 1/2"	37.5			
1"	25.0			
3/4"	19.0			
3/8"	9.50			100
N°4	4.75			100
N°10	2.00	1.3	0.81	99.2
N°20	0.85	7.1	4.4	94.8
N°40	0.425	50.3	31	63.8
N°60	0.250	-	-	-
N°200	0.075	70.8	44	19.8
<b>Residuo</b>			19.8	

Limite Liquido	53,5
Limite Plástico	40
Índice de Plasticidad	13,5
Clasificación AASHTO y USCS	A-2-7 (0) ; SC



**CLASIFICACION DE SUELOS**  
 Concepción , 12 de Diciembre de 2016

Proyecto / Obra : Análisis de la plantación de doca como recubrimiento en taludes urbanos para el sector Montahue, Penco.  
 Ciudad : Penco , Roberto Ovalle #256 (Domicilio particular)  
 Región : Bio Bío

**IDENTIFICACION ITEM DE ENSAYO**  
 Muestra : Material para base lisímetro.  
 Material (inspección Visual) : Limo

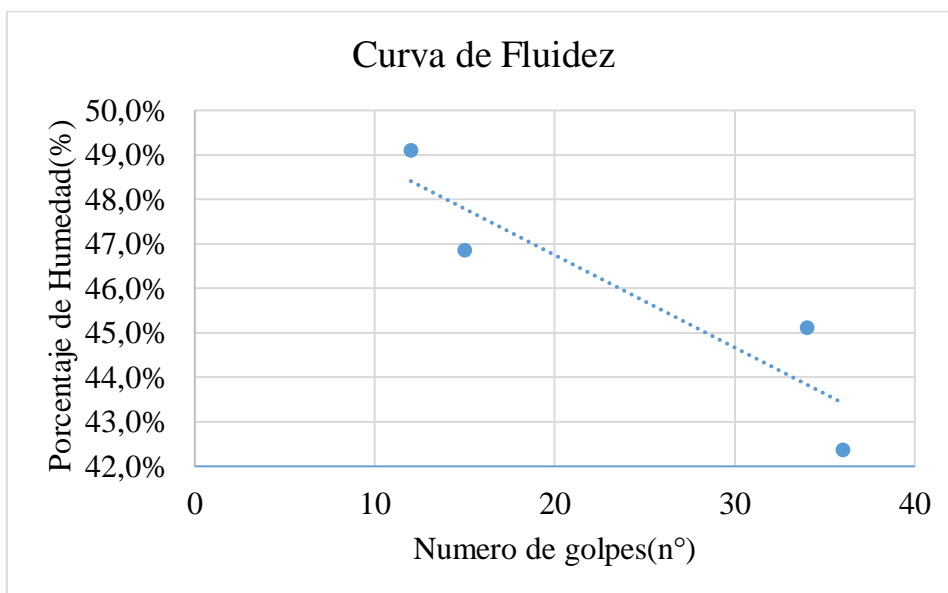
**MUESTREO Y FECHAS ENSAYOS**  
 Lugar de muestreo : Muestra suelo  
 Fecha de recepción : 7/12/2016

	Inicio ensayo	Termino ensayo
Granulometría:	12-12-2016	14-12-2016
Limite Liquido :	15-05-2016	19-05-2016
Limite Plástico :	15-05-2016	19-05-2016

**RESULTADOS ENSAYOS**

TAMICES ASTM	Abertura (mm)	Peso ret. (gr)	% retenido	% que pasa
3"	80.0			
2 1/2"	63.0			
2"	50.0			
1 1/2"	37.5			
1"	25.0			
3/4"	19.0			
3/8"	9.50			100
N°4	4.75			100
N°10	2.00			100
N°20	0.85			100
N°40	0.425	181.8	11.93	81.45
N°60	0.250	-	-	-
N°200	0.075	228.8	18.55	79.43
<b>Residuo</b>			79.43	

Limite Liquido	42.7
Limite Plástico	45.8
Índice de Plasticidad	3,1
Clasificación AASHTO y USCS	A-5 (6) ; ML





<p><b>PROCTOR</b></p> <p>Concepción , 20 de Diciembre de 2016</p>
---

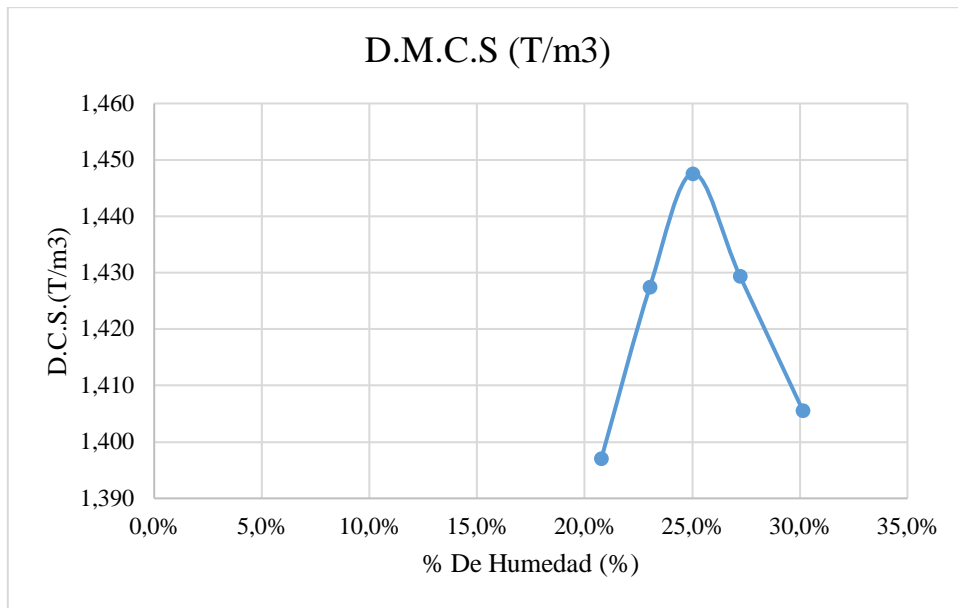
Proyecto / Obra	:	Análisis de la plantación de doca como recubrimiento en taludes urbanos para el sector Montahue, Penco.
Ciudad	:	Penco , Calle El Laurel, Montahue.
Región	:	Bio Bío

<b>IDENTIFICACION ITEM DE ENSAYO</b>
--------------------------------------

Muestra	:	C1 ; cotas: 0.8 - 1.2m
Material (inspección Visual)	:	Arena Arcillosa

Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Cápsula +Material Húmedo	230,2	255,7	210,5	262,3	239,6
Peso Cápsula + Material Seco	207,3	225,9	187,6	226,8	206,5
Peso Cápsula sola	97,1	96,5	96,1	96,4	96,7
Peso del Agua	22,9	29,8	22,9	35,5	33,1
Peso suelo seco	110,2	129,4	91,5	130,4	109,8
Humedad (%)	20,8	23,	25,0	27,2	30,1

Ensayo N°	1	2	3	4	5
Agua agregada (%)	8	10	2	4	6
Molde + materiales(g)	3529	3593	3643	3651	3661
Peso Molde (g)	1958	1958	1958	1958	1958
Material Solo (g)	1571	1635	1685	1693	1703
Volumen Molde(cc)	931	931	931	931	931
D.C.H(Kg/dm <sup>3</sup> )	1,687	1,756	1,810	1,818	1,829
Humedad real (%)	20,8	23,0	25,0	27,2	30,1
D.C.S(Kg/m <sup>3</sup> )	1,397	1,427	1,448	1,429	1,406



Densidad máxima compactada seca: 1,448 T/m<sup>3</sup>, con una humedad optima de un 25%.

<b>PROCTOR</b>
Concepción , 20 de Diciembre de 2016

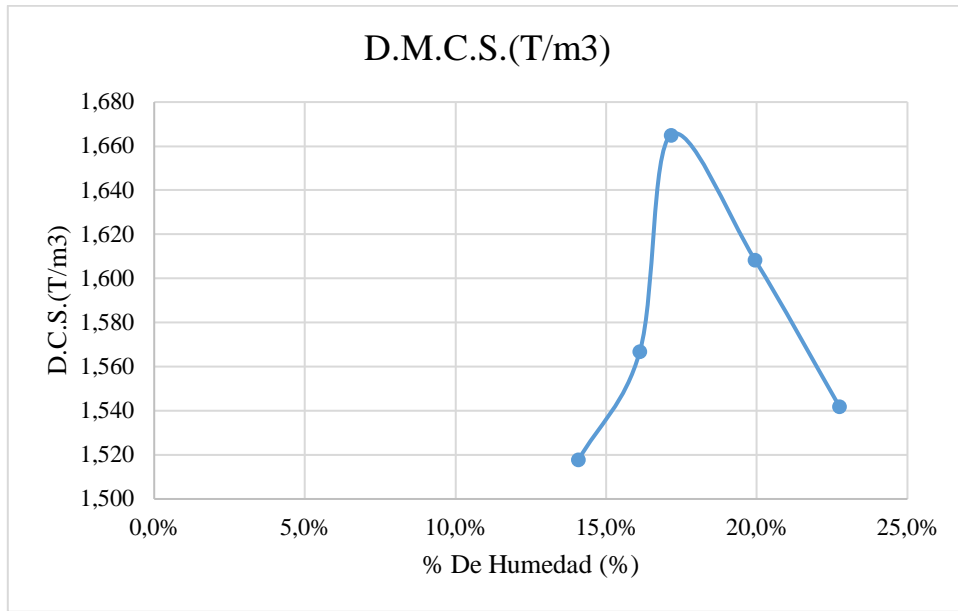
Proyecto / Obra	:	Análisis de la plantación de doca como recubrimiento en taludes urbanos para el sector Montahue, Penco.
Ciudad	:	Penco , Roberto Ovalle #256 (Domicilio particular)
Región	:	Bio Bío

<b>IDENTIFICACION ITEM DE ENSAYO</b>
--------------------------------------

Muestra	:	C1 ; cotas: 0.8 - 1.2m
Material (inspección Visual)	:	Arena Arcillosa

Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Cápsula + Material Húmedo	266,7	244,8	288,2	215,5	298,2
Peso Cápsula + Material Seco	245,8	224,2	260,2	195,7	260,2
Peso Cápsula sola	97,4	96,4	96,9	96,4	93,1
Peso del Agua	20,9	20,6	28	19,8	38
Peso suelo seco	148,4	127,8	163,3	99,3	167,1
Humedad (%)	14,1	16,1	17,1	19,9	22,7

Ensayo N°	1	2	3	4	5
Agua agregada (%)	6	9	12	15	18
Molde + materiales(g)	3570	3652	3774	3754	3720
Peso Molde (g)	1958	1958	1958	1958	1958
Material Solo (g)	1612	1694	1816	1796	1762
Volumen Molde(cc)	931	931	931	931	931
D.C.H(Kg/dm <sup>3</sup> )	1,731	1,820	1,951	1,929	1,893
Humedad real (%)	14,1	16,1	17,1	19,9	22,7
D.C.S(Kg/m <sup>3</sup> )	1,518	1,567	1,665	1,608	1,542



Densidad máxima compactada seca de un 1,662 T/m<sup>3</sup> con una humedad optima de un 17%.

**HUMEDADES**  
 Concepción ,3 de Enero de 2017

Proyecto / Obra : Análisis de la plantación de doca como recubrimiento en taludes urbanos para el sector Montahue, Penco.  
 Ciudad : Penco , Calle El Laurel, Montahue.  
 Región : Bío Bío

**IDENTIFICACION ITEM DE ENSAYO**  
 Muestras : Superficiales  
 Material (inspección Visual) : Arena Arcillosa, Arena arcillosa con material orgánico.

N°	Descripción	Peso Paila(g)	Peso paila + Material Húmedo (g)	Peso Material Húmedo (g)	Peso paila + Material Seco(g)	Peso Material Seco(g)	% Humedad
RM-22	Zona expuesta	100	1196,4	1096,4	920,9	820,9	<b>34%</b>
CE-14	Zona con vegetación	100,5	1182,1	1081,6	885,8	785,3	<b>38%</b>
JM-5	Zona con vegetación	79	623,7	544,7	498	419	<b>30%</b>
X4	Zona expuesta	96,4	701	604,6	632,4	536	<b>13%</b>
W1	Zona expuesta	96,4	495,3	398,9	426,2	329,8	<b>21%</b>
S2	Zona con vegetación	96,8	631,4	534,6	510,2	413,4	<b>29%</b>
Promedio % de humedad Zona Expuesta			Promedio % humedad Zona Vegetación				
<b>22%</b>			<b>24%</b>				

### Ensayo Porchet.

Los valores de la velocidad de infiltración están dados por:

Valores de k en cm/seg												
	100	10	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>
Drenaje	Bueno						Pobre			Prácticamente impermeable		
Tipo de suelo	Grava limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava				Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada				Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición		
				Suelos "impermeables", modificados por la vegetación o la descomposición. <sup>d</sup>								
Determinación directa de k	Ensayo directo del suelo "in situ" por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos.											
	Permeámetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia.											
Determinación indirecta de k	Permeámetro de carga hidráulica decreciente. No se requiere mayor experiencia y se obtienen buenos resultados		Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia.			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.						
	Por cálculo, partiendo de la curva granulométrica. Sólo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión.									Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia		

*Permeabilidad de suelos, Angelone S., Garibay M., Cauhapé M., 2006.*

**Resultados.**

Altura del agua (cm)	tiempo (s)	R	H	2h+R	t2-t1	f	
H(cm)	t (min)	mm	mm	mm	min	mm/hr	cm/s
15,5	0	200	155	510	0		
12,6	0,5	200	126	452	0,5	1448,743	0,040243
10,5	1	200	105	410	0,5	1170,3	0,032508
9,5	1,5	200	95	390	0,5	600,125	0,01667
8,5	2	200	85	370	0,5	631,7248	0,017548
7,5	2,5	200	75	350	0,5	666,8382	0,018523
6,5	3	200	65	330	0,5	706,086	0,019614
5,5	3,5	200	55	310	0,5	750,2443	0,02084
4,5	4	200	45	290	0,5	800,2965	0,02223
Promedio						846,7947	2,35E-02

Altura del agua (cm)	tiempo (s)	R	H	2h+R	t2-t1	f	
H(cm)	t (min)	mm	mm	mm	min	mm/hr	cm/s
17,5	0	200	175	550	0	-	-
15	0,5	200	150	500	0,5	1143,72	0,031770
13,5	1	200	135	470	0,5	742,50	0,020625
12,2	1,5	200	122	444	0,5	682,90	0,018969
11,5	2	200	115	430	0,5	384,47	0,010680
10,5	2,5	200	105	410	0,5	571,54	0,015876
9,6	3	200	96	392	0,5	538,74	0,014965
8,7	3,5	200	87	374	0,5	564,07	0,015669
8,4	4	200	84	368	0,5	194,07	0,005391
8	4,5	200	80	360	0,5	263,75	0,007326
7,5	5	200	75	350	0,5	338,05	0,009390
Promedio						542,38	1,51E-02

Promedio entre ambos ensayos: 1,93E-02 cm/s.

**Análisis de fertilidad del suelo.**



**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS Y PLANTAS  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION**

Dpto. Suelos, Calle Vicente Mendez 595, Chillán, fono 42/208957, Email: labsuelos@udec.cl



**INFORME ANALISIS QUIMICO DE SUELOS**

**IDENTIFICACION DEL SOLICITANTE**

Razón Social:	MARTIN LUENGO JONES		
Dirección:		Ciudad:	Región:
Fono:	953006407	Fax:	
		email:	luengojones@gmail.com

**IDENTIFICACION DEL AGRICULTOR**

Nombre:	MARTIN LUENGO JONES		RUT:	17.887.731-3
Dirección:				
Comuna:		Provincia:		Región:
Fono:	953006407	Fax:		
		email:	luengojones@gmail.com	

**IDENTIFICACION DEL PREDIO**

Predio:	BOLSA ROJA	ROL:	
Comuna:	PENCO	Provincia:	
		Región:	

Nº de Laboratorio:  Potrero:   
Identificación: MARTIN LUENGO JONES

Ingreso: 01/03/2017  
Egreso: 24/03/2017

**RESULTADOS DE ANALISIS**

**NIVEL**

pH en agua		5,14	BAJO
Materia Orgánica	%	0,97	BAJO
Nitratos (N-NO3)	mg/Kg	0,8	BAJO
Amonio (N-NH4)	mg/Kg	4,4	BAJO
Nitrógeno Disponible	mg/Kg	5,2	BAJO
Fósforo Olsen	mg/Kg	3,2	BAJO
K disponible	mg/Kg	99,8	BAJO
K intercambiable	cmol/Kg	0,26	BAJO
Ca intercambiable	cmol/Kg	3,05	BAJO
Mg intercambiable	cmol/Kg	2,93	ALTO
Na intercambiable	cmol/Kg	0,90	MEDIO
Suma de Bases	cmol/Kg	7,15	MEDIO
Al de intercambio	cmol/Kg	0,05	BAJO
CICE	cmol/Kg	7,20	MEDIO
Saturación de Al	%	0,72	MEDIO
Saturación de K	%	3,56	BAJO
Saturación de Ca	%	42,38	BAJO
Saturación de Mg	%	40,77	ALTO
S disponible	mg/Kg	74,1	ALTO
Fe	mg/Kg	6,4	ALTO
Mn	mg/Kg	9,4	MEDIO
Zn	mg/Kg	0,6	MEDIO
Cu	mg/Kg	0,1	BAJO
B	mg/Kg	0,2	BAJO

**OTROS ANALISIS**

pH al KCl		<input type="text"/>
pH al CaCl2		<input type="text"/>
Nitrógeno Total	%	<input type="text"/>
Relación C/N		<input type="text"/>
Al extractable	mg/Kg	<input type="text"/>
Capacidad Tampón de Fósforo (CP)	Kg/Ha	<input type="text"/>
Fijación de P	%	<input type="text"/>
Fijación de K	%	<input type="text"/>
Cloruro	mg/Kg	<input type="text"/>
Conductividad eléctrica	dS/m	<input type="text"/>

MAURICIO MILLÁN GUERRERO  
INGENIERO AGRÓNOMO  
**JEFE TÉCNICO**

BQ MARIA DE LOS ÁNGELES SEPÚLVEDA P.  
**JEFE DE LABORATORIO**





**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS Y PLANTAS  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION**

Dpto. Suelos, Calle Vicente Mendez 595, Chillán, fono 42/208957, Email: labsuelos@udec.cl



**INFORME ANALISIS QUIMICO DE SUELOS**

**IDENTIFICACION DEL SOLICITANTE**

Razón Social:	MARTIN LUENGO JONES		
Dirección:		Ciudad:	Región:
Fono:	953006407	Fax:	
		email:	luengojones@gmail.com

**IDENTIFICACION DEL AGRICULTOR**

Nombre:	MARTIN LUENGO JONES	RUT:	17.887.731-3
Dirección:			
Comuna:		Provincia:	Región:
Fono:	953006407	Fax:	
		email:	luengojones@gmail.com

**IDENTIFICACION DEL PREDIO**

Predio:	BOLSA BLANCA	ROL:	
Comuna:	PENCO	Provincia:	Región:

Nº de Laboratorio:  Potrero: \_\_\_\_\_ Ingreso: 01/03/2017  
 Identificación: MARTIN LUENGO JONES Egreso: 24/03/2017

**RESULTADOS DE ANALISIS**

		NIVEL
pH en agua	5,42	BAJO
Materia Orgánica	% 0,28	BAJO
Nitratos (N-NO3)	mg/Kg 4,2	BAJO
Amonio (N-NH4)	mg/Kg 10,8	MEDIO
Nitrógeno Disponible	mg/Kg 14,9	BAJO
Fósforo Olsen	mg/Kg 1,3	BAJO
K disponible	mg/Kg 31,9	BAJO
K intercambiable	cmol/Kg 0,08	BAJO
Ca intercambiable	cmol/Kg 4,45	MEDIO
Mg intercambiable	cmol/Kg 3,35	ALTO
Na intercambiable	cmol/Kg 0,42	BAJO
Suma de Bases	cmol/Kg 8,31	MEDIO
Al de intercambio	cmol/Kg 0,05	BAJO
CICE	cmol/Kg 8,36	MEDIO
Saturación de Al	% 0,59	MEDIO
Saturación de K	% 0,98	BAJO
Saturación de Ca	% 53,25	BAJO
Saturación de Mg	% 40,13	ALTO
S disponible	mg/Kg 59,7	ALTO
Fe	mg/Kg 3,6	MEDIO
Mn	mg/Kg 3,8	MEDIO
Zn	mg/Kg 0,1	BAJO
Cu	mg/Kg 0,1	BAJO
B	mg/Kg 0,1	BAJO

**OTROS ANALISIS**

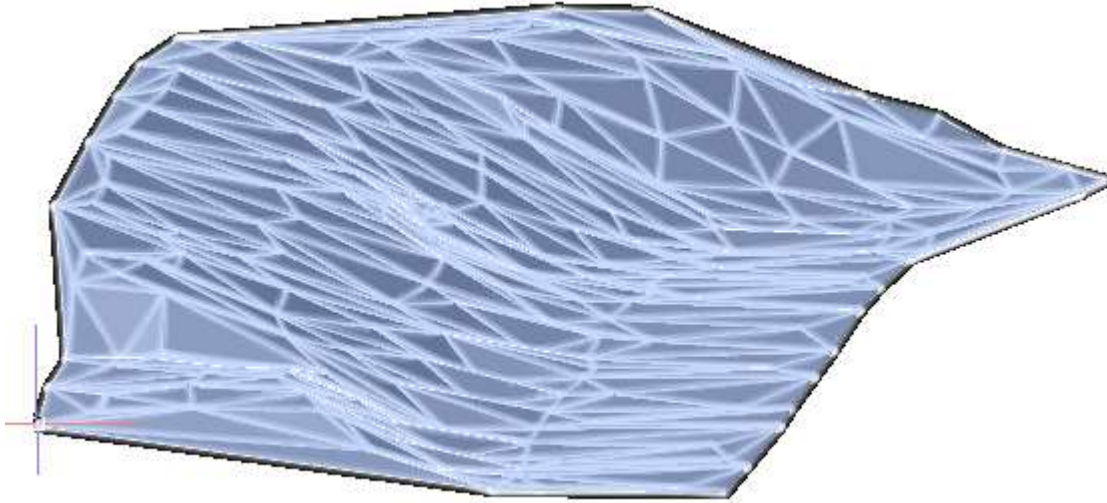
pH al KCl	
pH al CaCl2	
Nitrógeno Total	%
Relación C/N	
Al extractable	mg/Kg
Capacidad Tampón de Fósforo (CP)	Kg/Ha
Fijación de P	%
Fijación de K	%
Cloruro	mg/Kg
Conductividad eléctrica	dS/m

MAURICIO MILLÁN GUERRERO  
INGENIERO AGRÓNOMO  
**JEFE TÉCNICO**

BQ MARIA DE LOS ÁNGELES SEPÚLVEDA P.  
**JEFE DE LABORATORIO**

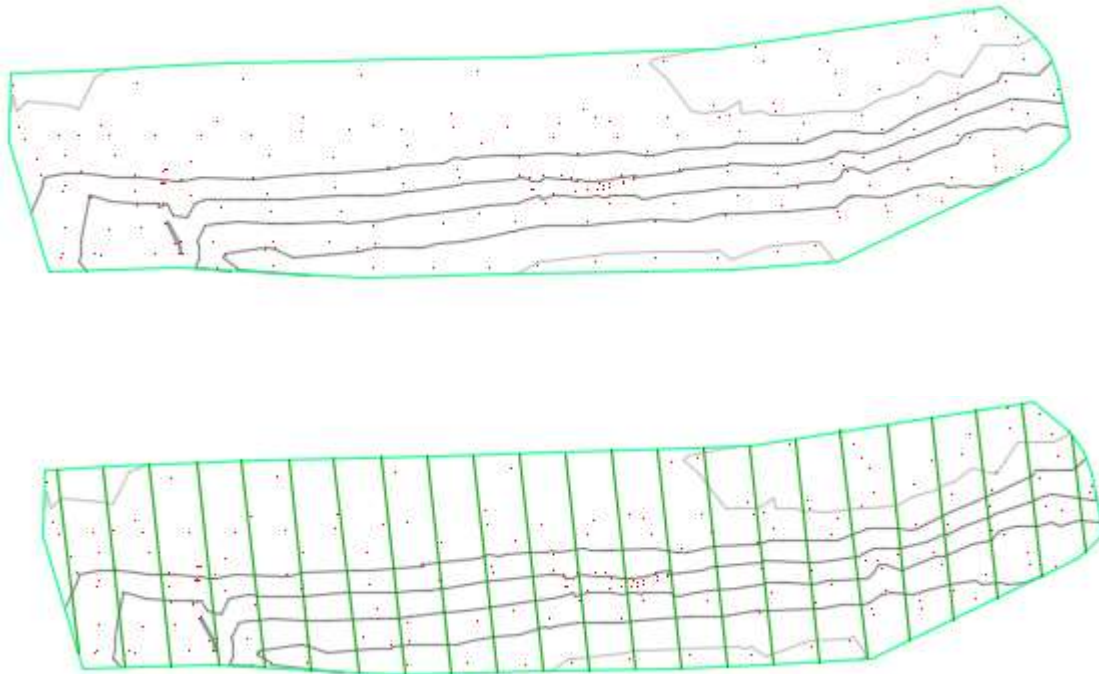
**ANEXO F: TOPOGRAFÍA.**

La topografía fue realizada el día miércoles 7 de diciembre de 2016 con una estación total marca Top-Con, con el fin de modelar el talud en estudio y conocer al detalle su geometría.



*Vista 3D del talud. Elaboración propia 2016*

Una vez procesados los datos y mediante el programa AutoCAD Civil 3D, desde la vista en planta del talud se dividió en secciones transversales cada 4 metros, para obtener una descripción detallada de los perfiles transversales a lo largo de este.



*Vistas en planta del talud y vista en planta del talud con los perfiles transversales. Fuente: Elaboración propia (2016).*

#### Resultados:

De un total de 23 perfiles transversales los resultados son:

- La altura máxima del talud es 5,41 metros.
- Globalmente las mayores pendientes oscilan entre un 46% y un 53% siendo esta última la mayor pendiente del talud. Se llama global a una pendiente representativa de todo el perfil transversal.
- Localmente existen zonas donde las pendientes van desde un 57% a un 81%, la más pronunciada. Se llama local a parte de la pendiente de un perfil transversal, en este caso la mayor pendiente que puede desarrollar.
-

**ANEXO G: ENCUESTA.**



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**  
La Universidad de la Región del Biobío

**Encuesta**



**Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental**

Mi nombre es Martin Luengo Jones, estudiante y tesista de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad del Bio-Bío, Concepción.

El tema de la tesis es “Análisis del crecimiento de la Doca en los taludes urbanos en el sector de Montahue, Penco”.

La finalidad de la encuesta es conocer el desarrollo de la doca (Planta acuosa que recubre el talud) desde el día que se habitó la población, como también, los problemas que se han ocasionado debido a la erosión hídrica (lluvia y arrastre de sedimentos) en el sector.

Es por esto que la opinión de los vecinos del sector es de mucha importancia para la investigación.

**Esta encuesta es totalmente anónima no se necesita ninguna información de la persona encuestada.**

**Marque con una “X” su opinión.**

1.- ¿Cómo ha sido el desarrollo de la Doca en el talud?

<input type="checkbox"/>	Muy lento	<input type="checkbox"/>	Lento	<input type="checkbox"/>	Normal	<input type="checkbox"/>	Rápida	<input type="checkbox"/>	Muy Rápida
--------------------------	-----------	--------------------------	-------	--------------------------	--------	--------------------------	--------	--------------------------	------------

2.- ¿Cuál de estos factores cree usted que es el más relevante en el mal crecimiento de la doca?

<input type="checkbox"/>	Pendiente del talud	<input type="checkbox"/>	Mal Diseño	<input type="checkbox"/>	Falta de agua	<input type="checkbox"/>	Otro
--------------------------	---------------------	--------------------------	------------	--------------------------	---------------	--------------------------	------

Si fuese otro, ¿Cuál?:

3.- ¿En qué nivel cree usted, que los agentes externos (basura, pisadas de personas, animales, automóviles u otros) puedan haber afectado el crecimiento de la planta?

<input type="checkbox"/>	Alto	<input type="checkbox"/>	Medio	<input type="checkbox"/>	Bajo	<input type="checkbox"/>	No afecta
--------------------------	------	--------------------------	-------	--------------------------	------	--------------------------	-----------

- Nivel alto: La planta no crece en la zona afectada.
- Nivel medio: La planta se ve afectada pero luego vuelve a crecer.
- Nivel bajo: La planta se marchita pero no muere.
- No afecta: La planta no se ve afectada en lo absoluto por los agentes externos

4.- ¿Ha tenido problemas con la el material que es arrastrado desde el talud con la lluvia? ¿Qué tipo? (Por ejemplo: Barro acumulado en la calle o a la entrada de las casas, Rebalse de la cámara de aguas lluvia, etc).

	Si		No
--	----	--	----

Tipo:

5.- La doca normalmente cambia de color de verde oscuro a un tono rojizo claro cuando está muriendo, ¿En qué mes del año usted ha observado este cambio de color? o directamente, ¿En qué mes del año ha observado el color rojizo claro en la planta? .Indique el mes o si nunca se ha percatado de esto.

	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo
	Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre
	Noviemb e		Diciembr e		No observado				

6.- ¿Posee algún registro fotográfico del talud de años anteriores que pueda ser facilitado al investigador?

	Si		No
--	----	--	----

**ANEXO H: CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.**

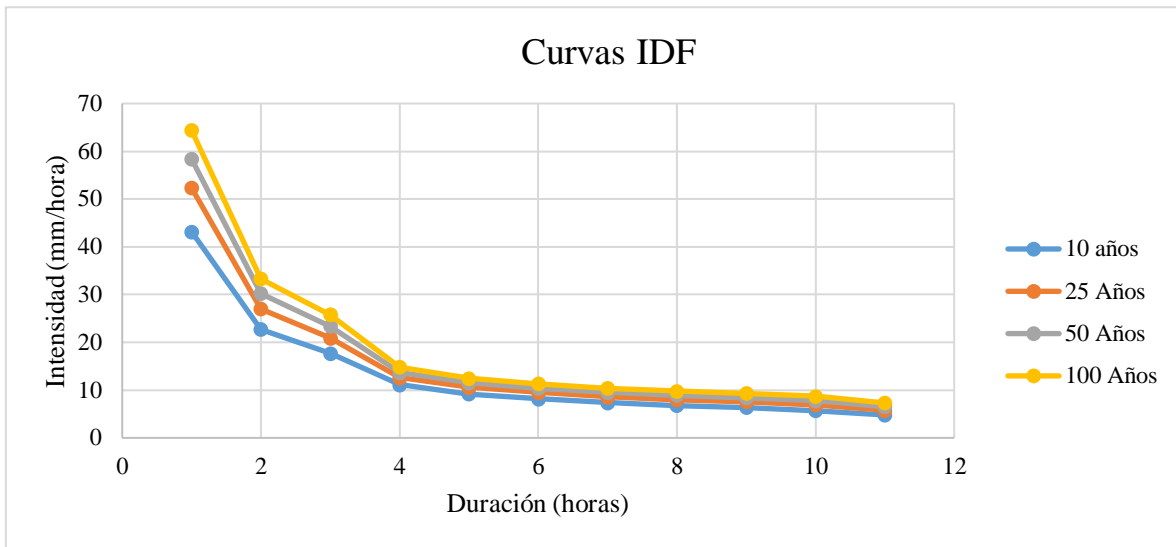
**Coefficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.**

CARACTERÍSTICA DE LA SUPERFICIE	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto / techo	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.,)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Promedio, 2 - 7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente, superior a 7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2 - 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente, superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Promedio, 2 - 7%	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente, superior a 7%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
Área de cultivos							
Plano, 0 - 2%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Promedio, 2 - 7%	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente, superior a 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales							
Plano, 0 - 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2 - 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente, superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques							
Plano, 0 - 2%	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Promedio, 2 - 7%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente, superior a 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Nota: Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con autorización. Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow (1996).

**Curvas intensidad, duración y frecuencia de Concepción.**

Con el fin de conocer la posible escorrentía superficial del sector se procede a calcular la escorrentía superficial con el fin de en el caso de una posible instalación de un dren para evacuar la escorrentía.



Fuente: Estación Bellavista, Concepción. Chile 2017.

**Intensidad de lluvia con respecto a la duración (horas) y a su respectivo período de retorno.**

Período de retorno (años)	Duración									
	1/6	1	2	4	6	8	10	12	14	18
10	0,4359	0,2291	0,1787	0,112	0,0929	0,0828	0,0747	0,0686	0,0646	0,0575
25	0,5283	0,2725	0,2110	0,1272	0,107	0,0959	0,0868	0,0808	0,0767	0,0697
50	0,5895	0,3049	0,2362	0,1383	0,1161	0,1050	0,0959	0,0898	0,0848	0,0787
100	0,6502	0,3361	0,2604	0,1494	0,1262	0,1141	0,1050	0,0989	0,0939	0,0878

Fuente: Estación Bellavista, Concepción. Chile 2017.

**Método racional.**

La escorrentía superficial se calculara a partir del dato de intensidad de lluvia asociado a un período de retorno de 10 años con una duración de 10 minutos, esto quiere decir:

$$Q = \frac{C * i * a}{3,6}$$

C: Coeficiente de escorrentía.

i: Intensidad de lluvias para una duración de 10 minutos con un período de retorno de 10 años.(mm/hrs).

a: Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s).

Área: 1169,22 m<sup>2</sup>

Coeficiente de escorrentía: 0,42. Correspondiente a una zona de jardín con medianamente recubierto (entre un 50% y 75% y con una pendiente superior al 7%), para un período de retorno de 10 años.

Intensidad de lluvia: 0,4359 mm/hr.

Q= 0,00021406 m<sup>3</sup>/s

Q = 770,6 Lts/Hrs.



## **ANEXO I: FACTORES QUE CONDICIONAN EL DESARROLLO DEL CARPOBROTUS EDULIS.**

### **I.1.- Factores propios de las plantas.**

La doca al ser una planta, debe poseer lo mínimo para poder crecer y desarrollarse. Al ser una especie vegetal necesita lo que todo ser viviente para sobrevivir; agua y alimento entre otras.

#### *I.1.1.- Recursos hídricos.*

Para el caso de los recursos hídricos, la doca no necesita regado. Esto no quiere decir, que pueda sobrevivir sin agua, sino que la resistencia a las sequías o ambientes poco húmedos es mayor que el de otras plantas que si necesitan regado, por ejemplo, el césped. Dado que la finalidad de plantar doca es evitar la erosión hídrica esta debe desempeñarse como protector en los meses de mayor pluviosidad (entre mayo y agosto para la comuna de Penco). En cambio para los meses de verano es cuando se ve más afectado por este factor, los niveles freáticos descienden por la escasa caída de lluvia y esto conlleva a que las capas más superficiales de tierra pierdan un gran porcentaje de humedad. El agua contenida también permite, que las raíces se muevan en el suelo y actúa como solvente para los minerales e hidratos de carbono que viajan hacia arriba en la planta (*california.arizona.edu, 2016*).

#### *I.1.2.- Nutrición y fertilidad del suelo.*

En general los alimentos o nutrientes esenciales para el crecimiento cualquier tipo planta, son: El nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre (*Tisdale, 1991*). El suelo debe poseer estos nutrientes para brindarle un correcto crecimiento a la doca, de caso contrario esta no se desarrollara de la manera correcta o no se propagará de la forma planificada.

La población está ubicada en las zonas altas de Penco (cerros), lo que implica la realización de cortes y terraplenes. Esto en general es pésimo para el crecimiento de las plantas, puesto que, se

remueve todo el suelo orgánico, rico en los nutrientes mencionados anteriormente. A esto se le llama erosión acelerada, que es la generada por el ser humano.

Como antecedente histórico del lugar se tiene además que la zona era utilizada en el rubro forestal para la plantación de pinos y eucaliptus, árboles usuales para este tipo de industria.

Según una reseña del Departamento De Agronomía de la Universidad De Chile, señala que dado el mecanismo de siembra de este tipo de árboles, que es el monocultivo, las plantaciones de gran extensión con el cultivo de una sola especie, con los mismos patrones, resultando en una similitud genética, utilizando los mismos métodos de cultivo para toda la plantación, lo que hace más eficiente la producción a gran escala. Esto ocasiona que el suelo sufra un desgaste de los nutrientes y finalmente comienza a erosionarse, esto se debe a que en muchos cultivos se retira la planta completa, y así se interrumpe el proceso natural de reciclaje del suelo. El suelo se empobrece y pierde productividad por lo cual es necesario la adición de fertilizantes.

### *1.1.3.- Luminosidad.*

Una planta que recibe suficiente luz solar estará más capacitada para producir los nutrientes que precisa para crecer. A medida que la cantidad disminuye en invierno, también lo hacen la fotosíntesis y el crecimiento. La calidad de la luz es tan importante como la cantidad, y diferentes plantas requieren luz en distintos niveles. Las plantas que producen flores en primavera y otoño, son llamadas plantas de día corto porque no requieren largos períodos de luz para crecer. Las plantas de día largo, por otro lado, florecen en verano y lo hacen sólo si reciben al menos 12 horas de luz diaria. (*california.arizona.edu, 2016*).

El tiempo en que la superficie de las hojas está expuesta la luz solar durante cada día, puede afectar la tasa fotosintética, así como el crecimiento y el desarrollo de la planta a largo plazo. La duración de la exposición a la luz también es una variable importante de como la intensidad o calidad de esa luz puede afectar a la planta. Por ejemplo, la exposición a un nivel excesivo durante corto tiempo puede ser tolerada, pero por mucho tiempo puede resultar dañina, el número total de horas de luz por día (foto periodo) también es un aspecto importante de la duración de la exposición a la luz. Una variación de respuesta de la planta, tiene detonadores químicos específicos o mecanismos de

control que pueden ser activados o desactivados dependiendo del número de horas de luz solar o en algunos casos el número de horas sin luz solar (*Gliessman, S., 2002*).

#### *I.1.4.- Temperatura.*

Según un estudio realizado por el Departamento De Ingeniería Agroindustrial sobre la climatología aplicada a la ingeniería y medio ambiente de la Universidad Politécnica de Madrid, las temperaturas tienen efecto (además de las ya mencionadas anteriormente) sobre la velocidad de crecimiento, germinación, transpiración, respiración y fotosíntesis.

La temperatura a la cual la planta está expuesta está relacionada con su rendimiento potencial. Por ejemplo, condiciones de temperatura pueden permitir que una planta se establezca y crezca, pero un cambio brusco del clima puede evitar que florezca y no se reproduzca (*Gliessman, S., 2002*).

La incidencia de las temperaturas extremas de calor y frío fueron divididas en los segmentos donde la planta puede verse afectada, en este caso la relevancia del calor está asociada a la velocidad de crecimiento de la doca, como el frío está asociado a la germinación en el período de plantación.

Todos los procesos fisiológicos de las plantas incluidos la floración, la fotosíntesis y la respiración tienen límites de tolerancia a las temperaturas extremas y un ámbito de relativamente estrecho, en el cual su funcionamiento es óptimo (*Gliessman, S., 2002*).

##### a) Velocidad de crecimiento.

Los efectos de las altas temperaturas sobre los cultivos son el resultado de una compleja interacción entre la pérdida de agua por evaporación, los cambios en el nivel interno del agua y la modificación en otros procesos fisiológicos. El estrés por calor causa una disminución en la actividad metabólica, la cual se considera que es consecuencia de la inactivación de enzimas y de otras proteínas. El calor también incrementa la tasa de respiración, la cual puede sobrepasar eventualmente la tasa de fotosíntesis, deteniendo el crecimiento de la planta y finalmente, matando el tejido. (*Gliessman, S., 2002*).

## b) Germinación.

Cuando las temperaturas disminuyen y llegan a ser menores que el mínimo requerido para el crecimiento, una planta puede entrar en dormancia. En consecuencia puede ocurrir clorosis, seguida, eventualmente por la muerte del tejido. La muerte causada por baja temperatura debe a la precipitación de las proteínas (lo cual puede ocurrir a temperatura sobre el punto de congelamiento).

La resistencia al frío extremo depende en gran medida del grado y duración de la baja temperatura, de cuán rápido se presenta la temperatura fría y al complejo de condiciones ambientales que la planta puede haber enfrentado antes del evento frío. Algunas adaptaciones estructurales específicas también ofrecen resistencia, tales como coberturas de cera o pubescencias que permiten a las hojas resistir fríos prolongados sin que se congele el tejido interior, o la presencia de células más pequeñas en las hojas resisten el congelamiento. (*Gliessman, S., 2002*).

## c) Transpiración.

Según un extracto de un archivo acerca de la climatología aplicada a la ingeniería y al medioambiente de la Universidad Politécnica de Madrid señala que sin restricciones de humedad los principales factores que influyen sobre la transpiración son la temperatura y la iluminación. El principal factor que interviene en la apertura de los estomas (pequeñas células capaces que comunican los gases internos de la planta con los del ambiente, son capaces de regular la salida de humedad de la planta en situaciones de sequía) es la iluminación, así a igualdad en la iluminación, puede observarse que al aumentar la temperatura se incrementa la transpiración, incremento ligado al descenso de la humedad relativa del ambiente en el que la planta transpira.

## d) Fotosíntesis.

La fotosíntesis se puede realizar incluso a temperaturas próximas al cero, según aumenta la temperatura aumenta la actividad fotosintética hasta llegar a un máximo a partir del cual

decrece. Este máximo se sitúa según especies entre los 25 y 30 °C (Urbano, 1999, Villalobos et al., 2002). Algunas plantas necesitan variaciones diarias en la temperatura para lograr un crecimiento o desarrollo óptimo. En un artículo clásico sobre ecofisiología (Went 1944), se demostró que las plantas de tomate que crecieron en condiciones de temperaturas diurnas y nocturnas iguales, no se desarrollaron como aquellas plantas que crecieron con temperaturas diarias normales y temperaturas nocturnas más bajas. Esta respuesta ocurre cuando la temperatura óptima para el crecimiento la cual ocurre principalmente en la noche es sustancialmente diferente a la temperatura óptima para la fotosíntesis que se da durante el día. En muchos ecosistemas naturales y agro-ecosistemas las plantas enfrentan variaciones diurnas en la temperatura que son registradas por las plantas en muchos casos a campo abierto, pero en agro-ecosistemas muy controlados, como los de invernadero, la variación diurna de la temperatura es mucho menor. En otras situaciones, las plantas de climas con noches frías no se desarrollan bien en regiones con temperaturas relativamente constantes durante el día y la noche (Gliessman, S., 2002).

#### 1.1.5.- Plagas y parásitos.

Según una reseña referente hacia la doca, del “Boletín técnico del área Law and Garden”, de la empresa ANASAC (2011), empresa conocida en el rubro de las plantas, la formación de parásitos en la doca es debida a su mayor enemigo, el cabello de ángel. Además es susceptible a plagas con conchuela cóncava de los cítricos, conchuela acerada y chanchito blanco. A continuación se muestran los principales parásitos que afectan a la doca.



*Conchuela cóncava, Fuente: Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (2016).*



*Chanchito Blanco, Fuente: Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (2016).*

## **I.2.- Factores de terreno y geométricos.**

### *I.2.1.- Tipo de suelo*

Una vez que los minerales son liberados del material parental consolidado, ocurre otro proceso químico que es de gran importancia, la formación de minerales secundarios, siendo los más importantes los minerales de arcilla. La mineralogía de la arcilla es un campo de estudio complejo, pero es importante entender algunos aspectos básicos de su formación, ya que tienen un efecto muy importante sobre el crecimiento y desarrollo de la planta. Los minerales de arcilla son partículas muy pequeñas en el suelo, pero afectan toda la disponibilidad de nutrientes retenidos en el agua. Dependiendo de la combinación de las condiciones climáticas y del material parental, los minerales secundarios formados son de dos tipos básicos: silicatos de arcillas y óxidos de aluminio. Eventualmente, las arcillas encontradas en cualquier suelo pueden ser una mezcla de muchos subtipos de esos dos tipos básicos, aunque uno o unos pocos subtipos pueden predominar. (*Gliessman, S., 2002*).

Para que el agua aplicada a la superficie del suelo llegue a estar disponible para las plantas, debe infiltrarse dentro del suelo. La infiltración no se da de una manera simple: el agua puede perderse por escorrentía superficial o también evaporarse si no puede penetrar fácilmente la superficie del suelo. El tipo de suelo incide directamente en la infiltración como también, la pendiente, la cobertura vegetal y las características de la precipitación misma. Los suelos con gran porosidad, tales como, los arenosos o aquellos que tienen altos contenidos de materia orgánica, son más fácilmente infiltrados por el agua (*Gliessman, S., 2002*).

### *I.2.2.- Permeabilidad e infiltración del suelo.*

Se dice que un material es permeable cuando contiene vacíos continuos, estos vacíos existen en todos los suelos incluyendo las arcillas más compactas. La circulación de agua a través de la masa de éstos obedece aproximadamente a leyes idénticas, de modo que la diferencia entre una arena limpia y un granito es, en este concepto, solo una diferencia de magnitud (*Angelone, S., 2006*).

Está claro que cuando la lluvia penetra en el suelo, el contenido de agua del suelo por encima de la superficie freática aumentará (lo que reducirá las succiones en esta área). En suelos no saturados, la tasa de infiltración puede exceder la permeabilidad saturada como consecuencia del agua lluvia

caída (Lumb, 1975). La velocidad de infiltración luego se reduce rápidamente con el tiempo tendiendo hacia la permeabilidad saturada. Esto implica que el proceso está controlado por la porosidad, los cambios en la saturación del suelo y la capacidad de almacenamiento. Cerca de la superficie, una delgada capa de tierra se satura completamente. Posteriormente, en la zona de transición, la saturación cae al 80-90% (Lumb, 1962) y es aproximadamente constante hasta que se alcanza el 'frente de humectación', en el que, la saturación disminuye bruscamente al valor original. El frente de humectación que avanza causa la reducción de la succión y disminuye la estabilidad de la pendiente. La velocidad a la que avanza el frente de humectación es mayor cuando la capacidad de almacenamiento de agua del suelo es pequeña (Holsworth L., 2014). El suelo permanece insaturado mientras que las tasas de infiltración son inferiores a la permeabilidad saturada, Si la tasa de infiltración excede la permeabilidad saturada, se produce escurrimiento (Sun et al, 1998). Cuando comienzan a desarrollarse las presiones positivas del agua porosa, la precipitación que excede la permeabilidad saturada se considera como escurrimiento (Holsworth L., 2014).

La permeabilidad del suelo y su tasa de infiltración es mayor en suelos provistos de vegetación que en suelos desnudos. Como se muestra en los siguientes gráficos (López C, 1999):

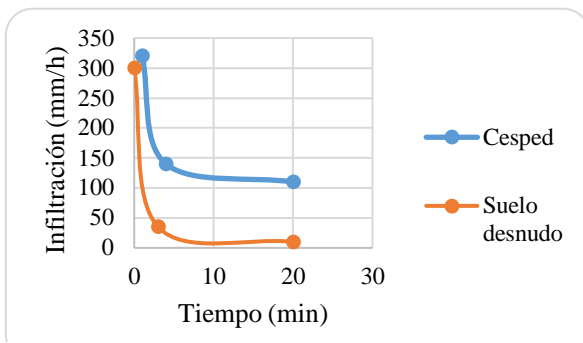


Fig.1. (Fuente: Manual De Estabilización Y Revegetación De Taludes, 1999)

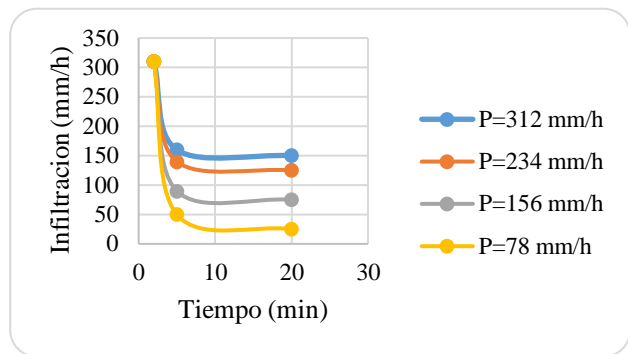


Fig.2. (Fuente: Manual De Estabilización Y Revegetación De Taludes, 1999)

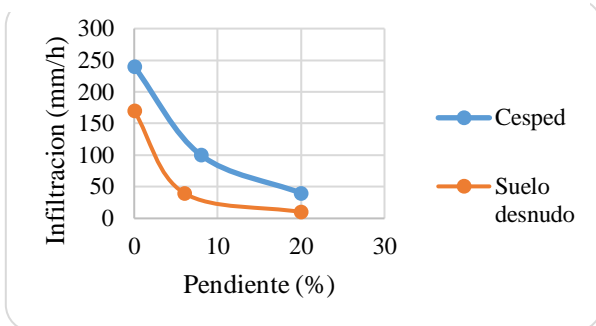


Fig.2. (Fuente: Manual De Estabilización Y Revegetación De Taludes, 1999)

Fig.1.: Precipitaciones, P = 234 mm/h, pendiente 16 %

Fig.2.: Pendiente 16 %

Fig.3.: Precipitaciones, P = 234 mm/h, Tiempo > 5 min.

a) Proceso de percolación.

Cuando se alcanza la saturación de las capas superficiales del suelo, las fuerzas gravitacionales comienzan a empujar el exceso de agua a más profundidad dentro del perfil de suelo, este proceso es conocido como percolación. La intensidad de la percolación está determinada por la porosidad, textura y estructura del suelo. Un suelo con una estructura grumosa y con buena estabilidad de agregados, facilitara el movimiento libre del agua dentro de las partículas del suelo. Los suelos con textura arenosa tienen gran espacio poroso y menos área superficial suelo-partícula para retener el agua, que aquellos suelos con texturas más finas, y de esta manera permiten un rápido movimiento del agua en el suelo. Un suelo con contenidos de arcilla muy altos puede tener una percolación inicial rápida; sin embargo, una vez que las micelas de la arcilla se llenan de agua, pueden cerrar el espacio poroso e impedir el movimiento. Los espacios dejados por las raíces y las galerías construidas por animales, especialmente aquellas formadas por lombrices de tierra, son importantes rutas de percolación (*Gliessman, S., 2002*).

*1.2.3.- Pendiente.*

Cuando la longitud de la pendiente del talud es muy grande, su material muy erosionable o son frecuentes los episodios de lluvias torrenciales, el papel que juega la vegetación en la protección del talud frente a la erosión superficial está limitado, y deben tomarse medidas complementarias para prevenir la ocurrencia de procesos erosivos y minimizar la intensidad de sus efectos. Estas medidas básicamente consisten en actuar sobre el volumen de escorrentía, reduciendo la entrada de agua al interior del talud; y sobre la velocidad del agua de escorrentía, disminuyendo la longitud efectiva de la pendiente (*Mataix C., 2012*).

Los terrenos planos presentan mejor infiltración que los terrenos con pendiente, y una pendiente suave pierde más agua por escorrentía que aquella que este fracturada por variaciones micro-topográficas causadas por rocas, terrones del suelo, depresiones ligeras u otras obstrucciones sobre la superficie (*Gliessman, S., 2002*). Esto quiere decir, que si el tipo de suelo es permeable, y además posee una alta infiltración la cara del talud será más propensa a no retener humedad, concentrando la mayoría al pie del talud. Como es de conocimiento, la vegetación crecerá en las zonas donde posea más humedad y a su vez será más difícil generar en las zonas menos húmedas.



### **I.3.- Factores de agentes externos.**

#### *I.3.2.- Naturales.*

##### a) Viento.

El viento pierde fuerza muy rápidamente cuando hay vegetación o por fricción con la superficie del suelo. De ahí que sus efectos aumenten con la distancia al suelo y que las partes más altas sean las más expuestas. Las plantas muy sometidas al viento tienden por ello a adquirir un porte pequeño y aerodinámico (Aspecto rastrero, formas redondeadas o en almohadilla), a mostrar diversas xeromorfosis (modificación fisiológica o morfológica de los organismos que viven bajo la falta de agua u otros factores) y a adquirir diversos mecanismos que las hacen aptas para soportar sus efectos, como puede ser un sistema radicular muy desarrollado (*García, J., 2011*).

##### b) Lluvia.

El efecto de la lluvia va estar directamente relacionado con la capacidad de infiltración del suelo del lugar, puesto que la lluvia en si no indica un problema para el crecimiento de la planta, si no que al momento de sobrepasar la capacidad de infiltración del suelo, en otras palabras cuando se produzca escorrentía superficial es donde la planta puede verse afectada, donde esta es afectada dejando expuesta la raíz de la planta o depositando sedimentos sobre la planta, entre otros efectos. La cobertura vegetal tanto viva como en forma de hojarasca sobre la superficie, ayuda mucho a la entrada inicial del agua. En general, asumiendo condiciones óptimas, entre mayor sea la intensidad de la lluvia, mayor será la infiltración hasta que la saturación es alcanzada. No obstante, con una intensidad de lluvia excesiva, el incremento de la escorrentía superficial puede ocurrir (*Gliessman, S., 2002*).

### *I.3.2.- Artificiales.*

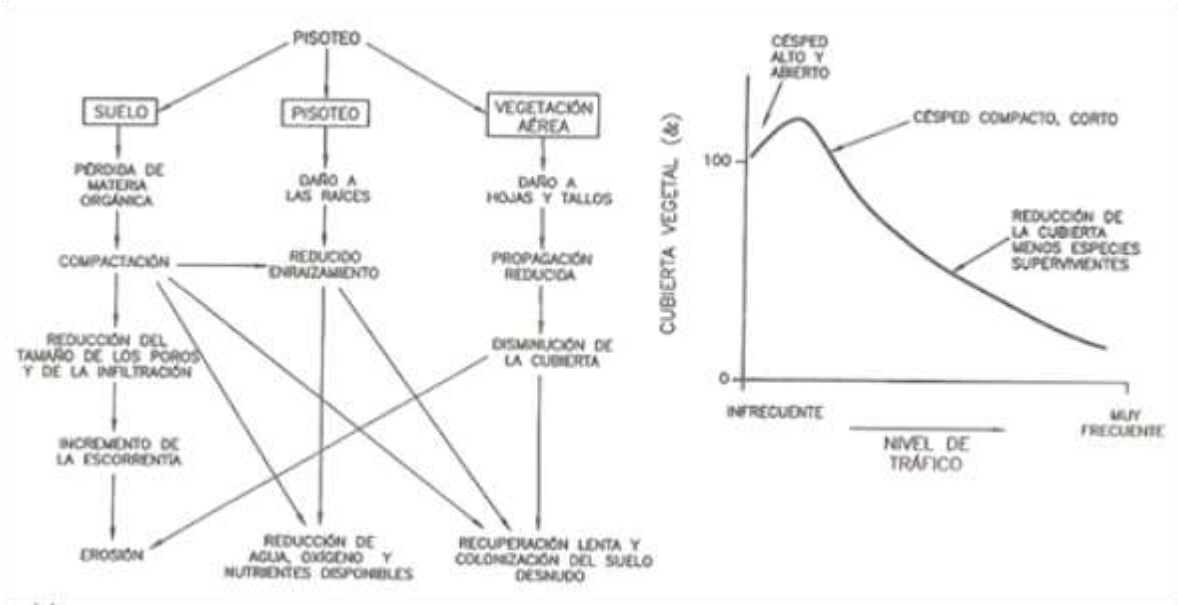
La vegetación ofrece al suelo una protección mecánica frente al pisoteo de personas, animales y el paso de vehículos, al amortiguar y/o absorber el impacto que estos generan.

La resistencia de la vegetación a estas acciones y, por lo tanto, su efectividad en la protección del suelo depende de la resistencia a la tracción de los tallos, hojas y ramas sobre el suelo, la fuerza de cohesión del enraizamiento (masa raíces-suelo) y la velocidad de recuperación de las plantas individuales. En general son mejores aquellas que reúnen las siguientes características.

- Tipo morfológico en roseta, postradas o reptantes, o bien, con bajo crecimiento de altura.
- Tallos y hojas flexibles
- Meristemas de crecimiento basales, o situados por debajo de la superficie del suelo.
- Capacidad de reproducción vegetativa, además de raíces.
- Alta tasa de crecimiento
- Período vegetativo largo.
- Resistencia al enterramiento y/o a la exposición de las raíces.

La capacidad de la vegetación para resistir a largo plazo depende de la posición de sus yemas y punto de crecimiento en relación al suelo. Aquellas plantas cuyas yemas están situadas sobre o por debajo de la superficie están más protegidas al daño, y ofrecen mejores resultados. Mientras que aquellas cuyas yemas están más expuestas suelen recibir daños continuados, los cuales van mermando progresivamente su capacidad de crecimiento y regeneración, hasta que la planta llega a una situación crítica y muere. *(López, C. 1999)*.

A continuación se muestra un diagrama del proceso erosivo debido al pisoteo, como también la influencia de la frecuencia del pisoteo en el césped.



*Acción del pisoteo en la vegetación y daño del césped a través del pisoteo constante. Fuente: Manual De Estabilización Y Revegetación De Taludes, (1999).*