

FACULTAD DE
CIENCIAS AGRONÓMICAS
Y DE LOS ALIMENTOS



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

TALLER DE TÍTULO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación de la hidrosiembra de *Adesmia balsamica* Bertero sobre taludes con geomantas orgánicas y pendientes de 45° y 60° en carreteras de la zona central de Chile

FELIPE ANDRÉS EDUARDO CELEDÓN LEIVA

QUILLOTA, CHILE

2019

Índice

1. Resumen.....	4
2. Definición del problema	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Enunciado del problema.....	7
3. Hipótesis	7
4. Objetivos	7
4.1. Objetivo general	7
4.2. Objetivo específico	7
5. Estado del arte	8
5.1. Inversión en vialidad de Chile.....	8
5.2. Construcción taludes de carretera	8
5.3. Legislación relacionada a la conservación de carreteras.....	8
5.4. Factores de pérdida de suelo por erosión hídrica	9
5.4.1. Características del suelo	9
5.4.2. Clima	9
5.4.3. Pendiente.....	9
5.4.4. Cobertura vegetal.....	10
5.5. Nivel de pérdida de suelo por erosión hídrica	10
5.5.1. Erosión laminar	10
5.5.2. Erosión surcos.....	11
5.5.3 Erosión cárcavas.....	11
5.6. Métodos de control de pérdida de suelo por erosión hídrica.....	11
5.6.1. Métodos de control pasivo	11
5.6.1.1. Colonización o vegetación espontánea	11
5.6.2. Métodos de control activo	12
5.6.2.1. Control con hormigón armado	12
5.6.2.2. Control con mulching o acolchado	12
5.6.2.3 Control con geomantas	13
5.6.2.4. Control con bioingeniería	14
5.6.2.5. Control con hidrosiembra	14

5.6.2.6. Control combinado: hidrosiembra con geomanta orgánica.....	14
5.6.2.7. Hidrosiembra con leguminosas	15
6. Rehabilitación con arbustos leguminosas nativas	16
7. Rehabilitación con genero <i>Adesmia</i>	17
8. <i>Adesmia balsamica</i>	17
9. Metodología	18
9.1. Porcentaje de cobertura vegetal.....	21
9.2. Análisis de fertilidad de suelo en taludes	21
9.3. Cuantificación de pérdida de suelo por erosión hídrica.....	22
10. Análisis estadístico	22
11. Bibliografía.....	23
12. Plan de trabajo	28
13. Resultados esperados	30
14. Organización	31
14.1. Cargos y funciones.....	31
15. Presupuesto	31
15.1. Presupuesto total por cuenta.....	31
15.2. Presupuesto total por año.....	32

1. Resumen

Al diseñar una carretera se establecen secciones de corte de cerro para mejorar la seguridad vial, en consecuencia, se generan los taludes. La construcción de taludes impacta directamente en el desarrollo de cubiertas vegetales y sus propiedades del suelo originales, por otro lado, factores climáticos aumentan su pérdida por erosión hídrica, disminuyendo la fijación de la vegetación.

El objetivo general del estudio es: Evaluar el potencial de la hidrosiembra de *Adesmia balsamica* Bertero para rehabilitar suelos degradados y controlar la erosión hídrica utilizando geomantas orgánicas en pendientes de 45° y 60° sobre taludes de carretera de la zona central de Chile.

Los objetivos específicos son:

1. Estimar el porcentaje de cobertura vegetal de la hidrosiembra de *A. balsamica* utilizando geomantas de fibra de coco y rastrojo de trigo sobre taludes de carretera.
2. Determinar la fertilidad del suelo en taludes de carretera con hidrosiembra de *A. balsamica* utilizando geomantas de fibra de coco y rastrojo de trigo.
3. Cuantificar la pérdida de suelo por erosión hídrica sobre taludes de carretera con hidrosiembra de *A. balsamica* y geomantas de fibra de coco y rastrojo de trigo.

Para la recopilación de información, se establecerán parcelas de ensayo tratadas con hidrosiembra de *A. balsamica*. Éstas variarán de acuerdo al tipo de geomanta y pendiente, con 3 repeticiones por tratamiento. A ellas se les calculará el porcentaje de cobertura vegetal que desarrollan, utilizando un software ImageJ. También se les estimará el grado de fertilidad contenido en el suelo, a través de análisis en laboratorio. Finalmente, se cuantificará la pérdida de suelo por erosión hídrica, a través la estimación del peso seco de las muestras. Se espera que el porcentaje de cobertura vegetal varíe dependiendo del tratamiento y pendiente, siendo mayor en aquellos que utilizan geomantas y presentan menor pendiente.

Los resultados esperados, en base a los objetivos específicos son: conocer el porcentaje de cobertura vegetal, tener un registro de la fertilidad del suelo y contar con un indicador de la pérdida de suelo.

2. Definición del problema

2.1. Antecedentes

A lo largo de la historia, las diversas actividades desarrolladas por el hombre han dado lugar a una fuerte degradación de suelo en todo el mundo (Bisaro *et al.*, 2014). A nivel global, el desarrollo masivo de zonas urbanas, la minería y la construcción de carreteras son las actividades más agresivas que participan en la degradación del paisaje (Keesstra *et al.*, 2012). Las carreteras representan un nivel de servicio de transporte que comprenden utilidad económica, social y el beneficio que reporta a los usuarios de la misma (Cepeda *et al.*, 2009). Giráldez *et al.* (2014), afirman que, de acuerdo a la envergadura, las infraestructuras de transportes pueden generar un amplio cambio en el medio ambiente.

Las carreteras durante su diseño de construcción, contemplan disminuir las curvas del camino con el objetivo de mejorar las condiciones de seguridad vial, en consecuencia, se modifica la topografía del terreno por medio de la obra de taludes (MOP, 2006). El impacto que genera, está relacionado fuertemente a la pérdida de cobertura vegetal y el suelo con sus propiedades biológicas (Gray *et al.*, 1996; Bergen *et al.*, 2001). Valladares *et al.* (2011), determinaron que la pérdida de cobertura vegetal incrementa el proceso de erosión.

En nuestro país el principal factor climático que afecta la calidad de los suelos, es el agua de lluvia (Muñoz, 2007). Dentro de los efectos que ésta puede tener, se encuentra el escurrimiento superficial, fenómeno que ocurre cuando las precipitaciones superan la capacidad de infiltración del suelo, puesto que al ser removida la vegetación las gotas de agua no son interceptadas, promoviendo el escurrimiento superficial (Verdugo, 2007). Además, si las precipitaciones son constantes e intensivas se genera una mayor pérdida en la calidad del suelo, producto de los diferentes niveles de erosión: erosión laminar, erosión de surcos y erosión de cárcavas (CIREN, 2010; IMT, 2012.).

La pendiente es un factor geomorfológico que influye en los procesos erosivos (López, 2002). A medida que aumenta la pendiente y longitud se dificulta la revegetación: se acelera

la erosión y con ello la estabilización. Lo que es confirmado según Tormo *et al.* (2009), quienes indican que pendientes elevadas y escasa cobertura vegetal sufren, serios problemas de erosión.

Actualmente la red vial nacional es de 80.583 kilómetros. Desde el año 1993 las obras de carreteras han tenido un alto crecimiento en nuestro país, donde el 81% de los proyectos son infraestructura vial (MOP, 2016). Considerando que el presupuesto de la Dirección de Vialidad a partir del año 2006 fue de US\$ 1.400 millones se establece que cerca de US\$ 700 millones se destinan a conservar dichos lugares (Dirección de Vialidad, 2016).

Roa-Fuentes *et al.* (2015), establecen la necesidad de rehabilitar suelos degradados, debido a que, pueden ser utilizados con fines agrícolas o ambientales. La recuperación se basa en la reconstrucción de sus propiedades edafológicas, uso de mejoradores, desechos orgánicos, geomantas y la adición de semillas. Dichas estrategias pretenden asegurar la colonización de plantas en taludes (Vetterlein y Hüttl, 1999; Seré *et al.*, 2008).

El uso de plantas para la rehabilitación ambiental es una práctica habitual (García-Fayos *et al.*, 1995; Hernández & Pastor, 2008). En esta área destaca la familia de las Gramíneas y Leguminosas que, de acuerdo a el nivel de fertilidad del suelo y el clima de la zona central de Chile, se utilizan las últimas como pioneras en la rehabilitación de suelo (Sprent, 2007).

En 2010, se reportó que especies leguminosas arbustivas, rehabilitaron exitosamente laderas degradadas del sur de Italia, asegurando no solo la rehabilitación de las mismas sino también un estable mantenimiento (Cardinale *et al.*, 2010). Otros reportes del año 2015 evaluaron la recuperación de suelos degradados de España con cuatro leguminosas arbustivas nativas, mejorando la calidad del suelo y su actividad vegetal (Pérez *et al.*, 2015).

Con los precedentes antes expuestos, se establece la posibilidad de utilizar *Adesmia balsamica* Bertero para la rehabilitación de taludes de carretera de la zona central de Chile. Sin embargo, los ensayos y proyectos son escasos en esta área. Es por esa razón que se requieren más estudios a largo plazo y con especies de interés nacional.

2.2. Enunciado del problema

La degradación de los taludes de carretera con pendiente elevada y sin cobertura vegetal, incrementa la erosión hídrica, aumentando los costos de mantención.

3. Hipótesis

La hidrosiembra de *A. balsamica* tiene potencial de rehabilitar el suelo degradado y controlar la erosión hídrica sobre taludes de carretera de la zona central de Chile.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

- Evaluar el potencial de la hidrosiembra de *A. balsamica* para rehabilitar suelos degradados y controlar la erosión hídrica utilizando geomantas orgánicas en pendientes de 45° y 60° sobre taludes de carretera de la zona central de Chile.

4.2. Objetivo específico

1. Estimar el porcentaje de cobertura vegetal de la hidrosiembra de *A. balsamica* utilizando geomantas de fibra de coco y rastrojo de trigo sobre taludes de carretera.
2. Determinar la fertilidad del suelo sobre taludes de carretera con hidrosiembra de *A. balsamica* utilizando geomantas de fibra de coco y rastrojo de trigo.
3. Cuantificar la pérdida de suelo por erosión hídrica sobre taludes de carretera con hidrosiembra de *A. balsamica* y geomantas de fibra de coco y rastrojo de trigo.

5. Estado del arte

5.1. Inversión en vialidad de Chile

Las obras de carreteras han tenido un gran avance en Chile, en los veinte años de programas de licitaciones han desarrollado una inversión de MMUS\$ 19.000, siendo el 54% en proyectos de vialidad interurbana (MOP, 2015). Según la CChC (2016), en nuestro país la inversión requerida en vialidad interurbana concesionada en nuevas obras, mantención y ampliaciones de capacidad para el periodo 2016-2025 es de US\$ 6.013 y no concesionada US\$ 14.185, totalizando US\$ 20.198 millones. El presupuesto de la Dirección de Vialidad desde el año 2007 al 2016 fue de US\$ 1.400 millones, siendo casi el 50% para conservación (Dirección de Vialidad, 2016).

5.2. Construcción taludes de carretera

La construcción de las carreteras tiene una serie de efectos sobre el medio ambiente (Giráldez *et al.*, 2014). Primero hay una alteración del paisaje debido a la remoción de cobertura vegetal, genera una pérdida de hábitats y especies en categoría de conservación, adicionalmente, la extracción de grandes volúmenes de suelo genera una modificación del relieve, compactando el suelo y el incremento e intensificación de procesos de erosión y/o sedimentación (MOP, 2013).

Según De Matteis (2003), un talud corresponde a una superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra.

Los taludes pueden ser ejecutados en ambos lados de la vía, denominándose talud de corte (Bañón & Beviá, 2000). Su construcción se efectúa por medio de una extracción de una parte del terreno en forma longitudinal, removiendo toda cubierta vegetal presente en el terreno, quedando el perfil expuesto a fragmentos de roca madre de un horizonte C.

5.3. Legislación relacionada a la conservación de carreteras

La regulación en uso y conservación de la vegetación respecto a proyectos de paisajismo y control de erosión, se presenta en los manuales de carreteras de cada país. En ellos se describen las condiciones legales de diseño, construcción y mantenimiento por región o zona macro climática. En Chile el Ministerio de Obras Públicas es la entidad estatal encargada de elaborarlos. Los manuales deben ser complementarios a los instrumentos de planificación local y regional. En dicho manual, se establece de forma clara los criterios (técnicos, legislativos, ecológicos y estéticos) que se deben realizar al momento de generar un proyecto concesionado, poniendo énfasis en la necesidad de trabajar junto a una cobertura vegetal al realizar cortes de laderas, con el objetivo de proteger el suelo de la erosión, privilegiando el uso de especies nativas de acuerdo a las características geográficas del entorno (MOP, 2006).

5.4. Factores de pérdida de suelo por erosión hídrica

5.4.1. Características del suelo

Según Verdugo (2007), las variables más relevantes de las propiedades físicas del suelo de taludes de carretera corresponden a textura, resistencia al corte y la capacidad de infiltración, adicionalmente los factores del suelo más afectados por la erosión hídrica son la capacidad de abastecimiento de nutrientes y agua y la profundidad de enraizamiento (Brunel y Seguel, 2011). El tipo de material del suelo y su grado de cohesión influyen sobre la forma y profundidad de erosión (Cisneros *et al.*, 2012).

5.4.2. Clima

Según López (2005), a mayor intensidad y duración de la precipitación, mayor es la erosión producida sobre taludes bajo precipitación natural. Cerda (2007), evidenció una mayor pérdida de suelo por erosión hídrica en temporada de invierno con una humedad del 30% en el suelo y en verano menor cuando la humedad del suelo fue de 8%, confirmando, que las condiciones climáticas inciden sobre la pérdida de suelo no solo por las precipitaciones, más bien por condiciones previas como la humedad del suelo.

5.4.3. Pendiente

De acuerdo con Martínez & Valladares (2002), los análisis de revegetación en la Autopista Costa del Sol, España, los taludes con más pendiente de corte (45°), fueron aquellos con menor cobertura vegetal. Confirmando la idea de que una pendiente mayor imposibilita la sujeción de materia orgánica y de la propia hidrosiembra, por efecto del arrastre. La capacidad de constituir una cubierta vegetal se ve limitada por condiciones del suelo, aun cuando las semillas sean capaces de presentarse en los taludes (Tomo *et al.*, 2009). Entre ellos se pueden mencionar: suelos degradados, pobremente consolidados, vulnerables a la erosión y bajos en nutrientes, dificultando el establecimiento de una cubierta vegetal (Repetto y Teneb, 2012).

5.4.4. Cobertura vegetal

La vegetación tiene un papel fundamental sobre la erosión hídrica. Según García-Fayos (2004), la cobertura vegetal actúa positivamente en la protección del suelo, aumentando la estabilidad y tamaño de los agregados producto de la entrega de materia orgánica, aportada por la vegetación, incrementa la capacidad de la infiltración del suelo, intercepta las gotas de lluvia al quedar en las estructuras de la planta y luego ser evaporada, redistribuye las precipitaciones pudiendo retener entre el 25% y 50% del total de las precipitaciones en un año, además, las raíces crean una protección frente al arrastre (Giráldez *et al.*, 2014).

5.5. Nivel de pérdida de suelo por erosión hídrica

5.5.1. Erosión laminar

Es la remoción de capas delgadas y uniformes del suelo produciendo un empobrecimiento de elementos de nutrientes y de almacenamiento de agua. Es difícil de detectar en sus primeras etapas, pero, con el tiempo es posible observar variación de color sobre la superficie del suelo, (Bascuñán, 2010).

5.5.2. Erosión surcos

Consiste en pequeños canales que concentran la escorrentía y al aumentar su velocidad genera surcos. Esta sigue siendo la principal causa de preocupación, debido que con el tiempo al recibir gran volumen de agua y significativa velocidad podrían producir cárcavas (Cairns *et al.*, 2001; Seutloali & Beckedahl, 2015).

5.5.3 Erosión cárcavas

Son el nivel de erosión más visible y no puede ser borrada por labranza (Cisneros *et al.*, 2012). Las pérdidas de suelo agrícola tienen una profundidad de 30 cm y en suelos forestales pueden ser de varios metros (SAG, 2016).

5.6. Métodos de control de pérdida de suelo por erosión hídrica

5.6.1. Métodos de control pasivo

Los taludes construidos sin tratamientos para prevenir la erosión, quedan expuestos a procesos de sucesión ecológica, debiendo atravesar filtros ecológicos: disponibilidad de semillas, condiciones del medio y la interacción planta-planta (Valladares *et al.*, 2011).

5.6.1.1. Colonización o vegetación espontánea

Respecto a la colonización espontánea, Cerda (2007) evaluó el efecto de la cobertura vegetal sobre dos taludes de carretera luego de 10 años de ser construida. Los experimentos los realizó bajo clima mediterráneo en temporada de invierno y verano en las localidades de Carlet y Alberic, España. Los resultados de cobertura vegetal que obtuvo fueron de 37% y 42% (en verano) y 46% y 54% (en invierno), demostrando una lenta colonización espontánea sobre los taludes después de 10 años de ser construida.

Además, evaluó el efecto de la cobertura vegetal sobre las pérdidas de suelo. El ensayo lo realizó con una bomba automática para simular la lluvia a 45 mm (una hora) durante las dos temporadas y 5 repeticiones en verano y 5 en invierno en parcelas circulares de 0.3941 -0,4202 m². Los resultados máximos para la localidad Carlet fue de 16.61 GM-2H-1 (invierno) y Alberic 6.02 GM-2H-1 (verano), demostrando que la pérdida de suelo sigue presente por la lenta colonización espontánea.

5.6.2. Métodos de control activo

Cuando los métodos de control pasivo, no logran recuperar la cobertura vegetal sobre los taludes, se recurre a los métodos de control activos (Repetto & Teneb, 2012).

5.6.2.1. Control con hormigón armado

El hormigón por su excelente capacidad de adaptarse a diversos moldes, por su impermeabilidad una vez endurecido y por la posibilidad de ser inyectado, corresponde a un material universal de construcción, utilizado para cimientos, muros de contención y control de taludes de carretera. Según Mentha (2001), el hormigón común contiene un 12% de cemento y 80% de agregados de masa (como residuos industriales que contienen metales pesados y aditivos químicos como aireantes y plastificantes) los que contienen contaminantes freáticos (Hess, 2005).

La producción mundial anual de cemento es de 1,6 billones de toneladas ocasionando aproximadamente el 7% de la carga total de dióxido de carbono en la atmósfera. El cemento portland, el principal cemento hidráulico en uso en la actualidad, no es solamente uno de los materiales más energéticamente intensivos de la construcción, sino también es responsable de una gran cantidad de gases de efecto invernadero. La producción de 1 tonelada de cemento portland requiere aproximadamente 4 GJ de energía, y su fabricación libera aproximadamente 1 tonelada de dióxido de carbono a la atmósfera. Las grandes cantidades de extracción de materias primas tales como caliza y arcilla, y el combustible como el carbón, a menudo resultan en una deforestación extensiva y pérdida de suelo superficial (Mehta, 2001).

5.6.2.2. Control con mulching o acolchado

En relación a la eficiencia de coberturas, Seguel *et al.* (2014), determinaron la escorrentía (%) y sedimentación (masa) con precipitación artificial sobre taludes con pendientes 1:2,25 y 1:10 con coberturas de doca (*Carpobrotus* sp.), acolchado de rastrojo de maíz (*Zea mays*), guijarros (grava) y como testigo la vegetación espontánea. En síntesis, el testigo presentó escorrentía de un 30% y 18 kg de sedimentación en talud

pendiente 1:2,25, mientras que, para el segundo talud de pendiente 1:10, hubo escorrentía de un 50% y sedimentación de 16 kg. Respecto a los tratamientos realizados, destaca el tratamiento con doca y guijarros, mostrando un escurrimiento de 24% y 19% junto a una sedimentación de 8.3 kg y 4.2 kg, para un talud de 1:2,25 respectivamente. Sin embargo, el tratamiento con acolchado (*Zea mays*) sobre taludes con mayor pendiente (1:10) presentó valores altos en escurrimiento y generación de sedimentos, debido a su descomposición. Además, no son recomendable para pendientes pronunciadas, debido al desplazamiento del material hacia la base del talud (Giráldez *et al.*, 2014).

5.6.2.3 Control con geomantas

Respecto al control con geomantas, Álvarez-Mozos *et al.* (2013), evaluaron sobre un talud cuatro tratamientos geomantas (fibra de yute, fibra de coco, poliéster y poliéster tridimensional) en superficie y bajo tierra, para cuantificar el control de la pérdida de suelo por erosión hídrica y escorrentía, con pendientes de 45° y 60°. El quinto tratamiento (control) hidrosiembra sin geomanta sembrado con gramíneas (70%) y leguminosas (25%) con una densidad de siembra de 70 g. Las precipitaciones fueron generadas a través de riego por aspersión durante 2 minutos cada 2 horas al día, las mediciones de sedimentos fueron con una muestra de 500 ml para cada parcela después de cada evento de precipitación. Fibra de coco y yute tuvieron un aumento de escorrentía 2 y 3 mayor respecto al control, respecto a las geomantas de poliéster tuvieron valores similares a la hidrosiembra. En cuanto a la pérdida de suelo por erosión hídrica, poliéster tridimensional y fibra de coco tuvieron bajas pérdidas con 0,6 g y 1,5 g respectivamente.

Por otro lado, es importante mencionar respecto a la composición de las geomantas de poliéster, donde Wiewel (2016), identificó 42 aditivos de polímeros, 26 tenían ecotoxicidad en términos de persistencia REACH. Analizó su degradación y el impacto en el medio ambiente sobre la exposición a rayos UV, resultando en partículas de microplásticos menores a 5 mm. Adicionalmente, las geomantas de poliéster están compuestas por aditivos para mejorar su estabilidad, pero su exposición degrada los polímeros pudiendo ocurrir una descomposición y posterior lixiviación, efectos adversos sobre la flora y fauna por interferencias de partículas.

5.6.2.4. Control con bioingeniería

Fernandes & Guiomar (2015), indican que en condiciones mediterráneas es aún más complejo, dado a la variabilidad del clima durante el año, en consecuencia, una incertidumbre al momento de la instalación y por ende el crecimiento de la vegetación. En su estudio, evaluaron a corto y largo plazo las técnicas en estabilización de taludes, encontrando una viabilidad en climas mediterráneos, siempre y cuando el desarrollo de la vegetación sea el adecuado. Además, sus resultados indican la falta de datos sobre características geotécnicas de la vegetación mediterránea, siendo complejo en un contexto geoecológico, especialmente en ángulos de inclinación mayor que el ángulo de fricción del material del sustrato.

5.6.2.5. Control con hidrosiembra

La hidrosiembra corresponde a un método simple y económico con el objetivo de estabilizar el suelo y favorecer exitosamente la revegetación, por otro lado, previene la erosión del suelo ya que ayuda al establecimiento de la cobertura vegetal. La hidrosiembra consiste en la proyección de una mezcla homogénea de semillas, mulches, estabilizadores de suelo, fertilizantes y otros elementos sobre el suelo mediante una máquina llamada hidrosembadora (Castellano-Hinojosa *et al.*, 2016).

Una de las principales ventajas de este sistema, es el establecimiento de forma más rápida de la vegetación en comparación con las siembras manuales, se ahorra en costos de mano de obra, considerando que en un solo día una persona puede sembrar cerca de dos hectáreas con un equipo de 6.000 litros de capacidad. Por otro lado, la precisión que proyecta el contenido de la hidrosiembra es elevada, permitiendo que la vegetación se establezca un 20 a 25% más rápido que con cualquier otra siembra mecánica o manual (Giráldez *et al.*, 2014).

5.6.2.6. Control combinado: hidrosiembra con geomanta orgánica

Sáez (2015), analizó la influencia de geomantas en la hidrosiembra en seis taludes de alta pendiente, dividiéndolos en doce franjas experimentales, con el objetivo de comparar tres

tratamientos (hidrosiembra, hidrosiembra y geomanta de fibra de coco e hidrosiembra y geomanta de rastrojo de trigo), control (libre exposición), todos en tres repeticiones. Las variables que midió fueron: temperatura, humedad, material erosionado y precipitaciones, todas las mediciones fueron bajo condiciones ambientales naturales. Los resultados para el tratamiento combinado (hidrosiembra con geomantas orgánicas) presentaron un aumento del 14% promedio respecto a hidrosiembra y en temperaturas tuvo un aumento de 5°C y 4°C en fibra de coco y rastrojo de trigo. La Geomanta de fibra de coco redujo el material erosionado en 3.200% (libre exposición) y 650% (hidrosiembra). El rastrojo de trigo redujo en 2.300% (libre exposición) y 450% (hidrosiembra). En cobertura vegetal para hidrosiembra 55% en 2 meses, 52% hidrosiembra con fibra de coco y finalmente hidrosiembra con rastrojo de maíz un 78%, resultado similar al que obtuvo Villafaña (2015), quien obtuvo para hidrosiembra más yeso agrícola (4,2%), hidrosiembra con polímero SNF (11%) y (79%) para hidrosiembra más geomantas de afrecho de trigo.

5.6.2.7. Hidrosiembra con leguminosas

La utilización de plantas leguminosas, es un tratamiento eficaz en la restauración ambiental de taludes con suelo degradado, al incorporar nitrógeno al suelo (Castellano-Hinojosa *et al.*, 2014). Aquellas especies que pertenecen a esta familia, son una de las tres ramas de vegetales claves para el funcionamiento del suelo y el establecimiento de las plantas, con ello los organismos que forman la costra biológica y lombrices (Valladares *et al.*, 2011).

Sprent (2007), afirma que las Leguminosas, son una de las pocas familias de plantas superiores que tienen la capacidad de formar una simbiosis mutualista con bacterias pertenecientes al suelo, las cuales se establecen en sus raíces (y en algunos casos tallos) de aquellas plantas infectadas. Como consecuencia, se generan nódulos radicales que en cuyo interior, los rizobios se transforman en células especializadas llamadas bacteroides, los cuales son capaces de sintetizar proteínas como la nitrogenasa. Esta es la encargada de reducir el dinitrógeno atmosférico (N_2) a amonio (NH_4^+). Luego, el amonio formado se integra a los productos hidrocarbonados procedentes de la fotosíntesis, para formar estructuras vitales como aminoácidos, proteínas, etc.

En síntesis, los nódulos radicales formados por la asociación simbiótica entre bacterias (p.e. *Rhizobium*) y raíces de plantas leguminosas, permite a las plantas obtener nitrógeno de la atmósfera y, por lo tanto, reducir el uso de fertilizantes químicos (Valladares *et al.*, 2011).

6. Rehabilitación con arbustos leguminosas nativas

El uso de arbustos de leguminosas nativas para recuperar suelos degradados, se ha observado como una oportunidad factible para la rehabilitación de taludes de carretera. Pérez *et al.* (2015), utilizaron arbustos de leguminosas nativas de España, en un ensayo a largo plazo para recuperar suelos degradados del suroeste de dicho país. El objetivo fue, determinar la influencia de la introducción de especies leguminosas arbustivas nativas, inoculadas con sus propias bacterias simbiotes *rhizobiales*. Se evaluaron variables como la supervivencia, el crecimiento vegetativo, el incremento de la fertilidad y comunidad microbiana del suelo. Para cada combinación de especies de suelos y plantas, se aplicaron dos tratamientos: plantas de semillero no inoculado y si inoculadas. Las plántulas fueron inoculadas con rizobios de las especies de plantas en las que se habían recogido del suelo.

Diez plántulas por especies, se plantaron en cada suelo debajo de cada tratamiento. Los ensayos se realizaron bajo condiciones de invernadero y al aire libre. Los resultados mejoraron el rendimiento de las cuatro plantas de leguminosas inoculadas en 92% y 65% para invernadero y campo, respectivamente. Además, aumentó el crecimiento, contenido de nitrógeno del suelo y números de especies acompañantes.

Por otra parte, Cardinale *et al.* (2010), inocularon arbustos de leguminosas nativas de Italia en invernadero y campo, para recuperar una colina degradada por efecto antropogénico. Los resultados demostraron que la inoculación de microsmbiontes en arbustos de leguminosas nativas es una estrategia prometedora para rehabilitar suelos degradados en climas mediterráneos semiáridos potenciando el establecimiento y crecimiento de las plantas hasta dos años.

7. Rehabilitación con genero *Adesmia*

Orchard *et al.* (2009), caracterizaron especies nativas del centro norte de Chile, con capacidades de colonizar sitios con suelo degradados por el uso de la minería. Uno de los géneros presentes, fue el de *Adesmia*.

Otros proyectos en rehabilitación de áreas turísticas han empezado a utilizar el género *Adesmia* por su capacidad de fijar nitrógeno y ser una especie colonizadora en suelos erosionados Caviahue (2018).

8. *Adesmia balsamica*

Según las indicaciones del MOP (2006), las revegetaciones en carreteras deben usar criterios estéticos y ecológicos, relacionadas con características biogeográficas donde se emplacen las obras viales y privilegiar especies propias del entorno del proyecto.

La utilización de arbustos nativos en el paisajismo ayuda a la conservación, especialmente las que se encuentran en estado crítico (Riedemann *et al.*, 2014). De igual forma, se deben utilizar especies perennes, capaces de adaptarse a las condiciones del talud y que exploren un mayor volumen del suelo, facilitando la supervivencia en periodos prolongados de sequía, incluida la capacidad de producción de biomasa (Giráldez *et al.*, 2014).

El uso de siembras con especies no nativas, pueden dominar la comunidad vegetacional del talud, dificultando la dinámica de la vegetación a largo plazo de especies nativas (García-Palacios *et al.*, 2010).

El arbusto *A. balsamica* es una especie perteneciente a la familia de las Leguminosas. Corresponde a un arbusto verde plumizo que alcanza 1,5 m de altura, es una especie perenne de ramas largas y delgadas. Tiene hojas compuestas con 8 a 10 pares de folíolos con glándulas que exudan una resina color amarillo muy aromática. Florece entre agosto y noviembre, su fruto es un lomento seríceo y sus semillas alcanzan el punto de madurez entre noviembre y diciembre. Es endémica desde la región de Valparaíso hasta O'Higgins, tolera sequías al habitar en colinas secas de la Cordillera de la Costa. Forma poblaciones puras y densas de 5.000 m² o más. Su propagación por semillas no tiene grandes inconvenientes, pero para una mayor germinación se deben escarificar las semillas. En un mes la germinación puede alcanzar el 90%, en seis semanas las plántulas alcanzan una altura de 5 cm y en tres meses 40 cm (INIA, 2019).

Actualmente *A. balsamica* es una especie que se encuentra clasificada como Vulnerable, su uso y propagación para rehabilitar suelos degradados contribuiría a proteger y mantener en el tiempo (MMA, 2018).

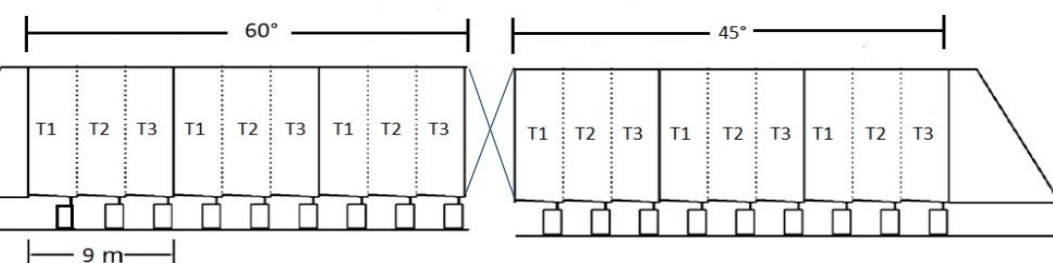
9. Metodología

Sitio de estudio

El ensayo se llevará cabo en la Facultad de Ciencias Agronómicas y de los Alimentos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, ubicada en Calle San Francisco s/n, La Palma, Comuna de Quillota, Región de Valparaíso. Sus coordenadas geográficas son: 32°53'44,04"S y 71°12'25,34"O. El clima es mediterráneo con lluvias invernales y estación seca prolongada en meses estivales (PLADECO Quillota, 2018). Por otro lado, el suelo corresponde a serie Lo Vásquez: Franco arcilloso arenoso, miembro de la familia fina, mixta, térmica de los Ultic Hapoxeralfs (Alfisol) (CIREN, 1997).

Construcción de los taludes

El talud experimental se construirá por medio de una máquina retroexcavadora, generando dos gradientes de pendiente (45° y 60°).



Preparación dosis de hidrosiembra

Los tratamientos serán ejecutados a través de una máquina hidrosembradora marca Suelotech Hydroseeding®, modelo 1000 S5. Sus características técnicas son:

Cuadro 1: Especificaciones técnicas hidrosembradora

Estanque	1000 l
Motor	5 hp
Dimensiones máximas	120 x 220 cm
Lanzamiento horizontal	8 m

Lanzamiento vertical	4 m
Vaciado continuo	10 - 30 min
Rendimiento	350 m ²

Fuente: PROPOL, 2019.

La hidrosiembra se realizará en dos fases: la primera, en la que se añade al agua las semillas junto al estabilizante, el fertilizante, el ácido húmico y el mulch y la segunda corresponde a la de tapado, en la que tan sólo se añade el mulch, en menor proporción que en la fase de siembra, y el estabilizador (GHK, 2009).

La mezcla de semillas consta de especies adaptadas a las condiciones climáticas locales. Se utilizarán semillas previamente escarificadas de *A. balsamica* para mejorar su germinación, debiendo superar el 90% (INIA, 2019).

Cuadro 2: Dosis de hidrosiembra

Fase de siembra	Cantidad/m ²
Agua	2 l
Semillas	12 gr
Estabilizador	20 - 25 gr
Mulch: celulosa	80 gr
Fertilizante N-P-K de liberación lenta	30 gr
Ácido húmico	4 gr
Fase de tapado	Cantidad/m ²
Agua	1,5 - 2 l
Mulch: celulosa	40 gr
Estabilizador	10 - 15 gr

Fuente: GHK, 2009.

Cada tratamiento tendrá tres repeticiones, generando un total de 18 experimentos. El tamaño es de 4 m de ancho por 3 m de largo, además, se dejará un borde de 0,5 m a cada lado, dando un total de 12 m² por parcela, generando un total de 234 m² de terreno a utilizar (Álvarez-Mozo *et al.*, 2014).

Cuadro 3: tratamientos a evaluar:

tratamiento	cobertura	pendiente
-------------	-----------	-----------

T1	vegetación espontanea	45°	60°
T2	rastrojo de trigo + hidrosiembra	45°	60°
T3	fibra de coco + hidrosiembra	45°	60°

9.1. Porcentaje de cobertura vegetal

El porcentaje de cobertura vegetal se determinará a partir de un mes luego de la ejecución de la hidrosiembra con el software ImageJ, el cual permite el análisis y la edición de dichas imágenes. Estas imágenes se tomarán cada semana y serán procesadas a través del análisis colorimétrico asociado a la cobertura vegetal, cabe mencionar que el programa se debe calibrar adecuándolo a las características métricas de cada talud y píxeles de la fotografía, por lo tanto, de acuerdo a cada unidad métrica particular se determina el porcentaje de cobertura vegetal en cada una de ellas (Sáez, 2015).

9.2. Análisis de fertilidad de suelo en taludes

EL análisis de fertilidad de suelo, representa una herramienta relevante para la evaluación de los distintos tratamientos y el efecto sobre la hidrosiembra de *A. balsamica*. Se indicará la disponibilidad de nutrientes y en consecuencia se podrá monitorear la fertilidad de cada talud con mayor precisión.

Por medio de una pala, se tomarán 10 submuestras de suelos homogéneos a una profundidad de 20 cm en cada una de las parcelas (18), las submuestras serán mezcladas en un recipiente limpio, tomando 1 kg sin incluir piedras, posteriormente serán enviadas para un análisis de fertilidad al laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas y de los Alimentos.

El análisis de fertilidad estimará parámetros relevantes como: pH, conductividad eléctrica, porcentaje de materia orgánica, macronutrientes y micronutrientes. Cada uno de estos parámetros se estimará utilizando la metodología mencionada en Sadsawka *et al.* (2006).

El análisis se realizará cada 6 meses, siendo el primero de ellos previo a la hidrosiembra.

9.3. Cuantificación de pérdida de suelo por erosión hídrica

En la base del talud se instalará un sistema de recolección de sedimentos (canaleta y bidones de 60 L) y en la cabecera del talud se construirá una zanja de desviación para evitar aportes de sedimentos desde fuera de la zona de evaluación (Seguel *et al.*, 2014).

Luego de cada evento de precipitaciones, se procederá a la adquisición de muestras del agua contenida en cada bidón. La concentración de sedimento se determinará tomando una muestra homogenizada de 500 ml de cada parcela y una vez completada la medición, los bidones se vaciarán y se limpiarán con agua a presión. Para estimar el contenido de sedimentos, se utilizará el método indicado por Da Veiga y Do Prado (1993).

Las muestras recolectadas en las parcelas de estudio serán rotuladas, para posteriormente ser llevadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas y de los Alimentos PUCV, para determinar su peso seco.

Para el registro de precipitaciones, se utilizará la estación meteorológica de la Estación Experimental la Palma de la Facultad de Ciencias Agronómicas y de los Alimentos.

10. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de este estudio, serán analizados utilizando el sistema de análisis de varianza (ANOVA). La comparación de las medias se realizará con el test Tukey HSD con un 5% de significancia. Todos los análisis se realizaron mediante el software STATISTICA (Statsoft Inc. Tulsa, OK) versión 13.0 para Windows.

11. Bibliografía

- Álvarez, E., Asensio, Carmelo., Martínez, María., Molina, Yolanda. 2008. Estudio comparativo de dos técnicas de revegetación para la optimización de la estabilidad en taludes con pendientes superiores al 3H:2V. Dirección general de carreteras, Generalitat de Catalunya.
- Álvarez-Mozos, J., Abad, E. Giménez, R., Campo, M., Goñi, M., Arive, M., Casali J., Díez J and Diego, I. 2013. Evaluation of erosion control geotextiles on steep slopes. Part 1: Effects on runoff and soil loss. *Catena*, 118, p. 168-178.
- Bañon L. y Beviá J. 2000. Manual de carreteras. Sección 16. p 6-16 Volumen 2. Editor Ortiz e Hijos, Contratistas de Obras, S.A. Universidad de Alicante, España.
- Bascuñán, 2010. Relación entre la erosión producida por un flujo superficial en suelos finos y algunas propiedades de estos. Memoria para optar al título de ingeniero civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. p.21 y 22.
- Bergen, SD., Bolton, S., Fridley, JL. 2001. Design principles for ecological engineering. *Ecol. Eng.* 18: p. 201-210.
- Bisaro A, Kirk M., Zdruli, P., Zimmermann, W. 2014. Global driver setting desertification research priorities: insights from a stakeholder consultation forum. *Land Degradation & Development* 25: p. 5–16.
- Brunel, N. y Seguel, O. 2011. Efectos de la erosión en las propiedades del suelo. *Agro sur*, vol. 39, no.1, p.1-12.
- Cardinale, M., Brusetti, L., Lanza, A., Orlando, S., Daffonchio, D., Puglia, A. and Quatrini, P. 2010. Rehabilitation of Mediterranean anthropogenic soils using symbiotec wild legume shrubs: Plant establishment and impact on the soil bacterial community structure. *Applied Soil Ecology*, 46: p. 1-8.

- Castellano-Hinojosa, A., Contreras-Medrano, V. y Bedmar, E. 2016. Utilización de plantas leguminosas en restauración medioambiental de taludes y suelos degradados. *Sociedad de Ciencias de Galicia*. 16. p. 48-59.
- Castro, A., 2010. Técnicas de protección de taludes viales utilizadas en la zona central de Chile. p. 25-47-68. Memoria para optar al título de ingeniero civil, Universidad de Chile, Facultad de ciencias Físicas y Matemáticas.
- CChC, 2016. Cámara Chilena de la Construcción. Infraestructura que nos conectada. Apoyo logístico. Capítulo 4, Vialidad interurbana. p.157.
- Cepeda, J., Leal, L., García, P. 2009. Conservación y explotación de carreteras. p. 12-13 Segunda edición. Editorial Tornapuntas, Madrid. España.
- Cerda, A. 2007. Soil water erosion on road embankments in easter Spain. *Science of the Total Enviroment*, 378: p. 151-155.
- CIREN. 1997. Estudio agrológico V región, Descripción de suelos. Materiales y símbolos. publicación CIREN n°116. Editorial CIREN, Santiago, Chile. p. 155 y 156.
- Cisneros, J., Cholaky, C., Cantero, A., González, J., Reynero, M., Diez, A., Bergesio, L., Amuchástegui, A., Degioanni, A. 2012. Erosión hídrica. Principios y técnicas de manejo. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. p. 63.
- Da Veiga, M., Do Prado L. 1993. Manual para la instalación y conducción de experimentos de pérdida de suelos. FAO, Documento de Campo N° 1. Italia.
- De Matteis. A. 2003. Geología y Geotecnia: Estabilidad de taludes. Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario. Argentina. p.3
- Dirección de Vialidad, 2016. Infraestructura vial en Chile. 12° Congreso Nacional del Acero, Instituto Chileno el Acero.
- Fernandes, J. and Guiomar N. 2015. Simulating the stabilization effect of soil bioengineering interventions in Mediterranean environments using limit equilibrium stability models and combinations of plant species. *Ecological Engineering*, 88, p.122-142.
- García-Fayos P, Recatalá T.M, Cerdá A, Calvo A. 1995. Seed population dynamics on badland slopes in south eastern Spain. *J. Veg. Sci.* 6: p. 691-696.

- Giráldez JV, Madrid R, Rodríguez A, Contreras V, Blanca L, Taguas E, Viedma A, Vanwallegem T, Gómez A. 2014. Manual de técnicas de estabilización biotécnica taludes de infraestructuras de obra civil. p. 7 y 9. Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. Consejería Fomento y Vivienda. Junta de Andalucía. España.
- Gray, DH. 1996. Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: a practical guide for erosion control. John Wiley, Nueva York. EEUU.
- Hernández A.J. y Pastor, J. 2008. La restauración en sistemas con suelos degradados: estudio de casos en agroecosistemas mediterráneos y taludes de carretera. En: Contaminación de Suelos. Tecnologías para su Recuperación. (eds. R. Millán y C. Lobo): 545-564. Ed. CIEMAT, Madrid. <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S06.htm>. Leído el 22 de septiembre de 2018.
- Hess, A. 2005. Impacto ambiental de componentes y materiales de edificios. Instituto de estabilidad, Facultad de ingeniería, UNNE. p. 2.
- IMT, 2012. Metodología para la gestión de cortes carreteros. p. 4 y 12. Editorial secretaría de comunicaciones y transportes, instituto mexicano del transporte, Sanfandila, Qro, México.
- INIA, 2019. Fichas Especies, Banco de Semillas. *Adesmia balsamica*. p.1-4.
- Keesstra, SD, Geissen, V., van Schaik, L., Mosse, K., Piirainen, S. 2012. Soil as a filter for groundwater quality. *Current Opinions in Environmental Sustainability* 4: p. 507–516.
- López. J. 2002. Manual de estabilización y revegetación de taludes, segunda edición, p. 26 y 303 Editorial U.D. Proyectos, 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. Centro de ciencias medioambientales y científicas. I congreso de ingeniería civil, territorio y medio ambiente, Madrid. febrero de 2002. Madrid, España. p. 1549 y 1551.
- Mehta, K. 2001. Reducing the environmental impact of concrete. *Concrete can be durable and environmentally friendly*. p. 61-66
- MMA, 2018. Inventario nacional de especies de Chile. http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/ficha_indepen.aspx?EspecieId=341&Version=1. Leído el 12 de noviembre de 2018.

- MOP. 2006. Manual de manejos de áreas verdes para proyectos concesionados. p. 12-19-20 Versión 2.01, Editorial Dirección General de Obras Públicas, Coordinación General de Concesiones, Santiago, Chile.
- MOP, 2013. Manual de planes de manejo ambiental para obras concesionadas. Ministerio de Obras Públicas de Chile. Versión 7.01, de 2013. p. 57 y 58.
- MOP. 2016. Concesiones de Obras Públicas en Chile 20 años. p 7 y 29.: Editorial División de Estudios y Análisis Financieros, CCOP-MOP, Santiago, Chile.
- Muñoz, O. 2007. El suelo: diagnóstico de la situación del recurso. p. 23. Licenciado en ciencias jurídicas, Universidad de Chile, Facultad de Derecho.
- Orchard, C., León-Lobos, P and R. Ginocchio. 2009. Phytostabilization of massive mine wastes with native phytogenetic resources: potential for sustainable use and conservation of the native flora in north-central Chile. *Cien. Inv. Agr.* 36 (3): p. 329-352.
- Pérez, M., Calvo, E. and Valentine, A. 2015. Benefits of the symbiotic association of shrubby legumes for the rehabilitation of degraded soils under mediterranean climatic conditions. *Wiley Online Library*, 27: p. 395-405.
- Repetto-Giavelli, F, & Teneb B. 2012. Análisis de la regeneración natural de la vegetación en taludes de caminos de la Ruta Y-85, Parque Karukinka, Tierra del Fuego, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 40(2): p. 55-65.
- Roa-Fuentes, LL., Martínez-Garza, C., Etchevers, J., Campo, J. 2015. Recovery of soil C and N in a tropical pasture: passive and active restauration. *Land Degradation & Development* 26: p. 201–210.
- Saez, 2015. Influencia de biomantos de fibra vegetal en la germinación de hidrosiembra en taludes de alta pendiente. Proyecto de Título presentado en conformidad para obtener el título de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad del Bío-Bío. Chile. p. 24-29.
- Séré, G., Schwartz, C., Ouvrard,S., Sauvage,C., Renat, J.-C., Morel, J. L., 2008. Soil construction: a step for ecological reclamation of derelict lands. *J. Soils Sediments* 8, p. 130–136.
- Seguel, O., Casanova, M., Aguirre, G., Kremer, C., Nájera, F., Benavides. 2014. Evaluación de coberturas de taludes en un suelo sometido a extracción de áridos subsuperficiales. *Agro sur*, 2014, vol.42, no.2, p.1-11.

- Sprent JI. 2007. Evolving ideas of legume evolution and diversity: a taxonomic perspective on the occurrence of nodulation. *New Phytologist*. 174: p. 11-25.
- Sutherland, RA, 1998. Sistemas de control de la erosión laminados para la protección de superficies de laderas: una revisión crítica, la síntesis y el análisis de los datos disponibles. I. Antecedentes y años de formación. *Degradación de la Tierra y el Desarrollo* 9, p. 465 - 486.
- Tormo, J., Bochet, E., García-Fayos., P. 2009. Restauración y revegetación de taludes de carreteras en ambientes mediterráneos semiáridos: procesos edáficos determinantes para el éxito. *Boletín de Ecosistemas* 18 (2): p. 79-90.
- Valladares, F. Peñuelas, J. De Luis Calabuig E. 2005. Impacto de los ecosistemas terrestres. p. 69. Leído el 30 de octubre de 2017, de http://www.jmcprl.net/publicaciones/f13/cambio%20climat%20espa%C3%B1a/02_ecosistemas_terrestres.pdf.
- Valladares, F., Balaguer, L., Mola, I., Escudero, A., Alfaya, V. 2011. Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte. p. 20-21-87-88-103-104-105. Bases científicas para soluciones técnicas. Fundación Biodiversidad, Madrid, España.
- Verdugo, J. 2007. Desarrollo de una metodología para evaluar la susceptibilidad de los taludes de suelo al efecto de la erosión por flujo superficial. p. 11-12, Ingeniero civil, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago, Chile.
- Vetterlein, D., Hüttl, R.F., 1999. Can applied organic matter fulfil similar functions as soil organic matter Risk–benefit analysis for organic matter application as a potential strategy for rehabilitation of disturbed ecosystems. *Plant Soil* 213, p. 1–10.

12. Plan de trabajo

13. Resultados esperados

Cuadro 4: Resultados esperados para cada objetivo específico.

Objetivos específicos	Resultados esperados
Estimar el porcentaje de cobertura vegetal de la hidrosiembra de <i>A. balsamica</i> utilizando geomantas de fibra de coco y rastrojo de trigo sobre taludes de carretera	Conocer el porcentaje de cobertura vegetal de <i>A. balsamica</i> con geomantas de fibra de coco y rastrojo de trigo sobre taludes de carretera.
Determinar la fertilidad del suelo sobre taludes de carretera con hidrosiembra de <i>A. balsamica</i> utilizando geomantas de fibra de coco y rastrojo de trigo.	Tener un registro de la fertilidad del suelo entregada por <i>A. balsamica</i> con geomantas de fibra de coco y rastrojo de trigo sobre taludes de carretera.
Cuantificar la pérdida de suelo por erosión hídrica sobre taludes de carretera con hidrosiembra de <i>A. balsamica</i> y geomantas de fibra de coco y rastrojo de trigo.	Contar con un indicador de la pérdida de suelo sobre taludes de carretera con hidrosiembra de <i>A. balsamica</i> y geomantas de fibra de coco y rastrojo de trigo.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

14. Organización

14.1. Cargos y funciones

Nombre del profesional	Formación/grado académico	Cargo en el proyecto	Meses	Costo del personal	Total
Felipe Celedón	Ing. Agrónomo	Jefe de proyecto	24	\$1.000.000	\$24.000.000
Por confirmar	Técnico agrícola	Apoyo técnico	22	\$430.000	\$8.300.000
Por confirmar	Ing. Estadística	Análisis de datos	8	\$700.000	\$5.600.000
	Subtotal				\$35.900.000

15. Presupuesto

15.1. Presupuesto total por cuenta

	Cuenta	Aporte		Total
		Pecuniario (fondo concursable)	No pecuniario (PUCV)	
A.	Total recursos humanos	\$35.900.000	-	\$35.900.000
B.	Total subcontratos	\$3.984.772	-	\$3.984.772
C.	Total difusión	\$428.246	-	\$428.246
D.	Total infraestructura y bienes de capital	\$3.200.000	\$11.008.990	\$14.208.990
E.	Total operación	\$2.138.914	-	\$2.138.914
F.	Total administración	-	\$8.555.914	\$8.555.914
	Porcentaje de aporte	70%	30%	100%
	Total	\$45.651.882	\$19.564.904	\$65.216.786

15.2. Presupuesto total por año

	Cuenta	Año 1	Año 2	Total
A.	Total recursos humanos			\$ 35.900.000
	<i>Pecuniario</i>	\$ 18.100.000	\$ 17.800.000	
	<i>No Pecuniario</i>			
B.	Total subcontratos			\$ 3.984.772
	<i>Pecuniario</i>	\$ 1.985.386	\$ 1.999.386	
	<i>No Pecuniario</i>			
C.	Total difusión			\$ 428.246
	<i>Pecuniario</i>		\$ 428.246	
	<i>No Pecuniario</i>			
D.	Total infraestructura y bienes de capital			\$ 14.208.990
	<i>Pecuniario</i>		\$ 3.200.000	
	<i>No Pecuniario</i>	\$ 11.008.990		
E.	Total operación			\$ 2.138.914
	<i>Pecuniario</i>	\$ 1.456.714	\$ 682.200	
	<i>No Pecuniario</i>			
F.	Total administración			\$ 8.555.914
	<i>Pecuniario</i>			
	<i>No Pecuniario</i>	\$ 4.277.957	\$ 4.277.957	
	Total	\$ 36.829.047	\$ 28.387.789	\$ 65.216.346
	<i>Pecuniario</i>			\$ 45.651.882
	<i>No Pecuniario</i>			\$ 19.564.904