



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA
NATURALEZA

EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE OASIFICACIÓN EN AMBIENTES
SEMIÁRIDOS DE LA REGIÓN DE VALPARAÍSO: EXPERIENCIA EN LA
EMPRESA BIOCYS

Informe Final Práctica Profesional para optar al Título Profesional de Ingeniero
Forestal

KEVIN CASIMIRO ACEVEDO DÍAZ

Profesor Guía: Sr. Eduardo Martínez Herrera, Ingeniero Forestal, Doctor en Ciencias
Silvoagropecuarias y Veterinarias.
Colaborador: Sr. Mauricio Lemus Vera, Ingeniero Forestal.

Santiago, Chile
2022

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA
NATURALEZA

EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE OASIFICACIÓN EN AMBIENTES
SEMIÁRIDOS DE LA REGIÓN DE VALPARAÍSO: EXPERIENCIA EN LA
EMPRESA BIOCYS

Informe Final Práctica Profesional para optar al Título Profesional de Ingeniero
Forestal

KEVIN CASIMIRO ACEVEDO DÍAZ

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Eduardo Martínez Herrera	...6,4...	.....
Prof. Consejero Sr. Mario Gallardo	...7,0...	.....
Prof. Consejero Sr. Gabriel Mancilla	...6,6...	.....

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. MATERIAL Y MÉTODO	5
2.1. Material.....	5
2.1.1. Empresa BIOCYS	5
2.1.2. Área de estudio.....	5
2.2. Método.....	11
2.2.1. Actualización del estado del arte de la oasisificación	11
2.2.2. Análisis de trabajos en la(s) obra(s) y proyecto(s) reciente(s) de oasisificación de la empresa Biocys	12
2.2.3. Propuesta de mejoras en las obras y/o incluir nuevas prácticas de Oasisificación de la empresa Biocys	18
3. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	20
3.1. Actualización del estado del arte de la oasisificación.....	20
3.1.1. Cambio climático	20
3.1.2. Proyecciones en Ambientes Semiáridos.....	20
3.1.3. Sequía en Chile	21
3.1.4. Erosión hídrica	21
3.1.5. Desertificación y Degradación	22
3.1.6. Rehabilitación áreas degradadas	22
3.1.7. Oasisificación.....	23
3.1.8. Obras de conservación de aguas y suelos (OCAS).....	23
3.1.9. Monitoreo de Restauración de Bosques	24
3.2. Análisis de las obras de oasisificación en un sitio piloto en la comuna de Casablanca, Región de Valparaíso	25
3.2.1. Resultados, Análisis y Discusión del Monitoreo.....	25
3.3. Propuesta de mejoras en las obras y prácticas de Oasisificación de la empresa Biocys	37
4. CONCLUSIONES.....	39
5. BIBLIOGRAFÍA.....	41
6. APÉNDICES	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Metro lineales y cantidad de OCAS por área de trabajo.....	8
Cuadro 2. Tabla de especies seleccionadas para el enriquecimiento de OCAS con ejemplares nativos con su respectiva densidad y cantidad de plantas totales del proyecto.....	10
Cuadro 3. Formulario Monitoreo Enriquecimiento.....	14
Cuadro 4. Factor K de erodabilidad del suelo según la textura.....	15
Cuadro 5. Factor C para praderas permanentes, terrenos baldíos y bosques pastoreados.....	16
Cuadro 6. Factor P de prácticas de conservación.....	17
Cuadro 7. Recuento de Vitalidad y Sobrevivencia según Especie.....	28
Cuadro 8. Recuento de la Vitalidad según las distintas áreas de trabajo.....	28
Cuadro 9. Promedio y Desviación estándar de la altura para cada área de trabajo.....	28
Cuadro 10. Promedio y Desviación estándar de la altura para cada especie plantada.....	30
Cuadro 11. Promedio y desviación estándar del DAC para cada área de trabajo.....	31
Cuadro 12. Promedio y desviación estándar del DAC para cada especie.....	31
Cuadro 13. Pérdidas de suelos estimadas con el Modelo USLE para cada ladera según su tratamiento.....	32
Cuadro 14. Promedio y Desviación estándar de la pérdida de suelo para cada tratamiento.....	33
Cuadro 15. Contenido de humedad y densidad aparente para cada Ladera.....	34
Cuadro 16. Tabla ANDEVA del contenido de humedad según los tratamientos (CON y SIN OCAS).....	34
Cuadro 17. Tabla ANDEVA de la densidad aparente según los tratamientos (CON y SIN OCAS).....	34
Cuadro 18. Altura promedio de los individuos plurifustales manejados incluidos en el estudio según su especie e intensidad de raleo.....	37
Cuadro 19. DAC promedio de los individuos plurifustales manejados incluidos en el estudio según su especie e intensidad de raleo.....	37
Cuadro 20. Formulario enriquecimiento completado con datos de terreno.....	51
Cuadro 21. Formulario Monitoreo de OCAS (Cálculo Erosión a través de USLE).....	69
Cuadro 22. Cálculo Densidad aparente y Contenido de humedad.....	73
Cuadro 23. Tabla de los ejemplares evaluados en el monitoreo junto a sus coordenadas geográficas, nombre de especie e intensidad del raleo y con la actualización del n° de vástagos, rango de altura y rango de DAC.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano Final Proyecto Rehabilitación Ecológica Santa Marta De Lo Orrego.....	6
Figura 2. Plano de Monitoreo del predio.....	25
Figura 3. Gráfico de Barras de la frecuencia de los distintos resultados para la variable Vitalidad.....	26
Figura 4. Histograma de la variable altura para las distintas áreas de trabajo.....	28
Figura 5. Histograma de la variable DAC para las distintas áreas de trabajo.....	29
Figura 6. Gráfico de Medias de Pérdidas de suelo (erosión) según tratamiento.....	32
Figura 7. Gráfico de medias del contenido de humedad según los distintos tratamientos.....	36
Figura 8. Gráfico de medias de la densidad aparente según los distintos tratamientos.....	36
Figura 9. Medición de Altura.....	45
Figura 10. Medición de DAC.....	45
Figura 11. Medición densidad aparente.....	45
Figura 12. Medición manejo silvicultural.....	45
Figura 13. Quebrada testigo.....	46
Figura 14. Ladera 3.....	47
Figura 15. Ladera 4.....	47
Figura 16. Ladera 5.....	48
Figura 17. Ladera 6.....	49

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia, agradezco por su valiosa ayuda y disposición para orientarme a mi profesor guía Eduardo Martínez, quien depositó su confianza en mí y me hizo generar un vínculo con la empresa Biocys, a la cual también le doy las gracias por las experiencias como practicante y por confiar en mí para tomar decisiones de índole administrativa y logística y también acercarme al mundo laboral como Ingeniero Forestal.

Agradezco a todas las personas que estuvieron a mi lado en esta etapa tan difícil como es la Universidad, agradezco a mi familia por su apoyo y aliento constante, al igual que algunos de mis amigos y en especial a mi novia Geraldine, quien fue la que me dio su apoyo y amor constante en cada etapa de la universidad, también a su familia, quienes me ayudaron en la motivación de no decaer a pesar de los problemas externos que se presentaron sobre la marcha en este proceso universitario. Sin embargo, nada de esto hubiera sido posible sin la ayuda de Dios.

Finalmente, le doy gracias a todas las personas que están detrás de este proceso universitario como lo son las autoridades, docentes, compañeros y compañeras y funcionarios de las Universidad de Chile, quienes son imprescindibles para la conclusión de esta etapa de mi vida.

RESUMEN

La región de climas áridos y semiáridos de Chile se encuentra dentro de las áreas con mayor degradación, esto es proliferado por el fenómeno cambio climático. Frente a estos problemas, la restauración ecológica es una opción viable por ser el método más efectivo para recuperar la cobertura vegetal en zonas degradadas. Para ello, es necesario hacer eficiente el uso del agua, suelo y minerales. La oasisificación es el proceso opuesto a la desertificación y consiste en rehabilitar áreas degradadas a través de la construcción de obras de conservación del agua y suelos (OCAS) para preparar el suelo al momento de forestar la zona o área degradada. Bajo este contexto, el enfoque del presente estudio es evaluar prácticas de oasisificación en ambientes semiáridos de la Región de Valparaíso, específicamente en el predio Santa Marta de Lo Orrego, Casablanca. Esta zona con bosque nativo fue afectada por un incendio en el 2017. Debido a esto, la empresa Biocys implementó un proyecto de rehabilitación ecológica para 5,8 hectáreas, realizando construcción de OCAS, enriquecimiento con especies nativas y manejo silvicultural a los individuos remanentes del incendio. En el marco de una práctica profesional en dicha empresa, se planificó y realizó el monitoreo a cada una de las acciones realizadas en este proyecto implementado en 2020, para el enriquecimiento se evaluó la sobrevivencia y vitalidad de las plantas como también sus variables morfológicas. Para las OCAS se evaluó el efecto sobre la erosión y las propiedades del suelo, mientras que para el manejo silvicultural se evaluó el vigor de los individuos remanentes manejados.

Se encontró que la altura, el DAC, la vitalidad y sobrevivencia presentaron similares tendencias mostrando mejores resultados las plantas ubicadas en el sector rehabilitado que en el sector control, específicamente en las obras líneas de sacos y microterrazas forestales. La sobrevivencia superó el 60%. Con respecto al suelo, la estimación de erosión indicó que los sitios con OCAS retuvieron más sedimentos que el sector control. Para las propiedades del suelo y para el vigor de los individuos manejados los cambios no fueron significativos y se requiere de más tiempo de seguimiento para obtener resultados más fidedignos.

Palabras claves: Ambientes semiáridos, oasisificación, restauración ecológica, monitoreo.

ABSTRACT

The Chilean region of arid and semi-arid climates it's found within the areas of further degradation, this is proliferated by to climate change phenomena. Facing these problems, the ecologic restoration is an available option to be the most effective method to rescue the vegetal cover in degraded areas. For this, it is necessary to make efficient use of water, soil and minerals. The oasisification is the opposite process to desertification and it consist in rehabilitate degraded areas through the construction of "Water and Soil Conservation Works (OCAS)" to prepare the soil when it will be done the afforestation of degraded area. Under this context, the study approach was assessed oasisification practices in semi-arid environment in Valparaíso Region, specifically on property "Santa Marta de Lo Orrego" in Casablanca. It's zone with native forest was affected by a burning in 2017. Due this, the Biocys company implemented a ecologic restoration project to 5,8 hectares doing to construction of OCAS, afforestation with native species and silvicultural management to remnant plants of burning. Within the framework of a professional practice in Biocys company, it was monitored each action of this implemented project in 2020. For the afforestation was assessed the survival, vitality, and morphological variables of plants. For the OCAS was assessed its effect on erosion and soil properties. For the silvicultural management was assessed the vigor of remnant plants with management.

For the afforestation was proved that the height, diameter, vitality, and survival of plants they showed similar tendencies with best results for the plants located in the rehabilitated site than the control site, primarily in the works lines of sacks and forest micro terraces. The survival exceeded 60 %. About soil, the erosion estimation indicated that the sites with OCAS retained more sediments than the control site. For the soil properties and the vigor of remnant plants the changes weren't significant, and more follow-up time is required to get more reliable results.

Key words: Semi-arid environment, oasisification, ecologic restoration and monitoring.

1. INTRODUCCIÓN

Debido al inminente avance del cambio climático se calcula que el mundo podría registrar un aumento medio en la temperatura hasta de 3°C o 4°C durante el siglo XXI. Además, las precipitaciones registrarán cambios en sus patrones en todo el planeta. Probablemente, las precipitaciones aumentarán con respecto a la máxima media tropical, disminuirán en los subtrópicos y aumentarán en las latitudes altas, debido a una intensificación general del ciclo hidrológico mundial. Estas consecuencias en conjunto podrían aumentar la sequía de los territorios considerando que Chile se ubica en los subtrópicos (FIA, 2010).

La desertificación es un proceso silencioso que afecta a la región mediterránea de Chile central. La superficie chilena afectada por la desertificación asciende a 47,3 millones de hectáreas (aproximadamente el 62% del territorio nacional) (Huaico, 2018). La actividad silvoagropecuaria es el principal responsable de la pérdida de suelos en ambientes semiáridos de la Región de Valparaíso. Además, en Chile, específicamente en la zona central, caracterizada por tener la mayor densidad poblacional del país y una alta actividad agrícola y forestal, es donde históricamente se ha registrado la mayor ocurrencia de incendios (Fernández *et al.*, 2010). Como consecuencia de estos, los suelos se erosionan y las áreas se vuelven degradadas perjudicando la productividad del ecosistema. En las zonas del secano, el recurso agua ha sido la principal limitante para el éxito de cualquier tipo de cultivo. Los terrenos con altas pendientes no aptos para cultivo anuales o intensivos presentan un gran deterioro, con un avanzado estado de erosión y desertificación (INFOR, 2011).

Para rehabilitar estas áreas, se requiere de una forestación con especies perennes que se establezcan en terrenos forestales sin cubierta boscosa para así producir un incremento en la cantidad de carbono almacenado en el terreno (Ipinza y Barros, 2011). Para ello es necesaria una eficiencia del uso del agua, suelo y minerales en estos territorios. Es por ello por lo que es necesario conocer el término oasisificación. Este neologismo fue propuesto en 1999-2000 por Martínez De Azagra como antónimo de desertificación por aridez edáfica. Se trata de densificar y lignificar la cubierta vegetal, o lo que es lo mismo, revertir el proceso de degradación hídrica, edáfica y botánica que padece una ladera, mediante una correcta preparación del suelo e introduciendo las especies vegetales adecuadas. Pero para ello hay que acudir a sistemas de recolección de agua, es decir: hay que aprovechar la propia degradación de la ladera para acumular el agua de escorrentía en los puntos de repoblación mediante microembalses convenientemente dimensionados. Además de cosechar agua, con la oasisificación se recolectan nutrientes y suelo, por lo que al mismo tiempo se logra el control de la erosión hídrica, tan frecuente en las zonas áridas y semiáridas (Martínez de Azagra *et al.*, 2004).

En el presente documento, en el marco de una práctica profesional en la Empresa Biocys, se evaluaron prácticas y técnicas de la oasisificación. Primero se revisó el estado del arte del concepto oasisificación. Como parte de las labores de la práctica profesional se realizó un

monitoreo en la implementación del compromiso ambiental de Rehabilitación Ecológica en área afectada por incendio forestal en el Predio Santa Marta de Lo Orrego ubicada en la comuna de Casablanca, Región de Valparaíso, correspondiente a la implementación de obras de conservación de suelos, enriquecimiento con especies nativas y labores de manejo silvicultural en un sector de 5,53 ha. La adquisición de conocimientos y experiencia en esta área es imprescindible para actualizar, innovar o proponer mejoras respecto a estas prácticas y conceptos sobre la oasisificación, lo cual se realizará en una sección del informe.

El objetivo de este trabajo fue evaluar prácticas de oasisificación en ambientes semiáridos de la Región de Valparaíso en el marco de una práctica profesional en la empresa Biocys. Específicamente, se propuso:

Actualizar el estado del arte de la oasisificación y rehabilitación de áreas degradadas en ambientes semiáridos.

Analizar y realizar trabajos en la(s) obra(s) y proyecto(s) reciente(s) de oasisificación de la empresa Biocys.

Proponer mejoras en las obras y/o incluir nuevas prácticas de oasisificación de la empresa Biocys.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Material

Se utilizó la información proporcionada la empresa Biocys en que se realizó la práctica profesional. Comprende la descripción de la empresa y las características del área de estudio en donde se implementó el proyecto de oasisificación objeto de estudio en la práctica profesional y analizado en el presente informe. Además, se incluye un listado con los materiales utilizados para las campañas de terreno.

2.1.1. Empresa BIOCYS

Es una empresa chilena que se define como consultora ambiental con reconocida experiencia en la formulación e implementación de soluciones ambientales estratégicas, de alto impacto para el sector minero, energético, agrícola, forestal y gubernamental. En cuanto a sus servicios, la oasisificación se ubica en la sección de Rehabilitación de áreas degradadas, el cual está enfocado en el acondicionamiento del terreno a través de la aplicación de distintos métodos y técnicas para revertir los procesos de degradación hídrica, edáfica y botánica (Biocys, 2020). Entre los proyectos de oasisificación recientes de la empresa, se encuentra el proyecto de rehabilitación de un área afectado por un incendio forestal en el Predio Santa Marta de Lo Orrego, en su ejecución involucró la intervención de 5,53 ha de bosque nativo afectado por un incendio forestal ocurrido durante el año 2017.

2.1.2. Área de estudio

El sector se caracteriza por corresponder a lomaje y quebradas y se ubica en la comuna de Casablanca (Biocys, 2020). Esta comuna se caracteriza por emplazarse en las unidades geomorfológicas definidas como: Valles fluviales, planicies litorales y Batolito Costero (Cordillera), esta última con predominancia (IMC, 2017). La comuna de Casablanca se encuentra clasificada respecto a su vegetación como formaciones de Bosque Esclerófilo y Caducifolio. Específicamente, el área afectada por el incendio en la cual se llevó a cabo el proyecto se ubica en el piso vegetacional Bosque Esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus* (Luebert y Pliscoff, 2006). El siniestro afectó a una superficie que tenía como uso de suelo Bosque Nativo. Debido a las plantaciones de especies exóticas como *Pinus radiata* D. Don (pino), la vegetación de la comuna ha ido cambiando y siendo colonizada en su mayoría por pino. Se sabe que esta especie prolifera su propagación en incendios y sumado a que cada vez la frecuencia de los incendios es mayor, el escenario es poco alentador para el bosque nativo de la zona.

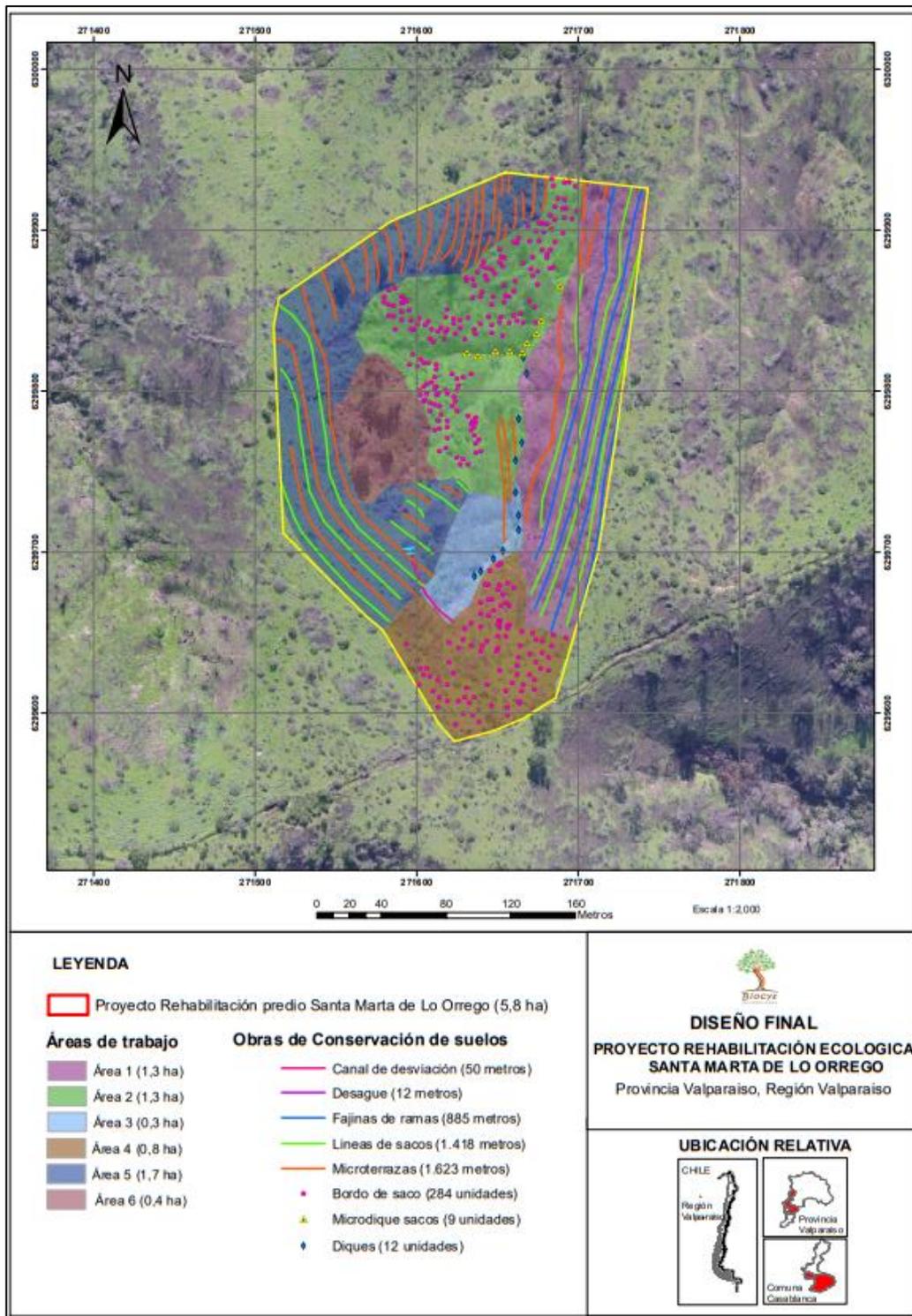


Figura 1. Plano Final Proyecto Rehabilitación Ecológica Santa Marta De Lo Orrego.
Fuente: Biocys (2020).

Este proyecto, en su ejecución involucra la intervención de 5,53 ha de bosque nativo afectado por un incendio forestal ocurrido durante el año 2017.

Por tal razón, era imprescindible realizar una restauración hidrológica y /o ecosistémica del sector, con la finalidad de restablecer su equilibrio ecológico. Dado que las precipitaciones anuales en la región de Valparaíso varían entre los 250 a 450 mm anuales, presentando una baja disponibilidad hídrica para la vegetación en época de verano. Se consideró en este proyecto privilegiar la instalación de un sistema de cosecha de aguas lluvias, para aprovechar y retener la mayor cantidad de agua proveniente de las precipitaciones. Esto con el fin de abastecer la vegetación presente en el sector y suplir las necesidades hídricas de las reforestaciones que se hicieron en el mismo. El tipo de obras utilizadas varió y se adaptó dependiendo de las condiciones particulares del terreno, pendiente y tipo vegetacional existente en el sector intervenido (Biocys, 2020).

El proyecto de Biocys consideró los siguientes trabajos a realizar obras de conservación del agua y suelos (OCAS), enriquecimiento con especies nativas, manejo silvícola, Construcción de corta combustible perimetral y cerco perimetral.

Construcción de obras de conservación del agua y suelos (OCAS)

Debido a que, en un incendio, se degradan parte de las propiedades del suelo relacionadas con la productividad las plantas, existen obras que contribuyen a mitigar los impactos de los incendios como la erosión, compactación, entre otros. Según el análisis teórico y de terreno realizado sobre el sector, las características edafoclimáticas y el modelamiento hidrológico del área de estudio, se han identificado aquellas OCAS factibles aplicar en el proyecto, por lo tanto, se consideró la aplicación de: Bordo de Saco semicirculares, Micro diques de sacos, Canal de desviación, Líneas de sacos en curva de nivel, Microterrazas Forestales, Fajinas de Ramas y Diques de postes y ramas. La distribución espacial y ubicación de cada una de estas obras en el sector en estudio se determinó en base a los factores particulares del terreno, es decir, pendiente, exposición y fisiografía de cada sector (Biocys, 2020).

Con el objetivo de facilitar el diseño y distribución de las actividades a realizar, el sector de 5,8 ha a rehabilitar fue subdividido en 6 áreas de trabajo. La superficie y ubicación de cada uno de los 6 sectores, junto a las obras de conservación de suelos con su ubicación, se presentaron en el plano del proyecto (Figura 1). De acuerdo con esta Figura se consideró la implementación de OCAS en todas las áreas de trabajo definidas, excepto en el área 6 donde solo se consideró la aplicación de manejo silvícola (corta de ejemplares de pino) y enriquecimiento en bosquetes. El detalle de la cantidad de OCAS construidas y los metros lineales por área de trabajo se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Obras de conservación de suelos y aguas (OCAS) por área de trabajo. Para los bordos semicirculares de sacos, micro diques de sacos y diques de postes la cantidad de OCAS se mide en unidades y para las líneas de sacos, microterrazas forestales, fajinas de ramas y canal de desviación, la cantidad de OCAS se mide en líneas. Mientras que para los metros lineales de OCAS su unidad de medida es en metros.

Obras de conservación de suelos	Metros lineales y cantidad de obras (unidades y líneas) por Área de trabajo											
	N°1		N°2		N°3		N°4		N°5		Total	
Bordos semicirculares de sacos			1134	189			570	95			1704	284
Microdiques de sacos			22	9							22	9
Líneas de sacos	845	4							573	7	1418	11
Microterrazas forestales	238	5			151	3			1234	29	1623	37
Fajinas de ramas	885	4									885	4
Diques de postes	2	1	2	1	25	10					29	12
Canal de desviación					28	1			22	1	50	1
Total	1970	14	1158	199	204	14	570	95	1829	37	5731	358

Fuente: Biocys (2020).

Bordos semicirculares de sacos: se instalaron los bordos de sacos en sectores con pendientes pronunciadas para reducir la escorrentía, favorecer la infiltración y capturar sedimentos. La construcción de esta obra consistió en la elaboración de un pequeño surco semicircular de aproximadamente 4 metros de largo, con 30 centímetros de profundidad y 40 centímetros de ancho, y por medio del material extraído del surco se rellenaron sacos de malla raschell de 40 cm de ancho, 60 cm de largo, que llenados con tierra presentaron un espesor de 10 cm, con los cuales se formó un camellón o montículo de sacos de aproximadamente 40 cm de altura. Cada uno de los bordos fue asociado a enriquecimiento, en núcleos de 3 ejemplares, con el objetivo de estabilizar y favorecer la captación de agua para dichos ejemplares arbóreos y arbustivos, ubicándolos en la parte inferior del núcleo, de modo de captar la escorrentía e infiltrarlos en los sectores cercanos a las raíces del árbol.

Microdiques de sacos: se instalaron microdiques de sacos en sectores de quebradas, con pendientes moderadamente inclinadas a escarpadas, para estabilizar quebradas y laderas asociadas a dichas quebradas susceptibles de sufrir erosión, con el objetivo de reducir la escorrentía, frenar la velocidad del flujo de escorrentía y capturar sedimentos. La construcción de esta obra consistió en generar una seguidilla de diques dispuestos consecutivamente en aquellos sectores de cauces, escurrimiento y flujos de agua que se desea controlar. Para ello, se llenaron sacos de malla raschell de 40 cm de ancho por 60 cm de largo, logrando un espesor aproximado de 20 cm por saco, con los cuales se formaron diques

o montículos de sacos sobrepuestos unos sobre otros logrando una altura cercana a 60 cm de altura.

Líneas de sacos: se instalaron las líneas de sacos cada 8 metros en sentido de las curvas de nivel, en laderas de pendientes moderadamente inclinadas a escarpadas, erosionadas o susceptibles de sufrir erosión, con el objetivo de favorecer la protección y estabilización de la ladera, detención del escurrimiento superficial, y acumulación de sedimentos. La construcción de esta obra consistió en primer lugar en la marcación o trazado de las curvas de nivel, tras la marcación de las curvas de nivel se realizó la construcción de un surco de aproximadamente 20 centímetros de profundidad y 40 centímetros de ancho. Por medio del material extraído del surco, se realiza el llenado de sacos de malla raschell, de 40 cm de ancho y 60 cm de largo, que llenos presentan un espesor de 20 cm. Cada línea de saco debe contener una terraza de 40 cm de ancho, con un montículo de 20 cm de altura. Para la ubicación de los siguientes niveles se aterriza el terreno a nivel de la línea de saco precedente de manera tal que la nueva línea de sacos quede ubicada unos 20 cm (según sea la pendiente del terreno) sobre la línea de saco anterior, y dispuesta de forma tal que los sacos superiores se entrecrucen con los inferiores.

Microterrazas: se instalaron las microterrazas forestales cada 8 metros en sentido de las curvas de nivel, con el objetivo es retener la escorrentía superficial, disminuir longitud de la pendiente y su erosividad, mejorando las condiciones hídricas del suelo. Se implementan con el objetivo de favorecer la protección y estabilización de la ladera, y acumulación de sedimentos. La construcción de esta obra consistió en primer lugar en la marcación o trazado de las curvas de nivel. Posteriormente, tras la marcación de las curvas de nivel se realizó la construcción de microterrazas forestales, consistentes en un surco de aproximadamente 20 centímetros de profundidad y 40 centímetros de ancho. Por medio del material extraído del surco se genera un camellón con una altura de aproximadamente 20 cm.

Fajinas de ramas: Las fajinas son obras que regulan los flujos hídricos y retienen sedimentos en sectores con taludes o laderas inestables, disminuyendo la erosión superficial que ocurre al disipar la escorrentía, reducir la velocidad del flujo hídrico, y acumulando los sedimentos arrastrados. En este proyecto se instalaron las fajinas de ramas cada 8 metros en sentido de las curvas de nivel, con el objetivo de favorecer la protección y estabilización de la ladera, detención del escurrimiento superficial, reducción de la velocidad del flujo hídrico y acumulación de sedimentos. Estas obras fueron construidas con ramas de distintas especies arbóreas, aprovechando los residuos existentes en el lugar a intervenir.

Diques de postes: se realizaron principalmente en zonas de zanjas y quebradas, en laderas con pendientes moderadas y escarpadas. Éstos fueron implementados con el objetivo de resistir el desgaste del fondo de las quebradas por efecto del arrastre ejercido por el agua y estabilizar eficientemente las pendientes del lecho en las quebradas. Se instalaron varas verticales separados entre 0,5 a 1 m, enterrados a una profundidad aproximada de 40 cm, además de varas horizontales y ramas clavadas y amarrados con alambre, empotrados 20 a

30 cm en los extremos, dejando los dos primeros bajo tierra, y generalmente en los tres postes superiores se dejó un espacio conocido como vertedero por el cual se canaliza el flujo hídrico el cual debe estar ubicado en el centro del cauce. Finalmente se construyó un dissipador con sacos de malla raschell o los mismos materiales del dique, los cuales se rellenaron de tierra. El ancho de protección de los diques varió entre 1 y 2 m dependiendo de las características del cauce y el ancho de la quebrada en cada punto, y la altura efectiva de acumulación varió entre 0,5 m y 1,1 m.

Canal de desviación: se instaló un canal de desviación como medida para interceptar, desviar y conducir el agua de la escorrentía proveniente de las laderas altas que escurrían hacia la quebrada, las cuales fueron desviadas hacia zonas de seguridad para disminuir el impacto de la escorrentía superficial y amortiguar el efecto del flujo de agua. n generar una excavación del centro del canal, cuyo ancho varía entre 20 y 25 centímetros, posteriormente se excavó el perfil dándole forma a cada sección del canal, el cual sus dimensiones se verificaron con una matriz de madera. Con la tierra extraída se conformaron los camellones en la parte inferior los cuales fueron compactadas apisonando la tierra, en la sección final del canal sobre zonas de mayor estabilidad, se dispuso la sección del canal conocida como vertedero o desagüe, la cual a diferencia del canal tiene 0% de pendiente y no se construye un camellón. En este sector final, se generó un área de recepción conformada por sacas de malla raschell rellenos con tierra para amortiguar la recepción del flujo.

Enriquecimiento con especies nativas

Como consecuencia del incendio ocurrido hubo impactos a nivel de ecosistema, afectando negativamente los distintos ciclos biogeoquímicos de este mismo. Debido a esto, se realizó un enriquecimiento que apunte a recuperar y aumentar la riqueza y abundancia de especies vegetales en el lugar. Para el proceso de reforestación establecido, se consideró la implementación de un sistema vegetacional multiestrato, considerando el establecimiento de especies arbóreas y arbustivas, con la función de complementar la escasa cobertura vegetacional presente en el área. Cabe destacar, que las especies reforestadas son las mismas que se quemaron en el incendio, para así mantener la fisionomía del ecosistema (Cuadro 2). En la selección de plantas se consideró ejemplares de una temporada, producidos en bolsa, con altura mayor a 20 cm, DAC superior a 3 mm y lignificados hasta 2/3 de altura. La plantación se realizó en las casillas ya construidas, las cuales contaban con dimensiones de aproximadamente 40x40x40 centímetros.

Cuadro 2. Tabla de especies seleccionadas para el enriquecimiento de OCAS con ejemplares nativos con su respectiva densidad y cantidad de plantas totales del proyecto.

Categoría	Especie	Densidad (plantas/ha)	Plantas totales proyecto
Arbóreas y arbustivas	<i>Peumus boldus</i>	50	100
	<i>Schinus latifolius</i>	50	303
	<i>Maytenus boaria</i>	50	200

	<i>Quillaja saponaria</i>	100	308
	<i>Cryptocarya alba</i>	50	302
	<i>Senhna candolleana</i>	50	274
	<i>Schinus polygamus</i>	50	279
	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	50	150
	Total plantas		1.916

Fuente: Biocys (2020).

Manejo silvícola

De modo de generar un proceso de rehabilitación completo y potenciar el desarrollo de estos ejemplares remanentes se consideró la implementación de labores de manejo silvicultural correspondiente a Manejo de ejemplares quemados con presencia de rebrote, manejo de ejemplares con presencia de rebrotes y cortas de especies invasoras. Entre los ejemplares quemados se encuentran las mismas especies utilizadas para el enriquecimiento, todas correspondientes al tipo forestal esclerófilo.

Construcción de corta combustible perimetral

Debido a que los incendios forestales son un problema recurrente en el sector de Casablanca, dentro de los compromisos de restauración, protección del recurso forestal y prevención de incendios, se consideró la ejecución de una corta combustible perimetral.

Construcción cerco perimetral

El cerco se construyó para evitar el ramoneo de plantas por parte de roedores o lagomorfos en el sector de la reforestación, de manera de contribuir a la recuperación del ecosistema.

Para la realización de las actividades del Monitoreo de este proyecto de Biocys. Se planificaron campañas de terreno en las cuales se ocuparon distintas herramientas, instrumentos y materiales necesarios para la toma de datos, entre los que se incluyen: odómetros (KAMASA) cinta flagging para marcar, GPS (Garmin), pie de metro digitales (Ubermann), huinchas para medir (DeWALT), clinómetro (SUUNTO) y cilindros de metal para densidad aparente.

2.2. Método

2.2.1. Actualización del estado del arte de la oasisificación

Para dar origen a la presente sección, se realizó una revisión de antecedentes referidos a la temática oasisificación en comunidades vegetales y rehabilitación ecológica post-fuego, los que fueron obtenidas de información digital y escrita, facilitada por distintas instituciones y corporaciones. Se realizaron búsqueda de publicaciones mediante la utilización de

buscadores de revistas científicas en línea, tales como Google Academic, Researchgate, Scielo, Academia.edu. Algunas de las palabras claves que se buscaron fueron las siguientes: oasificación, restauración ecológica, monitoreos, ambientes semiáridos. También se usaron términos más precisos como: Rehabilitación ecológica, incendios forestales, ecosistemas mediterráneos, bosque esclerófilo, ambientes semiáridos, etc.

Con esta información y sumado a la experiencia de la práctica profesional, se realizó una síntesis con enfoque en nuevas obras o prácticas de la Oasificación y su importancia para los ambientes semiáridos. Para así impulsar a seguir actualizando el estado del arte y desarrollo de la Oasificación como herramienta para enfrentar la degradación de los ecosistemas.

2.2.2. Análisis de trabajos en la(s) obra(s) y proyecto(s) reciente(s) de oasificación de la empresa Biocys

En cuanto a las observaciones de parte de Biocys (2020) al implementar el proyecto, se recomendó la realización de un seguimiento semestral de los ejemplares enriquecidos en las OCAS, de modo de poder evaluar la evolución y efectividad de la implementación de la medida de Enriquecimiento forestal mediante OCAS. Por lo tanto, siguiendo estas recomendaciones por parte de la empresa en el informe de término del proyecto, se propuso un monitoreo del primer año posterior a la implementación del proyecto.

2.2.2.1. Monitoreo

Para realizar el monitoreo, se siguieron los pasos propuestos en la “Guía para el monitoreo de la Restauración de Bosques a escala de sitio” (WWF, 2021). Donde se establecen pasos secuenciales para el diseño y planificación del monitoreo.

Para el presente proyecto, el objetivo de la restauración es restablecer el equilibrio ecológico del área afectada por incendio a través de la implementación de obras de conservación de suelos, enriquecimiento con especies nativas, y labores de manejo silvicultural. Asimismo, el objetivo del monitoreo en este caso fue evaluar la eficacia/eficiencia de las obras y/o prácticas de rehabilitación ecológica realizados por Biocys entre los meses de febrero y octubre del 2020, registrando el avance real del cumplimiento de los objetivos de la restauración.

En cuanto a la escala del monitoreo la restauración de bosques a escala de sitio se realiza a escalas grandes y muy grandes. En este caso al ocupar una escala de 1:2000 en el Mapa la escala es muy grande (WWF, 2021). La zonificación en este caso está dada por las áreas de trabajo definidas por la empresa en función de distintas variables topográficas.

El estado actual del ecosistema antes de realizar el proyecto estaba condicionado por un incendio ocurrido en el 2017. La información respecto a las características del lugar es la línea base, donde se describe y caracteriza la vegetación del lugar.

Con el objetivo de poder evidenciar las mejoras del sector mediante las técnicas de rehabilitación implementadas, se realizó una caracterización de un ecosistema testigo en una quebrada aledaña al sector de rehabilitación. Esta quebrada se encuentra ubicada en el lado

este del área de rehabilitación, y corresponde a un sector con las mismas condiciones edafoclimáticas, que también fue afectado por incendio en el año 2017, sin embargo, no estuvo sometido a ningún tipo de mejora o apoyo en su recuperación, por lo cual se establece como sector testigo.

Se realizó un monitoreo básico e intermedio del 10%. La meta de la restauración es restablecer el equilibrio ecológico del ecosistema y controlar la erosión a través de una rehabilitación ambiental. El sector rehabilitado corresponde a 5,4 ha, sin embargo, en el área de trabajo n°6 no se realizaron trabajos, por ende, se descuentan 0,4 ha al área total, es decir, el área quedaría en 5 ha. Como dice en el manual de monitoreo (WWF, 2021), se debe muestrear al menos el 10% de la superficie total. Se realizaron 10 parcelas de 20x25m=500 m², abarcando una superficie de 5000 m². Siendo 2 parcelas de monitoreo para cada área de trabajo dependiendo del tamaño y forma de las áreas de trabajo. En estas parcelas se realizó el monitoreo del enriquecimiento, es decir, el seguimiento de las plantas y sus variables morfológicas. Además, para poder comparar estos resultados se usó una quebrada testigo aledaña al sitio en cuestión, la cual presenta similares características topográficas.

a) **Monitoreo del enriquecimiento con especies nativas:** Para monitorear la eficacia del enriquecimiento se midieron indicadores en las plantas tales como: vitalidad considerando como 1: buen estado (0-20% muerto), 2: malogrado (20-80% muerto), 3: muerta (100% muerto), estado fitosanitario considerando como 1: sana, 2: dañada y 3: enferma, Altura en cm, DAC (diámetro del cuello de la planta) en mm y observaciones (si aplica) para cada planta. Esta información fue registrada en un formulario, junto al número de área de trabajo, número de parcela y especie (Cuadro 3).

Cuadro 3. Formulario Monitoreo Enriquecimiento. Se presentan valores como ejemplo.

Área de trabajo	Parcela	Especie	Altura (cm)	DAC (mm)	Vitalidad	Estado fitosanitario	Observaciones
Ej: 1	Ej: 1	Ej: M. boaria	Ej: 40	Ej: 17,2	Ej: 1	Ej: 1	Ej: rebrotes

b) **Monitoreo OCAS:** Para monitorear la eficacia de las OCAS, se utilizó el ecosistema testigo (quebrada aledaña). Se seleccionaron 4 laderas representativas en el lugar con OCAS y 2 laderas en el lugar sin OCAS. Esto fue posible gracias a la utilización de SIG, realizando un mapa conteniendo los transectos a realizar y los distintos puntos de parcelas a monitorear.

1. Erosión: Para cuantificar la erosión, ya que no se realizaron mediciones directas, se utilizó el modelo USLE, esta es la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelos que permite predecir la pérdida anual del suelo por hectárea. La representación matemática de la ecuación es:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

En donde:

A = Pérdida media de suelos por hectárea ($t, ha^{-1} año^{-1}$)

R = Factor de erosividad de la lluvia ($MJ, mm/ha^{-1}, h^{-1}$)

K = Factor de erosionabilidad del suelo ($t^*h, MJ/cm$)

L = Longitud de la pendiente (metros)

S = Factor de pendiente (porcentaje)

C = Factor de manejo de vegetación (adimensional)

P = Factor de prácticas de conservación en el manejo de la vegetación agrícola (adimensional)

El **Factor R** esta referido a la erosividad de la lluvia, este valor fue proporcionado por los miembros de la empresa que estuvieron a cargo del proyecto.

El **Factor K**, representa la susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica, El valor asignado se realizó en base a la clasificación de Stewart et al (1975) cit por (Escobar, 2019), la cual establece el valor K según la clase textural del suelo dependiendo del contenido o porcentaje de materia orgánica asociado al mismo. La textura corresponde a la proporción en la que se encuentran las distintas partículas (arena, limo y arcilla) en el suelo (Martínez *et al.*, 2018). Para determinar el factor K se realizó en terreno la determinación de la textura de suelo (clase textural) para cada gradiente (alto, medio y bajo) de las distintas laderas estudiadas, para esto se ocupó la “Guía de terreno para completar pauta descriptiva de Suelos” (Martínez *et al.*, 2018), específicamente la pauta de decisiones en campo de Casanova (2004) expuesta en su Manual de Edafología. Una vez determinada la textura, se asignaron los valores sugeridos por el Cuadro 4.

Cuadro 4. Factor K de erodabilidad del suelo según la textura.

Clase textural	Materia orgánica (%)			Promedio K
	0,5	2	4	
Arena	0,05	0,03	0,02	0,03
Arena fina	0,16	0,14	0,1	0,13
Arena muy fina	0,42	0,36	0,28	0,35
Areno franco	0,12	0,10	0,08	0,10
Areno franco fino	0,24	0,2	0,16	0,20
Areno franco muy fino	0,44	0,38	0,3	0,37
Franco arenoso	0,27	0,24	0,19	0,23
Franco arenoso fino	0,35	0,3	0,24	0,30
Franco arenoso muy fino	0,47	0,41	0,33	0,40
Franco	0,38	0,34	0,29	0,34
Franco limoso	0,48	0,42	0,33	0,41
Limo	0,6	0,52	0,42	0,51
Franco arcillo arenoso	0,27	0,25	0,21	0,24
Franco arcilloso	0,26	0,25	0,21	0,25
Franco arcilloso limoso	0,37	0,32	0,26	0,32
Arcillo arenoso	0,14	0,13	0,12	0,13
Arcillo limoso	0,25	0,23	0,19	0,22

Fuente: Stewart et al (1975) cit por Escobar (2019).

El factor longitud y grado de pendiente denominado factor **L** y factor **S** están relacionados con el índice topográfico en un solo factor conocido como **LS**, en el modelo, la longitud de pendiente está definida como la distancia desde el punto de origen del flujo superficial o de escorrentía hasta el punto en que la pendiente disminuye lo suficiente para depositar los sedimentos. Para calcular el Factor **LS** la forma de la pendiente es una variable bastante importante que puede ser considerada para los cálculos de erosión de suelos. Una forma de abordar dicho efecto es dividiendo las laderas a considerar en distintos trazos, de tal manera de encontrar una representación media de los factores topográficos (Mancilla, 2008). Los pasos para la determinación de **LS**, una vez establecidos los segmentos, son:

- Listar los segmentos de extremo a extremo.
- Utilizar la fórmula, considerando el largo total de la pendiente con variaciones de inclinación según segmento:

$$LS = (\gamma/22,1)^{0,6} * (s/9)^{1,4}$$

Donde γ corresponde la longitud de la pendiente (en metros), y s el porcentaje de dicha inclinación.

- Utilizar la siguiente fórmula para determinar la proporción de pérdida de suelo según segmento:

$$\text{Fracción de pérdida de suelo: } \frac{i^{m+1} - (i-1)^{m+1}}{N^{m+1}}$$

Donde i es el número secuencial del segmento, m es el exponente de largo de pendiente, y N es el número total de segmentos considerados.

- d) Multiplicar **LS** obtenido para cada segmento por la fracción de pérdida de suelo. Sumar los productos (Mancilla, 2008).

El **Factor C** está representado por el grado de protección de un determinado tipo de cubierta vegetal al suelo, El factor **C** se determinó a partir de las tabulaciones ofrecidas por Wischmeier y Smith (1978) con correcciones por USDA-ARS, según el Cuadro 5. Para determinar el factor C se utilizó el Cuadro 5 teniendo en cuenta el tipo y altura de la cobertura aérea, determinando según fotografías y experiencia de los miembros de la empresa y discusiones entre el equipo de trabajo el porcentaje de cobertura aérea y la cubierta superficial en contacto con el terreno, es decir, el porcentaje de cielo cubierto.

Cuadro 5. Factor **C** para praderas permanentes, terrenos baldíos y bosques pastoreados.

Cobertura aérea Tipo y altura	% Cobertura aérea	Cubierta superficial en contacto con el terreno % de suelo cubierto						
		Tipo	0	20	40	60	80	95+
No apreciable		G	0,45	0,20	0,10	0,042	0,012	0,003
		W	0,45	0,24	0,15	0,091	0,043	0,011
Herbáceas, pastos largos o matorral con altura media de caída de gotas menor a 0,90 metros	25	G	0,36	0,17	0,09	0,038	0,013	0,003
		W	0,36	0,20	0,13	0,083	0,041	0,011
	50	G	0,26	0,13	0,07	0,035	0,012	0,003
		W	0,26	0,16	0,11	0,076	0,039	0,011
	75	G	0,17	0,10	0,06	0,032	0,011	0,003
		W	0,17	0,12	0,09	0,068	0,038	0,011
Arbustos o matorrales con altura media de caída de gotas de 1,95 metros	25	G	0,40	0,18	0,09	0,04	0,013	0,003
		W	0,40	0,22	0,14	0,087	0,042	0,011
	50	G	0,34	0,16	0,08	0,038	0,012	0,003
		W	0,34	0,19	0,13	0,082	0,041	0,011
	75	G	0,28	0,14	0,08	0,036	0,012	0,003
		W	0,28	0,17	0,12	0,078	0,04	0,011
Árboles, pero sin apreciable cubierta arbustiva o de matorral,	25	G	0,42	0,19	0,10	0,041	0,013	0,003
		W	0,42	0,23	0,14	0,089	0,042	0,011

Altura media de caída de gotas de 4 metros,	50	G	0,39	0,18	0,09	0,040	0,013	0,003
		W	0,39	0,21	0,14	0,087	0,042	0,011
	75	G	0,36	0,17	0,09	0,039	0,013	0,003
		W	0,36	0,20	0,13	0,089	0,042	0,011
G = Cubierta superficial está compuesta por pasto o material en descomposición; W= La cubierta superficial está compuesta de herbáceas con poca cobertura radicular o residuos no descompuestos,								

Fuente: Wischmeier y Smith (1978) con correcciones por USDA-ARS.

El Factor **P**, corresponde a un valor asignado de acuerdo con las prácticas de manejo conservacionistas implementadas. En este caso corresponde a la aplicación de OCAS para la reforestación. Para la decisión del valor no se tomó en cuenta la pendiente, ya que el Cuadro 6 está realizado para plantaciones agrícolas y forestales productivas y no para reforestaciones. Solo se tomó en cuenta la longitud de la ladera y el tipo de OCAS utilizada en las distintas laderas (Mancilla, 2008)

Cuadro 6. Factor P de prácticas de conservación.

Pendiente (%)	Cultivo en contorno o curvas de nivel		P para cultivo en terrazas
	P*	Longitud máxima de ladera (m)	
[1-2]	0,6	122	0,12
[3-5]	0,5	91	0,1
[6-8]	0,5	61	0,1
[9-12]	0,6	37	0,12
[13-16]	0,7	24	0,14
[17-20]	0,8	18	0,16
[21-25]	0,9	15	0,18

Fuente: Wischmeier y Smith (1978) con correcciones por USDA-ARS.

2. Densidad aparente y contenido de agua (humedad): En las mismas laderas ocupadas para el monitoreo de erosión se realizó un seguimiento de la densidad aparente y del contenido de humedad con y sin OCAS. Para ello, se tomaron 3 muestras para cada ladera, yendo desde ladera alta hacia ladera baja. Las muestras se tomaron ocupando el método del cilindro de densidad aparente, asegurando cada muestra en una bolsa rotulada con sus atributos, la fórmula de la densidad aparente es (peso del suelo/ volumen suelo). Mientras que para la humedad la fórmula es la siguiente: $((\text{peso húmedo} - \text{peso seco}) / \text{peso seco}) * 100$ (Donoso, 2008). Posteriormente, estas muestras fueron derivadas al Centro de Semillas y Árboles Forestales (CESAF) de la Universidad de Chile, en donde se secaron a 105° en las estufas disponibles, este proceso demora aprox. 48 horas, luego se pesó la muestra en seco y

se hizo la diferencia con la medición inicial de la muestra (en húmedo), obteniendo así la densidad aparente (g/cm^3) y el contenido de humedad (%).

c) Monitoreo del manejo silvícola: El manejo se realizó a través de raleos de los vástagos en los individuos con rebrote con el fin de vigorizar a los vástagos restantes y mejorar su estado sanitario. Por ende, se van a medir indicadores tales como Diámetro y altura de vástagos para evaluar el vigor de los individuos comparando 3 intensidades definidas como: Testigo: ejemplares sin intervención, Raleo de intensidad baja: raleo del 35% de los vástagos presentes en el ejemplar y Raleo de intensidad media: raleo del 50% de los vástagos presentes en el ejemplar. Como son 60 individuos manejados, se monitoreó el 50% de los individuos, es decir, 30. Estos individuos fueron seleccionados en base a una tabla del informe final de proyecto de la empresa, en donde se proporcionaban las coordenadas geográficas de la ubicación de los ejemplares.

2.2.2.2. Análisis de datos

Para procesar los datos se ocupó el software Microsoft Excel y para el análisis estadístico se utilizó el software R 4.1.2. Los datos fueron analizados a través de estadísticas descriptivas y comparación de medias. Se utilizó un diseño de un factor evaluando el efecto de las OCAS sobre las plantas y propiedades físicas del suelo, realizando análisis de varianzas (ANDEVA). Para hacer válido este análisis se validaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad de datos a través de Prueba de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Los mapas y planos se realizaron en el software *QGIS Desktop* 3.16.12.

2.2.3. Propuesta de mejoras en las obras y/o incluir nuevas prácticas de Oasificación de la empresa Biocys

Esta propuesta se realizó utilizando la “Metodología para elaborar un plan de mejora continua” (Proaño *et al.*, 2017). La metodología consta de cuatro niveles:

- Análisis de las causas que provocan el problema: Para cumplir con este requerimiento se recomienda tener en consideración identificar el área y procesos a ser mejorados, analizar el impacto que tiene el proceso en el área y finalmente describir las causas y efectos negativos de la problemática.
- Propuesta y planificación del plan de mejora: Deberá ser viable, flexible y que permita integrar nuevas acciones a corto, mediano o largo plazo, y para lo cual se debe tener en cuenta definir objetivos y resultados del análisis realizado en el análisis anterior, analizar las posibles soluciones, establecer acciones para la solución, verificar la aplicación de las acciones en el proceso, especificar los indicadores que evidencien la mejora en el proceso y finalmente documentar el plan de mejora.
- Implantación y seguimiento continuo: Para realizar la implementación y seguimiento del Plan de mejora es indispensable incorporar al proceso al personal encargado de realizar las acciones propuestas; los mismos que deben ejecutar las siguientes funciones: Informar sobre el plan, ejecutar las acciones programadas con las personas involucradas, dar seguimiento en

base a los indicadores de impacto y desempeño (este deberá realizarse en un periodo determinado por los involucrados), verificar que se cumpla el plan de acuerdo a lo que se proyectó y finalmente valorar el cumplimiento del plan.

- Evaluación de toda la metodología aplicada: Este punto consiste en la verificar el cumplimiento del Plan de mejora continua de acuerdo con la propuesta, planificación e implantación. La evaluación es necesaria para poder observar las irregularidades que han surgido en el tiempo de ejecución. La técnica utilizada para la evaluación del Plan de mejora es: Diseñar un plan de evaluación (basándose en los objetivos e indicadores), ejecutar el plan de evaluación, realizar un informe sobre la evaluación indicando las ventajas y desventajas, de los resultados obtenidos del Plan de mejora.

Estas acciones debieran entregar beneficios a la organización como reducción de costos, incremento de la productividad, mejora de la calidad, satisfacción del cliente, una adecuada comunicación entre los departamentos y mayor nivel productivo (Proaño *et al.*, 2017).

El plan de mejora continua es una herramienta muy útil para las empresas que desean mejorar sus servicios, productos o procesos lo que les va a permitir permanecer en el mercado, crecer y ser competitivos. Su aplicación es muy útil y fácil e involucra a todos los niveles de la organización dependiendo del área o proceso a mejorar, lo importante para lograr los éxitos esperados en la aplicación de esta técnica es definir de manera exacta el área a mejorar, definiendo claramente los problemas a solucionar, y en función de estos estructurar el plan de acción a seguir definiendo objetivos claros, actividades, responsables e indicadores que permita evaluar el proceso de mejora todo esto dentro de un periodo determinado y bien definido (Proaño *et al.*, 2017).

3. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

3.1. Actualización del estado del arte de la oasisificación

Se realizó una revisión de literatura y se redactó una revisión bibliográfica basada en la oasisificación y su contextualización teniendo en cuenta la contingencia actual del cambio climático y sus distintas consecuencias.

3.1.1. Cambio climático

Según CMNUCC (1998) cambio climático se define como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. El acelerado desarrollo y aumento de la población conllevan a una fuerte presión sobre los recursos naturales, con la deforestación y la degradación de suelos, el incremento del uso de carbón mineral y la progresiva masificación del consumo de combustibles derivados del petróleo, como el diésel, la gasolina, el kerosene y el gas natural. Debido a esto, se inicia una creciente emisión de gases de efecto invernadero (GEI) hacia la atmósfera, entre los cuales el principal es el dióxido de carbono (CO₂) (FIA, 2010).

El cambio climático observado es el resultado de un aumento desproporcionado de las concentraciones de GEI en la atmósfera, que generan un forzamiento radiativo positivo que tiende a calentar la parte baja de la atmósfera y la superficie terrestre. Este es el llamado efecto invernadero aumentado, que corresponde a una intensificación del efecto invernadero natural. Sin embargo, aunque estos gases son de origen natural, sus emisiones han aumentado de manera dramática a partir de la revolución industrial, alrededor del año 1850, debido a las actividades humanas (Ipinza y Barros, 2011).

La región de climas áridos y semiáridos de Chile se encuentra dentro de las áreas de alta vulnerabilidad frente al fenómeno de cambio climático, como consecuencia de conformar el borde del desierto de Atacama, el más árido del mundo (Santibáñez *et al.*, 2014).

3.1.2. Proyecciones en Ambientes Semiáridos

Las proyecciones del cambio climático hacia el futuro dependen fundamentalmente de la evolución de las concentraciones atmosféricas de CO₂. En los ambientes semiáridos, de acuerdo con los modelos globales de cambio climático, los bordes de los desiertos intensificarán su grado de aridez, debido básicamente al aumento de la actividad anticiclónica como consecuencia del calentamiento de la atmósfera. Entre las alteraciones que podrían esperarse se encuentran la importante disminución de las precipitaciones, el aumento de las temperaturas especialmente en las zonas cordilleranas por sobre los 2000 m, el aumento de las temperaturas máximas en zonas interiores y disminución en las zonas costeras (Santibáñez *et al.*, 2014).

Sin embargo, los efectos pueden ser positivos en regiones donde temperaturas más altas o mayores precipitaciones generarían condiciones de mejor habitabilidad y también podrían hacer posibles, o mejorar, las actividades silvoagropecuarias y su productividad. Ejemplos de esto pueden darse en regiones de latitudes altas, principalmente del hemisferio sur, donde se incrementarían ambas variables climáticas, y regiones templadas en donde las mayores temperaturas, si no van acompañadas de reducciones importantes de precipitaciones, pueden elevar sus rendimientos para cultivos agrícolas y forestales y para ganadería (Ipinza y Barros, 2011).

3.1.3. Sequía en Chile

Desde el año 2010 el territorio comprendido entre las regiones Coquimbo y la Araucanía ha experimentado un déficit de precipitaciones cercano al 30%. Esta pérdida de lluvias ha permanecido desde entonces en forma ininterrumpida y ocurre en la década más cálida de los últimos 100 años, exacerbando el déficit hídrico a través de la evaporación desde lagos, embalses y cultivos. Además, la zona norte y central de nuestro país ha experimentado un gradual calentamiento desde mediados de la década de los 70. Así, la megasequía está ocurriendo en la década más cálida del registro histórico a lo largo de Chile central (CR2, 2015).

Para enfrentar la disminución de humedad del suelo durante períodos de sequía, las plantas reducen su pérdida de agua por evapotranspiración cerrando las estomas de sus hojas, reduciendo a la vez su nivel de fotosíntesis y crecimiento. Si la sequía persiste, la vegetación entra en un período de estrés bioclimático en que sus funciones se deterioran. De esta forma se genera una situación adversa que degrada las funciones ecofisiológicas de las especies, reduciendo su capacidad competitiva, reproductiva o, incluso, de sobrevivencia (Santibáñez *et al.*, 2014).

En la actual megasequía, el número de incendios de gran magnitud (sobre 200 hectáreas) desde las regiones de Valparaíso hasta a La Araucanía se incrementó en un 27% respecto al promedio histórico (CR2, 2015).

3.1.4. Erosión hídrica

La erosión se define como la degradación de los suelos, los sedimentos, el regolito, los fragmentos de roca y el paisaje, a través de distintos medios externos como el viento, el hielo y el agua. Cabe señalar que este tipo de erosión constituye uno de los principales procesos de pérdida de suelo y representa una de las formas más completas de degradación, englobando tanto la degradación física del suelo como la química y la biológica (Pizarro *et al.*, 2010).

La erosión de los suelos, en Chile, constituye en la actualidad uno de los problemas ambientales más significativos del sector silvoagropecuario, especialmente porque el recurso suelo resulta ser no renovable a escala humana y es altamente vulnerable a actuaciones

antrópicas y condiciones de variabilidad y cambio climático global. Sumado a ello, se deben considerar las importantes exigencias ambientales de los mercados internacionales en la producción de recursos naturales y los actuales desafíos del país en el campo del manejo sustentable, sujeto a la "Convención Internacional de lucha contra la desertificación de las Naciones Unidas (Pizarro *et al*, 2010). La erosión hídrica menciona las pérdidas de suelo que se producen por el recorrido del agua en la superficie y generalmente se traduce en 4 tipos: laminar, surcos, cárcavas y en bancos aluviales. En el estudio de este proceso, que puede tener causas naturales, así como antrópicas, se han desarrollado una serie de modelos, muchos de ellos de origen estadounidense, que a partir de parámetros interrelacionados pueden calcular las pérdidas de suelo que se presentan en un área dada. Uno de los más populares consiste en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE, por su acrónimo en inglés) (Wischmeier y Smith, 1978), que es un modelo empírico de tipo caja gris que estima las pérdidas de suelo en sus formas laminar y de surcos en base a la multiplicación de 5 factores: erosividad de las precipitaciones (R), erodabilidad del suelo (K), longitud y gradiente de pendiente (LS), manejo de cultivos (C) y prácticas de control de erosión (P). Aunque la ecuación y sus factores fueron diseñados en base a las condiciones del este de las montañas rocosas de EE. UU., es frecuente su utilización u/o adaptación a otras zonas geográficas.

3.1.5. Desertificación y Degradación

En zonas áridas y semiáridas, desertificación y erosión antrópica son fenómenos ligados a condiciones climáticas específicas secas, generados por actividades humanas inadecuadas en los geoecosistemas.

Los problemas más serios de desertificación, tanto de origen geológico como antrópico, se observan en la zona central de Chile, particularmente, en el secano costero e interior de las regiones V a la X, donde los procesos de deforestación, cambio de uso de suelos, incendios y sobreexplotación de recursos, entre otros, se manifiestan con mayor claridad en el paisaje.

En Chile la degradación de los suelos está explicada en gran medida por la erosión. La consecuencia principal de la degradación del suelo es una reducción substancial de la productividad de la tierra. Los principales factores son: Erosión acelerada por agua y viento, Acidificación, Salinidad y alcalinidad del suelo y Pérdida de materia orgánica y destrucción de la estructura del suelo. Otra de las causas de degradación son la acción de disturbios, principalmente incendios. Los principales impactos son a nivel de las propiedades (físico, químico y biológica) y productividad del suelo. Estos se traducen en la generación de erosión, pérdida de nutrientes, materia orgánica y alteración de la vegetación (Fernández *et al.*, 2010).

3.1.6. Rehabilitación áreas degradadas

Luego que un ecosistema es afectado por un incendio o por la degradación de sus tierras, se deben considerar dos fases para su recuperación. La primera fase es la rehabilitación, la cual

debe ser ejecutada tan pronto como sea posible, esta busca contrarrestar los efectos negativos inmediatos de escorrentía superficial y erosión, enfatizando la reparación de los procesos, la productividad y los servicios de un ecosistema. Y la segunda fase, a mediano y largo plazo, denominada restauración, la cual busca recuperar la estructura y funcionalidad de los ecosistemas, resiliencia al fuego y principalmente recuperar el ecosistema original (Fernández *et al.*, 2010).

La restauración es considerada prioritaria a nivel global, siendo imprescindible para alcanzar la sostenibilidad a largo plazo y aumentar la biodiversidad y servicios que los ecosistemas naturales proveen para beneficiar a la sociedad. Existen dos enfoques en la restauración, entre ellos se diferencia el enfoque pasivo, en el cual se promueve la regeneración natural, eliminando las limitantes de la reproducción del ecosistema y evitando cambios en una situación deseable, se realizan acciones más de índole administrativa, y el enfoque activo, se promueve regeneración asistida, induciendo cambios en situaciones indeseable, es decir, intervenir para reparar, por ejemplo realizando acciones de forestación (Bannister *et al.*, 2018).

En la actualidad Chile cuenta con compromisos internacionales en temas de protección y restauración de ecosistemas degradados, dentro de los cuales está el acuerdo climático de París (2015), donde el país se comprometió a forestar una superficie de 70.000 ha con especies nativas para el año 2030 (MMA, 2020).

3.1.7. Oasificación

Según Biocys (2020) la oasificación consiste en implementar un adecuado sistema de recolección de aguas, una correcta preparación de los suelos y una apropiada elección de especies vegetales para revertir la degradación de un territorio. No sólo se cosecha agua, sino que también nutrientes, semillas y suelo, para así mismo lograr el control de la erosión hídrica que ocurre con mayor frecuencia en zonas áridas y semiáridas (INFOR, 2011).

Por lo tanto, para implementar un adecuado sistema de recolección de agua surgen las llamadas Obras de Conservación de Aguas y Suelos (OCAS).

3.1.8. Obras de conservación de aguas y suelos (OCAS)

Las obras de conservación de aguas y suelos pueden ser clasificadas en dos grupos. Las primeras son aquella cuya principal función es la protección de las laderas, ya sea cortando la energía de la escorrentía superficial, o aumentando la infiltración de esta en el suelo. Se utilizan generalmente en zonas áridas y semiáridas y favorecen la instalación de especies arbóreas y arbustivas, promoviendo un aumento de productividad de los suelos. Las segundas son aquellas cuya principal función es la protección de cauces, ya sea de ríos o de cárcavas, y consisten en obras transversales que cortan la energía del agua, disminuyendo su velocidad y a la vez, favorecen la retención de sedimentos, con lo que se suaviza la pendiente del cauce.

Su importancia radica, en que se usan para proteger de inundaciones a la infraestructura vial y sectores urbanos y agrícolas.

Desde un punto de vista forestal, ambos tipos de obras son utilizadas por separado o de forma complementaria, dependiendo de las condiciones ambientales y del sitio. Otro punto de consideración es la variación de nombres que reciben las técnicas, es decir, para una misma practica existen más de un nombre, y este dependerá del país y/o región en que se encuentre.

A continuación, se mencionan las OCAS utilizadas en el país: Surcos en media luna, Trincheras o surcos, Terraza de muro de piedra, Canales o canaletas de desviación, Limán, Bancales, Bordos semicirculares, Colectores de piedras, Diques transversales, Murete y Murete Lineal, Estanques de captación de agua, Fajinas, Zanjias de absorción o infiltración y Negarines (INFOR, 2018).

3.1.9. Monitoreo de Restauración de Bosques

Dentro de los proyectos de restauración ecológica, se debe hacer seguimiento de los cambios positivos y negativos del ecosistema asistido en el transcurso del tiempo, a este proceso se le denomina monitoreo. El monitoreo es constante, repetido en el tiempo y el espacio para detectar los cambios que ocurren en la sucesión ecológica del ecosistema asistido, a través de la medición de variables específicas con una periodicidad y plazos definidos. El monitoreo permite, a través de la captura de datos en el corto, mediano y largo plazo, proporcionar una idea de las tendencias de cambios del proceso de restauración (Herrick *et al.*, 2006). Esta herramienta contribuye a verificar si las metas establecidas se están cumpliendo, así como a evaluar si las estrategias adoptadas cumplen su propósito o es necesario realizar ajustes (WWF, 2021).

Como antecedente sobre este tema Hernández *et al.* (2020) realizaron un estudio de seguimiento de OCAS. Con el objetivo de evaluar el efecto del uso de OCAS en las propiedades físico-químicas e hídricas del suelo y su relación con el crecimiento y sobrevivencia de plantas agroforestales en zonas de secano de la región de Coquimbo, se estudió el crecimiento y sobrevivencia de plantas establecidas dentro de sectores con aplicación de OCAS y en sectores que no recibieron estas obras de conservación. Se llegó a la conclusión de que el uso de OCAS en el sector de secano de la región de Coquimbo presentó un efecto significativo sobre las propiedades físicas e hídricas del suelo, reduciendo la densidad aparente independiente de la profundidad y mejorando los parámetros hídricos relacionados con la capacidad de retención de agua, mejorando así, el crecimiento en diámetro, altura y la supervivencia de las plantas agroforestales.

3.2. Análisis de las obras de oasisificación en un sitio piloto en la comuna de Casablanca, Región de Valparaíso

3.2.1. Resultados, Análisis y Discusión del Monitoreo

Como se mencionó anteriormente, el monitoreo fue planificado en base a un plano de referencia para ocupar en las campañas de terreno, el cuál fue utilizado en terreno ya que es un mapa exportado como pdf georreferenciado y gracias a la aplicación para smartphone Avenza Maps, en el cual se navegó.

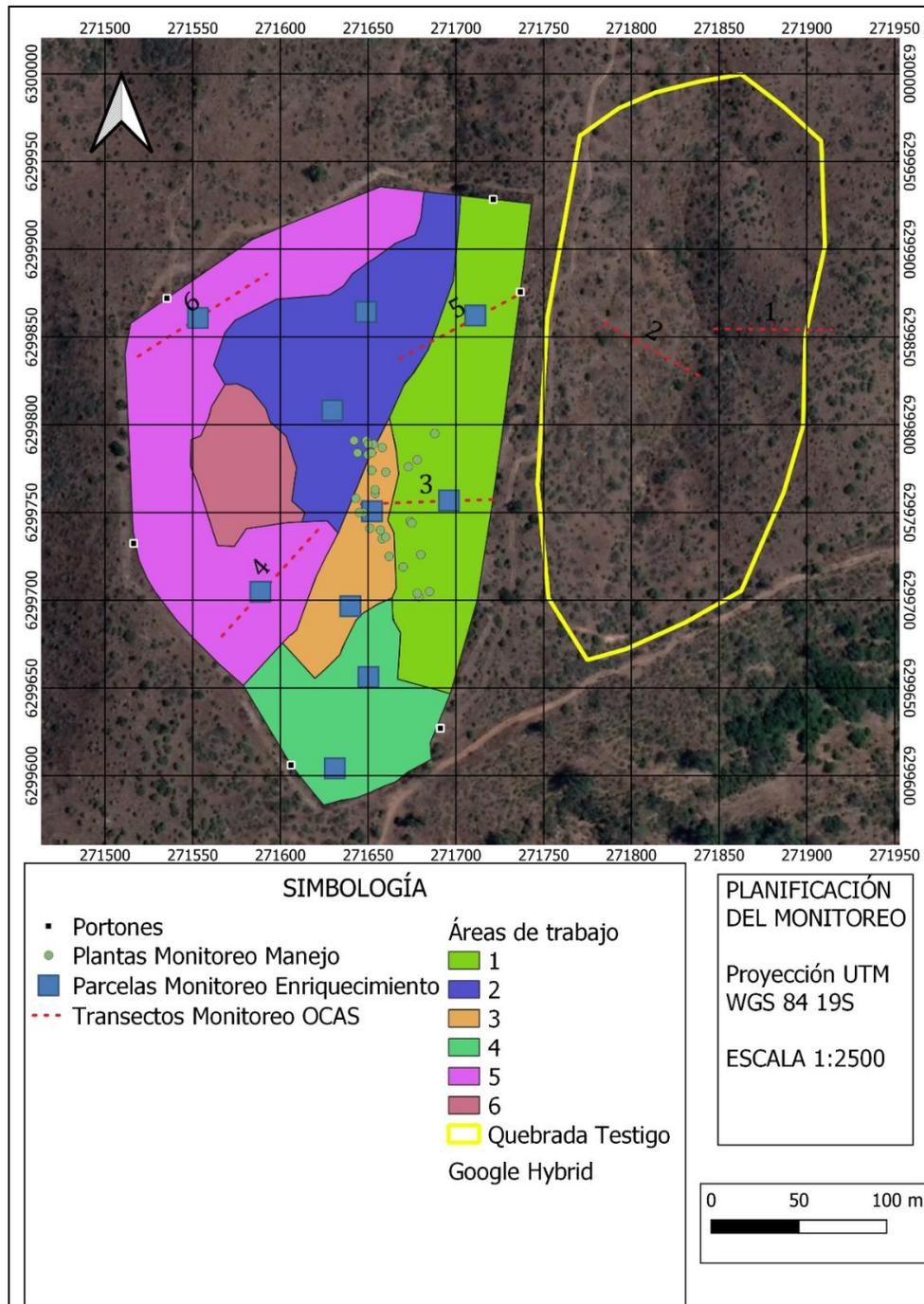


Figura 2. Plano de Monitoreo del predio ubicado en la comuna de Casablanca, Región de Valparaíso. Las etiquetas en los transectos corresponden al número de ladera analizada. Ej: el n° 1 corresponde a la ladera estudiada n°1. En el Cuadro 1 se detallan las OCAS asociadas a las distintas áreas de trabajo.

El primer monitoreo realizado fue el de enriquecimiento, realizando 10 parcelas evaluando la altura y diámetro de los individuos como también su vitalidad dentro del área de trabajo. Para evaluar la vitalidad se realizó un gráfico de barras (Figura 3) con su frecuencia.

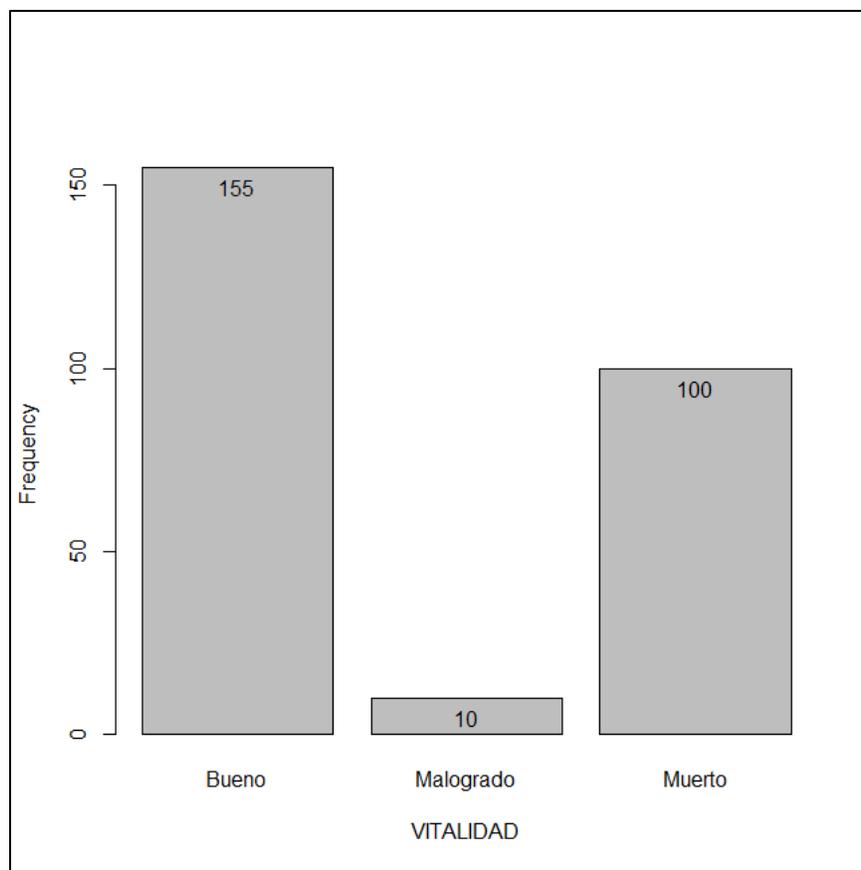


Figura 3. Gráfico de Barras de la frecuencia de los distintos resultados para la variable Vitalidad en sectores de enriquecimiento.

Luego se realizó un desglose de la vitalidad según las distintas áreas de trabajo en que se realizaron las parcelas. De acuerdo con el Cuadro 8 se interpreta que las mejores áreas de trabajo fueron A1 y A5, con una sobrevivencia de 92% y 91% respectivamente, y las peores fueron A2 y A3 con una gran mortalidad de individuos y una sobrevivencia de 52% y 21% respectivamente. El área de trabajo N°3 (0,4 ha) es una zona de quebrada, por lo que fueron implementadas las obras de conservación de suelos correspondiente a diques de postes en sentido de la quebrada principal, y microterrazas forestales en sentido de la curva de nivel en la ladera continua a la quebrada. Debido a que es una quebrada sus pendientes son escarpadas y hay mucho arrastre de partículas, por ende, la profundidad de suelo es baja en los suelos más delgados encontrando más vegetación de matorrales que de bosque. Esto podría explicar la menor sobrevivencia para esta área de trabajo. El área de trabajo A4 (75% de sobrevivencia) fue la que tuvo mejor vitalidad, es decir, mayor cantidad de individuos “Buenos”, sin embargo, presentó una mortalidad de 25%. Cabe destacar que este enriquecimiento no fue sometido a ningún tipo de riego, por lo cual, la vitalidad es influenciada por el tipo de OCAS utilizadas en las áreas de trabajo. Además, en el sector no se evidenció daño de animales hacia las plantas y, por ende, se asumió que la mortalidad de los individuos se debe principalmente al estrés bioclimático y a no realizar riego al momento de reforestar el sector.

En cuanto a las especies, la mayor sobrevivencia fue observada de mayor a menor *S. candolleana*, *S. polygamus*, *M. hastulata* y *S. latifolius* (Cuadro 7). Las especies con menor sobrevivencia fueron boldo, peumo y colliguay, todas éstas con menos de un 30% de sobrevivencia.

Cuadro 7. Recuento de Vitalidad y Sobrevivencia por Especie. Hay que recordar que la vitalidad se define como: 1: bueno (0-20% muerto), 2: malogrado (20-80% muerto), 3: muerta (100% muerto).

ESPECIE	VITALIDAD			SOBREVIVENCIA (%)
	Bueno	Malogrado	Muerto	
<i>C. alba</i>	2		15	11,76470588
<i>C. odorifera</i>	1		3	25
<i>M. boaria</i>	5		6	45,45454545
<i>M. hastulata</i>	18	2	5	80
<i>P. boldus</i>			11	0
<i>Q. saponaria</i>	20	4	31	43,63636364
<i>S. candolleana</i>	34	1	1	97,22222222
<i>S. latifolius</i>	22	1	9	71,875
<i>S. polygamus</i>	52	2	13	80,59701493
<i>V. caven</i>	1			100

Cuadro 8. Recuento de la Vitalidad según las distintas áreas de trabajo. Las OCAS correspondientes a cada área de trabajo se detallan en el Cuadro 1.

VITALIDAD	ÁREA DE TRABAJO					Total general
	A1	A2	A3	A4	A5	
Bueno	34	37	8	45	31	155
Malogrado	2	3	3	2		10
Muerto	3	37	41	16	3	100
Total general	39	77	52	63	34	265

Para evaluar la altura de las plantas se verificó la influencia del área de trabajo y de la especie plantada para ver la diferencia entre los valores. A continuación, en la Figura 4 se presenta un gráfico de distribución de alturas (histograma) para cada área de trabajo.

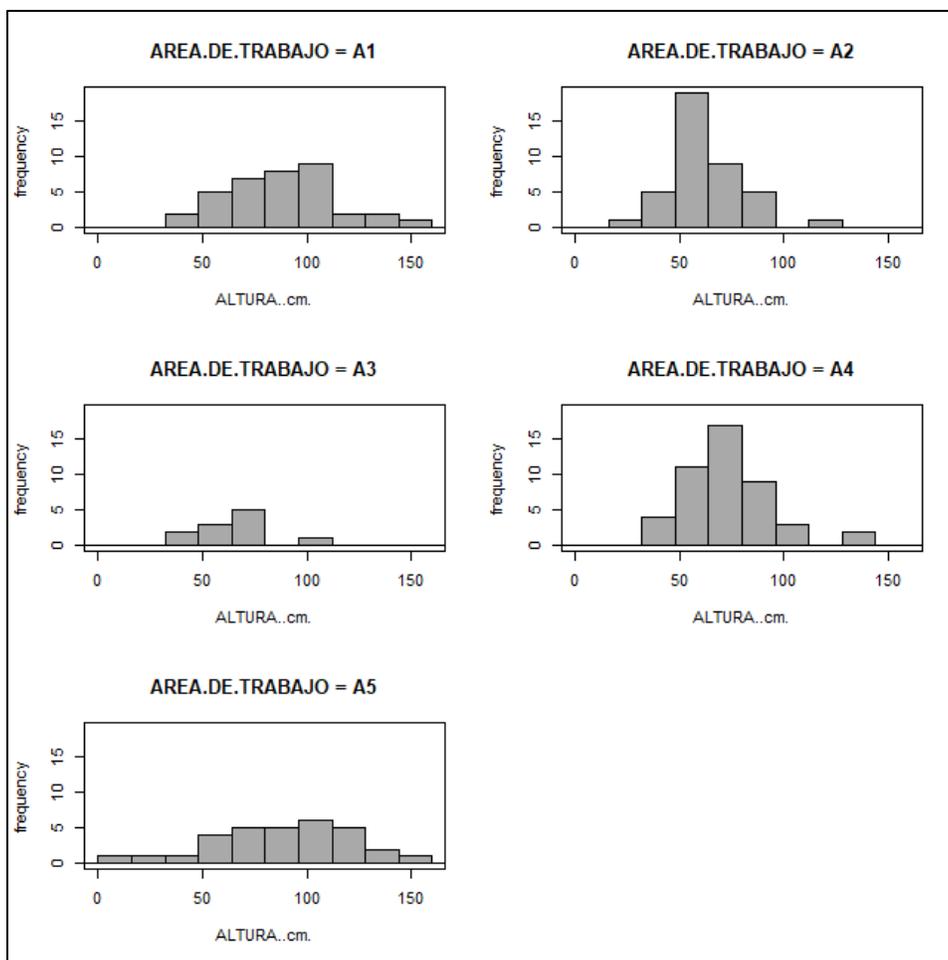


Figura 4. Histograma de la variable altura para las distintas áreas de trabajo.

Según el Cuadro 9 las áreas de trabajo que poseen mayor altura media y por inferencia mejor calidad de sitio son A1 y A5, tal como se expresa más arriba para la vitalidad. Además, para verificar las mejores especies para dicho sitio se evaluó la altura media por especie (Cuadro 10) en donde las mejores especies fueron *M. boaria*, *M. hastulata*, *S. latifolius*, *S. polygamus* y *S. candolleana*.

Cuadro 9. Promedio y Desviación estándar de la altura para cada área de trabajo.

Área de trabajo	Altura Media (cm)	Desviación estándar (cm)	Datos : N
A1	87,14	25,96	36
A2	63,98	18,11	40
A3	65,91	18,57	11
A4	73,67	19,75	46
A5	88,68	32,70	31

Cuadro 10. Promedio y Desviación estándar de la altura para cada especie plantada.

Especie	Altura media (cm)	Desviación estándar (cm)	Datos : N
<i>C. alba</i>	30,5	7,78	2
<i>C. odorifera</i>	42	0	1
<i>M. boaria</i>	80,2	26,37	5
<i>M. hastulata</i>	86,7	23,28	20
<i>P. boldus</i>	-	-	-
<i>Q. saponaria</i>	58,35	14,76	23
<i>S. candolleana</i>	89,77	26,37	35
<i>S. latifolius</i>	76,26	21,43	23
<i>S. polygamus</i>	74,56	24,74	54
<i>V. caven</i>	57	-	1

La variable DAC se evaluó de la misma forma que para altura, realizando un gráfico de distribución de frecuencia y una comparación de medias a nivel de área de trabajo y de especie.

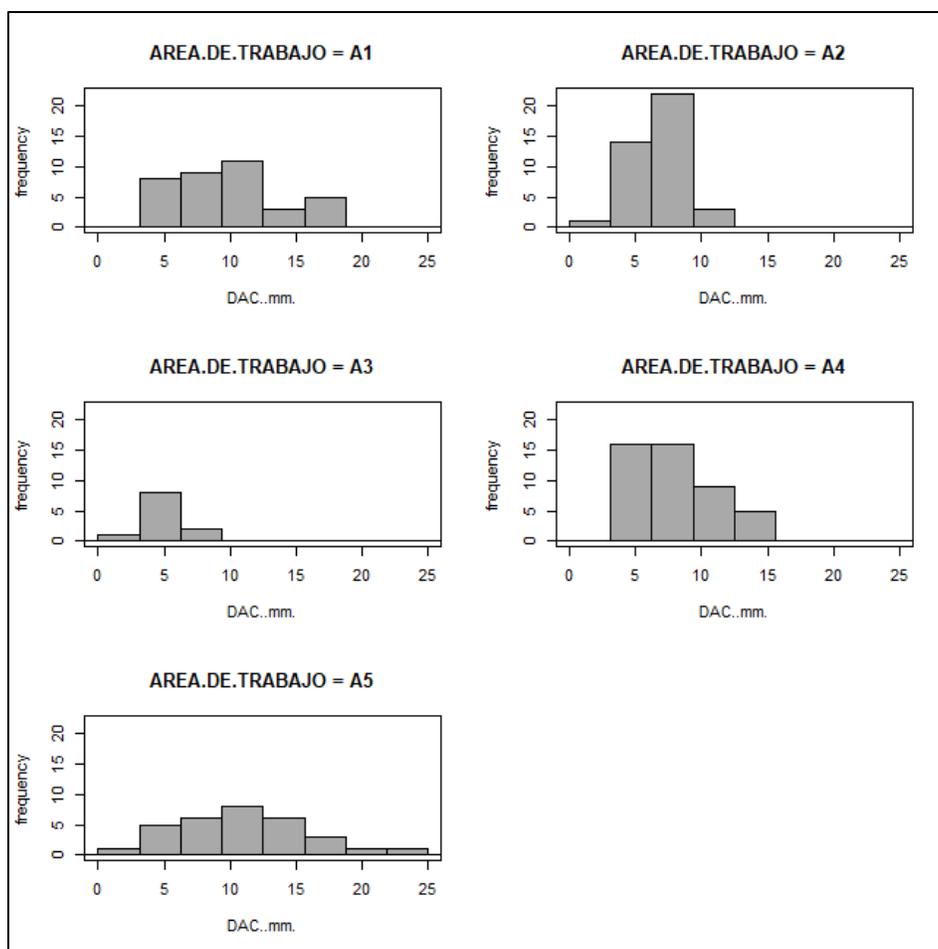


Figura 5. Histograma del DAC para cada área de trabajo.

Según muestra el Cuadro 11 los mayores DAC medios se muestran en A1 y A5, sin diferencias significativas, pero se evidencia que esas áreas de trabajo tienen mayor productividad respecto de las otras y, por ende, mayor calidad de sitio. Para las especies, el Cuadro 12 muestra que las especies que presentaron mayor DAC medio fueron *M. hastulata*, *S. candolleana*, *S. latifolius* y *S. polygamus*. Lo cual muestra una situación similar a la de altura, por lo que estas especies serían las mejores para dicho sitio, teniendo en cuenta la altura y el DAC.

Cuadro 11. Promedio y desviación estándar del DAC para cada área de trabajo.

Área de trabajo	DAC Medio (mm)	Desviación estándar (mm)	Datos : N
A1	9,73	3,82	36
A2	6,85	2,01	40
A3	4,76	1,38	11
A4	8,04	2,96	46
A5	10,53	4,95	31

Cuadro 12. Promedio y desviación estándar del DAC para cada especie plantada.

Especie	DAC medio (mm)	Desviación estándar (mm)	Datos : N
<i>C. alba</i>	3,5	0,16	2
<i>C. odorifera</i>	3,52	0	1
<i>M. boaria</i>	6,84	1,84	5
<i>M. hastulata</i>	7,55	3,46	20
<i>P. boldus</i>	-	-	-
<i>Q. saponaria</i>	6,25	2,64	23
<i>S. candolleana</i>	11,11	3,86	35
<i>S. latifolius</i>	9,51	4,02	23
<i>S. polygamus</i>	7,71	3,05	54
<i>V. caven</i>	9,65	0	1

Como posterior análisis se evidenció que las mejores áreas de trabajo fueron A1 y A5, considerando las variables sobrevivencia, altura y DAC. El área de trabajo N°1 al igual que la N°5, cuenta con pendientes moderadas por lo que se implementaron obras de conservación de suelos correspondientes a Microterrazas forestales y líneas de sacos (Cuadro 1), las cuales fueron intercaladas, siendo separadas por 8 metros cada una. Se realizó un control de maleza consistente en remover especies ajenas al proyecto que pudiesen implicar competencia para los ejemplares a enriquecer en un radio de 1 m. Además, se enriqueció el sector con ejemplares arbóreos y arbustivos establecidos en sentido de las curvas de nivel, ubicados en la zona de recepción directa de las OCAS (Biocys, 2020). Es por ello las microterrazas forestales y líneas de sacos, fueron las que lograron mejor rendimiento en las plantas, tanto en la sobrevivencia de los individuos como en las variables morfológicas estudiadas de las

plantas (altura y DAC). Por otra parte, las especies *M. hastulata*, *S. candolleana*, *S. latifolius* y *S. polygamus* fueron las que presentaron mejores rendimientos, es decir, mayor altura y DAC comparada con las otras especies, esta información es importante ya que se infiere que estas especies son las más idóneas en cuanto a sus características morfológicas para este sitio y poseen mejor adaptación que las demás. Esto también puede deberse a características específicas de las plantas, como la plasticidad, el crecimiento acelerado en sus inicios y la adaptación al estrés bioclimático al que se ve enfrentada.

Estos resultados son comparables con los de la empresa AES GENER (2017) en un seguimiento de un área de enriquecimiento de bosque nativo, en dicho estudio en el monitoreo del primer año se obtuvo una sobrevivencia del 91,7%, es decir, un 30% más de lo estimado para el presente estudio. Para dicho estudio, en relación con las variables altura y DAC, la especie con mayor crecimiento fueron *S. polygamus*, seguido de *M. hastulata* y *C. odorífera*. Becerra *et al.* (2013) establece que la tasa de crecimiento absoluto para árboles de Huingán de 4 a 6 temporadas con riego es de 23,7 cm en promedio.

Para el monitoreo de las OCAS, primero se realizó una descripción de cada ladera en cuanto a su exposición. Para la quebrada testigo, la ladera 1 corresponde a Noreste 60° y la ladera 2 Noroeste 315°. Para la quebrada rehabilitada, la ladera 3 corresponde a Noroeste 300°, la ladera 4 Noreste 30°, la ladera 5 Noreste 60° y la ladera 6 Oeste 275°. En los apéndices se presentan fotos de cada ladera o transecto, además en la Figura 1 se muestra su ubicación en el mapa. En el apéndice I, se muestran imágenes de las laderas. Luego, se realizó un cálculo de las pérdidas de suelo (erosión) a través del modelo USLE para cada ladera, 2 testigos y 4 con implementación de OCAS. Lo que se evaluó fue la eficiencia de las OCAS en función de la erosión o pérdida de suelo calculada a través del USLE. En el cuadro 13, se muestra la pérdida de suelo para las distintas laderas estudiadas y según sus tratamientos respectivos.

Cuadro 13. Pérdidas de suelos estimadas con el Modelo USLE para cada ladera según su tratamiento. Cada ladera corresponde a los transectos que se muestran en la Fig. 2. Los tratamientos corresponden a la característica diferencial de cada ladera CON o SIN OCAS. Se utilizó el orden alfabético para diferenciar entre el mayor y menor resultado en pérdida de suelo, la letra al lado de cada resultado representa su jerarquía.

Ladera	Tratamiento	Pérdida de suelos (ton/ha*año)
1. Noreste 60°	SIN	15,58 b
2. Noroeste 315°	SIN	16,44 a
3. Noroeste 300°	CON	2,59 f
4. Noreste 30°	CON	10,49 c
5. Noreste 60°	CON	3,87 e
6. Oeste 275°	CON	5,09 d

Al comparar la erosión media para el tratamiento SIN OCAS y CON OCAS, a pesar de no poseer igual N, existen 2 o más datos para realizar un promedio de las pérdidas de suelo según los tratamientos, lo que se muestra en el siguiente Cuadro.

Cuadro 14. Promedio y Desviación estándar de la pérdida de suelo para cada tratamiento.

Tratamiento	Pérdida media de suelo (ton/ha*año)	Desviación estándar (ton/ha*año)	Datos: N
CON	5,5163	3,4737	4
SIN	16,0126	0,6098	2

Lo anterior, se evidenció en el siguiente gráfico de las medias.

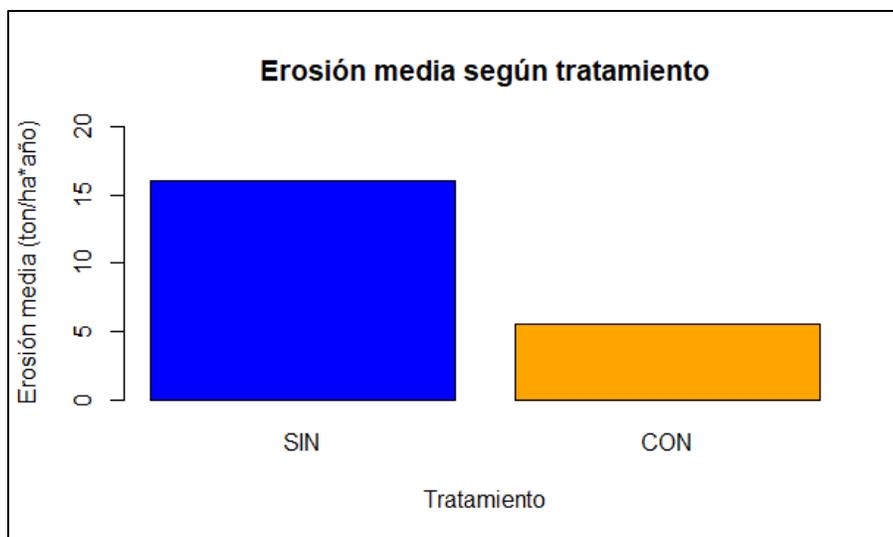


Figura 6. Gráfico de Medias de Pérdidas de suelo (erosión) según tratamiento.

Como se observa en el gráfico de la Figura 6, la pérdida de suelos o erosión es mucho mayor en las laderas SIN OCAS y así mismo es menor en las laderas CON OCAS. Lo cual evidencia un buen resultado de las OCAS implementadas en el lugar, ya que contribuyen a disminuir la erosión del lugar y promover la acumulación de sedimentos que ayudan a obtener mejores resultados en la forestación. Sin embargo, al estimar la erosión a través de USLE, se debe indicar que el factor que hace variar significativamente la pérdida de suelo es el P de prácticas de conservación, pero al calcularlo según distintas laderas en una quebrada muestra la importancia de la implementación de OCAS al aumentar la cobertura vegetal (factor C) y, por consiguiente, reducir la efectividad de los agentes erosivos para degradar el suelo.

Si se considera el modelo USLE como válido se puede comparar la erosión media para cada tratamiento, y de lo cual se puede inferir que para la quebrada rehabilitada con implementación de OCAS y enriquecimiento la pérdida media de suelos es de 5,5163 ton/ha*año mientras que para la quebrada testigo sin implementación de OCAS y sin enriquecimiento la pérdida media de suelos corresponde a 16 ton/ha*año (Cuadro 14) lo cual al compararlo con los resultados de Escobar (2019) se aprecia que no hay mucha diferencia, ya que éste para la comuna de Punitaqui (IV Región de Coquimbo) obtuvo una pérdida actual de suelo de 22,4 ton/ha*año. Desde el punto de vista de la conservación de suelos, se ha estimado que una erosión aceptable se ubica en un rango de 0-24,71 toneladas de hectáreas

anuales (Kirby, 1980), por lo que la erosión calculada para las 2 quebradas está dentro de este rango, ya sea con o sin la implementación de obras conservación.

Estas pérdidas de suelo obtenidas no son comparables con resultados medidos en campo como los de Pizarro *et al.* (2010) para la IV Región de Coquimbo, ya que en su estudio se ocupó el método de los clavos de erosión, el cual no fue implementado en este proyecto y se sugiere poder implementarlo o tenerlo en consideración para los próximos proyectos de la empresa.

Con respecto a la densidad aparente y el contenido de humedad en el suelo, se obtuvieron los siguientes resultados promediando las tres muestras en cada ladera, en este caso como hay más datos y repeticiones, se puede aplicar un Análisis de Varianza (ANDEVA). Para la variable contenido de humedad como los datos no eran normales se realizó una transformación de datos por escala logarítmica base 10 y las pruebas de normalidad y homocedasticidad se realizaron en R arrojando que los datos eran normales con un p-valor de 0,8654, por lo tanto, mayor que 0,05 (95% de confianza). Para la prueba de homocedasticidad (varianzas) los datos resultaron ser homocedásticos arrojando un p-valor de 0,2706, por lo tanto, mayor que 0,05. Para la densidad aparente no fue necesario hacer transformación de datos ya que los datos resultaron ser normales y homocedásticos según las pruebas mencionadas anteriormente arrojando un p-valor de 0,4825 (prueba de normalidad) y 0,8158 (prueba de homocedasticidad).

Cuadro 15. Contenido de humedad y densidad aparente para cada Ladera. Al lado de cada resultado se utilizó el abecedario para ordenar los resultados de mayor a menor, es decir la letra a es el mayor y la f es el menor.

Ladera	Contenido de humedad (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
1 Noreste 60°	1,215 f	1,208 d
2 Noroeste 315°	1,330 d	1,252 b
3 Noroeste 300°	1,284 e	1,222 c
4 Noreste 30°	1,403 c	1,013 f
5 Noreste 60°	1,443 a	1,106 e
6 Oeste 275°	1,407 b	1,320 a

Cuadro 16. Tabla ANDEVA del contenido de humedad según los tratamientos (CON y SIN OCAS).

	Grado de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	P-valor
Tratamiento	1	0,0355	0,03546	0,281	0,604
Residuales	15	1,9808	0,12605		

Cuadro 17. Tabla ANDEVA de la densidad aparente según los tratamientos (CON y SIN OCAS).

	Grado de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	P-valor

Tratamiento	1	0,0441	0,04414	0,929	0,35
Residuales	15	0,7123	0,04749		

De los resultados arrojados, se puede inferir que como el monitoreo fue al primer año después de la implementación del proyecto, no se aprecia diferencia significativa (p -valor $> 0,05$) (Cuadro 16) entre los valores de contenido de humedad para las laderas con OCAS (1,384%) y sin OCAS (1,284%). Hay una leve tendencia, es decir, un patrón ambiguo del contenido de agua a ir aumentando en las laderas CON implementación de OCAS en comparación con las SIN implementación de OCAS (Figura 7). Al comparar estos resultados con los de Hernández *et al.* (2020), en su estudio se evidencian diferencias significativas de la humedad solo en los meses de invierno (lluvia) más que en los meses de verano y como se sabe que el contenido de humedad (%) en este estudio fue estimado con muestras de suelo recopiladas en terreno el mes de noviembre del año 2021, esto explicaría que no se evidencien diferencias significativas en las medias de los valores del contenido de humedad para las laderas con OCAS y sin OCAS. En cuanto a la densidad aparente, tampoco se apreciaron diferencias significativas en sus medias para la quebrada con OCAS ($1,12 \text{ g/cm}^3$) y para la quebrada sin OCAS ($1,2343 \text{ g/cm}^3$) (Figura 8), es decir, su p -valor $> 0,05$ (Cuadro 17), estos valores coinciden con los de Donoso (2008) ya que la textura es una fuente de variación de la densidad aparente, y en este presente estudio, predominaron las texturas arcillosas y francas las cuales varían entre 1 y $1,60 \text{ g/cm}^3$. Lo cual puede deberse a que el valor de la densidad aparente no varía mucho de una ladera a otra y también cabe destacar que este valor no varía mucho de un año a otro. Estos valores obtenidos pueden servir como base para el proyecto y poder comparar en un periodo de tiempo más prolongado, al igual que para la humedad. Los resultados que se debiesen mostrar serían que disminuyera la densidad aparente del suelo producto de la elaboración de las OCAS disminuyendo la compactación, aumentando las condiciones de retención de humedad y disponibilidad de agua para el crecimiento de las plantas, aumentando a su vez la cobertura vegetal y sus raicillas, además de su materia orgánica, reduciendo así, la densidad aparente (Hernández *et al.*, 2020). Esto implica la presencia de suelos porosos, bien aireados, con buen drenaje y buena penetración de las raíces, todo lo cual significa un buen crecimiento y desarrollo de los árboles (Donoso, 2008). Estos resultados coinciden con los obtenidos en el estudio de Hernández *et al.* (2020) ya que en dicho estudio la implementación de las OCAS durante su primer año de establecidas no modificó significativamente las propiedades físicas del suelo, pero si favoreció el crecimiento y desarrollo de las plantas establecidas, lo cual beneficiaría paulatinamente la recuperación del suelo degradado. Sin embargo, se necesita un monitoreo continuo y de más puntos, aumentando el tamaño de la muestra y reduciendo el margen de error.

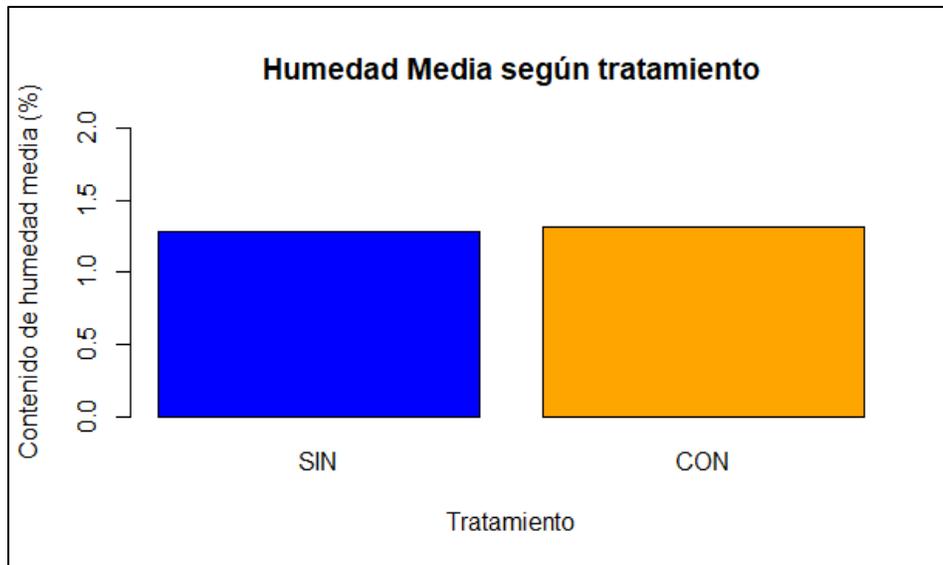


Figura 7. Gráfico de medias del contenido de humedad según los distintos tratamientos.

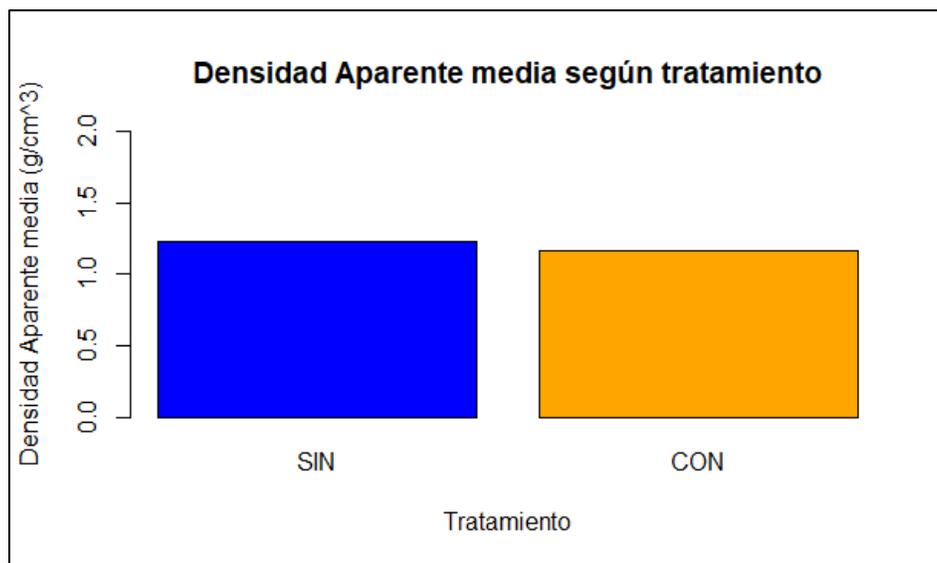


Figura 8. Gráfico de medias de la densidad aparente según los distintos tratamientos.

El último monitoreo realizado fue el del Manejo silvícola en el cual se actualizó de la misma manera propuesta en el informe del proyecto, con el número de vástagos, rango de altura y rango de DAC. A continuación, se presentan unos cuadros resúmenes de la información desglosada.

Cuadro 18. Altura promedio de los individuos plurifustales manejados incluidos en el estudio según su especie e intensidad de raleo.

Especie	Intensidad de Raleo			Altura media total por especie (m)
	0%	35%	50%	
Boldo	1,75	1,38	1,86	1,65
Molle	2,76	2,18	2,75	2,49
Quillay	1,66	2,35	2,12	2,05

Cuadro 19. DAC promedio de los individuos plurifustales manejados incluidos en el estudio según su especie e intensidad de raleo.

Especie	Intensidad de Raleo			DAC medio total (cm)
	0%	35%	50%	
Boldo	1,75	1,675	2,02	1,83
Molle	2,83	2,85	3,35	2,95
Quillay	2,16	2,53	2,76	2,53

De estos cuadros se interpreta que la mejor especie es Molle, ya que es la que presenta mayor altura y diámetro, infiriendo así que es la especie con más vigor. Además, se interpreta que la mejor intensidad de raleo es la del 50% ya que los individuos manejados a esta intensidad presentaron los mejores rendimientos. Sin embargo, no se muestran diferencias totalmente significativas entre las especies e intensidad de raleo, esto se debe a que el monitoreo fue en el primer año luego de la implementación del proyecto. Cabe destacar que como labor de terreno se renovó la cinta flagging con el código del ejemplar para seguir monitoreando en los años siguientes y finalmente realizar el manejo adaptativo en el que se retroalimentan las acciones realizadas buscando la oportunidad de mejora.

Para el manejo, también se recomienda medir el estado sanitario de los individuos manejados. Tanto al inicio como en el tiempo para así tener en consideración no sólo variables cuantitativas sino también cualitativas.

3.3. Propuesta de mejoras en las obras y prácticas de Oasificación de la empresa Biocys

Respecto a las obras y prácticas de oasificación para este proyecto, se propone mejorar la metodología pensando en los futuros monitoreos, ya que ir siguiendo el avance de los proyectos es fundamental para mejorar las obras y tener retroalimentación respecto a las acciones realizadas.

Siguiendo el paso a paso para la propuesta de mejora en la empresa, se utilizó lo propuesto en la metodología, empezando por el análisis de las causas que provocan el problema y la propuesta y planificación del plan de mejora, ya que la implementación depende de la empresa.

Análisis de las causas que provocan el problema: El área de la empresa que necesita ser mejorada es la de materiales y herramientas de trabajo, se debe tener en cuenta la cantidad

de cada insumo para que si alguno presenta alguna falla exista un repuesto para suplir las necesidades. Si no se cuenta con repuestos o no se da la solución en el corto plazo los efectos podrían ser análisis incompletos debido a la falta de insumos como también descontento de parte de los trabajadores.

Por otra parte, para este proyecto en específico según lo expuesto en los resultados, la fecha de medición de la humedad no fue la más idónea para obtener resultados significativos. En cuanto, al seguimiento de las propiedades del suelo y las pérdidas de este mismo, se necesita proponer nuevos tipos y fechas de seguimiento y medición. Se podrían medir más variables del suelo que expliquen e influyan en el crecimiento y desarrollo de los árboles.

Propuesta y planificación del plan de mejora: El plan es realizar inventarios respecto de los insumos que actualmente se encuentran en uso en los distintos proyectos y contabilizar la cantidad y calidad, vida media útil y calcular la fecha de la renovación de los insumos dependiendo de esto, no obstante, se deben tener algunos insumos de emergencia para situaciones particulares en terreno en donde la probabilidad de deterioro es aún mayor. En el corto plazo se requiere recursos humanos para cada proyecto, es decir, encargados de los inventarios de materiales e insumos para cada proyecto. En el largo plazo se planifica tener automatizado y contabilizado todos los insumos en bases de datos digitales e ir modificándolas, dependiendo de los deterioros en terreno y por vida útil.

En cuanto a la propuesta de tipos y fechas de medición para el monitoreo. Se propone medir la humedad mes a mes con sensores de humedad instalados en puntos elegidos sistemáticamente y evaluar las diferencias en humedad para las 2 quebradas en cuestión.

Para medir la erosión se propone el uso de parcelas de erosión con clavos. Se propone el uso de imágenes satelitales y/o drones para estimar el Índice de Vegetación por Diferencia Normalizada (NDVI) asociado a cada cuenca, este índice permite diferenciar los distintos tipos de vegetación, determinando fotosintéticamente la biomasa activa por medio de la densidad de la cobertura vegetal, y diferenciando la vegetación de los demás elementos presentes en la superficie.

La compactación se propone como nueva variable a seguir debido a su importancia ecológica para las plantas, se puede medir con penetrómetro, en el cual se obtiene como resultados la fuerza en Newton que se ejerce para penetrar efectivamente el suelo.

Una última recomendación importante es proponer mayor rigurosidad en la calidad y tratamiento de las plantas a emplear para las reforestaciones, revisar propuestas técnicas de viveros y parámetros para mejorar la calidad de la planta y su establecimiento en terreno.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo de prácticas y técnicas de rehabilitación ecológica en ecosistemas degradados es una arista muy importante de llevar a cabo teniendo en cuenta la contingencia actual del Cambio Climático y sus efectos adversos en la población y en los territorios. El término Oasificación al ser nuevo es necesario ir actualizando sus alcances e ir innovando en cuanto a prácticas y obras para obtener mejores resultados de su aplicación. Este término está estrechamente relacionado con el desarrollo de OCAS, estas son una estrategia que permite recuperar la capacidad productiva de los suelos altamente erosionados, permitiendo la oasificación de las zonas del secano de la región árida y semiárida del país, rescatando a su vez especies patrimoniales valiosas, con fines multipropósito, como guayacán, carbonillo, algarrobo, quebracho, espino, molle, entre otras.

El presente informe fue redactado en el marco de una práctica profesional, lo que implica una responsabilidad no solo con la Universidad, sino que también con la empresa Biocys, ya que esta fue la que hizo posible la toma de datos y la inclusión en los proyectos. Los proyectos de rehabilitación de áreas degradadas por un incendio requieren de una rehabilitación en el corto plazo y una restauración más en el largo plazo. En este informe se concluye que para realizar un monitoreo de proyectos de rehabilitación y/o restauración o de otra índole hay que estar bien capacitado, poseer experiencia para planificar las campañas de terreno, toma de datos y diseños experimentales para análisis, tener en cuenta todos los riesgos y posibles amenazas, no dejar cabos sueltos y por sobre todo tener una base estadística fuerte para realizar el análisis y posterior discusión de resultados. Se debe tener un manejo integral de las distintas áreas en que se enmarca la carrera Ingeniería Forestal y al estar en una empresa y ser trabajador o practicante, es imprescindible tener buena disposición y ganas de seguir aprendiendo.

En cuanto al Monitoreo del proyecto Rehabilitación Ecológica Santa Marta De Lo Orrego, en los resultados para el enriquecimiento se evidenció que la altura, el DAC y la vitalidad presentaron similares tendencias según su área de trabajo y según las especies seleccionadas a ser reforestadas, mostrando mejores resultados las áreas de trabajo en que se implementaron las OCAS líneas de sacos y microterrazas forestales (A1 y A5), la sobrevivencia superó el 60% a pesar de no presentar jornadas de riego por el momento. Las mejores especies según sus variables morfológicas fueron *M. hastulata*, *S. candolleana*, *S. latifolius* y *S. polygamus*. Lo cual podría ser de ayuda para la empresa a la hora de escoger las especies más adaptadas según sus características y respuesta para dicho lugar al realizar otro enriquecimiento u otra actividad similar.

El efecto de las OCAS sobre el rendimiento de las plantas fue bueno. Sobre el suelo, los resultados fueron buenos en cuanto a la erosión calculada a través de USLE, sin embargo, al ser solo un cálculo matemático sus resultados se deben corroborar o comparar con mediciones directas de la erosión como los clavos de erosión y no basadas en tantos

supuestos, ya que esto genera sesgo a la hora de calcular los valores. Para las variables contenido de humedad y densidad aparente, los resultados fueron acordes a lo revisado en la bibliografía, ya que al primer año los cambios no son significativos y también hay que tener en cuenta la fecha en que se tomaron los datos, ya que no era la más adecuada para medir las propiedades físicas e hídricas del suelo. Todas estas conclusiones pueden servir como sugerencias y recomendaciones para los próximos estudios ya sea para la empresa y/o para la universidad.

Se recomienda realizar más estudios y experimentos relacionados con las OCAS y sus efectos en las plantas, en las propiedades del suelo y también en la erosión de este. Se recomiendan realizar monitoreos con parcelas permanentes y estudios mensuales de los resultados, para así comparar mes a mes y año a año y realizar un seguimiento más profundo y detallado del avance y cumplimiento de los objetivos de las OCAS. Finalmente, se sugiere seguir la metodología propuesta en este informe de práctica profesional, sujeta a cambios operacionales y logísticos que se estimen convenientes.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Applied Energy Services (AES GENER). 2017. Informe de Seguimiento “Área de Enriquecimiento de Bosque Nativo en ARV”. 42 p.
- Bannister, J., Vargas-Gaete, R., Ovalle, J., Acevedo, M., Fuentes-Ramirez, A., Donoso, P., Promis, A. y Smith-Ramírez, C. 2018. Major bottlenecks for the restoration of natural forest in Chile. *Restoration Ecology* 26 (6): 1039-1044 p.
- Becerra, P., G. Cruz, S. Ríos and G. Castelli. 2013. Importance of irrigation and plant size in the establishment success of different native species in a degraded ecosystem of central Chile. *BOSQUE*. 34: 103 -111 p
- Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). 2012. Situación de sequía y sus efectos en la región de Valparaíso. 6 p.
- BIOCYS. 2020. Informe final proyecto rehabilitación ecológica en un área afectada por un incendio forestal en predio Santa Marta De Lo Orrego, Comuna de Casablanca. 130 p.
- Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2). 2015. Informe a la Nación. La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro. 27 p.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). 2006. Suelos Degradados. Proyecto: Sistema integrado de información de recursos naturales para la aplicación del sistema de incentivos para la recuperación de suelos degradados-MINAGRI. 6 p.
- Convención Marco de las Naciones Unidas del Cambio Climático (CMNUCC). 1998. El protocolo de Kyoto: de la convención sobre el cambio climático. France, (s.n.). 37 p.
- Congreso Nacional de Chile. 2012. La desertificación en Chile. Unidad de Diagnóstico Parlamentario. Departamento de Evaluación de la Ley. Valparaíso, Chile. 20 p.
- Corporación Nacional Forestal (CONAF). 1999. Mapa preliminar de la desertificación en Chile por comunas. Soto G. (Ed.), Coordinador Nacional Programa Acción Nacional contra la Desertificación. La Serena, Chile, 88 p.
- Costa, M. 2007. Diversidad paisajística y vegetal en el Mediterráneo. Cuadernos de sostenibilidad y Patrimonio Natural, 11: 129-137 p.

Donoso, C. 2008. Ecología Forestal: El bosque y su medio ambiente. Editorial Universitaria. 368 p.

Escobar, D. 2019. Estimación de la erosión hídrica en zona semiárida el norte chileno mediante la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE), El caso de Punitaqui, Memoria de título, Santiago: Universidad de Chile. 95 p.

Fernández, I., Morales, N., Olivares, L., Salvatierra, J., Gómez, M. y Montenegro, G. 2010. Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales. Santiago, Chile. 162 p.

Fundación para la innovación agraria (FIA). 2011. El Cambio Climático en el Sector Silvoagropecuario de Chile. 121 p.

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz G., Encina, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça, M., Montanarella, L., Muñiz, O., Schad, P., Vara, M. y Vargas, R. 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. 176 p.

Garreaud, R. y Muñoz, F. 2014. (La mega sequía 2011-2013: Aspectos climáticos regionales de Chile). 134 p.

Hernández, J., Gacitúa Arias, S., González, M., et al. 2020. Efecto del uso de Obras de Conservación de Agua y Suelo (OCAS) en las propiedades del suelo y en la respuesta en crecimiento de plantas agroforestales en secano. Región de Coquimbo. Ciencia e Investigación Forestal, CIFOR, v.26: n1. páginas 7-22 p.

Herrick, J.E.; Van Zee, J.W., Havstad, K.M., Burkett, L., Whitford, W. 2005. Monitoring Manual for Grassland, Shrubland and Savanna Ecosystems. Volume II: Design, supplementary methods, and interpretation. Segunda edición. Las Cruces, New México: USDA – ARS Jornada Experimental Range. 44 p.

Huaico, A. 2018. Análisis de la evolución de las áreas ambientalmente sensibles a la desertificación en la cuenca del Puangue en Chile. Idesia (Arica), 36(4), 61-70 p.

Ilustre Municipalidad de Casablanca (IMC). 2017. Actualización Plan Regulador Comunal de Casablanca: “Adecuación Estudio de Diagnóstico y Proposición para modificar el Plan Regulador Comunal de Casablanca 1990. Informe ambiental. 193 p.

Instituto Forestal (INFOR). 2011. Manual 44: Técnicas de cosecha de aguas lluvia y conservación de suelos para la oasisificación del norte chileno. 64 p.

INFOR. 2018. Manual 49: Manual para la implementación de obras de conservación de suelos y cosecha de aguas lluvia en Alhué. 105 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. Summary for policymakers, En: Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., Linden, P. y Hanson, C. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. 77 p.

Ipinza, Roberto y Barros, Santiago. INFOR. 2011. El Cambio Climático, los Bosques y la Silvicultura. 144 p.

Kirby, M. J. 1980. The problem. En M. J. Kirby, & R. P. Morgan, Soil Erosion. John Wiley and Sons Ltd. 1-16 p.

Luebert, F. y Pliscoff, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

Mancilla, G. 2008. Uso de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE) en el campo Forestal. Apuntes Docentes: Uso y Conservación de Suelos. 64 p.

Martínez De Azagra, A., Mongil, J., Rojo, L. y Serrano, L. 2004. Oasificación: la solución forestal a muchos problemas de desertificación. España. 14 p.

Martínez, E., Rojas, F., Rubio, R. y Villalobos, M. 2018. Guía de terreno para completar pauta descriptiva de suelos. Universidad de Chile. 14 p.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2020. Contribución determinada a nivel nacional (NDC) de Chile, actualización 2020. Santiago, Chile. 96p.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2012. Estudio de impacto de la expansión urbana sobre el sector agrícola en la Región Metropolitana de Santiago. Estudio Comparativo de las transformaciones del sector agrícola relacionadas con el avance de la urbanización. Regiones: Metropolitana, VI, VII y VIII. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 54 p.

Pizarro, R., Morales, C., Vega, L., Valdés, R., Olivares, C., y Balocchi, F. 2010. Evaluación de la Erosión Hídrica superficial en zonas áridas y semiáridas de Chile Central. Aqua-LAC, 2(2), 1-11 p.

Proaño, D., Gisbert, V. y Pérez, E. 2017. Metodología para elaborar un plan de mejora continua. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial, 50-56 p.

Santibáñez, F., Santibáñez, P., Caroca, C., Morales, P., González, P., Gajardo, N., Perry, P. y Melillán, C. 2014. Atlas del cambio climático en las zonas de régimen árido y semiárido. AGRIMED. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 137 p.

Troncoso, R. 2006. Efectos socio-espaciales derivado de la vitivinicultura: Comuna Casablanca. Memoria para optar a título de Geógrafo. Universidad de Chile. 148 p.

UNEP. 1992. World Atlas of Desertification (United Nations Environment Programme). Middleton N. y Thomas D. S. G. (Eds). Edward Arnold. Londres, UK. 69 p.

UNIVERSIDAD DE CHILE. 1997. Diagnóstico de la Desertificación en Chile. Santiago, Chile. 399 p.

Wischmeier, W. H., y Smith D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. The USDA Agricultural Handbook No.537.

WWF Chile (2021). Guía de Monitoreo de la Restauración a Escala de Sitio. 72 p.

6. APÉNDICES

I. Fotografías de los trabajos realizados en las campañas de terreno.



Figura 9. Medición de Altura



Figura 10. Medición de DAC.



Figura 11. Medición de Densidad Aparente.



Figura 12. Medición Manejo Silvicultural.



Figura 13. Quebrada testigo. Ladera 1 y 2.



Figura 14. Ladera 3.



Figura 15. Ladera 4 en frente.



Figura 16. Ladera 5 en frente.



Figura 17. Ladera 6 hacia abajo.

II. Tablas obtenidas del procesamiento de datos obtenidos en terreno

Cuadro 20. Formulario de Enriquecimiento completado con los datos tomados en terreno.

AREA DE TRABAJO	PARCELA	ESPECIE	ALTURA (cm)	H log10	DA C (m m)	DAC log10	VITALIDAD	ESTADOFITOSANITARIO	OBSERVACIONES
A1	P1	Q. saponaria	69	1,838 8490 91	6,25	0,795 8800 17	Bueno	Sano	
A1	P1	S. polygamus	73	1,863 3228 6	11,15	1,047 2748 67	Bueno	Sano	
A1	P1	S. polygamus	98	1,991 2260 76	10,27	1,011 5704 44	Bueno	Sano	
A1	P1	S. polygamus	89	1,949 3900 07	8,54	0,931 4578 71	Bueno	Sano	
A1	P1	S. candolleana	112	2,049 2180 23	15,89	1,201 1238 97	Bueno	Sano	
A1	P1	Q. saponaria	93	1,968 4829 49	7,91	0,898 1764 83	Bueno	Sano	
A1	P1	M. hastulata	52	1,716 0033 44	6,3	0,799 3405 49	Bueno	Sano	
A1	P1	Q. saponaria	62	1,792 3916 89	4,53	0,656 0982 02	Bueno	Sano	
A1	P1	Q. saponaria	88	1,944 4826 72	6,03	0,780 3173 12	Bueno	Sano	

A1	P1	S. candolleana	145	2,161 3680 02	18,4 6	1,266 2316 97	Buen o	Sano	
A1	P1	M. hastulata	85	1,929 4189 26	9,48	0,976 8083 37	Buen o	Sano	
A1	P1	M. hastulata	106	2,025 3058 65	13	1,113 9433 52	Buen o	Sano	
A1	P1	S. candolleana	99	1,995 6351 95	11,9 7	1,078 0941 5	Buen o	Sano	
A1	P1	Q. saponaria	57	1,755 8748 56	4,19	0,622 2140 23	Buen o	Sano	
A1	P1	Q. saponaria	74	1,869 2317 2	7,47	0,873 3206 02	Buen o	Sano	
A1	P1	M. hastulata	74	1,869 2317 2	5,44	0,735 5989	Buen o	Sano	
A1	P1	M. hastulata	110	2,041 3926 85	15,0 6	1,177 8249 72	Buen o	Sano	
A1	P1	M. hastulata	84	1,924 2792 86	10,8 4	1,035 0292 82	Buen o	Sano	
A1	P1	Muerto		#jNUM!			Muert o	Sano	
A1	P2	S. candolleana	134	2,127 1047 98	15,8 2	1,199 2064 79	Buen o	Sano	2 rebrotes
A1	P2	Q. saponaria	66	1,819 5439 36	7,11	0,851 8696 01	Malo grado	Sano	Maleza
A1	P2	Q. saponaria	35	1,544 0680 44	4,42	0,645 4222 69	Buen o	Sano	
A1	P2	S. polygamus	56	1,748 1880 27	6,28	0,797 9596 44	Buen o	Sano	

A1	P2	S. latifolius	69	1,838 8490 91	6,25	0,795 8800 17	Bueno	Sano	
A1	P2	S. latifolius	98	1,991 2260 76	10,73	1,030 5997 22	Bueno	Sano	
A1	P2	S. candolleana	122	2,086 3598 31	12,82	1,107 8880 25	Bueno	Sano	2 rebrotes
A1	P2	S. polygamus	120	2,079 1812 46	6,92	0,840 1060 94	Bueno	Sano	
A1	P2	S. latifolius	81	1,908 4850 19	11,38	1,056 1422 62	Bueno	Sano	
A1	P2	S. latifolius	62	1,792 3916 89	6,77	0,830 5886 69	Bueno	Sano	
A1	P2	S. candolleana	97	1,986 7717 34	12,31	1,090 2580 53	Bueno	Sano	hojas secas
A1	P2	Q. saponaria	40	1,602 0599 91	6,06	0,782 4726 24	Malo grado	Sano	52pice seco
A1	P2	Q. saponaria		#¡NUM!			Muerto		seco
A1	P2	S. polygamus	96	1,982 2712 33	10,53	1,022 4283 71	Bueno	Sano	
A1	P2	Q. saponaria	68	1,832 5089 13	8,71	0,940 0181 55	Bueno	Sano	
A1	P2	S. polygamus	129	2,110 5897 1	16,09	1,206 5560 44	Bueno	Sano	
A1	P2	S. latifolius	100	2	9,61	0,982 7233 88	Bueno	Sano	

A1	P2	S. polygamus	106	2,025 3058 65	15,7 3	1,196 7287 23	Bueno	Sano	
A1	P2	S. candolleana	88	1,944 4826 72	9,92	0,996 5116 72	Bueno	Sano	
A1	P2	Q. saponaria		#¡NUM!			Muerto		
A2	P3	S. polygamus	70	1,845 0980 4	6,02	0,779 5964 91	Bueno	Sano	
A2	P3	S. polygamus		#¡NUM!			Muerto		seco
A2	P3	S. polygamus	61	1,785 3298 35	5,94	0,773 7864 45	Bueno	Sano	
A2	P3	S. polygamus	60	1,778 1512 5	6,61	0,820 2014 59	Bueno	Sano	
A2	P3	Q. saponaria		#¡NUM!			Muerto		
A2	P3	Q. saponaria		#¡NUM!			Muerto		seco
A2	P3	Q. saponaria		#¡NUM!			Muerto		seco
A2	P3	S. polygamus		#¡NUM!			Muerto		seco
A2	P3	S. polygamus	27	1,431 3637 64	3,65	0,562 2928 64	Bueno	Sano	No vigoroso

A2	P3	Q. saponaria		#iNUM!			Muerto		seco
A2	P3	Q. saponaria		#iNUM!			Muerto		seco
A2	P3	S. polygamus	54	1,732 3937 6	7,26	0,860 9366 21	Bueno	Sano	
A2	P3	S. polygamus		#iNUM!			Muerto		seco
A2	P3	Q. saponaria		#iNUM!			Muerto		seco
A2	P3	S. polygamus		#iNUM!			Muerto		seco
A2	P3	Q. saponaria		#iNUM!			Muerto		seco
A2	P3	muerto		#iNUM!			Muerto		
A2	P3	S. candolleana	87	1,939 5192 53	10,2 8	1,011 9931 15	Bueno	Sano	
A2	P3	Q. saponaria		#iNUM!			Muerto		seco
A2	P3	S. polygamus		#iNUM!			Muerto		seco
A2	P3	M. hastulata	95	1,977 7236 05	8,25	0,916 4539 49	Bueno	Sano	
A2	P3	Q. saponaria		#iNUM!			Muerto		seco
A2	P3	S. poly		#iNUM!			Muerto		seco

		gam us							
A2	P3	M. hastu lata		#¡NU M!			Muert o		
A2	P3	Q. sapo naria		#¡NU M!			Muert o		seco
A2	P3	Q. sapo naria		#¡NU M!			Muert o		seco
A2	P3	S. poly gam us	73	1,863 3228 6	6,47	0,810 9042 81	Buen o	Sano	
A2	P3	S. cand ollea na	63	1,799 3405 49	6,41	0,806 8580 3	Buen o	Sano	
A2	P3	S. poly gam us	59	1,770 8520 12	5,73	0,758 1546 22	Buen o	Sano	
A2	P3	Q. sapo naria		#¡NU M!			Muert o		seco
A2	P3	Q. sapo naria		#¡NU M!			Muert o		seco
A2	P3	C. odori fera		#¡NU M!			Muert o		seco
A2	P3	C. odori fera		#¡NU M!			Muert o		seco
A2	P3	Q. sapo naria		#¡NU M!			Muert o		seco
A2	P3	Q. sapo naria		#¡NU M!			Muert o		seco
A2	P3	S. cand ollea na	69	1,838 8490 91	7,69	0,885 9263 4	Buen o	Sano	

A2	P3	C. odori fera	42	1,623 2492 9	3,52	0,546 5426 63	Buen o	Sano	seco
A2	P3	Q. sapo naria		#¡NU M!			Muert o		
A2	P3	S. poly gam us	63	1,799 3405 49	8,25	0,916 4539 49	Buen o	Sano	
A2	P3	Q. sapo naria		#¡NU M!			Muert o		seco
A2	P3	S. poly gam us	50	1,698 9700 04	5,73	0,758 1546 22	Buen o	Sano	
A2	P3	C. odori fera		#¡NU M!			Muert o		seco
A2	P3	Q. sapo naria		#¡NU M!			Muert o		seco
A2	P3	S. cand ollea na	62	1,792 3916 89	6,54	0,815 5777 48	Buen o	Sano	
A2	P3	S. poly gam us	51	1,707 5701 76	5,06	0,704 1505 17	Buen o	Sano	
A2	P3	S. cand ollea na	74	1,869 2317 2	7,91	0,898 1764 83	Buen o	Sano	
A2	P3	S. poly gam us	81	1,908 4850 19	7,83	0,893 7617 62	Buen o	Sano	
A2	P3	Q. sapo naria		#¡NU M!			Muert o		seco
A2	P3	S. cand ollea na	78	1,892 0946 03	8,76	0,942 5041 06	Buen o	Sano	

A2	P3	Q. saponaria		#¡NUM!			Muerto		seco
A2	P3	S. polygamus	54	1,732 3937 6	5,18	0,714 3297 6	Bueno	Sano	
A2	P3	S. polygamus	59	1,770 8520 12	5,31	0,725 0945 21	Bueno	Sano	
A2	P3	Q. saponaria		#¡NUM!			Muerto		seco
A2	P4	S. latifolius	59	1,770 8520 12	5,74	0,758 9118 92	Bueno	Sano	
A2	P4	S. candolleana	78	1,892 0946 03	11,13	1,046 4951 64	Bueno	Sano	
A2	P4	S. polygamus	75	1,875 0612 63	8,74	0,941 5114 33	Bueno	Sano	
A2	P4	S. polygamus	87	1,939 5192 53	6,31	0,800 0293 59	Bueno	Sano	
A2	P4	S. candolleana	60	1,778 1512 5	8,05	0,905 7958 8	Malo grado	Sano	
A2	P4	S. latifolius	44	1,643 4526 76	2,11	0,324 2824 55	Malo grado	Sano	
A2	P4	S. candolleana	61	1,785 3298 35	7,74	0,888 7409 61	Bueno	Sano	
A2	P4	S. polygamus		#¡NUM!			Muerto		

A2	P4	S. latifolius		#¡NUM!			Muerto		
A2	P4	S. latifolius	47	1,672 0978 58	5,29	0,723 4556 72	Bueno	Sano	
A2	P4	S. polygamus	87	1,939 5192 53	6,76	0,829 9466 96	Bueno	Sano	
A2	P4	S. candolleana	36	1,556 3025 01	7,24	0,859 7385 66	Bueno	Sano	
A2	P4	Q. saponaria		#¡NUM!			Muerto		
A2	P4	muerto		#¡NUM!			Muerto		
A2	P4	M. hastulata	128	2,107 2099 7	12,1	1,082 7853 7	Bueno	Sano	
A2	P4	S. candolleana	52	1,716 0033 44	6,54	0,815 5777 48	Bueno	Sano	
A2	P4	S. latifolius	58	1,763 4279 94	6,75	0,829 3037 73	Bueno	Sano	
A2	P4	S. polygamus	51	1,707 5701 76	5,7	0,755 8748 56	Malo grado	Sano	
A2	P4	S. polygamus	60	1,778 1512 5	8,33	0,920 6450 01	Bueno	Sano	
A2	P4	S. candolleana	69	1,838 8490 91	8,5	0,929 4189 26	Bueno	Sano	
A2	P4	P. boldus		#¡NUM!			Muerto		

A2	P4	S. polygamus	51	1,707 5701 76	4,59	0,661 8126 86	Buen o	Sano	
A2	P4	S. candolleana	78	1,892 0946 03	9,34	0,970 3468 76	Buen o	Sano	
A2	P4	S. latifolius	46	1,662 7578 32	4,59	0,661 8126 86	Buen o	Sano	
A3	P5	S. polygamus	108	2,033 4237 55	6,79	0,831 8697 74	Buen o	Sano	
A3	P5	P. boldus		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	C. alba		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	P. boldus		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	C. alba		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	S. polygamus		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	S. polygamus		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	M. boaria		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	M. boaria		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	P. boldus		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	C. alba		#iNUM!			Muert o		

A3	P5	M. boaria	68	1,832 5089 13	6,25	0,795 8800 17	Buen o	Sano	
A3	P5	C. alba		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	S. polygamus	71	1,851 2583 49	6,74	0,828 6598 97	Buen o	Sano	
A3	P5	C. alba		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	M. boaria		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	P. boldus		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	M. boaria		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	P. boldus		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	M. boaria		#iNUM!			Muert o		
A3	P5	M. boaria		#iNUM!			Muert o		
A3	P6	S. latifolius		#iNUM!			Muert o		
A3	P6	M. hastulata	78	1,892 0946 03	4,1	0,612 7838 57	Buen o	Sano	
A3	P6	M. hastulata	43	1,633 4684 56	3,25	0,511 8833 61	Buen o	Sano	
A3	P6	S. polygamus	69	1,838 8490 91	5,79	0,762 6785 64	Buen o	Sano	
A3	P6	S. polygamus	36	1,556 3025 01	4,51	0,654 1765 42	Buen o	Sano	

A3	P6	C. alba		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	C. alba		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	C. alba		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	P. bold us		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	C. alba		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	S. latifo lius		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	C. alba		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	S. latifo lius		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	P. bold us		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	P. bold us		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	C. alba		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	C. alba		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	S. latifo lius		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	S. latifo lius		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	C. alba		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	P. bold us		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	P. bold us		#¡NUM!			Muert o		
A3	P6	S. latifo lius		#¡NUM!			Muert o		

A3	P6	S. latifolius		#¡NUM!			Muerto		
A3	P6	C. alba		#¡NUM!			Muerto		
A3	P6	C. alba		#¡NUM!			Muerto		
A3	P6	S. polygamus	63	1,799 3405 49	3,9	0,591 0646 07	Bueno	Sano	
A3	P6	S. polygamus	60	1,778 1512 5	4,03	0,605 3050 46	Malo grado	Sano	
A3	P6	M. hastulata	61	1,785 3298 35	4,04	0,606 3813 65	Malo grado	Sano	
A3	P6	M. hastulata	68	1,832 5089 13	2,99	0,475 6711 88	Malo grado	Sano	
A3	P6	S. latifolius		#¡NUM!			Muerto		
A4	P7	S. polygamus	65	1,812 9133 57	8,3	0,919 0780 92	Bueno	Sano	
A4	P7	S. candolleana	130	2,113 9433 52	14,9 3	1,174 0598 08	Bueno	Sano	
A4	P7	M. hastulata	77	1,886 4907 25	7,56	0,878 5217 96	Bueno	Sano	
A4	P7	Q. saponaria		#¡NUM!			Malo grado		
A4	P7	S. polygamus	77	1,886 4907 25	8,08	0,907 4113 61	Bueno	Sano	
A4	P7	Q. saponaria	63	1,799 3405 49	5,08	0,705 8637 12	Bueno	Sano	

A4	P7	S. polygamus	98	1,991 2260 76	8,31	0,919 6010 24	Bueno	Sano	
A4	P7	S. polygamus	65	1,812 9133 57	6,13	0,787 4604 75	Bueno	Sano	
A4	P7	S. candolleana	81	1,908 4850 19	9,92	0,996 5116 72	Bueno	Sano	
A4	P7	Q. saponaria	57	1,755 8748 56	4,96	0,695 4816 76	Bueno	Sano	
A4	P7	S. polygamus	65	1,812 9133 57	7,09	0,850 6462 35	Bueno	Sano	
A4	P7	S. candolleana	84	1,924 2792 86	9,81	0,991 6690 07	Bueno	Sano	
A4	P7	Q. saponaria	57	1,755 8748 56	5,43	0,734 7998 3	Bueno	Sano	
A4	P7	Q. saponaria	61	1,785 3298 35	6,14	0,788 1683 71	Bueno	Sano	
A4	P7	S. candolleana	85	1,929 4189 26	9,63	0,983 6262 87	Bueno	Sano	
A4	P7	S. polygamus	73	1,863 3228 6	7,34	0,865 6960 6	Bueno	Sano	
A4	P7	M. hastulata	72	1,857 3324 96	5,15	0,711 8072 29	Bueno	Sano	
A4	P7	Q. saponaria	56	1,748 1880 27	3,95	0,596 5970 96	Bueno	Sano	
A4	P7	Q. saponaria		#iNUM!			Muerto		

A4	P7	S. polygamus	56	1,748 1880 27	7,59	0,880 2417 76	Bueno	Sano	
A4	P7	S. candolleana	96	1,982 2712 33	11,54	1,062 2058 09	Bueno	Sano	
A4	P7	Q. saponaria		#¡NUM!			Muerto		
A4	P7	muerto		#¡NUM!			Muerto		
A4	P7	muerto		#¡NUM!			Muerto		
A4	P7	muerto		#¡NUM!			Muerto		
A4	P7	S. candolleana	97	1,986 7717 34	10,28	1,011 9931 15	Bueno	Sano	
A4	P7	Q. saponaria		#¡NUM!			Muerto		
A4	P7	S. polygamus		#¡NUM!			Muerto		
A4	P7	M. hastulata	95	1,977 7236 05	8,25	0,916 4539 49	Bueno	Sano	
A4	P7	Q. saponaria		#¡NUM!			Muerto		
A4	P7	S. polygamus	64	1,806 1799 74	5,7	0,755 8748 56	Bueno	Sano	
A4	P7	M. hastulata		#¡NUM!			Muerto		
A4	P7	Q. saponaria		#¡NUM!			Muerto		

A4	P8	S. polygamus	79	1,897 6270 91	6,37	0,804 1394 32	Buen o	Sano	
A4	P8	M. hastulata	130	2,113 9433 52	4,59	0,661 8126 86	Buen o	Sano	
A4	P8	Q. saponaria		#¡NUM!			Muert o		
A4	P8	Q. saponaria	44	1,643 4526 76	4,2	0,623 2492 9	Buen o	Sano	
A4	P8	S. polygamus		#¡NUM!			Muert o		
A4	P8	M. hastulata	78	1,892 0946 03	4,23	0,626 3403 67	Buen o	Sano	
A4	P8	S. polygamus	75	1,875 0612 63	7,34	0,865 6960 6	Buen o	Sano	
A4	P8	Q. saponaria	38	1,579 7835 97	4,28	0,631 4437 69	Buen o	Sano	
A4	P8	M. hastulata	97	1,986 7717 34	7,64	0,883 0933 59	Buen o	Sano	
A4	P8	S. candolleana	75	1,875 0612 63	8,64	0,936 5137 42	Buen o	Sano	
A4	P8	S. latifolius	66	1,819 5439 36	12,7	1,103 8037 21	Buen o	Sano	
A4	P8	Q. saponaria	55	1,740 3626 89	5,95	0,774 5169 66	Buen o	Sano	
A4	P8	M. hastulata		#¡NUM!			Muert o		
A4	P8	Q. saponaria	63	1,799 3405 49	5,38	0,730 7822 76	Buen o	Sano	

A4	P8	S. polygamus	75	1,875 0612 63	8,79	0,943 9888 75	Bueno	Sano	
A4	P8	S. latifolius	66	1,819 5439 36	7,93	0,899 2731 87	Bueno	Sano	
A4	P8	S. candolleana	72	1,857 3324 96	8,93	0,950 8514 59	Bueno	Sano	
A4	P8	Q. saponaria	55	1,740 3626 89	3,49	0,542 8254 27	Bueno	Sano	
A4	P8	Q. saponaria	59	1,770 8520 12	13,36	1,125 8064 58	Bueno	Sano	
A4	P8	S. candolleana	78	1,892 0946 03	7,77	0,890 4210 19	Bueno	Sano	
A4	P8	S. latifolius	74	1,869 2317 2	10,15	1,006 4660 42	Bueno	Sano	
A4	P8	Q. saponaria	41	1,612 7838 57	5,3	0,724 2758 7	Malo grado	Sano	
A4	P8	S. polygamus	90	1,954 2425 09	12,17	1,085 2905 78	Bueno	Sano	
A4	P8	M. hastulata	86	1,934 4984 51	10,72	1,030 1947 85	Bueno	Sano	
A4	P8	S. candolleana	96	1,982 2712 33	11,13	1,046 4951 64	Bueno	Sano	
A4	P8	S. latifolius	82	1,913 8138 52	14,01	1,146 4381 35	Bueno	Sano	
A4	P8	Q. saponaria	41	1,612 7838 57	13,65	1,135 1326 51	Bueno	Sano	

A4	P8	Q. saponaria		#iNUM!			Muerto		
A4	P8	S. polygamus		#iNUM!			Muerto		
A4	P8	M. hastulata		#iNUM!			Muerto		
A5	P9	S. latifolius	102	2,008 6001 72	13,2 1	1,120 9028 18	Bueno	Sano	
A5	P9	S. latifolius	107	2,029 3837 78	18,7 6	1,273 2328 34	Bueno	Sano	
A5	P9	S. polygamus	141	2,149 2191 13	13,2 2	1,121 2314 55	Bueno	Sano	
A5	P9	S. polygamus	130	2,113 9433 52	12,3 7	1,092 3697	Bueno	Sano	
A5	P9	S. candolleana	104	2,017 0333 39	16,3 5	1,213 5177 57	Bueno	Sano	
A5	P9	S. candolleana	95	1,977 7236 05	14,4 2	1,158 9652 6	Bueno	Sano	
A5	P9	S. polygamus	99	1,995 6351 95	13,5	1,130 3337 68	Bueno	Sano	
A5	P9	S. polygamus	85	1,929 4189 26	9,89	0,995 1962 92	Bueno	Sano	
A5	P9	S. latifolius	71	1,851 2583 49	8,34	0,921 1660 51	Bueno	Sano	
A5	P9	S. latifolius	89	1,949 3900 07	12,0 2	1,079 9044 68	Bueno	Sano	

A5	P9	S. candolleana	149	2,173 1862 68	23,6 6	1,374 0147 4	Buen o	Sano	
A5	P9	S. candolleana		#¡NUM!			Muert o		
A5	P9	S. polygamus	88	1,944 4826 72	10,4 2	1,017 8677 19	Buen o	Sano	
A5	P9	S. polygamus	100	2	13,8 2	1,140 5080 43	Buen o	Sano	
A5	P9	S. latifolius	76	1,880 8135 92	10,2 5	1,010 7238 65	Buen o	Sano	
A5	P9	S. latifolius	124	2,093 4216 85	17,0 9	1,232 7420 63	Buen o	Sano	
A5	P9	S. polygamus	60	1,778 1512 5	5,26	0,720 9857 44	Buen o	Sano	
A5	P9	S. polygamus		#¡NUM!			Muert o		
A5	P10	S. candolleana	121	2,082 7853 7	12,8 4	1,108 5650 24	Buen o	Sano	
A5	P10	M. hastulata		#¡NUM!			Muert o		
A5	P10	M. hastulata	115	2,060 6978 4	8,09	0,907 9485 22	Buen o	Sano	
A5	P10	M. boaria	126	2,100 3705 45	9,45	0,975 4318 09	Buen o	Sano	
A5	P10	M. boaria	62	1,792 3916 89	5,89	0,770 1152 95	Buen o	Sano	

A5	P10	M. boaria	79	1,897 6270 91	7,86	0,895 4225 46	Buen o	Sano	
A5	P10	M. boaria	66	1,819 5439 36	4,73	0,674 8611 41	Buen o	Sano	
A5	P10	C. alba	25	1,397 9400 09	3,38	0,528 9167	Buen o	Sano	
A5	P10	C. alba	36	1,556 3025 01	3,61	0,557 5072 02	Buen o	Sano	
A5	P10	S. polygamus	11	1,041 3926 85	1,34	0,127 1047 98	Buen o	Sano	
A5	P10	S. latifolius	100	2	11,0 9	1,044 9315 46	Buen o	Sano	
A5	P10	V. cavendon	57	1,755 8748 56	9,65	0,984 5273 13	Buen o		ramoneado
A5	P10	S. candolleana	115	2,060 6978 4	15,6 8	1,195 3460 58	Buen o	Sano	
A5	P10	S. latifolius	55	1,740 3626 89	6,35	0,802 7737 25	Buen o	Sano	
A5	P10	S. latifolius	78	1,892 0946 03	7,57	0,879 0958 8	Buen o	Sano	
A5	P10	S. polygamus	83	1,919 0780 92	6,42	0,807 5350 28	Buen o	Sano	

Cuadro 21. Formulario Monitoreo de OCAS (Cálculo Erosión a través de USLE).

L a d e r	G r a d i e n t e	T r a t a m i e n t o	Erosión															
			R		K					LS					C	P	A	
			R	T	y	%	L	n	L	C	Pr	LS	Su	Er				
			x	e	(	s	l	S			S	o	ác	*K	ma	osi	
											p	be	tic	*C	LS	on		

as				t u r a	) n	o p e			o n d	rt ur a	as C.		*K *C		
1	A l t a	S i n O C A S	2 3 2	0 , 1 4	2 0	3 5	6 , 3 0 5 7 7	0 , 5	0 , 1 9 2 4 5	1 , 2 1 3 5 5	0, 0 4 2	1	0,0 07 13 56 5	0,0 671 614 9	15, 58 14 65 6
1	M e d i a	S i n O C A S		0 , 1 4	3 0	4 5	1 1 , 4 3 3 9	0 , 5	0 , 3 5 1 8 8	4 , 0 2 3 3 8	0, 0 4 2		0,0 23 65 74 8		
1	B a j a	S i n O C A S		0 , 1 4	2 5	5 5	1 3 , 5 7 3 7	0 , 5	0 , 4 5 5 6 7	6 , 1 8 5 0 9	0, 0 4 2		0,0 36 36 83 5		
2	A l t a	S i n O C A S	2 3 2	0 , 2 2	4 0	3 3	8 , 8 0 1 9 9	0 , 5	0 , 1 9 2 4 5	1 , 6 9 3 9 4	0, 0 4 1	1	0,0 15 27 93 6	0,0 708 785 61	16, 44 38 26 3
2	M e d i a	S i n O C A S		0 , 1 8	6 0	1 8	4 , 8 0 5 0 4	0 , 5	0 , 3 5 1 8 8	1 , 6 9 0 8	0, 0 4 1		0,0 12 47 81 3		
2	B a j a	S i n O C A S		0 , 2 4	2 5	4 3	9 , 6 1 7 1 2	0 , 5	0 , 4 5 5 6 7	4 , 3 8 2 2 2	0, 0 4 1		0,0 43 12 10 7		

3	Alta	ConOCAS	232	0,18	30	40	9,65	0,5	0,1	0,01	0,48	0,00369581	0,023322872	2,59723499
3	Media	ConOCAS		0,18	30	50	13,2512	0,588	0,461	0,011		0,00923245		
3	Baja	ConOCAS		0,18	40	40	1,5225	0,567	0,543	0,011		0,01039584		
4	Alta	ConOCAS	232	0,13	50	30	8,8059	0,5247	0,1691	0,041	0,48	0,0090328	0,094270651	10,497977
4	Media	ConOCAS		0,18	40	40	1,5225	0,588	0,461	0,011		0,0299246		
4	Baja	ConOCAS		0,18	55	45	1,6449	0,5567	0,4431	0,041		0,0553154		
5	Alta	ConO	232	0,22	10	40	5,011	0,596	0,096	0,087	0,1	0,01847	0,16719008	3,87880

		C AS				5 4 4		2 4 5	5 2 2			43 5		81 8
5	M e d i a	C o n O C A S		0 , 1 3	2 0	5 0	1 0 , 3 8 9 7	0 , 5	0 , 3 5 1 8 2	3 , 6 5 9 2	0, 0 8 7	0,0 41 34 84 8		
5	B a j a	C o n O C A S		0 , 2 4	1 5	6 0	1 1 , 2 8 4 7	0 , 5	0 , 4 5 6 7	5 , 1 4 2 1	0, 0 8 7	0,1 07 36 71 8		
6	A l t a	C o n O C A S	2 3 2	0 , 1 3	3 5	4 5	1 2 , 5 4 1 9	0 , 5	0 , 1 9 2 4 5	2 , 4 1 3 6 9	0, 0 8 7	0,0 27 29 88 4	0,2 194 504 75	5,0 91 25 10 1
6	M e d i a	C o n O C A S		0 , 1 3	2 0	6 0	1 3 , 4 1 0 8	0 , 5	0 , 3 5 1 8 8	4 , 7 1 9 0 1	0, 0 8 7	0,0 53 37 19 7		
6	B a j a	C o n O C A S		0 , 2 5	1 5	7 0	1 4 , 0 0 2 9	0 , 5	0 , 4 5 5 6 7	6 , 3 8 0 6 7	0, 0 8 7	0,1 38 77 96 6		

Cuadro 22. Cálculo de Densidad Aparente y Contenido de Humedad.

MUES TRA	N° C	MC	MC+ MSH	Trata miento	MC+ MSS	D. aparen te	%Hu medad	Hum.lo g10
L1A	42	6,5	158,7 6	SIN	157,0 1	1,1010 3582	1,1145 7869	0,0471 10735
L1B	41	6,5	188,7 4	SIN	186,2 9	1,3152 2975	1,3151 5379	0,1189 76542
L2A	50	6,39	211,2 4	SIN	208,9 6	1,4818 738	1,0911 1792	0,0378 71687
L2M	33	6,52	129,8 6	SIN	127,7 2	0,8866 2243	1,6755 4024	0,2241 54863
L2B	30	6,66	198,6 1	SIN	196,2 1	1,3866 2773	1,2231 7925	0,0874 90104
L3A	37	6,51	167,8 3	CON	165,5 8	1,1636 5536	1,3588 5977	0,1331 7464
L3M	38	6,54	179,4 6	CON	177,6 5	1,2517 3237	1,0188 573	0,0081 13363
L3B	46	6,77	180,2 7	CON	177,6 5	1,2500 4984	1,4748 1002	0,1687 36079
L4A	39	6,58	149,9 3	CON	148,2 7	1,0365 1429	1,1195 7915	0,0490 548
L4M	45	6,54	142,0 4	CON	140,8 9	0,9828 195	0,8162 3962	- 0,0881 8233
L4B	36	6,55	147,9 4	CON	145,7 7	1,0184 4533	1,4886 465	0,1727 9158
L5A	35	6,56	155,7 3	CON	152,4 9	1,0675 3144	2,1247 2949	0,3273 03646
L5M	32	6,62	174,5 1	CON	172,5 1	1,2135 4616	1,1593 5308	0,0642 1572
L5B	34	6,71	149,8 6	CON	148,3 1	1,0358 559	1,0451 0822	0,0191 61263
L6A	51	6,64	190,8 7	CON	188,3 1	1,3289 8264	1,3594 6046	0,1333 66582
L6M	53	6,52	201,6 1	CON	199,3 4	1,4105 4898	1,1387 579	0,0564 31403
L6B	48	6,67	176,6 7	CON	173,6 8	1,2217 3937	1,7215 5689	0,2359 21378

Cuadro 23. Tabla de los ejemplares evaluados en el monitoreo junto a sus coordenadas geográficas, nombre de especie e intensidad del raleo y con la actualización del n° de vástagos, rango de altura y rango de DAC.

Ejemplar	X	Y	Especie	Raleo	N° de vástagos	Rango altura (m)	Rango DAC (cm)
EM1	271649	629979 1	Boldo	35%	[10-15]	[1-2,5]	[0,7-2]
EM2	271653	629978 9	Boldo	50%	[5-10]	[1-2,5]	[0,6-2]
EM3	271650	629978 9	Molle	35%	[5-10]	[1-3,5]	[1-5]
EM4	271650	629978 9	Quillay	35%	[5-10]	[1,7-2,6]	[1-2]
EM5	271642	629979 1	Quillay	50%	[5-10]	[2-3,2]	[1,5-5]
EM6	271644	629978 4	Boldo	50%	[10-15]	[2,1-2,5]	[1,5-3]
EM7	271650	629978 3	Quillay	0%	[10-15]	[2,1-2,5]	[1,5-3]
EM8	271652	629978 4	Boldo	0%	[5-10]	[1-2,3]	[1-2,5]
EM9	271652	629977 4	Boldo	35%	[5-10]	[1,5-2]	[2-3]
EM10	271654	629976 1	Molle	35%	[5-10]	[2,3-3,2]	[1,4-4,5]
EM11	271654	629976 3	Boldo	50%	[5-10]	[1,4-1,8]	[0,7-2]
EM12	271660	629977 3	Boldo	0%	[10-15]	[1,2-2,6]	[0,7-3]
EM13	271658	629978 7	Quillay	35%	[10-15]	[2-3,5]	[2-5,5]
EM14	271673	629977 6	Quillay	50%	>30	[1,5-3]	[1-5]
EM15	271678	629978 0	Molle	50%	>20	[2-3,2]	[1-4,5]
EM16	271688	629979 5	Quillay	50%	[15-20]	[0,4-3]	[2-4,5]
EM17	271685	629970 5	Molle	0%	[15-20]	[2,5-3]	[1-4]
EM18	271679	629970 2	Molle	50%	[5-10]	[2,6-3]	[3-5]
EM19	271678	629970 4	Quillay	50%	[5-10]	[2,3-3,6]	[2,7-4,5]

EM20	271643	629975 8	Boldo	35%	[10-15]	[1,1-1,5]	[1-2]
EM21	271647	629975 0	Boldo	35%	[15-20]	[0,2-1,5]	[0,3-1,5]
EM22	271645	629975 0	Molle	35%	[5-10]	[0,1-2,3]	[1-4]
EM23	271651	629974 1	Molle	35%	[15-20]	[2-3]	[2-4]
EM24	271657	629974 0	Quillay	50%	[15-20]	[0,4-2]	[0,2-2,5]
EM25	271658	629976 0	Boldo	50%	>20	[1,2-2,5]	[1-7,5]
EM35	271678	629973 5	Quillay	0%	[10-15]	[0,5-2]	[0,5-3]
EM40	271655	629975 1	Quillay	35%	>20	[1-3,5]	[1-4]
EM44	271646	629972 3	Molle	0%	[10-15]	[2,3-3,3]	[2-4]
EM49	271646	629973 2	Molle	0%	[15-20]	[2-3,6]	[1-5]
EM53	271712	629991 3	Quillay	0%	[10-15]	[1-2,1]	[0,7-4,5]