



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS
AGRARIAS**

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

TESIS DE GRADO

**“PLAN DE RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA PARA LA
RECUPERACIÓN DE ÁREAS
DEGRADADAS POR UN
INCENDIO, EN LA CUENCA DEL
RÍO MENDOZA”**

AUTORA: MARÍA FLORENCIA MARCZUK

DIRECTORA: CLARA PISSOLITO

CODIRECTORA: EMILIA FERNÁNDEZ

2022



“PLAN DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA LA RECUPERACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS POR UN INCENDIO, EN LA CUENCA DEL RÍO MENDOZA”

- ❖ **Autora:** María Florencia Marczuk.
Correo electrónico: flormarczuk17@gmail.com
- **Directora del proyecto:** Clara Pissolito.
Correo electrónico: clarapissolito777@gmail.com
- **Codirectora del proyecto:** María Emilia Fernández.
Correo electrónico: emilia.fernandez07@gmail.com

Comisión Evaluadora:

- Pablo Meglioli
Correo electrónico: meglioli.pablo@gmail.com
- Bárbara Guida Johnson
Correo electrónico: bguidaj@mendoza-conicet.gob.ar
- María Basualdo
Correo electrónico: mabasualdo86@gmail.com



RESUMEN

En los ambientes áridos de montaña de los departamentos de Luján de Cuyo y Tupungato, Mendoza, Argentina, en Julio del 2019, se produjo un incendio que afectó 15000 ha. De allí, surge la necesidad de generar un plan de restauración ecológica que permita recuperar la biodiversidad, la integridad y la salud ecológica del área quemada, teniendo en cuenta el contexto social circundante. Además, la falta de antecedentes en relación a la planificación de proyectos de restauración ecológica a escala de paisaje en la zona, presenta una oportunidad para generar información útil, métodos y estrategias de referencia.

El desarrollo de esta tesis tuvo en cuenta los pasos metodológicos propuestos en los “Estándares Internacionales para la Práctica de Restauración Ecológica” de la SER (Society for Ecological Restoration) y la “Guía de Principios, Directrices y Buenas Prácticas para la Restauración Ecológica de Áreas Protegidas” de UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). También se consideraron las experiencias locales del Proyecto de Restauración Ecológica Participativa “Sumá Nativas”, en el cual se enmarca la tesis. Existen tres etapas necesarias para ejecutar un Plan de Restauración Ecológica: Planificación, Implementación, y Monitoreo y Evaluación. La tesis se encuadra particularmente en la Planificación, describiendo y desarrollando siete pasos: La Definición del problema, Identificación de los actores sociales, Realización del diagnóstico, Definición del ecosistema de referencia, Determinación de metas y objetivos del proyecto, Definición de la estrategia de restauración, y Diseño del mantenimiento y monitoreo.

La “Definición del Problema” se enfocó en presentar la dimensión del área quemada, la cual se evaluó con el cálculo del “Índice Normalizado del Área Quemada” (NBR). Por sus grandes extensiones, se decidió acotar el alcance de la tesis a 7038 ha correspondientes a la Cuenca del Río Mendoza. La “Identificación de Actores Sociales” permitió obtener 85 respuestas de encuestas registrando una alta participación de personas jóvenes, y mujeres locales, con un gran interés por las problemáticas ambientales. Con la información recabada también se realizó un Mapa de Actores Sociales considerando diferentes escalas y sectores. El “Diagnóstico” presentó la evolución del sitio de estudio desde el año 2019 al 2021, mediante el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Y luego, con datos obtenidos a campo en diferentes condiciones, quemadas y no quemadas; y en diferentes exposiciones, norte y sur se realizaron diversos análisis. Entre sus resultados, los más significativos indicaron una reducción de cobertura en sitios quemados y en exposición sur, siendo las formas de vida más afectadas los cactus y los arbustos. Por el contrario, las herbáceas y gramíneas tendieron a aumentar su cobertura. El cálculo del Índice de Similitud de Sorensen mostró un grado de similaridad intermedio entre sectores quemados y no quemados, siendo las laderas Norte las que presentan más similitud entre condiciones. Y el cálculo del Índice de Integridad de Ecosistemas, mostró que la cobertura y diversidad están muy afectadas en la comunidad quemada, estando menos representados estos parámetros en las laderas Sur que en las Norte. El análisis del “Ecosistema de Referencia”, permitió obtener parámetros de referencia respecto a componentes ecosistémicos y sociales tales como altitud, pendiente, suelos, hidrografía, clima, vegetación, usos del suelo y accesibilidad. Esto llevó a la “Determinación los Objetivos y Metas” del proyecto teniendo en cuenta aspectos ecosistémicos y socioeconómicos.

Considerando lo anterior, se llevó a cabo la “Propuesta de Restauración Ecológica”. A través del uso de la Evaluación Multicriterio y de Sistemas de Información Geográfica, se determinaron Áreas Prioritarias. Se elaboraron mapas que representan espacialmente los valores y priorización de los criterios seleccionados: Accesibilidad, Pendiente, Cauces de agua, Diferencia de NDVI (2021- 2019) y Usos del suelo; para luego evaluar los datos a través del Método de Jerarquías Analíticas. Los resultados mostraron 1105 ha prioritarias con más valor para ser restauradas activamente, de las cuales se seleccionaron 10 sitios puntuales, quedando como resultante 292 ha factibles a restaurar con mayor éxito y de forma más efectiva. La estrategia de restauración activa, partió de la Selección de un Elenco de Especies basada en rasgos de vida de las especies nativas encontradas en el



diagnóstico, eligiendo finalmente 7 especies herbáceas, y 8 especies arbustivas y subarbustivas. Luego, el Diseño de Plantación, se proyectó en módulos de restauración usados para el enriquecimiento del sitio de estudio, enfocando el diseño en recuperar la estructura y biodiversidad. Finalmente, el “Monitoreo y Mantenimiento” incluyó indicadores específicos y medibles para cada objetivo y meta con el fin de proponer un seguimiento.

Con este trabajo se concluye a cerca de la importancia de la “planificación” en programas de restauración ecológica entendiéndola compleja y extensa que puede llegar a ser esta etapa; considerando que no siempre se tiene en cuenta todos los pasos metodológicos, la logística, o los plazos que tienen los financiamientos para este tipo de proyectos. Su desarrollo, además, permitiría generar aportes y eficientizar el trabajo en futuros proyectos para restaurar la zona quemada.

PALABRAS CLAVE: Restauración Ecológica, Ecosistemas Áridos de Montaña, Planificación de Proyectos, Estrategias de Restauración Activa, Análisis Multicriterio para la Priorización de Áreas, Selección de Especies, Diseño de Plantación.



ABSTRACT

In the arid mountain environments, in the departments of Luján de Cuyo and Tupungato, Mendoza, Argentina, in July 2019, a fire affected 15,000 ha. From there, the need arises to generate an ecological restoration plan that allows the recovery of biodiversity, integrity and ecological health of the burned area, taking into account the surrounding social context. In addition, the lack of background in relation to the planning of ecological restoration projects at the landscape scale in the area, presents an opportunity to generate useful information, methods and reference strategies.

The development of this thesis took into account the methodological steps proposed in the "International Standards for the Practice of Ecological Restoration" of the SER (Society for Ecological Restoration) and the "Guide of Principles, Guidelines and Good Practices for the Ecological Restoration of Areas Protected" of IUCN (International Union for Conservation of Nature). The local experiences of the Participatory Ecological Restoration Project "Sumá Nativas" were also considered, in which the thesis is framed. There are three necessary stages to execute an Ecological Restoration Plan: Planning, Implementation, and Monitoring and Evaluation. The thesis is particularly framed in Planning, describing and developing seven steps: Definition of the problem, Identification of the social actors, Carrying out of the diagnosis, Definition of the reference ecosystem, Determination of goals and objectives of the project, Definition of the restoration strategy, and Design of maintenance and monitoring.

The "Definition of the Problem" focused on presenting the dimension of the burned area, which was evaluated with the calculation of the "Normalized Burned Area Index" (NBR). Due to its large extensions, it was decided to limit the scope of the thesis to 7038 ha corresponding to the Mendoza River Basin. The "Identification of Social Actors" allowed obtaining 85 survey responses registering a high participation of young people, and local women, with a great interest in environmental problems. With the information collected, a Map of Social Actors was also made considering different scales and sectors. The "Diagnosis" presented the evolution of the study site from 2019 to 2021, through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). And then, with data obtained in the field in different conditions, burned and not burned; and in different exposures, north and south, various analyzes were carried out. Among their results, the most significant indicated a reduction in coverage in burnt sites and in southern exposure, with cacti and shrubs being the life forms most affected. On the contrary, the herbaceous and gramineous tended to increase their cover. The calculation of the Sorensen Similarity Index showed an intermediate degree of similarity between burned and unburned sectors, with the northern slopes showing the most similarity between conditions. And the calculation of the Ecosystem Integrity Index showed that the coverage and diversity are greatly affected in the burned community, with these parameters being less represented on the southern slopes than on the northern ones. The analysis of the "Reference Ecosystem" allowed obtaining reference parameters regarding ecosystem and social components such as altitude, slope, soil, hydrography, climate, vegetation, land use and accessibility. This led to the "Determination of the Objectives and Goals" of the project taking into account ecosystem and socioeconomic aspects.

Considering the above, the "Ecological Restoration Proposal" was carried out. Through the use of the Multicriteria Evaluation and Geographic Information Systems, Priority Areas were determined. Maps were prepared that spatially represent the values and prioritization of the selected criteria: Accessibility, Slope, Watercourses, NDVI Difference (2021-2019) and Land Use; to evaluate later, the data through the Method of Analytical Hierarchies. The results showed 1105 priority ha with more value to be actively restored, of which 10 specific sites were selected, leaving as a result 292 feasible ha to restore more successfully and effectively. The active restoration strategy started from the Selection of a List of Species based on the life traits of the native species found in the diagnosis, finally choosing 7 herbaceous species, and 8 shrubby and subshrub species. Then, the Plantation Design was projected in restoration modules used for the enrichment of the study site, focusing the



design on recovering the structure and biodiversity. Finally, the "Monitoring and Maintenance" included specific and measurable indicators for each objective and goal in order to propose a follow-up.

This work concludes about the importance of "planning" in ecological restoration programs, understanding how complex and extensive this stage can be; considering that not all the methodological steps, logistics, or the terms of financing for this type of project are always taken into account. Its development would also make it possible to generate contributions and streamline work on future projects to restore the burnt area.

KEY WORDS: Ecological Restoration, Arid Mountain Ecosystems, Project Planning, Active Restoration Strategies, Multicriteria Analysis for Area Prioritization, Species Selection, Plantation Design.



AGRADECIMIENTOS

Finalizando esta etapa de mi vida me gustaría agradecer a mi familia que me apoyó en cada decisión que tomé y en cada momento de la carrera. A mi mamá y papá, que con su esfuerzo, amor y paciencia, siempre me dieron todo, y me brindaron la oportunidad de estudiar. A mis hermanos, que son una de las cosas más lindas que tengo, siempre presentes impulsándome a ser mejor persona y a concretar las cosas que quiero. A mi abuelita que me incentivó a dar siempre lo mejor y prendió miles de velitas para que me fuera bien. A mis sobrinos, que con su energía siempre me sacan una sonrisa. También a esa amiga incondicional que ha estado al lado mío en cada etapa de mi vida, siendo esa voz de tranquilidad y seguridad. Y a mi novio, que hoy y en estos últimos años, saca lo mejor de mí, me da confianza, me anima y acompaña en absolutamente todo.

A las personas a las que tuve la oportunidad de conocer durante la carrera, que más o menos, todas han tenido un impacto en mí y me han ayudado a crecer en muchos aspectos. Agradezco particularmente a ese grupo de amigos que está desde el principio a pesar de las distancias y de los cambios; porque la vida facultativa con ellos se hizo más linda y hasta hoy con tantas cosas nuevas siguen presentes. A esas amigas que se volvieron una parte muy importante de mi vida, mi sostén en la facu y fuera de la facu. También, a todos los que me acompañaron en el cursado, que con sus personalidades increíbles, volvieron más divertidos y menos estresantes los días. Por tantos mates en el pastito, vueltas en el jardín botánico, resúmenes, tardes de estudio, salidas, risas, conversaciones profundas y charlas en los pasillos.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, por ser mi segundo hogar por tantos años; y a todos los profesores que he tenido, que hicieron que me enamorara de mi carrera y me enseñaron de perseverancia, confianza y vocación.

A mis directoras de tesis, Clara Pissolito y Emilia Fernández, que me aceptaron desde el primer momento para guiarme en este proceso, por toda su dedicación, conocimiento y acompañamiento. Junto a ellas, no puedo dejar de mencionar a Sumá Nativas y todo el equipo, ya que me brindaron un lugar hermoso para hacer mi tesis. Haber sido parte de este proyecto, me ha enriquecido muchísimo, y me dió la oportunidad de conocer personas llenas de vida y con una vocación increíble. A Cecilia Rubio por su tiempo y tanta paciencia; y a Antonio Dalmaso, por su experiencia y conocimiento. Un inmenso agradecimiento por tantas horas compartidas, sin ustedes no hubiera sido posible.

A mis evaluadores, Pablo Meglioli, Bárbara Guida Johnson y María Basualdo, por sus aportes y por ayudarme a culminar esta etapa.

GRACIAS, GRACIAS, GRACIAS.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo General	2
2.2. Objetivos Específicos	2
3. MARCO TEÓRICO	2
3.1. Efectos del Fuego	2
3.2. Cambio Climático	3
3.3. Sucesión de la Vegetación Post- incendio	3
3.4. Restauración Ecológica	4
3.5. Estrategias de Restauración	5
3.6. Factores Intervinientes en la Recuperación de Ecosistemas	6
3.7. Etapas de un Proyecto de Restauración Ecológica	8
3.7.1. Planificación.....	9
3.7.2. Otros Conceptos.....	12
4. METODOLOGÍA	13
4.1. Área de Trabajo	13
4.2. Plan de Restauración Ecológica	14
4.2.1. Problema.....	14
4.2.2. Actores Sociales.....	15
4.2.3. Análisis Diagnóstico.....	15
4.2.4. Ecosistema de Referencia.....	19
4.2.5. Metas y Objetivos del Proyecto de Restauración.....	20
4.2.6. Propuesta de Restauración Ecológica.....	20
4.2.7. Monitoreo y Mantenimiento del Proyecto.....	28
5. RESULTADOS: “PLAN DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA LA RECUPERACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS POR UN INCENDIO, EN LA CUENCA DEL RÍO MENDOZA”	29
5.1. Problema	29
5.2. Actores Sociales	30
5.3. Análisis Diagnóstico	32
5.4. Ecosistema de Referencia	37
5.5. Metas y Objetivos del Proyecto de Restauración	38
5.6. Propuesta de Restauración Ecológica	39
5.7. Monitoreo y Mantenimiento del Proyecto	50
6. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES	53



7. BIBLIOGRAFÍA	56
8. ANEXO	63
8.1. Anexo I	63
8.2. Anexo II	69
8.3. Anexo III	73
8.4. Anexo IV	79
1.1. Anexo V	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de un proyecto de Restauración ecológica. Fuente: Propia. Año: 2022....	8
Figura 2: Pasos metodológicos para llevar a cabo la Etapa de Planificación de un Proyecto de Restauración Ecológica. Fuente: Propia. Año: 2022.	9
Figura 3: Ubicación del área de trabajo con respecto a la Ciudad de Mendoza. Fuente: Propia. Año: 2022.	14
Figura 4: Zonas de relevamiento y muestreo de datos del sitio de estudio. Fuente: Propia. Año: 2022.	16
Figura 5: Área quemada total correspondiente a 15000 ha entre los Departamentos de Luján de Cuyo y Tupungato, Mendoza. Fuente: Propia. Año: 2022.	29
Figura 6: Sitio de estudio correspondiente a 7038 ha de la Cuenca del Río Mendoza en el Departamento de Luján de Cuyo, Mendoza. Fuente: Propia. Año: 2022.....	30
Figura 7: Mapa de Actores Sociales para el proyecto de restauración ecológica. Fuente: Propia. Año: 2022.	31
Figura 8: Valoración de Problemáticas relacionadas a Servicios Ecosistémicos. N total = 85 encuestas. Fuente: Propia. Año: 2022.	32
Figura 9: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del Sitio de estudio para los años 2019, 2020, 2021 y 2022. Fuente: Propia. Año: 2022.	32
Figura 10: Comparación de las medias de cobertura total en porcentaje, en sitios quemados y no quemados con distintas exposiciones, norte y sur. El asterisco indica que las diferencias son significativas. Se muestra la reducción de cobertura entre ambas condiciones. Fuente: Sumá Nativas. Año: 2021.....	33
Figura 11: Cobertura total en porcentaje, según formas de vida, en sitios quemados y no quemados con distintas exposiciones, norte y sur. Se muestra la reducción o aumento de cobertura entre ambas condiciones. Fuente: Sumá Nativas. Año: 2021.	34
Figura 12: Riqueza de especies nativas registradas en los relevamientos, según situación (sitios quemados y no quemados) y exposición de ladera (norte y sur). Fuente: Sumá Nativas. Año: 2021.	34
Figura 13: Abundancia de especies nativas registradas en los relevamientos, según situación (sitios quemados y no quemados) y exposición de ladera (norte y sur). Fuente: Sumá Nativas. Año: 2021.	35
Figura 14: Riqueza de especies exóticas registradas en los relevamientos, según situación (sitios quemados y no quemados) y exposición de ladera (norte y sur). Fuente: Sumá Nativas. Año: 2021.	35



Figura 15: Abundancia de especies exóticas registradas en los relevamientos, según situación (sitios quemados y no quemados) y exposición de ladera (norte y sur). Fuente: Sumá Nativas. Año: 2021.	36
Figura 16: Criterio Accesibilidad utilizado para la selección de áreas prioritarias. Variable prioritaria: Camino consolidado y Ruta. Fuente: Propia. Año: 2022.	40
Figura 17: Criterio Pendiente utilizado para la selección de áreas prioritarias. Variable prioritaria: Menores valores de pendiente. Fuente: Propia. Año: 2022.	40
Figura 18: Criterio Cauces de Agua utilizado para la selección de áreas prioritarias. Variable prioritaria: Cauces de orden 1. Fuente: Propia. Año: 2022.	41
Figura 19: Criterio Diferencia de NDVI (2021-2019) utilizado para la selección de áreas prioritarias. Variable prioritaria: Menor valor de NDVI. Fuente: Propia. Año: 2022.	41
Figura 20: Criterio Usos del Suelo utilizado para la selección de áreas prioritarias. Variable prioritaria: Asentamientos y Servicios. Fuente: Propia. Año: 2022.	42
Figura 21: Áreas prioritarias para la realización de estrategias de restauración ecológica activa en el sitio de estudio, siendo las más prioritarias las representadas en verde oscuro (mayor valor de prioridad). Fuente: Propia. Año: 2022.	43
Figura 22: Posibles sitios de restauración activa dentro de las áreas más prioritarias (siendo las más prioritarias las que presentan mayor valor y color verde oscuro). Fuente: Propia. Año: 2022.	44
Figura 23: Esquema del diseño del Módulo de Plantación y su Distribución heterogénea en Sitios Prioritarios para la restauración ecológica activa. Fuente: Propia. Año: 2022.	47
Figura 24: Distribución de las encuestas realizadas según Sexo. Fuente: Propia. Año: 2021.	67
Figura 25: Distribución de las encuestas a la comunidad local según sexo y edad. Fuente: Propia. Año: 2021.	67
Figura 26: Lugar de residencia de los actores encuestados. Fuente: Propia. Año: 2021.	68
Figura 27: Nivel de educación de los actores y su relación con temáticas medio ambientales. Fuente: Propia. Año: 2021.	68
Figura 28: Curvas de nivel a 20m en el Sitio de Estudio. Fuente: IGN- DEM- Elaboración propia.	73
Figura 29: Pendientes de Sitio de Estudio en porcentaje (%) .Fuente: IGN- DEM- Elaboración propia.	74
Figura 30: Suelos en el Sitio de Estudio. Fuente: INTA- Suelos de Argentina- Elaboración propia.	75
Figura 31: Hidrología del Sitio de Estudio. Fuente: MDE- SIAT- Elaboración propia.	76
Figura 32: Precipitaciones del Sitio de Estudio (mm). Fuente: SIAT- Elaboración propia.	77
Figura 33: Asentamientos y Servicios del Área Quemada. Fuente: My Maps, SIAT - Elaboración propia.	79
Figura 34: Accesibilidad del Sitio de Estudio. Fuente: Openstreetmap- Wikiloc- Elaboración propia.	80



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Criterios utilizados para la selección de áreas prioritarias para la restauración ecológica. 23	
Tabla 2: Escala para la asignación de juicios de valor (Matriz de Saaty- Fuente: Barredo Cano, 1992).....	24
Tabla 3: Matriz de comparación entre pares de criterios (Matriz de Saaty- Fuente: Barredo Cano, 1992).....	24
Tabla 4: Resultados del vector principal por criterio.....	25
Tabla 5: Calificación propuesta para rasgos de vida prioritarios para especies herbáceas evaluadas y ponderación.....	26
Tabla 6: Calificación propuesta para rasgos de vida prioritarios para especies arbustivas y subarbustivas evaluadas y ponderación.....	26
Tabla 7: Índices de Vegetación calculados para el sitio de estudio.....	37
Tabla 8: Atributos clave y parámetros del ecosistema de referencia para el proyecto de restauración ecológica.....	37
Tabla 9: Metas y objetivos propuestos para el proyecto de restauración ecológica.....	38
Tabla 10: Extensión en hectáreas (ha) de los sitios posibles de restauración activa.	44
Tabla 11: Elenco de especies Herbáceas y Arbustivas y Subarbustivas para la implementación de estrategias de restauración ecológica activa.	45
Tabla 12: Diversidad de los Módulos de plantación.....	48
Tabla 13: Indicadores de medición basados en las metas y objetivos del proyecto de restauración. 51	
Tabla 14: Listado de Especies Nativas presentes en el Sitio de Estudio.	69
Tabla 15: Listado de Especies Exóticas presentes en el Sitio de Estudio.....	70
Tabla 16: Tala modelo para la realización del dataframe para el cálculo de Índice de Integridad de Ecosistemas.....	71
Tabla 17: Evaluación de Rasgos de Vida de las especies encontradas en el diagnóstico. 81	
Tabla 18: Resultado de Calificación de las especies Herbáceas y resultados de especies seleccionadas.....	91
Tabla 19: Resultados de Calificación de las especies Arbustivas y resultados de especies seleccionadas.....	93



1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas se encuentran influenciados por diversos agentes perturbadores tanto de origen natural como humano (Fernández et al., 2010). Entre ellos, los incendios particularmente, son un disturbio (Peláez et al., 2010) que pueden alterar severamente la estabilidad de los ecosistemas, alterando su estructura y funcionalidad con consecuencias en las dinámicas sucesionales e interacciones ecológicas claves del sistema (Fernández et al., 2010). Además, provocan un impacto a nivel social y económico, causando pérdidas humanas, materiales, tanto en la propiedad pública como la privada; y daños en las actividades económicas de la población (Castillo et al., 2003). La constante presión antrópica (Fernández et al., 2010), con la intervención cada vez más agresiva sobre los recursos naturales renovables, altera cada vez más la estabilidad y los procesos naturales de los ecosistemas, volviéndolos más susceptibles a incendiarse. Sumado a esto, el cambio climático genera un gran impacto sobre los sistemas naturales. Sus efectos en la variabilidad climática, (De Groot et al., 2013) aumentan la probabilidad de eventos extremos y alteran procesos ecológicos a escala global. De esta manera, fenómenos como la sequía, afectan la vegetación, aumentando su inflamabilidad y altera el régimen de incendios (Almagro et al., 2009).

La recuperación de la vegetación luego de un incendio, en primer lugar depende de los procesos sucesionales. Las diferentes especies vegetales responden de forma diferencial al fuego, dependiendo de sus habilidades para tolerarlo y de los mecanismos de regeneración que poseen (Jaksic et al., 2015). Sin embargo, en ambientes áridos, este proceso suele ser muy lento y su resultado muy incierto (Zuleta, 2015). En este contexto, la Restauración Ecológica se muestra como una alternativa que permite revertir los impactos provocados por los incendios sobre los ecosistemas naturales (Ríos, 2011). La misma busca por medio de la manipulación direccionada de algunos procesos (Álvarez et al., 2021), la eliminación de disturbios y la aceleración de procesos sucesionales naturales, logrando la recuperación de los ecosistemas degradados respecto a su salud, integridad y sustentabilidad (Fernández et al., 2010). Cabe destacar, que en el periodo 2021-2030, nos encontramos en la Década de Restauración de Ecosistemas declarada en el 2019 por la Asamblea General de la ONU (ONU, 2021) en consonancia con las metas de los Objetivos del Desarrollo sostenible (ODS). El objetivo de la misma es que para fines de la década, los ecosistemas de América Latina y el Caribe estén en proceso de recuperación, en particular aquellos ecosistemas que son esenciales para la sustentabilidad social, económica y ambiental a largo plazo y el bienestar de la región (ONU, 2021).

Particularmente en la Provincia de Mendoza, Argentina, los incendios se presentan como una amenaza socio-ambiental, ya que además de mostrarse como un peligro natural, se dan principalmente por descuidos antrópicos o de manera intencional (Gobierno de Mendoza, 2019). En este contexto, en los Departamentos de Luján de Cuyo y Tupungato, de la Provincia de Mendoza, en Julio del año 2019, se produjo un incendio donde se quemaron 15.000 ha correspondientes a las ecorregiones del Monte por un lado, y Altoandina principalmente, siendo esta última una de las ecorregiones menos estudiadas en Mendoza (Álvarez et al., 2021). A partir de este incendio, surge la necesidad de realizar una propuesta técnica con el diseño de un proyecto de restauración de las áreas afectadas por el incendio.

Organizaciones como, la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER) (Gann et al., 2019) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Keenleyside et al., 2014), presentan metodologías para la realización de un proyecto de restauración ecológica, en las que se sustenta la importancia de la planificación. Esta etapa contempla la descripción de un panorama integral del ecosistema degradado. Se evalúa su estado actual, su regeneración natural, el ecosistema de referencia, diversos factores intervinientes y la comunidad asociada, para la realización de una estrategia de restauración ecológica junto a su logística y mantenimiento en el tiempo. Por ende, es un paso fundamental para llevar a cabo eficaz y eficientemente un proyecto (McDonald et al., 2016), posibilitando tener un mayor éxito a la hora de definir estrategias y técnicas a utilizar, y minimizando lo más posible



errores en la ejecución (Gann et al., 2019). Cabe destacar que existe mucha información relevante a tener en cuenta a la hora de planificar un proyecto a nivel internacional; sin embargo, existen algunos vacíos de información a nivel Nacional, en Argentina, incluyendo Mendoza. Por ejemplo, relacionadas a algunas ecorregiones del país con una baja disponibilidad de información ecológica de base, como la Ecorregión Altoandina; y también sobre aspectos sociales y económicos. También, se pueden visualizar pocas iniciativas de restauración a nivel institucional y a escala de paisaje (Perez et al., 2018). De esta manera, por un lado, el presente trabajo colabora a la generación de información útil y práctica, como base para la aplicación de estrategias de restauración ecológica. Asimismo, es un aporte de importante de información para las zonas áridas de montaña y ecorregiones en las que se encuentra.

Por último, se debe considerar, además, que la tesis está planteada en el marco del “Proyecto de Restauración Ecológica Sumá Nativas”, el cual surge en el 2020 a raíz del incendio, y se encuentra en ejecución. El mismo, tiene el objetivo de restaurar el área degradada con estrategias de restauración activa, restauración pasiva y control de exóticas, fortaleciendo las capacidades locales y participación de la comunidad. Esta tesis, se plantea como una propuesta superadora al mismo, lo que genera una contribución a las actividades realizadas, sugiriendo la necesidad de una planificación completa para lograr con éxito la recuperación del ecosistema afectado en el incendio.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Generar un plan de restauración para el área afectada por el incendio de 2019, teniendo en cuenta pasos metodológicos propuestos por la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), los cuales incluyen aspectos sociales y ecológicos para eficientizar y mejorar la implementación del proyecto.

2.2. Objetivos Específicos

- ❖ Identificar los actores sociales involucrados en el proceso de restauración ecológica.
- ❖ Realizar un diagnóstico de la zona de intervención.
- ❖ Describir el ecosistema de referencia del área afectada teniendo en cuenta sitios de referencia y bibliografía disponible.
- ❖ Definir áreas prioritarias donde se implementarán técnicas de restauración pasiva o activa teniendo en cuenta diferentes criterios relacionados a factores intervinientes en procesos de recuperación y factibilidad de intervención.
- ❖ Proponer un elenco de especies para tareas de restauración activa, considerando rasgos tales como su estructura, palatabilidad, respuesta al fuego, presencia en el sitio de referencia, y los conocimientos disponibles de reproducción.
- ❖ Efectuar un diseño de plantación teniendo en cuenta el grado de degradación post incendio y características ecológicamente factibles.
- ❖ Proponer indicadores de monitoreo y mantenimiento para el ecosistema a restaurar.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Efectos del Fuego

El fuego es un disturbio natural (Peláez et al. 2010); el mismo, ha sido una de las principales fuerzas evolutivas (Bond et al., 2005), y en muchas ocasiones se comporta como un regulador natural de los ecosistemas (Castillo et al., 2003). Los incendios ejercen control en el balance de grupos funcionales de vegetación, como son los pastos y arbustos (Bran et al., 2007); y también son de gran interés en procesos de semillación y sucesión ecológica en algunos ecosistemas (Castillo et al., 2003). Sin embargo, existen ecosistemas que no están



adaptados al fuego y su ocurrencia puede verse como una amenaza (Najera Díaz, 2013). En muchos casos, su efecto se traducen en una pérdida de funcionalidad del ecosistema con difícil recuperación. Además algunos incendios, especialmente los de gran extensión y severidad, o repetidos en un corto espacio de tiempo, pueden dejar profundas huellas en el ecosistema y desencadenar procesos erosivos y degradativos que incrementan notablemente la magnitud y duración de los impactos provocados (Fernández et al., 2010)

Entre los efectos que los incendios producen se pueden evidenciar la alteración de servicios ecosistémicos, impactos en el paisaje, en las características físico-químicas del suelo, con posteriores consecuencias en las cuencas y ciclos hidrológicos; impactos en la vegetación, afectando su estructura, composición y número de estratos, con riesgos de reemplazo de especies nativas por exóticas; impactos en la fauna, provocando la muerte de individuos, pérdida de hábitat, territorios, refugio y alimentación (González, 2017). Además, puede interactuar con otras perturbaciones (sequías, cambio climático, invasiones biológicas) o disturbios (ganadería), haciendo que la sucesión post-incendio sea un proceso de gran complejidad. Esto se debe a que los incendios retrotraen la sucesión ecológica a etapas anteriores. Sumado a esto, no se debe dejar de lado el impacto social y económico que un incendio puede provocar en la sociedad aledaña, provocando pérdidas humanas, pérdidas materiales, en la propiedad pública y privada, daños en las actividades económicas, disminución de fuentes de trabajo, entre otros (Castillo et al., 2003).

3.2. Cambio Climático

Existe una estrecha relación entre las variables meteorológicas y los incendios. La temperatura, la humedad del aire, la velocidad del viento, acumulación de material combustible, entre otras, determinan la probabilidad de que dada una ignición se desencadene un incendio. Los efectos del cambio climático contribuyen a intensificar situaciones extremas de estas variables (Moreno et al., 2012). En Argentina, según la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, se concluyó que en un futuro cercano (2015-2039) se esperan aumentos de temperatura de 0.5 °C a 1 °C en casi todo el país. Particularmente la Provincia de Mendoza, se verá afectada por un aumento de las temperaturas y la variación del régimen hídrico, lo que se verá representado con la reducción del aporte nival, derretimiento de glaciares, y un aumento en la intensidad y frecuencia de las tormentas convectivas. Esto aceleraría las condiciones naturales de aridez y la intensidad de los conflictos por el agua como un recurso natural limitante (INTA, 2018). De esta manera, las alteraciones producidas por el cambio climático, impondrán mucha presión a los ecosistemas. En particular, el aumento de los fenómenos de sequía previstos para nuestra región, someterán a la vegetación a condiciones hídricas más severas, lo que ocasionará una mayor desecación de la misma incrementando su inflamabilidad y combustibilidad. Por lo tanto, aumentaría el riesgo de que se produzca un incendio o de que empeore la naturaleza del mismo (Hernández, 2020).

3.3. Sucesión de la Vegetación Post- incendio

La sucesión ecológica es un proceso ordenado y previsible, de cambios tanto estructurales como funcionales (Sarandón et al., 2014), los cuales son acumulativos y direccionales (Alcaraz, 2013), que experimenta un ecosistema a través del tiempo, hasta llegar a un equilibrio dinámico (De la Orden, 2020). La sucesión se inicia o reinicia luego de un disturbio como puede ser un incendio. En este sentido, un disturbio se define como cualquier evento discreto en el tiempo que irrumpe en un ecosistema, comunidad o estructura de una población y cambia los recursos, la disponibilidad del sustrato y el ambiente físico (Vargas et al., 2009). Esto quiere decir que los ecosistemas no son estáticos, cambian en el tiempo y tienden a su desarrollo. Una vez acontecido un disturbio, el ecosistema empieza un proceso de recuperación (Sarandón et al., 2014) e inicia un proceso de ocupación del suelo (De la Orden, 2020). En este proceso, se progresa desde comunidades inmaduras, inestables y rápidamente cambiantes, donde predominan las especies R estrategias, las cuales poseen una alta tasa de crecimiento, pero una habilidad competitiva es muy baja. De esta manera,



son rápidamente desplazadas por especies K estrategas, las cuales presentan un crecimiento poblacional más lento pero su habilidad competitiva es mucho mayor (Abraham et al., 2018) progresando a comunidades más maduras y estables, hasta llegar a un sistema similar al original. Esta etapa final de un ecosistema, es un punto estable denominado "clímax".

En el caso de la sucesión post-incendio, las distintas especies vegetales responden de forma diferencial al fuego, dependiendo de sus habilidades para tolerarlo y de los mecanismos de regeneración que posean. Algunas especies, carentes de adaptaciones de resistencia o tolerancia a los incendios, pueden sufrir una alta mortalidad ante esta perturbación. Si estas adaptaciones, como la capacidad para rebrotar o la presencia de semillas resistentes en el suelo o en las plantas están ausentes en gran parte de las especies que componen la comunidad, el impacto sobre el ecosistema puede cambiar drásticamente la dinámica y composición de la vegetación, y el resto de la cadena trófica. De esta manera, el mantenimiento de las poblaciones y la comunidad, depende exclusivamente de la presencia de adaptaciones, y de la recolonización del sitio desde sectores no afectados. Estos procesos de recolonización pueden tomar tiempos muy largos, ya que la capacidad de dispersión de la vegetación a partir de áreas no quemadas puede ser muy limitada y los suelos pueden estar erosionados. Por otra parte, los ecosistemas con historias recurrentes de incendios naturales, presentan generalmente especies que son capaces de aprovechar estos eventos de perturbación para regenerar y expandir sus poblaciones. En estos ecosistemas, el fuego opera evolutivamente como un mecanismo de selección sobre especies de plantas y promueve el desarrollo de múltiples formas de regeneración post incendio, e incluso en algunos casos, la selección natural favorece a aquellas especies más propensas a quemarse, creando comunidades dependientes de incendios (Jaksic et al., 2015).

En ambientes áridos, hay que tener en cuenta que la sucesión es muy lenta y su resultado muy incierto, ya que el establecimiento de determinadas especies y comunidades es limitado por las condiciones climáticas (Zuleta et al. 2015). Particularmente en zonas de montaña de Mendoza, la respuesta post-fuego de la vegetación, enfrenta además de aridez, debido a las bajas precipitaciones y al factor agua como limitante, características climáticas y ambientales de altura (Alessandro et al., 2009). Esta respuesta, también depende de los grupos funcionales presentes, ya que estos poseen diferencias en la habilidad para tolerar los incendios y en los mecanismos de regeneración (Bran et al., 2007). En estudios realizados en el piedemonte mendocino se ha observado que la vegetación post incendio en un año presenta un alto grado de recuperación, siendo las especies herbáceas las que lo hacen con mayor rapidez y continuidad con respecto a las arbustivas, las cuales presentan un crecimiento más progresivo (Martínez Carretero, 1983). Cabe destacar que, el balance entre estos es de especial importancia en procesos de recuperación, ya que puede verse afectado por diversas razones, como el pastoreo (Bran et al., 2007), especies exóticas, la orientación de las laderas y otros impactos.

3.4. Restauración Ecológica

La restauración ecológica es el proceso de ayudar al restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido (McDonald et al., 2016). La misma busca recuperar dinámicas naturales tendientes a restablecer componentes básicos de la estructura, función y composición de especies de acuerdo a las condiciones actuales de un ecosistema. Lo que intenta es retornar el ecosistema a un estado pre-disturbio (Vargas, 2007) y está dirigida a recuperar la biodiversidad, la integridad ecológica y la salud ecológica (Sanchun et al., 2016). Además, la restauración es un proceso integral de visión ecosistémica tanto local, como regional y del paisaje, que tiene en cuenta las necesidades humanas y la sostenibilidad de los ecosistemas naturales, seminaturales y antrópicos (Vargas, 2007).

De esta manera, la misma permite generar muchas oportunidades no solo en el ámbito ambiental, sino también en el económico y social (Mola et al., 2018). En cuanto al ámbito



ambiental, permitirá la revegetación, recuperando la biodiversidad, su integridad y salud ecológicas devolviéndole al ecosistema las funciones de sus servicios ambientales, recobrando el paisaje y su resiliencia (Álvarez et al. 2021), mejorando la gestión sostenible del territorio con un uso eficiente de los recursos. En cuanto a lo económico, permite la integración del capital natural en la gestión económica, crea fuentes de empleo, oportunidades financieras, entre otros. Y en lo social, da respuesta a una demanda de la sociedad, le da valor añadido a las poblaciones locales, reconocimiento a sus valores culturales, mejora la relación con los grupos de interés local y regional, y aumenta la participación social (Mola et al., 2018).

Cuando se elige un área para restaurar, se encuentran factores naturales y sociales que hacen que cada sitio sea único. Se puede evidenciar una gran heterogeneidad ambiental y una historia de uso por parte de la sociedad que es difícil de reconstruir. De manera que la capacidad de restaurar un ecosistema dependerá de una gran variedad de condiciones previas, y el éxito de la restauración dependerá de los patrones de regeneración, las estrategias reproductivas, los mecanismos de dispersión, las tasas de crecimiento y otros rasgos de historia de vida o atributos vitales de las especies, así como el rol que juega la fauna en los procesos de regeneración como medios de transporte de semillas, entre otros (Sanchun et al., 2016).

3.5. Estrategias de Restauración

La restauración se realiza comúnmente a través de dos estrategias: Restauración Pasiva y Restauración Activa.

La *Restauración Pasiva* basa su estrategia en la regeneración natural, y consiste en retirar o eliminar los factores tensionantes o los disturbios que causan la degradación del sistema para que se regenere por sí solo (Sanchún et al., 2016). Se debe tener en cuenta que la capacidad de recuperación natural de un ecosistema degradado depende de la frecuencia, la intensidad, la escala del disturbio y de las diferencias ecológicas de cada sitio (Zuleta et al., 2015). Por ello, esta estrategia resulta adecuada en situaciones donde existe una buena proporción de fragmentos de ecosistemas residuales con buenas condiciones de biodiversidad, lo que favorecerá los procesos de colonización y sucesión natural (Sanchún et al., 2016). Además, sus beneficios están relacionados a la reducción significativa de los costos de implementación y el potencial de alcanzar la recuperación de escalas más grandes, favoreciendo genotipos más adaptados; y con mínima intervención humana (Chazdon et al., 2021). Sin embargo, esta recomposición puede ser muy lenta o inhibida en paisajes con un alto grado de fragmentación o por procesos que han provocado un alto deterioro de sus condiciones naturales.

Por otro lado, muchas veces se requieren técnicas que faciliten los procesos ecológicos para disminuir los tiempos de recuperación de los entornos naturales (Sanchún et al., 2016). En este caso, la *Restauración Activa* consiste en una intervención directa del hombre sobre la estructura y características del ecosistema (Mola et al., 2018) que garantizan el desarrollo de los procesos de recuperación. La misma, es una actividad intencional que interrumpe los procesos de degradación, y disminuye las barreras bióticas y abióticas que impiden la recuperación del ecosistema, lo cual acelera los procesos de sucesión ecológica. Además, esta estrategia, busca incrementar la diversidad florística con la introducción de especies nativas que no lograron recuperarse solas luego del disturbio así como el mejoramiento de la conectividad entre los fragmentos (Sanchún et al., 2016). Entonces, las estrategias de restauración activa se recomiendan en áreas donde se requieren acciones inmediatas de recuperación, o donde el método de restauración pasiva no funciona, es demasiado lento y está asociado a un alto riesgo de fracaso (Yanguas et al., 2015). Cabe destacar que una de las principales limitaciones de esta estrategia es el acceso a los recursos financieros ya que requieren una gran inversión (Sanchun et al., 2016).



La elección de una restauración activa o pasiva dependerá del diagnóstico ecológico del espacio, del nivel de degradación del sitio, el potencial de regeneración, y considerando las opciones más realistas y viables en el plazo de tiempo disponible desde un punto de vista ambiental, económico, social y científico-técnico (Mola et al., 2018). Además, en el caso de terrenos montañosos, la elección de estrategias y de las distintas actividades a realizar como la realización de relevamientos, plantación, riego entre otros; y por ende la factibilidad de un proyecto de restauración ecológica, puede estar determinada por diversos factores (Álvarez et al., 2021). Entre ellos, podemos mencionar el grado de recuperación de la vegetación, la accesibilidad, la pendiente, los usos del suelo, cercanía a cursos de agua, entre otros.

3.6. Factores Intervinientes en la Recuperación de Ecosistemas

Resulta necesario para asegurar el éxito en un proyecto de restauración ecológica, mantener una mirada integral, considerando todos aquellos factores intervinientes en el proceso de recuperación de un ecosistema. Algunos de estos factores pueden ser la orientación de las laderas, la presencia de exóticas invasoras, la herbivoría, la pendiente, y la hidrología (Álvarez et al., 2021).

❖ Orientación de Laderas

Las zonas montañosas presentan laderas con diferente orientación respecto de los puntos cardinales. La orientación de las laderas está relacionada con la insolación o cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un punto de la superficie terrestre. Por lo que una ladera de solana es la que recibe una mayor cantidad de radiación solar, y en el hemisferio sur son las laderas orientadas hacia el norte. En cambio, las laderas de umbría son aquellas contrarias u opuestas a las laderas en solana, es decir, en las zonas de sombra orográfica; y en el hemisferio sur se orientan hacia el sur (Delgado Peña et al., 2009).

En ambas laderas, se generan condiciones microclimáticas, donde se pueden observar características ambientales diferenciadas como su temperatura y humedad (López-Gómez, 2012). Normalmente las laderas de solana son más cálidas y secas presentando una mayor evaporación; mientras que las laderas de umbría son más húmedas, frías, generando suelos más desarrollados y con mayor contenido de materia orgánica (López-Gómez, 2012).

De esta manera, la orientación de la ladera afecta a la vegetación presente, en las diferentes etapas sucesionales (López-Gómez, 2012). En términos generales, se pueden evidenciar distintos patrones de germinación, tasas de crecimiento (Giorgis et al., 2013), estructurales, de morfología y fisiología (López-Gómez, 2012), e interacciones biológicas (Giorgis et al., 2013). Específicamente, en zonas áridas, la recuperación de la vegetación post-incendio se manifiesta más en las laderas de umbría que en las de solana. Sin embargo, algunas especies xerófitas, adaptadas a altas temperaturas y a la aridez, prefieren las laderas de solana a las de umbría (Delgado Peña et al., 2009).

❖ Pendiente

En terrenos montañosos la recuperación de la vegetación puede estar influenciada por las características geomorfológicas del terreno (Navarro Cano et al., 2017), la topografía y en especial la pendiente (Sanchun et al., 2016). La pendiente corresponde al ángulo de inclinación del terreno (Lemus et al., 2021). En terrenos con fuertes pendientes, se producen fenómenos de erosión, tanto hídrica como eólica, generando fuertes escorrentías, produciendo cárcavas, u otros eventos de remoción en masa y deslizamientos. Estos fenómenos producen pérdidas de suelo al arrastrar las capas superficiales del mismo, las cuales contienen la mayor cantidad de materia orgánica y nutrientes. De esta manera, este factor influye en el establecimiento, crecimiento y adaptación de las especies vegetales (Sanchun et al., 2016).



❖ **Hidrología**

En Mendoza el agua es un factor limitante. En zonas montañosas, por la interacción de fenómenos climáticos y el relieve propio de los diferentes lugares, se forman ríos, quebradas y flujos de agua conectados entre sí, que forman una red de escurrimiento natural de las aguas superficiales denominada red de drenaje (Portillo et al., 2021). En esta red, es importante considerar el orden del cauce del que se está tratando. Los cauces de orden 1, son cauces pequeños, de menos caudal y normalmente temporarios; a medida que estas ramificaciones van confluyendo se van generando cauces de mayor orden, los cuales son más grandes, pueden tener mayor caudal, permanencia, temporalidad y torrencialidad. (Brieva, 2018).

En relación a la restauración ecológica, puede estimarse que en cercanías a cursos de agua temporarios la vegetación puede recuperarse más rápidamente por la presencia de horizontes del suelo con mayor disponibilidad hídrica. Luego del establecimiento de las plántulas, los procesos de dispersión y presencia de humedad permitirían una recuperación más amplia en estos ambientes. Esto se ve reflejado a largo y mediano plazo en la estabilización del suelo protegiéndolo de procesos erosivos, riesgos de crecidas, e inundaciones (Stanturf et al., 2017).

❖ **Especies Exóticas Invasoras**

Se puede considerar una especie exótica como aquella introducida de forma voluntaria o accidental fuera de su área de distribución natural. Si son capaces de reproducirse y conseguir formar poblaciones autosostenibles en la nueva localidad son llamadas especies establecidas o naturalizadas. Se llama invasora a aquella especie naturalizada que está en clara expansión en un área de distribución donde no es nativa y cuya presencia tiene un impacto negativo para la biocenosis (Vargas et al., 2009).

La invasión biológica por parte de estas especies, se encuentra relacionada con alteraciones en las condiciones ambientales, ya sea que ocurran de manera natural o por consecuencia de la actividad humana (Morales-Vásquez et al., 2013). Cuando ocurre un disturbio en un ecosistema natural, como podría ser un incendio, se eliminan las especies nativas, cambian la disponibilidad de recursos y las relaciones de competencia (Vargas et al., 2009). Esto origina oportunidades de colonización de diferentes organismos ya que se liberan recursos susceptibles de utilizar por el conjunto de especies remanentes a la perturbación, pudiendo favorecerse procesos de dispersión, establecimiento y persistencia de las especies invasoras. Esto sucede ya que su respuesta de recuperación, tanto vegetativa como germinativa, es más rápida que la de las especies nativas, por sus hábitos anuales y características funcionales (Figueroa et al., 2014). Cabe señalar que el efecto sobre las comunidades nativas, dependerá de la relación que tengan con los nichos establecidos dentro de la comunidad, pudiendo ésta ocupar un nicho vacío el cual es uno de los mecanismos más frecuentes de invasión. Sin embargo, lo más frecuente es la interacción con una o más especies de la comunidad, pudiendo producirse el principio de exclusión competitiva (Morales-Vásquez et al., 2013).

❖ **Herbivoría**

La herbivoría se define como el consumo de biomasa vegetal por parte de los animales, y es la interacción planta-animal más frecuente en la naturaleza pudiendo comprometer diferentes órganos de la planta (raíces, tallos, hojas, yemas y flores) o incluso la planta entera. Por lo tanto, es identificada como una de las principales barreras a la regeneración de las comunidades y ecosistemas (Vargas, 2007).

Los herbívoros son unos de los factores que determinan cuáles especies se establecerán definitivamente durante un proceso sucesional influyendo en la estructura, composición, abundancia y riqueza de un ecosistema dado; y en este sentido, poseen un rol importante

en el balance entre los componentes herbáceos y leñosos de la vegetación. Su efecto va a depender de la magnitud de la depredación, el órgano afectado, la época del año en la cual ocurre el consumo, el ambiente en el cual crece la planta y la edad de la planta. Si el efecto de la herbivoría no compromete la supervivencia del individuo, puede provocar un fuerte retraso en el crecimiento y desarrollo de la planta, o en la producción de flores, frutos y semillas. La respuesta de las especies de plantas a la herbivoría depende de muchos factores, como su estado sucesional, la disponibilidad de recursos y el tamaño de las poblaciones de herbívoros. Por un lado, las especies pioneras tienden a tolerar la herbivoría gracias a su rápido crecimiento y a su capacidad de sustituir rápidamente sus hojas y producir rebrotes. Sin embargo, por otro lado, las especies más tardías y las que viven en suelos muy pobres, al presentar tasas de crecimiento y de sustitución de hojas muy bajas, están expuestas durante mucho más tiempo a la acción de los herbívoros, razón por la cual invierten más recursos en el desarrollo de defensas mecánicas o químicas que las hagan menos apetecibles para resistirla. No obstante, en el estado de plántula, como en el caso de una restauración ecológica activa, algunas de estas defensas, especialmente las que disminuyen la palatabilidad, no se han desarrollado, por lo que es una etapa de mayor susceptibilidad a herbívoros (Vargas, 2007). De esta manera, debe considerarse su impacto negativo en los proyectos de restauración, tomándose precauciones y utilizando formas de protección (Fernández et al., 2010).

3.7. Etapas de un Proyecto de Restauración Ecológica

Cuando se decide implementar un proyecto de Restauración Ecológica en una zona se deben considerar las siguientes etapas: Planificación, Implementación, Monitoreo y Evaluación (McDonald et al., 2016) (Figura 1). Tener en cuenta estas etapas con sus pasos son necesarios para presentar un proceso lógico y transparente a la hora de realizar cualquier proyecto (Keenleyside et al., 2014).



Figura 1: Etapas de un proyecto de Restauración ecológica. Fuente: Propia. Año: 2022.

La primera etapa es la *Planificación*, la cual es uno de los pasos más decisivos e importantes de un proyecto, ya que de su buen planteamiento dependerá el desarrollo y éxito de la restauración ecológica de cualquier ecosistema. Esta etapa requiere de un perfecto conocimiento del medio, del funcionamiento e interacción con los ecosistemas adyacentes, y de las condiciones socioeconómicas. Además, una buena planificación ayuda a la toma de decisiones para encontrar la mejor estrategia a implementar, reduciendo las posibilidades de que aparezcan efectos o situaciones indeseadas (Montes et al., 2007).

Una vez determinados los pasos y estrategias a seguir, sigue la etapa de *Implementación*, en la cual se ejecuta el proyecto de acuerdo al diseño desarrollado. En el caso de proyectos de restauración ecológica, en esta etapa se consigue un doble objetivo. Por un lado, se inician las acciones concretas de restauración del ecosistema; y por otro lado se potencia la divulgación y concienciación medioambiental de la población, fomentando la colaboración y el interés de la ciudadanía en los trabajos realizados. Esta etapa del proceso es la fase más

popular, por ser la más visible, y tiene suma importancia para lograr la conservación del entorno, especialmente, una vez finalizado el proyecto de restauración (Montes et al., 2007).

Por último, continúan las tareas de *Monitoreo y Evaluación*. Las mismas, consisten en la realización de un seguimiento para asegurar la eficacia de las acciones y estrategias planificadas e implementadas. El seguimiento, entonces, permite evaluar el grado de consecución de los objetivos y metas propuestas, para actuar en caso de alguna desviación de los mismos (Montes et al., 2007). Esta evolución del sistema se detecta, mediante variables y parámetros, es decir, indicadores, los cuales se registran periódicamente y se observa si se producen cambios; de manera que guían actividades de manejo preestablecidas según protocolos de actuación (Keenleyside et al., 2014).

3.7.1. Planificación

La planificación de las diferentes etapas es un paso muy importante para que los mismos se lleven a cabo eficaz y eficientemente (McDonald et al., 2016). Basándose, en los *Estándares Internacionales para la Práctica de Restauración Ecológica* de la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER) (McDonald et al., 2016), y en el *Marco de Principios, Directrices y Buenas Prácticas para la Restauración Ecológica de Áreas Protegidas* de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Keenleyside et al., 2014), esta etapa incluye ocho pasos (Figura 2):

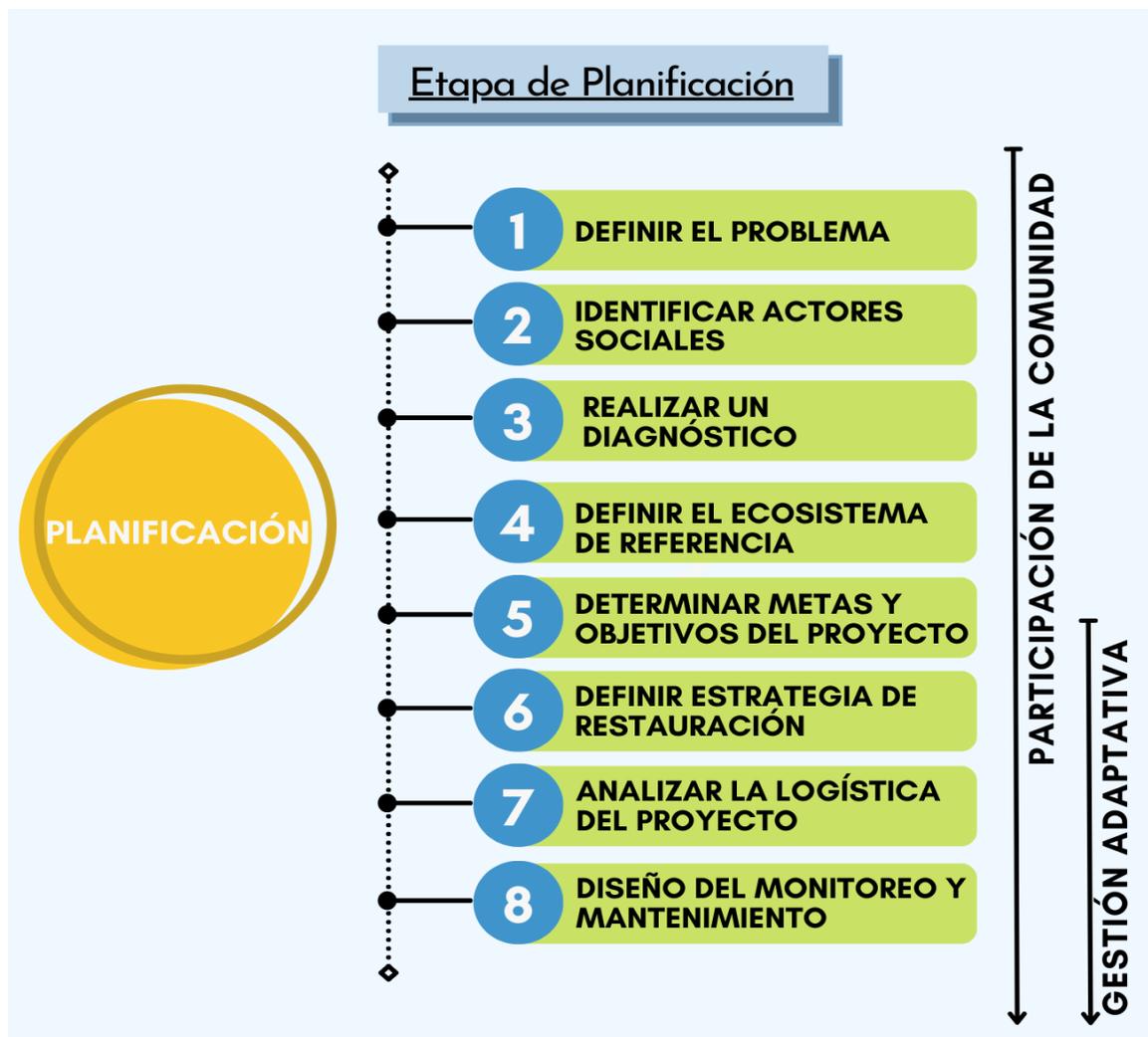


Figura 2: Pasos metodológicos para llevar a cabo la Etapa de Planificación de un Proyecto de Restauración Ecológica. Fuente: Propia. Año: 2022.



1. *Definir el problema:* Todo proyecto comienza con la formulación del problema describiendo la problemática de la zona, identificando sus causas y consecuencias, junto con una justificación de por qué se realizará la restauración (Keenleyside et al., 2014).
2. *Identificar a los actores sociales involucrados:* En este apartado, se identifican todos aquellos grupos de interés, organizaciones y socios pertinentes, que pueden ser importantes en las distintas etapas del proyecto. Pueden ser aquellos que están directamente afectados positivamente o negativamente por el proyecto; aquellos cuyo permiso, aprobación o apoyo financiero se requieren y con los cuales se podrían desarrollar asociaciones más formales como grupos indígenas, propietarios, agricultores, agencias gubernamentales, etc. Así como también aquellos que no están directamente involucrados pero que tienen influencia o poder político y aquellos con un interés específico tales como visitantes, ONGs, científicos y el público en general (McDonald et al., 2016). El compromiso social, interpretación y aprendizaje de doble vía deben ser planificados, revisados y financiados junto con los componentes físicos o biológicos del proyecto. Y se trata de una inversión que será recuperada por medio del aumento en la conciencia, entendimiento de los problemas y potenciales soluciones por parte de los miembros de la sociedad, quienes juegan el rol más importante en el futuro del área cuando los programas de financiamiento ya han terminado (McDonald et al., 2016).
3. *Análisis de datos de diagnóstico:* La realización de un diagnóstico es necesario para evaluar la condición actual del sistema (McDonald et al., 2016), y la integridad ecológica del sitio (Keenleyside et al., 2014). Además, mediante el mismo se crea una línea de base la cual posibilita tener un mayor éxito a la hora de definir estrategias y técnicas de restauración a utilizar; y resulta útil como punto de comparación en posteriores monitoreos (Gann et al., 2019). Cabe destacar que el diagnóstico, para comparar la información del sitio degradado, toma datos del sitio de referencia (Sanchún et al., 2016). Según la “Sociedad para la Restauración Ecológica, SER”, un sitio de referencia es un sitio intacto, que tiene atributos y una etapa sucesional similar a la del sitio del proyecto de restauración. Estos sitios son ambiental y ecológicamente similares al sitio del proyecto, pero han experimentado una degradación menor o mínima (Gann et al., 2019).
4. *Definir el ecosistema de referencia:* El ecosistema de referencia, es un modelo característico de un ecosistema particular que dirige o establece la meta del proyecto de restauración. Este, representaría una versión no degradada del ecosistema, e incluye la descripción de los atributos específicos de la composición, estructura y función del ecosistema que deben reincorporarse para llegar a la recuperación completa de un lugar (McDonald et al., 2016). Entonces, el ecosistema de referencia sirve como un “ideal” para guiar la restauración, ayudando a identificar los atributos clave y la gama de resultados deseados, los cuales deben ser consultados activamente en las etapas de planificación, monitoreo y evaluación del trabajo de restauración (Sanchún et al., 2016). De manera, cuando los resultados sean inciertos, se apliquen procesos adecuados mediante el manejo adaptativo y la interacción continua de las partes interesadas para lograr resultados satisfactorios (McDonald et al., 2016). Cabe destacar, que este concepto es distinto al de sitio de referencia; sin embargo, en la construcción del modelo de referencia puede incluir la información de múltiples sitios de referencia (McDonald et al., 2016).
5. *Determinar los objetivos y metas del proyecto:* Los objetivos y metas se deben establecer con mucha claridad para lograr que el proyecto tenga éxito en términos de efectividad y costos (Vargas, 2007). Por un lado, las metas son el



propósito hacia cual el proyecto está dirigido (Stanturf et al., 2017), tienen una finalidad más general (Fernández et al. 2010), con un marco a largo plazo y no necesariamente tienen que ser medibles o tangibles (Stanturf et al., 2017). En cambio, los objetivos, son logros de acciones establecidas (Stanturf et al., 2017), es decir, que son de carácter más específico (Fernández et al. 2010), debiendo ser pensados a corto y mediano plazo; por ende, deben ser medibles y tangibles (Stanturf et al., 2017). Y se definen respetando que los mismos deben ser claros, alcanzables, razonables y a plazos determinados, para identificar las acciones más adecuadas (McDonald et al., 2016).

6. *Definir la estrategia de restauración:* Para lograr los objetivos propuestos, se desarrollan acciones o intervenciones de manejo específicas (Keenleyside et al., 2014) establecidas para cada zona de restauración. Las mismas incluyen definir, primero, áreas prioritarias a restaurar. Luego en cada zona prioritaria, identificar y justificar la realización de estrategias de restauración pasiva o activas (McDonald et al., 2016), teniendo en cuenta distintos factores que influyen en la recuperación del ecosistema y la factibilidad de llevar a cabo las tareas de restauración (Gann et al., 2019). De esta manera, ambas estrategias permitirían la recuperación de la biodiversidad, integridad y salud ecológica (Sanchun et al., 2016), devolviéndole al ecosistema las funciones de sus servicios ambientales, recobrando el paisaje y su resiliencia (Álvarez, 2021). Dependiendo de la estrategia identificada, se definen técnicas eficaces y ecológicamente adecuadas tanto para controlar las especies indeseables, eliminar y mitigar los problemas causales, o adaptarse a ellos si existieran, y para facilitar la regeneración o lograr la reintroducción de cualquier especie faltante. En el caso de necesitar la reintroducción de especies, las mismas se debe realizar una selección de especies adecuadas, y un diseño de plantación (Gann et al., 2019). En cuanto a la selección de especies, es imprescindible la propagación de especies nativas procedentes de sitios de referencia. Esto permite reproducir plantas adaptadas al sitio, que conserven la genética de las poblaciones y comunidades de la zona, y que probablemente tengan más éxito de sobrevivir en las condiciones deseadas (Colmena et al., 2021). Además, se deberían seleccionar especies de diferentes etapas sucesionales del sistema vegetal que se quiera restaurar (Fernández et al., 2010). El diseño de plantación, por otro lado, es un paso fundamental en el proceso de restauración, y debe inspirar siempre la composición y estructura de la vegetación del sitio de referencia. De esta manera, en su planificación se debe elaborar un arreglo de vegetación considerando características de composición estructura, ecología, distribución, junto con una representación gráfica (Jarro Fajardo, 2004). Cabe destacar que cuando falte el conocimiento o la experiencia, será necesario el manejo adaptativo o la investigación dirigida a brindar información sobre las propuestas apropiadas (Gann et al., 2019).
7. *Analizar la logística:* Antes de emprender un plan de restauración, se debe analizar la logística para distinguir el potencial del proyecto. Este apartado es indispensable para la toma de decisiones, la ejecución de la propuesta y posteriores monitoreos (Medina, 2020). Esta incluye abordar las limitaciones y oportunidades del proyecto, junto con estrategias de gestión de riesgos. Una herramienta importante en este apartado también es el cronograma del proyecto junto con la justificación de la duración del mismo. Además, analizar la financiación necesaria realizando análisis de costos proporciona una visión más amplia al incorporar una perspectiva económica que sirva para complementar la información técnica y ecológica. Sumado a esto, resulta necesario identificar formas de mantener el compromiso con los objetivos y las metas del proyecto a lo largo de toda su duración, incluidos el apoyo político y financiero. Por último, se deben obtener también los permisos y autorizaciones necesarias, se deben abordar las limitaciones jurídicas que puedan haber, incluidas las relacionadas a la tenencia de la tierra y reclamos de propiedad (Gann et al., 2019).



8. *Diseño de Monitoreo y Mantenimiento*: Por último, es necesario realizar un plan de monitoreo y mantenimiento de las acciones propuestas. El monitoreo permite realizar un seguimiento continuo de las acciones desarrolladas en el proyecto de restauración ecológica. Además, genera los datos que sustentan la toma de decisiones bajo el enfoque de gestión adaptativa, siendo esta una medida eficaz para evitar fracasos y problemas de manera temprana. Inclusive, aporta los conocimientos para evaluar si los tratamientos de restauración están funcionando o necesitan ser modificados, además de evaluar si la restauración logra cumplir los objetivos y metas propuestas (Lemus et al., 2021). El monitoreo se realiza a través de indicadores específicos. Los Indicadores son variables específicas, cuantificables y sensibles, asociadas a los objetivos y metas propuestas, que permiten evaluar cambios en los atributos físicos, químicos, biológicos, ecológicos y sociales de los ecosistemas restaurados según el modelo de referencia y línea de base. (Keenleyside et al., 2014).

3.7.2. Otros Conceptos

Como se puede observar en la Figura 2, los conceptos de gestión adaptativa y participación de la comunidad no existen como pasos distintos y separados, sino que se infunden en todo el proceso de restauración (Keenleyside et al., 2014). Los mismos están relacionados y hay que tenerlos en cuenta en todas las etapas y pasos del proyecto.

❖ *Gestión Adaptativa*

La gestión adaptativa es un proceso continuo necesario para identificar si las intervenciones de restauración están funcionando o necesitan modificarse. Entonces, el mismo se basa en la identificación y la resolución de problemas. De esta manera, permite mejorar las políticas y prácticas de manejo (McDonald et al., 2016), en respuesta a los datos de monitoreo y otra información nueva, creando así un ciclo de retroalimentación de aprendizaje y modificación continua (Keenleyside et al., 2014). En este proceso se utilizan indicadores, variables medibles, para evaluar el progreso de los mismos a lo largo del tiempo. Se tiene en cuenta los objetivos propuestos y los valores que tomaron en el ecosistema de referencia; y se observan desviaciones con respecto a umbrales para evaluar si se deben aplicar acciones correctivas si las metas y objetivos no se cumplen. Se debe tener en cuenta que si existe incertidumbre, el Principio de Precaución debe aplicarse, de forma que se reduzca el riesgo ambiental (McDonald et al., 2016).

❖ *Participación de la comunidad*

La restauración ecológica se lleva a cabo por muchas razones, no solo para recuperar la integridad de ecosistemas, sino también para satisfacer valores personales, culturales, socioeconómicos y ecológicos. Comunidades que viven o trabajan dentro de los ecosistemas naturales se benefician de la restauración ya que mejora la calidad del aire, el suelo, el agua y la vegetación; comunidades indígenas y locales se ven particularmente beneficiadas porque la restauración refuerza culturas y medios de subsistencia basados en la naturaleza; y comunidades urbanas también se benefician de la restauración porque entrega servicios, recursos naturales y oportunidades de reconectarse con la naturaleza. Esta combinación de beneficios ecológicos y sociales conduce a una mejor resiliencia socio-ecológica (Gann et al., 2019).

De esta manera la participación de la comunidad debe estar siempre presente, en todas las etapas del proyecto de restauración. La identificación y participación temprana de los grupos interesados y socios pertinentes es imprescindible para garantizar la aceptación del proyecto por parte de los diferentes actores, así como también la continuidad y consolidación del mismo (Vargas, 2007). Este involucramiento al inicio o muy poco después del comienzo del proyecto, ayuda a definir los objetivos ecológicos y métodos de implementación, y



mantenerse a lo largo del proyecto de restauración para asegurar que también se satisfagan las necesidades sociales. En este caso, el proyecto de restauración se vuelve más seguro al generar un diálogo genuino entre los encargados de ejecutar el mismo y la comunidad, aumentando el nivel de colaboración práctica, y facilitando así las soluciones que mejor se adaptan a los ecosistemas y culturas locales (McDonald et al., 2016).

En este sentido se genera una mayor complejidad del proyecto ya que se requiere un enfoque más exhaustivo de aprendizaje social. En este proceso, la gestión adaptativa es sumamente necesaria para un mejor entendimiento entre las diferentes partes involucradas (Keenleyside et al., 2014).

4. METODOLOGÍA

4.1. Área de Trabajo

La ubicación del área de trabajo corresponde a un sector incendiado en Julio de 2019, situado a unos 45 km al oeste de la Ciudad de Mendoza, Argentina (Figura 3). La zona impactada se encuentra en los ambientes áridos de montaña de Potrerillos y Las Carreras, de Mendoza, entre los 1700 y 2800 msnm. Principalmente el área está asociada a la Precordillera (Abraham et al., 2000) y contigua a la *Cordillera frontal* (Mikkan, 2014). De esta manera, el paisaje en el que se está trabajando, por sus características climáticas, su ubicación geográfica y el gradiente altitudinal que se da de oeste a este, posee una gran variedad de ambientes (Martínez Carretero et al., 2000). Según el modelo fitogeográfico definido por Cabrera (1976), el sitio de estudio comprende dos Provincias Fitogeográficas; la Altoandina principalmente y parte del Monte. Esto lo hace un sector de gran importancia para la conservación de características propias de ambas fitorregiones, sobre todo la Altoandina, la cual es la menos estudiada.

Además, por sus particularidades, para el manejo y conservación de este sitio es necesario entender el territorio y los usos del suelo (Bocco et al., 2014), para mantener tanto las actividades humanas, su cultura, así como también el equilibrio ecológico, la biodiversidad y la prestación de servicios ecosistémicos (Olivera Sánchez et al., 2018). En el sitio de estudio y zonas aledañas, algunos de los usos están relacionados por un lado, a zonas de uso residencial permanente de la población local en convivencia con usos residenciales de fin de semana y de alquiler. Por lo tanto, se presentan en expansión varios servicios turísticos tales como gastronomía, hoteles, campings, cabañas, cervecerías, entre otros; además de comercios de artesanías y productos regionales, proveedurías, etc. Cabe destacar, que en las zonas de uso residencial se presentan algunos servicios básicos tales como centros educativos, salud y seguridad. Por otro lado, en toda el área se presentan diversas actividades recreativas de turismo aventura, ciclismo, cuatriciclos, andinismo, cabalgatas, trekking entre otras. Así mismo, otras actividades se relacionan a actividades agropecuarias con ganado de vacas, cabras, caballos y otros animales de granja, etc. (Rapali et al., 2021).

Cabe señalar que, relacionado a estos usos, se presentan algunas problemáticas. En primer lugar, las construcciones no poseen red de agua potable, siendo abastecidas con agua con un tratamiento primario (decantación), que es tomada a partir de vegas y vertientes en la parte superior de las quebradas. En segundo lugar, se presentan una gran cantidad de construcciones en terrenos fiscales, cuyos ocupantes se encuentran en proceso de regularización de tenencia de la tierra y en terreno privados usurpados por pobladores locales (Rapali et al., 2021).

Ubicación del Sitio Afectado por el Incendio de 2019 en Mendoza, Argentina.

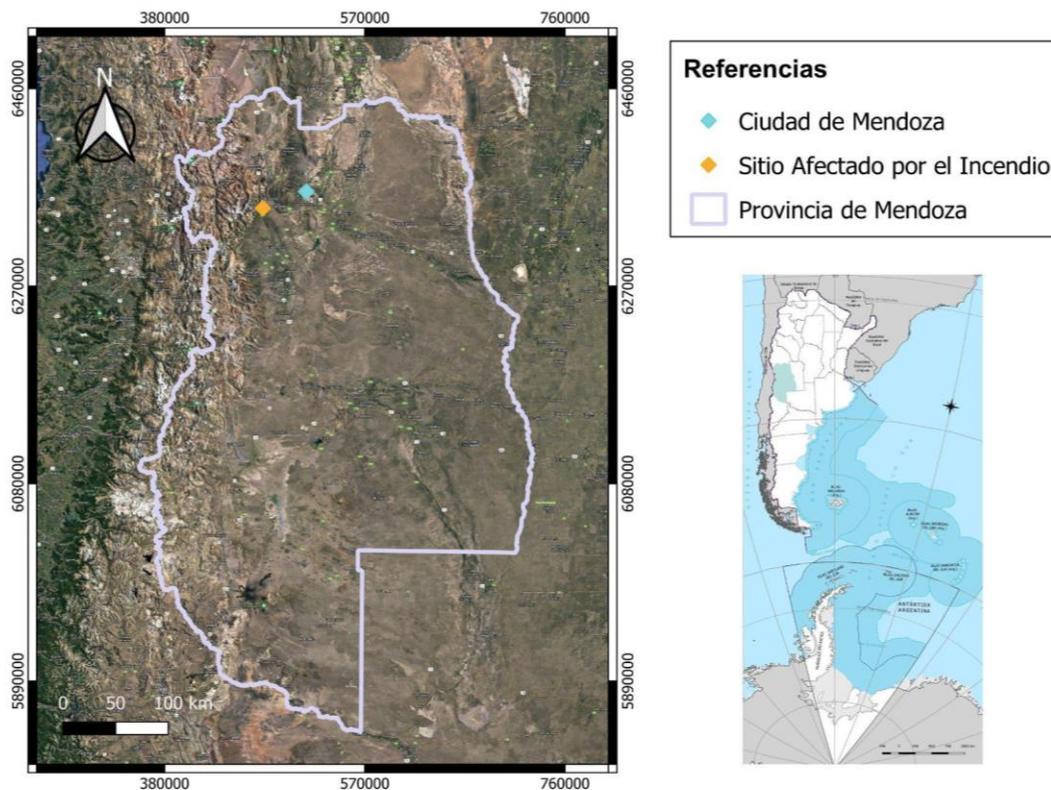


Figura 3: Ubicación del área de trabajo con respecto a la Ciudad de Mendoza. Fuente: Propia. Año: 2022.

4.2. Plan de Restauración Ecológica

El presente Plan estuvo enfocado en los pasos metodológicos para la planificación de un proyecto de restauración ecológica (Figura 2). Los mismos estuvieron principalmente basados en los Estándares Internacionales para la Práctica de Restauración Ecológica de la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER) (McDonald et al., 2016), y en el marco de Principios, Directrices y Buenas Prácticas para la Restauración Ecológica de Áreas Protegidas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Keenleyside et al., 2014). Además, se consideraron experiencias locales como el Proyecto de Restauración Ecológica Participativa, Sumá Nativas (Álvarez et al., 2021).

Entre los pasos definidos en las metodologías, se tomaron en cuenta los conceptos de siete de ellos: *La Definición del problema*, *Identificación de los actores sociales*, *Realización del diagnóstico*, *Definición del ecosistema de referencia*, *Determinación de metas y objetivos del proyecto*, *Definición de la estrategia de restauración*, y *Diseño del mantenimiento y monitoreo*.

4.2.1. Problema

Para entender el problema, primero se determinó el área total quemada por el incendio y se realizó la delimitación del Sitio de Estudio propiamente dicho. Esto se ejecutó en base a Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Teledetección, teniendo en cuenta imágenes Sentinel, ya que presentan buena resolución y bandas que pueden ser utilizadas para el cálculo de diferentes índices. Se consideraron dos imágenes descargadas del USGS (Servicio geológico de Estados Unidos), una inmediatamente pre-fuego y otra inmediatamente posterior al fuego; a las cuales se les efectuó el cálculo del "Índice Normalizado del Área Quemada" (NBR). Este índice, resalta áreas quemadas en grandes



zonas de incendio y es útil para calcular la severidad del fuego que puede interpretarse como la pérdida o cambio de materia orgánica por encima y por debajo del suelo. El cálculo se realizó utilizando la banda 8A (NIR) correspondiente al infrarrojo cercano y la banda 12 (SWIR) que corresponde el infrarrojo de onda corta. Posteriormente la diferencia entre ambas imágenes de NBR, permitió obtener la cantidad total de hectáreas quemadas (González, 2020).

$$\text{NBR} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR})$$

Este apartado también incluyó la descripción de las causas del disturbio y las consecuencias que produjo.

4.2.2. Actores Sociales

La identificación de actores sociales, se realizó mediante encuestas realizadas en Febrero de 2021 dirigidas a todos los interesados en el proyecto de restauración en formato digital y en formato papel, para maximizar la participación de los potenciales actores. Las encuestas fueron diseñadas para recolectar información de datos socio-demográficos (edad, localidad, género); su nivel de educación formal, su ocupación principal, si pertenecen a alguna organización, ver su potencial de involucramiento con el proyecto, y su valoración en problemáticas comunitarias y ambientales (Anexo I) (Álvarez et al., 2021). Por otro lado, cabe destacar que en el transcurso del año, en el marco de las actividades realizadas por el proyecto Sumá Nativas, tales como talleres, se identificaron y se tomó información de los actores sociales que se fueron vinculando al proyecto. Esto sirvió de referencia para entender los actores sociales con los que realmente se podría vincular este proyecto más allá que fueran los mismos o pudieran cambiar.

Con toda la información recabada, se efectuó un Mapa de Actores Sociales. El mismo se trata de una herramienta que mediante esquemas trata de representar la realidad social en la que se encuentra un proyecto. Es una referencia rápida de los principales actores involucrados que permite comprender la complejidad de redes que se presentan entre el proyecto y la sociedad. Para su realización se tuvo en cuenta la metodología propuesta por Tapella, la cual consiste en la realización de un mapa de actores en base a diferentes variables. En este caso, se definieron dos variables básicas necesarias para la identificación de los distintos actores sociales (Tapella, 2011).

- ❖ **Escala:** Se representaron los Actores Sociales en diferentes niveles jurisdiccionales, tales como, Local, Provincial, Nacional e Internacional; para distinguir el alcance del proyecto (Tapella, 2011).
- ❖ **Sector:** Se refiere al sector social o procedencia del actor social. El mismo podrá ser: Público, Privado, Académico, Social, Medio de Comunicación (Tapella, 2011).

4.2.3. Análisis Diagnóstico

La ejecución del diagnóstico del área afectada por el incendio, se enfocó por razones de tiempo y logística de recursos, en un análisis de la vegetación. La vegetación, sin embargo, es un componente esencial que tiene la capacidad de estructurar el ecosistema e intervenir en otros procesos como la retención de humedad en el suelo, controlar la erosión, entre otros.

Para su caracterización se llevó a cabo por un lado un cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para evaluar la cobertura y salud de la vegetación desde el 2019 y a través de los años. Este índice es un indicador de la biomasa fotosintéticamente activa presente, por ende indica la salud de la vegetación. Normalmente toma valores de -1 a 1; donde los valores negativos representan entornos naturales con agua o mucha

nubosidad; valores próximos a cero zonas desnudas de vegetación; y valores positivos cercanos a 1 indican cobertura y densidad de vegetación. Su cálculo se realizó mediante imágenes Sentinel con 10 m de resolución, teniendo en cuenta la banda 4 (RED) que es la luz roja visible y la banda 8 (NIR) que corresponde al infrarrojo cercano.

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

Las imágenes analizadas fueron descargadas del USGS (Servicio geológico de Estados Unidos) para distintas fechas disponibles y contemplando que sean libres de nubosidad:

- Imagen obtenida inmediatamente antes del incendio: 11-05-2019
- Imagen obtenida inmediatamente después del incendio: 24-08-2019
- Invierno 2020: 23-08-2020
- Invierno 2021: 4-07-2021

Por otro lado, se realizaron muestreos de vegetación en conjunto con el Proyecto Sumá Nativas, en Febrero y Marzo del 2021. La selección de sitios de muestreo, se realizó en función de bibliografía disponible y de observaciones a campo, definiéndose dos unidades homogéneas de vegetación: laderas norte a 1800 msnm y laderas sur a 1800 msnm. En este caso, para poder observar satisfactoriamente las tendencias producidas en los sitios quemados, estas unidades, se tuvieron en cuenta tanto en zonas de sitios afectados por el incendio como en sitios de referencia. De esta manera, en relación al área afectada por el incendio, se eligieron dos zonas: "Las Carreras" e "Iglesia". En cuanto a los sitios de referencia, se seleccionaron tres zonas no quemadas: Cerro de la virgen, Cerro Mesón y Los Zorzales. Estos lugares, se optaron por ser unidades ambientales representativas, con accesibilidad para realizar los muestreos. En cada zona, se establecieron diez parcelas, de 10m x 10m, con distintas orientaciones, cinco con exposición norte y cinco con exposición sur (Figura 4).

Zonas de Relevamiento

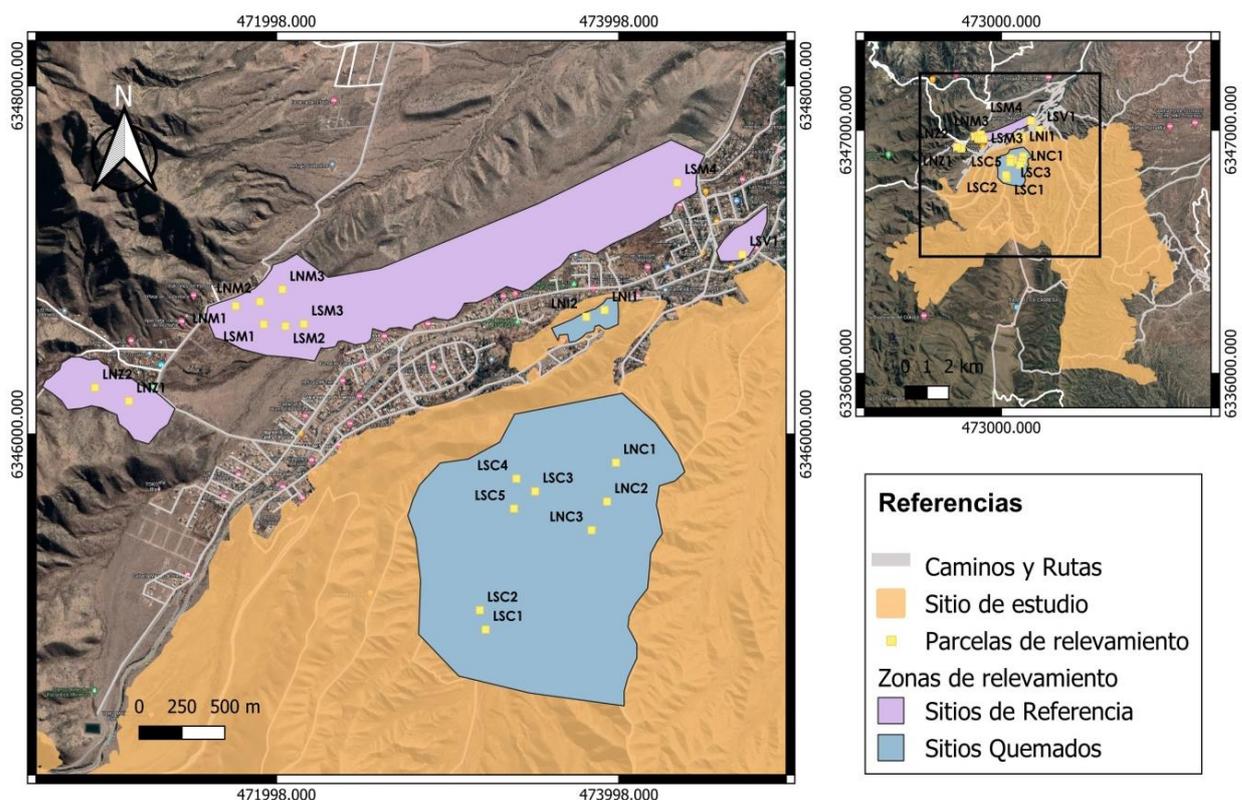


Figura 4: Zonas de relevamiento y muestreo de datos del sitio de estudio. Fuente: Propia. Año: 2022.



En cada parcela, se determinaron las siguientes variables:

- **Altitud (msnm):** Tomada con GPS.
- **Pendiente (%):** Se calculó en el terreno, con cinta métrica. Para ello, se tomó la distancia paralela al suelo, entre 2 puntos (hipotenusa) y la altura o desnivel entre los mismos. Luego, se realizaron los cálculos correspondientes, considerando por un lado el Teorema de Pitágoras para calcular la distancia horizontal entre ellos, y posteriormente aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Pendiente (\%)} = \frac{\text{Desnivel o altura (m)}}{\text{Distancia Horizontal (m)}} \times 100$$

- **Cobertura total y suelo desnudo (%):** Se estimó visualmente la cobertura vegetal total de la parcela en porcentaje, indicando también el porcentaje de suelo desnudo.
- **Riqueza (nº de especies):** Se listaron todas las especies arbustivas, herbáceas, cactáceas que se encontraron en la parcela.
- **Abundancia (nº de individuos):** Visualmente se estimó la abundancia de cada especie por rangos, asignando valores de 1 a 4; siendo:
1= 1 individuo
2= de 2 a 10 individuos.
3=de 10 a 100 individuos.
4= más de 100 individuos.
- **Cobertura por especie y formas de vida (%):** Visualmente se estimó la cobertura de cada especie en porcentaje considerando diferentes formas de vida presentes: Cactus, Herbáceas, Arbustivas, Gramíneas y Subarbustivas.
- **Rebote de las especies más abundantes en las áreas afectadas por el incendio (nº de especies rebrotadas):** se indicó por especie, el número de individuos que habían rebrotado luego del incendio. Para ello se buscaron 10 individuos de las especies arbustivas dominantes dentro de la parcela, de no alcanzar dicho número se buscaba en los alrededores hasta alcanzar los 10. Los individuos que no rebrotaron se consideraron muertos.

A partir de los datos recolectados en las instancias de muestreo, se realizaron análisis estadísticos y se calcularon índices, con R Studio, para evaluar la respuesta de la vegetación. Entre ellos:

- ❖ **Cobertura:** Se compararon las medias de cobertura total y por diferentes formas de vida entre los sitios quemado y no quemado para cada exposición (norte y sur) mediante Test de Welch, con un α de 0,05 indicando la tendencia del efecto del incendio.
- ❖ **Riqueza y abundancia, especies nativas y exóticas:** Se usaron modelos lineales generalizados mixtos (GLMM), función glmer, paquete lme4, para evaluar la abundancia y riqueza de especies. Se consideraron como variables respuesta la riqueza y abundancia de nativas o exóticas, en cada caso, y como variables predictoras, la orientación y la situación de la parcela: quemado o no quemado. Como factor aleatorio se consideró la identidad de cada parcela, ya que asumimos que hay variabilidad asociada a las condiciones particulares asociadas a cada sitio. Tanto para riqueza como para abundancia se utilizó una distribución Poisson.



❖ **Índices de Estructura de la Comunidad Vegetal**

- **Índice de Similitud de Sorensen:** Este índice relaciona el número de especies en común con respecto a todas las especies encontradas en los dos sitios (Villareal et al., 2006)

$$IS = (2C / A + B) * 100$$

Donde:

IS: Índice de Sorensen

A: Número de especies encontradas en la comunidad A.

B: Número de especies encontradas en la comunidad B.

C: Número de especies comunes en ambas comunidades.

Cabe destacar que se calculó la similitud entre sitios quemados y no quemados; y luego, distinguiendo entre las cinco parcelas ubicadas en las laderas Norte y las cinco parcelas de las laderas Sur, de sitios quemados y de sitios de referencia. El mismo se efectuó con Excel para la realización de tablas y cálculos.

- **Índice de Integridad de Ecosistemas:** Este índice se compone del cálculo de tres índices.

- **Índice de la integridad de la Estructura Comunitaria (CSII):** El índice permite comparar una determinada comunidad en comparación a una de referencia. En particular, el mismo mide la proporción de una variable (en este caso cobertura) de las especies en la comunidad de referencia (no quemada) que está representada en la comunidad degradada; centrándose, así, en el déficit de cobertura de la comunidad evaluada (quemada). Puede tomar valores de 0 a 1, tomando el valor de 1 cuando todas las especies evaluadas tienen al menos tanta cobertura como en las comunidades de referencia (Jaunatre et al., 2013).

$$CSII = \left[\frac{\sum_{i=1}^S (n_i - \Delta_{i,j})}{\sum_{i=1}^S n_{i,j}} \right]^{j=1 \dots K}$$

n: Porcentaje de Cobertura(%) de una especie

S: Número total de especies de todas las comunidades

i: Comunidad evaluada o degradada

j: Comunidad de referencia

K: Número de comunidades de referencia

- **Índice de la integridad de la Estructura Comunitaria Normalizado (CSII_{norm}):** Es una versión normalizada de CSII, para una mejor interpretación. De manera que cuando se calcula en la comunidad de referencia toma un valor de 1. También está limitado entre 0 y 1. Y se interpreta como la proporción de la estructura de la comunidad de referencia que se puede encontrar en la comunidad evaluada (Jaunatre et al., 2013).
- **El Índice de Abundancia Superior (HAI):** Es un índice calculado entre una muestra y una o varias muestras de una comunidad evaluada y una de referencia. Mide la proporción de la estructura de la comunidad evaluada que está representada por variables (en este caso cobertura) más altas que en la comunidad de referencia. El mismo aumentaría, cuando aumenta la cobertura de especies no



objetivo o cuando la cobertura de especies objetivo aumenta por encima de su abundancia en la comunidad de referencia. Sus valores toman entre 0 y 1 (Jaunatre et al., 2013).

$$HAI = \left[\frac{\sum_{i=1}^S \Delta_{ij}^+}{\sum_{i=1}^S n_{i,AC}} \right]^{j=1 \dots K}$$

El cálculo de estos índices, se realizó teniendo en cuenta las especies y coberturas de las cinco parcelas ubicadas en las laderas Norte y las cinco parcelas de las laderas Sur, de sitios quemados y de sitios no quemados. Se utilizó Excel para la realización de tablas correspondientes y RStudio (Versión 2022.02.2 Build 485) para el cálculo de índices. Los paquetes usados fueron “devtools” y “ComSII”. El modo de realizar las tablas y la salida de R pueden verse detalladamente en el Anexo II.

Cabe destacar, que el Índice de Similitud de Sorensen, brinda una buena visión general de la composición de las comunidades y ayuda a distinguir diferencias entre las mismas. Sin embargo, a veces, pueden ser difíciles de interpretar las disimilitudes, ya que no permite detectar diferencias entre dos comunidades de composición idéntica, pero de estructura diferente. Por lo tanto, el método de evaluación de la integridad de la estructura de la comunidad además de comparar las comunidades, permite medir el éxito de la comunidad evaluada después de la restauración, la resiliencia después de la perturbación y brinda información adicional útil con fines de gestión. El Índice de Integridad de la Estructura de la Comunidad puede indicar si se necesita o no mejorar la abundancia de las especies objetivo, mientras que el Índice de Abundancia Superior puede indicar si es necesario controlar la abundancia de algunas especies para acercarse al ecosistema de referencia. Saber si una comunidad tiene un déficit con respecto a determinada variable de especies objetivo, es decir especies presentes en la comunidad de referencia, o se caracteriza por presentar un valor de determinada variable más alto, es de interés para la restauración ecológica y conservación biológica. Esto lo estima considerando variables (abundancia, cobertura, etc.) más bajas y más altas en la comunidad restaurada o degradada, en comparación con las comunidades de referencia. Valores bajos de CSII, representan una falta de especies objetivo en la comunidad evaluada. Esto puede deberse a un bajo rebrote de las mismas, a su falta de dispersión, que no producen propágulos suficientemente dispersables, o que la fuente de propágulos se encuentra demasiado lejos, por ejemplo. De esta manera, el análisis de las causas puede enfocar las acciones de manejo. Por otro lado, valores altos de HAI, puede significar que las especies objetivo pueden estar en competencia con las no objetivo. Esto también direcciona las acciones de manejo, las cuales pueden ser tendientes a disminuir la abundancia de las especies no objetivo. Además, estos índices pueden evaluar la sucesión y cambios en las dinámicas de ecosistemas en las comunidades evaluadas. Observar un aumento en los valores de CSII con el tiempo, podría mostrar un fortalecimiento en la dispersión. Y por otro lado, un aumento de HAI, que aumenta con los años, indica la necesidad de gestionar la abundancia (Jaunatre et al., 2013).

4.2.4. Ecosistema de Referencia

El ecosistema de referencia se construyó teniendo en cuenta información recolectada de diferentes fuentes bibliográficas y datos obtenidos con Sistemas de Información Geográfica (SIG). Mediante estas fuentes se pudo obtener características particulares de componentes ecosistémicos bióticos, abióticos y sociales del sitio de estudio. Esto fue representado en una tabla resumida para entender los parámetros que se tomaron en cuenta.



Los atributos considerados para la construcción del ecosistema de referencia fueron:

- **Altitud:** Realizado con un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) del Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- **Pendiente:** Realizado con un Modelo Digital de Elevaciones del Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- **Tipo de Suelo:** Mediante información bibliográfica y con SIG, por medio de una capa de Suelos del INTA-Mendoza.
- **Hidrología:** Mediante información bibliográfica y a través de SIG, con una capa Cuencas Hidrográficas y por medio del cálculo de redes de drenaje con MDE.
- **Clima:** Mediante información bibliográfica y a través de SIG, con una capa de precipitaciones de Mendoza del Sistema de Información Ambiental Territorial (SIAT).
- **Vegetación:** Mediante información colectada en el muestreo de los sitios de referencia e información bibliográfica sobre los pisos de vegetación presentes.

4.2.5. Metas y Objetivos del Proyecto de Restauración

El desarrollo de los objetivos y metas estuvo sustentado en la evaluación actual del sitio y en la definición de ecosistema de referencia, para identificar y comprender qué es deseable y posible en un sitio degradado (Gann et al., 2019). Las metas se realizaron clasificándolas mediante una tipología, definiendo Metas Ecosistémicas y Metas Socioeconómicas. Las mismas deberían ser realizadas junto con la participación de actores clave, para llegar a acuerdos y que no se produzcan conflictos de intereses. Sin embargo, por motivos de tiempo de la tesis, esto no pudo realizarse, de manera que las mismas fueron desarrolladas mediante los resultados obtenidos en el diagnóstico y mediante observaciones encontradas en los talleres y encuestas. Luego, la transformación de metas a objetivos, estuvo sustentada en los resultados de la línea de base, a partir del cual se identificaron causas y problemas con respecto a los diferentes atributos ecosistémicos estudiados en el ecosistema de referencia (Stanturf et al., 2017).

4.2.6. Propuesta de Restauración Ecológica

Definir una Propuesta de Restauración Ecológica involucra varios ejes a considerar como la determinación de áreas prioritarias para aplicar las estrategias de restauración, seleccionar especies a implantar, diseñar la plantación y tener en cuenta la forma de vincular a la comunidad en todos estos procesos.

❖ **Áreas Prioritarias**

Para definir la estrategia de restauración más adecuada para el sitio de estudio se definieron áreas prioritarias a restaurar. La metodología utilizada se basó en procedimientos de Evaluación Multicriterio (EMC), realizado con SIG. La EMC se define como un conjunto de técnicas orientadas a asistir procesos de toma de decisiones, basando su funcionamiento en la evaluación de alternativas sobre la base de una serie de criterios. Una vez elegidos los criterios e indicadores, se procede a su estandarización y asignación de pesos para permitir la normalización de la información ya sea cualitativa o cuantitativa. Y la utilización conjunta de este método con SIG, se muestra como una herramienta ideal para la planificación territorial, ya que permite llevar a cabo procedimientos simultáneos de análisis en cuanto a los componentes del dato geográfico, espacial y temático (Barredo Cano, 1992). Dentro del EMC, se utilizó el Método de Jerarquías Analíticas (MJA) (Analytic Hierarchy Process, AHP)



(Bosque Sendra, 1996; Malczewski, 1999), para establecer los parámetros de valoración válidos y replicables para la priorización de áreas. El mismo está basado en la descomposición, juicio comparativo, y síntesis de las prioridades del problema de decisión. Este problema de decisión, se descompone en función de una jerarquía para captar elementos esenciales del problema. El principio de juicio comparativo del mismo, se realiza mediante la comparación por pares de los elementos de cada nivel de jerarquía. Finalmente, la síntesis de prioridades supone tomar cada una de las escalas de prioridades resultantes en cada nivel de jerarquía, y construir un conjunto de prioridad global para el último nivel de jerarquía, que será utilizado para evaluar las distintas alternativas (Gómez Delgado et al., 2004).

Teniendo en cuenta esto, a continuación, se establecen los pasos llevados a cabo para la obtención de áreas prioritarias para la restauración activa:

La **Estandarización de Valores**, se determinó para que las diferentes variables, las cuales no tienen las mismas unidades de medida, sean comparables en términos de prioridad para la restauración activa. Se determinó estandarizarlas eligiendo cuatro valores de prioridad, siendo 1 la de mayor prioridad para la restauración ecológica y 4 la de menor prioridad para la restauración ecológica (Rubio, 2013).

En base a esto, se realizó una **Definición de Criterios e Indicadores**. Para ello, se tuvieron en cuenta aquellas variables disponibles en el diagnóstico con mayor importancia en cuanto a características intrínsecas del sitio de estudio, tanto para la recuperación natural de la vegetación, como para la realización de actividades de restauración y la sobrevivencia de plantas trasplantadas. Para cada una de ellas se definió un indicador cuali o cuantitativo (Rubio, 2013).

- El primer criterio es la **Pendiente**, como dato esencial a tener en cuenta en zonas de montaña. Para el mismo, se consideró como indicador la pendiente expresada en porcentaje en el área de estudio. Se tomó como valores umbrales pendientes de 0 a 45%. Normalmente se consideran aptas para acciones de restauración ecológica pendientes de hasta 20 % (Stanturf et al., 2017); sin embargo, se analizó como pendiente máxima el ángulo de reposo de los materiales para roca y arena el cual es de 45%. En la práctica es posible la restauración a estas pendientes, no obstante, es un valor limitante ya que pendientes mayores resultarían no aptas tanto en términos de estabilidad del terreno (González Velázquez, 2016). Además, es necesario tener en cuenta que, a la hora de planificar estrategias de restauración ecológica, a mayores pendientes los costos de preparación del terreno, traslado de la planta, la plantación y el mantenimiento de la revegetación se elevan, propiciando que los trabajos no se efectúen de forma adecuada (Vanegas López, 2016). Por ello, muchas veces se deben realizar técnicas para el control de las pendientes de recuperación de suelos (Sanchun et al., 2016).
- Por otro lado se tomaron en cuenta los **Cauces de Agua** considerando que, en zonas de montaña, la torrencialidad de estos cauces es muy grande debido al carácter de las lluvias y la pendiente (Páez et al., 2013). En este sentido, en procesos de restauración ecológica, la cercanía a estos cursos de agua es importante en el caso de restauración activa (Stanturf et al., 2017) debido al riesgo aluvional que hay en la zona (Páez et al., 2013). Se puede estimar que cauces de menor orden son más inocuos que aquellos de mayor orden los cuales pueden generar mayores crecidas, pudiendo llevarse en su camino las plántulas agregadas en cercanías a los mismos. En el sitio de estudio, en función a las redes de drenaje, el indicador utilizado fue el orden de los cauces; de manera que se evaluó los tres órdenes presentes y las áreas que no presentaron drenaje. Siendo las áreas sin drenaje las zonas más prioritarias para la restauración, seguido por los cauces de orden 1; luego los cauces de orden 2, y por último, los cauces de orden 3. En los cauces de orden 1 se priorizan acciones a más de 25 m; en el caso de cauces de



orden 2 se considerarían acciones a más de 50m y en los cauces de orden 3, realización de actividades a más de 100 m considerando estas distancias para favorecer el establecimiento inicial de las plántulas.

- Además, el criterio **Diferencia de NDVI**, es fundamental debido al tiempo transcurrido desde que sucedió el incendio. Se consideró la recuperación de la vegetación existente en el área debido a procesos de sucesión ecológica a través de los años, desde el 2019 hasta el 2021. Se eligió como indicador los valores que tomó el NDVI en la diferencia de los mapas de NDVI correspondientes a esos dos años; siendo los valores negativos los más prioritarios para la restauración ya que representan menos cobertura y salud de la vegetación.
- Otro criterio fue la **Accesibilidad** considerándose la facilidad de acceso a las distintas partes del sitio de estudio. Muchas veces los sitios a restaurar son muy extensos y no siempre accesibles debido a otros factores como la vegetación densa presente, la topografía, la pendiente entre otros. De esta manera, este criterio hace referencia a los caminos existentes en general, los cuales pueden ser útiles a la hora de realizar diagnóstico, acciones de restauración ecológica activa o monitoreo. Ya que los mismos permiten la aproximación a sitios donde sería muy difícil llegar en caso de que no existieran (Álvarez et al., 2021). En el caso del sitio de estudio, particularmente, se tomó en cuenta como preferencia la cercanía a Rutas, Caminos consolidados y senderos (Anexo IV). Se determinó la prioridad de actividades a no más de 600m de las Rutas y Caminos consolidados; y no más de 300m en el caso de los senderos de actividades recreativas; ya que a mayores distancias, como es en el caso de los senderos, aumentaría el esfuerzo y costo de las posibles acciones de restauración activa.
- Y por último, surgió la necesidad de considerar los **Usos del Suelo**, siendo estos de especial importancia para la visibilidad del proyecto, para la participación, para disponer de recursos como el acceso a agua para la plantación, y para la gestión y manejo de usos en el territorio con el fin de que sean acordes a las acciones de restauración ecológica y evitar problemáticas. De manera que se consideraron zonas correspondientes a asentamientos poblacionales y servicios; áreas protegidas y recreativas; y puestos ganaderos (Anexo IV). Como muchos de estos usos sobrepasan los límites del área quemada delimitada, pero tienen influencia en la misma, se tomó la decisión, para este análisis, de ampliar el sitio de estudio con un buffer de 2,5 km. Si bien se entiende que todo lo que quede fuera del sitio no se sumará, considerar todos los usos sirve para tomar decisiones a la hora de priorizar los sitios. En el caso de asentamientos y servicios, se decidió darles máxima prioridad y puntaje por la cercanía al sitio de plantación; luego, se consideraron prioritarias las zonas de áreas protegidas y áreas recreativas por su valor de conservación; y por último los puestos tuvieron menor prioridad, debido a experiencias locales ya que los puesteros de la zona, no tienen mucha predisposición a la realización de actividades de restauración en sus alrededores más próximos, por lo que se excluyó 1km de los mismos.

Luego se procedió a la **Asignación de Puntajes** de cada indicador de los criterios para su normalización. Para ello, se asignó junto opiniones de especialistas idóneos en el tema de restauración ecológica y esta metodología, diferentes valores del 0 al 5 según la importancia y prioridad para la restauración ecológica (Rubio, 2013).

Estos criterios junto con sus valores pueden visualizarse mejor en la Tabla 1.

Tabla 1: Criterios utilizados para la selección de áreas prioritarias para la restauración ecológica.

Criterio	Indicador	Valor de Prioridad	Valor del indicador	Puntaje
Pendiente	Porcentaje de pendiente	1	1/10%	5
		2	11-20%	3
		3	21-44%	1
		4	45-más%	0
Cauces de Agua	Orden del Cauce (riesgo aluvional)	1	Áreas sin drenaje	5
		2	Orden 1 - 25 m	3
		3	Orden 2 - 50 m	1
		4	Orden 3 - 100 m	1
Diferencia de NDVI	Valor de NDVI	1	-0,31/ -0,1175	5
		2	-0,1175/0,075	3
		3	0,075/0,2675	1
		4	0,2675/0,46	0
Accesibilidad	Tipo de Camino	1	Rutas (buffer 600 m)	5
		2	Caminos consolidados (buffer 600 m)	5
		3	Senderos (buffer 300 m)	1
		4	-	-
Usos del suelo	Tipo de uso del suelo	1	Asentamientos y Servicios Básicos (600 m)	5
		2	Área Protegida + Área recreativa	3
		3	Puestos (de 0 a 1 km alrededor del puesto)	0
		4	-	-

Para el **Procesamiento de Información en SIG**, se utilizó el software libre QGIS 3.34.0; y se consideró como base imágenes ejecutadas en el diagnóstico. En las mismas se poligonizaron las prioridades y consideraciones tomadas, y se les asoció en la tabla de atributos el valor de puntaje determinado (Rubio, 2013).

Posteriormente, la **Evaluación de los Datos**, se realizó a través de la aplicación del MJA, el cual consiste en la construcción de una matriz en la cual el número de filas y columnas estaba determinado por la cantidad de criterios. Los valores de la misma, están determinados en base a la importancia relativa de un criterio con respecto al otro (Tabla 3).

La escala de medida establecida para la asignación de juicios de valor es una escala de tipo continuo que va desde un valor mínimo de 1/9 hasta 9; significando respectivamente que va de extremadamente menos importante (1/9) hasta extremadamente importante (9); e indicado con 1 como igualdad de importancia (Tabla 2) (Soria, 2005). El orden de prioridad de los criterios que se tomaron en cuenta para llenar la matriz fueron: Accesibilidad- Pendiente- Cauces de Agua- Diferencia de NDVI- Usos del Suelo.

Tabla 2: Escala para la asignación de juicios de valor (Matriz de Saaty- Fuente: Barredo Cano, 1992)

Valor	Definición
1/9	Extremadamente menos importante
1/7	Menos importante
1/5	Poco importante
1/3	Moderadamente menos importante
1	Igualmente importante
3	Moderadamente importante
5	Importante
7	Muy importante
9	Extremadamente más importante

Tabla 3: Matriz de comparación entre pares de criterios (Matriz de Saaty- Fuente: Barredo Cano, 1992)

Criterios	Pendiente	Cauces de agua	NDVI	Accesibilidad	Usos del suelo
Pendiente	1				
Cauces de agua	1/3	1			
Diferencia de NDVI	1/5	1/3	1		
Accesibilidad	3	5	7	1	
Usos del suelo	1/7	1/5	1/3	1/9	1

Una vez completada la matriz, se obtuvo el “*Vector principal*” o peso relativo de cada criterio. El mismo se calcula realizando la sumatoria de las columnas, seguido del cálculo de un valor correspondiente a la división de cada valor de la matriz por el valor de la sumatoria; y realizando posteriormente el promedio de cada fila de esos valores. Seguidamente, se analizó la consistencia de estos valores para cada criterio, mediante el programa IDRISI, debiendo ser la misma aceptable (Barredo Cano, 1996) y cuyos resultados se pueden ver en la Tabla 4.



Tabla 4: Resultados del vector principal por criterio

Peso relativo del Vector principal es:
Pendiente: 0,2616
Cauces de agua: 0,1290
Diferencia de NDVI: 0,0634
Accesibilidad: 0,5128
Usos del suelo: 0,0333
Consistencia = 0,05
La Consistencia es aceptable

Seguidamente, se realizó la multiplicación de los puntajes ubicados en la tabla de atributos, por este vector principal consistente, siendo el resultado la representación del peso de cada criterio. Posteriormente, se rasterizaron las imágenes para mayor agilidad de los cálculos entre mapas, y por último a través de una sumatoria lineal se obtuvo una jerarquía analítica de los sitios prioritarios. El análisis de esta imagen final, en base a conocimientos bibliográficos y de equipo técnico, permitió definir qué zonas son prioritarias para la restauración activa, siendo estas las que cuyos criterios cumplieran con la orden de prioridad e importancia asignada. Por otro lado, se evaluaron posibles zonas para realizar acciones de restauración pasiva, y sitios donde la recuperación natural toma importancia (Rubio, 2013).

❖ Estrategias de Restauración

En base a la determinación de áreas prioritarias, tanto para restauración activa como pasiva, se determinaron acciones a realizar para ambas estrategias. La propuesta para sitios de restauración pasiva se obtuvo con información bibliográfica considerando disturbios locales tales como presencia de especies exóticas o presencia de ganado. Por otro lado, la propuesta de restauración activa involucra la determinación de un elenco de especies, y una propuesta de diseño de plantación junto con algunas consideraciones para la plantación.

La **Selección de un Elenco de Especies** a implantar constó de dos pasos: Una *Evaluación de los Rasgos de Vida* y una *Selección* propiamente dicha (Romero Mejía, 2005).

- 1) La **Evaluación de los rasgos de vida** se realizó a través de una matriz de interacciones, en la que, se presenta por un lado las especies nativas encontradas en el diagnóstico, y por otro lado características esenciales a tener en cuenta:
 - Estructura (Arbusto/Subarbusto/Herbácea)
 - Crecimiento (Lento/Rápido)
 - Palatabilidad (Palatable/No Palatable)
 - Ausencia en el sitio quemado (Si/No)
 - Rebrote (Si/No) en el caso de especies arbustivas y subarbustivas
 - Antecedentes de propagación o reproducción en vivero (Sin antecedentes/Con antecedentes) y comentarios de los conocimientos encontrados con revisión bibliográfica.
 - Usos por parte de la comunidad encontrados con revisión bibliográfica.



Esta matriz fue llenada con información del diagnóstico, información bibliográfica y experiencias de expertos en el tema.

- 2) La **Selección** se efectuó calificando estas respuestas según su prioridad para la restauración activa. Se decidió realizar la calificación según la estructura; diferenciando así a Herbáceas por un lado, y Arbustivas y Subarbustivas por otro. Posteriormente se decidió ponderar algunos rasgos positivos que se consideraron más importantes para tener en cuenta en la restauración ecológica. En el caso de herbáceas se decidió ponderar los antecedentes de propagación y reproducción en vivero (Tabla 5); y en el caso de arbustivas y subarbustivas, se decidió ponderar la palatabilidad, el rebrote en sitios quemados y los antecedentes de propagación y reproducción en vivero (Tabla 6).

Tabla 5: Calificación propuesta para rasgos de vida prioritarios para especies herbáceas evaluadas y ponderación

HERBÁCEAS			
Rasgos	Calificación		Ponderación (solo para calificación 2)
	1	2	
Crecimiento	Lento	Rápido	
Palatabilidad	Palatable	No palatable	
Ausencia en la zona quemada	No	Si	
Antecedentes de Propagación y Reproducción en Vivero	Sin antecedentes	Con antecedentes	2

Tabla 6: Calificación propuesta para rasgos de vida prioritarios para especies arbustivas y subarbustivas evaluadas y ponderación

ARBUSTIVAS Y SUBARBUSTIVAS			
Rasgos	Calificación		Ponderación (solo para calificación 2)
	1	2	
Crecimiento	Lento	Rápido	
Palatabilidad	Palatable	No palatable	2
Rebrote	Si	No	2
Ausencia en la zona quemada	No	Si	
Antecedentes de Propagación y Reproducción en Vivero	Sin antecedentes	Con antecedentes	2



Finalmente, en base al puntaje total obtenido por especie se observaron las primeras 20 especies con mayor calificación. De las mismas, se evaluaron algunos puntajes a considerar: En el caso de las herbáceas, se tuvieron en cuenta aquellas que presentaron calificación 9 y 8; y en el caso de las arbustivas se consideraron aquellas con calificación de 16 a 10. En base a estos puntajes, se realizó una selección final, de acuerdo al criterio técnico de experiencias locales, donde se tuvo en cuenta antecedentes de estas especies, de la facilidad o disponibilidad de recolectar semillas, y de la dominancia y competencia frente a otras especies. Esto se efectuó de esta manera ya que la metodología contempla aspectos muy generales y a nivel específico puede haber aspectos significativos a considerar. La justificación de estos aspectos, permitió finalmente seleccionar especies herbáceas y arbustivas/subarbustivas, las cuales serían contempladas para las experiencias de restauración activa.

Además, se realizó una recomendación mediante información bibliográfica, para su propagación en vivero y obtención de plántulas en caso de no ser compradas. Tanto los resultados de la Selección de Especies como las recomendaciones para su propagación se pueden observar en el Anexo V.

Por otro lado, el **Diseño de Plantación** se efectuó mediante información bibliográfica, teniendo en cuenta varias propuestas relacionadas a la temática, considerando criterios del equipo técnico y los resultados del diagnóstico. Sin embargo, la técnica de restauración planteada se basó principalmente en la “determinación de módulos de restauración” (Villar-Salvador, 2017). Un módulo de plantación es un diseño gráfico que contiene toda la información necesaria para disponer sobre el terreno la vegetación a introducir. Esta metodología fue planteada ya que permite la posibilidad de disponer módulos según diferentes criterios, lo que posibilita recrear una situación que sea cercana a la realidad natural (Villar-Salvador, 2017) pudiendo ser adaptada para varios ambientes según su ecología.

También, se tuvo en cuenta que el sitio de estudio ya posee vegetación, posiblemente con menos diversidad, de manera que se decidió establecer el método de “plantación de enriquecimiento”. Esta metodología se basa en la adición de plántulas de especies de interés que de otra forma no llegarían al sitio o lo harían de manera insuficiente. Este método también es adecuado ya que permitiría recuperar el valor productivo y estructural del sitio de estudio (Yanguas et al. 2015).

Los pasos a seguir para la realización de un diseño de plantación fueron:

- **Definir Densidades de Plantación:** Se refiere al número de individuos de plántulas por hectárea (Nº/ha) que deberían ponerse en un espacio determinado. Este dato se obtuvo bibliográficamente indicando la densidad de vegetación propia de zonas áridas, la cobertura presente en los sitios quemados, y teniendo en cuenta experiencias previas de restauración ecológica ya que el número de individuos a ser implantados debe complementar y enriquecer la vegetación ya presente.
- **Definir la Forma del Módulo:** Con respecto a su forma la misma puede ser circular, rectangular, cuadrada o hexagonal. La decisión de una u otra forma depende de los objetivos y diseño que se quiera lograr.
- **Definir el Tamaño del Módulo:** Se refiere al tamaño que tendrá cada módulo de plantación (Villar-Salvador, 2017). Esto se definió contemplando la necesidad de facilitar las tareas de plantación, y considerando que se dispondrán varios módulos en cada sitio prioritario para abarcar más cantidad de ha restauradas.
- **Definir la Cantidad de Individuos por especie:** Se refiere al número de individuos por especie a poner en cada módulo. Esto se definió considerando de referencia que, cada módulo no debe tener más de 5 o 6 especies, con las cuales se espera



recuperar la estructura de la comunidad (Villar-Salvador, 2017).

- **Definir la Distancia entre Individuos:** Indica la distancia que debería haber entre los individuos por especie dentro de cada módulo. Esto se definió considerando que en una restauración de un área desprovista totalmente de vegetación, la distancia mínima entre individuos debería ser, 2 m entre arbustos, al menos 0.3-0.4 entre caméfitos, y 1m entre arbustos y caméfitos (Villar-Salvador, 2017).
- **Definir la Distribución entre Individuos:** El tipo de distribución puede ser Cuadrado o en Líneas, Triangular e Irregular o al azar. La elección de una u otra distribución, depende de rasgos ecológicos como de eficiencia a la hora de realizar una plantación.
- **Definir la Distribución entre Módulos:** El tipo de distribución puede ser Cuadrado o en líneas, Triangular e Irregular o al azar. La distancia entre los módulos estuvo determinada estimando la distancia de dispersión que puedan llegar a tener las semillas de las especies seleccionadas. La dispersión puede generarse por diferentes causas; de manera que puede considerarse que el viento puede llegar a dispersar una semilla unos 50m (Spurr et al.1982), organismos tales como hormigas, pueden dispersar semillas en unos 7 m en promedio (Aranda Rickert, 2011), pequeños roedores como *Microcavia australis* dispersan semillas unos 15 m aproximadamente (Bessega et al., 2016), y aves entre 100 y 300 m o más (Blanco et al., 2021).
- **Diversidad de los Módulos:** Se refiere a la heterogeneidad de especies que hay dentro del módulo. Para aumentar los niveles de heterogeneidad se pueden generar módulos usando especies variadas o combinar módulos distintos de manera que se repita el diseño, pero sustituyendo especies equivalentes.
- **Representación Gráfica:** El diseño establecido se representó gráficamente a través de Autocad 2021.

Además, se tuvieron en cuenta algunas consideraciones para la plantación como la época de plantación para el sitio de estudio, el transporte de plantines, riego, métodos de plantación, protección contra herbivoría, entre otros.

❖ Vinculación con la comunidad.

Por último, en base al Mapa de Actores, a las propuestas y los análisis realizados se generó una propuesta con acciones y recomendaciones de vinculación con los distintos actores a tener en cuenta. Las mismas, involucran recomendaciones prácticas y de comunicación estratégica.

4.2.7. Monitoreo y Mantenimiento del Proyecto

Para el mantenimiento y monitoreo, se propone realizar un seguimiento a través de indicadores relacionados a los objetivos y metas planteados. Los indicadores fueron seleccionados en base a datos obtenidos en el diagnóstico, bibliografía y datos que podrían tenerse en cuenta una vez implementado el proyecto.

5. RESULTADOS: “PLAN DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA LA RECUPERACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS POR UN INCENDIO, EN LA CUENCA DEL RÍO MENDOZA”

5.1. Problema

En la Provincia de Mendoza, en el año 2019, se produjo un incendio donde se quemaron 15.000 ha las cuales se encuentran entre Las Vegas, Potrerillos del Departamento de Luján de Cuyo; y Las Carreras del Departamento de Tupungato. Esta área se encuentra comprendida, además, entre dos cuencas hidrográficas de importancia en Mendoza, que son la cuenca del Río Mendoza y la Cuenca del Río Tunuyán (Figura 5).

ÁREA QUEMADA EN LUJAN DE CUYO Y TUPUNGATO, MENDOZA

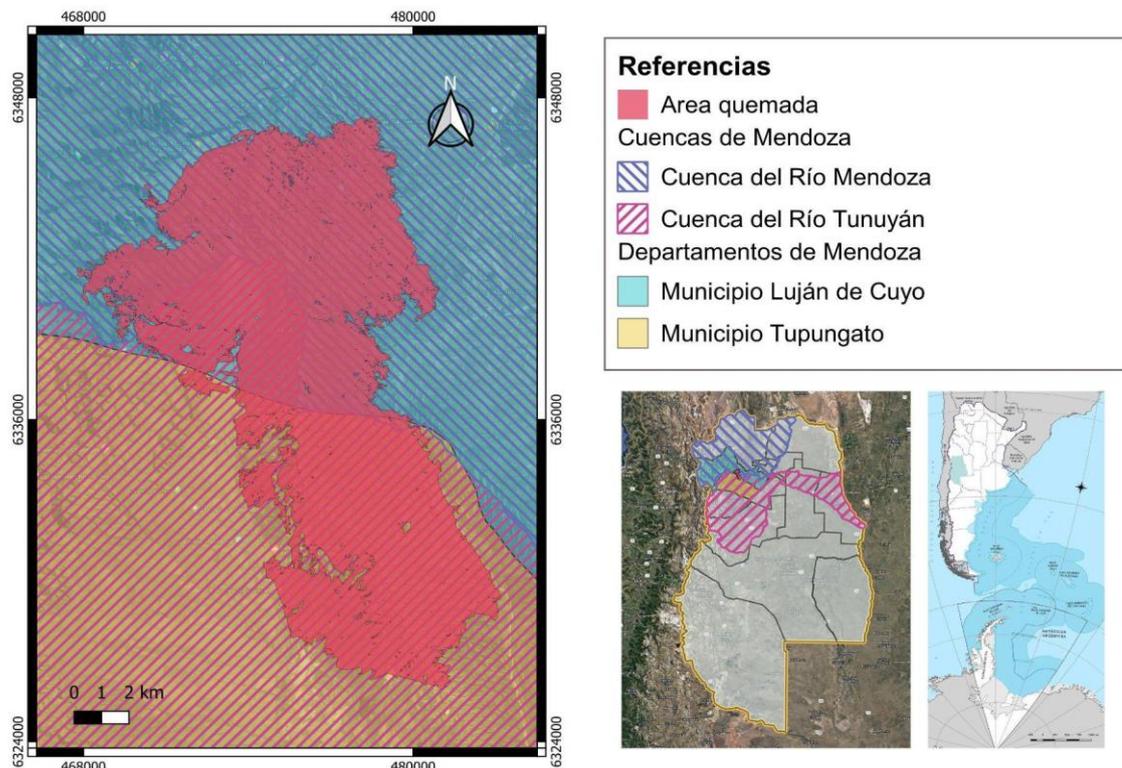


Figura 5: Área quemada total correspondiente a 15000 ha entre los Departamentos de Luján de Cuyo y Tupungato, Mendoza. Fuente: Propia. Año: 2022.

Entre las causas del incendio se puede mencionar, que el mismo se produjo en el contexto del día del amigo, un 20 de julio, donde el turismo se vió incrementado en la zona de Potrerillos, junto con actividades antrópicas al aire libre. Se sabe que el incendio fue provocado por el fuego de un asado mal apagado (según intercambios con pobladores locales que estuvieron presentes en el siniestro). Además, en el día se presentó Viento Zonda lo que hizo que el fuego se expandiera rápidamente y saltara a distancias más grandes. De esta manera, se cree que el incendio tuvo varios focos (Fayad, 2019).

El incendio generó grandes pérdidas a nivel ecosistémico, afectando la vegetación, fauna y servicios ecosistémicos, afectación del paisaje, entre otros. También, se produjeron impactos socio-económicos, causando pérdidas materiales como casas, y daños en las actividades económicas, ya que el incendio afectó a personas con inmuebles con fines turísticos o de actividades agropecuarias, entre otros. Cabe destacar, la vulnerabilidad de la zona, ya que muchas de estas instalaciones son cabañas o se encuentran construidas con materiales relacionados a la bioconstrucción, de manera que se presentan componentes inflamables como madera, barnices, plásticos, vidrios, entre otros (Fayad, 2019).

A raíz de este incendio y los impactos producidos, surge la necesidad de realizar un plan de restauración ecológica con el fin de recuperar la biodiversidad, la integridad y salud ecológica del área quemada, teniendo en cuenta las necesidades humanas y la sostenibilidad de los ecosistemas naturales y antrópicos (Vargas, 2007). Para la realización de este proyecto, se delimitó el Sitio de Estudio, al sector correspondiente a la Cuenca del Río Mendoza incluyendo sus alrededores ya que es un área afectada con un mayor impacto social debido a la cercanía a los asentamientos humanos, lo que además se estima que facilitaría algunas tareas de restauración. Esta área abarca aproximadamente 7038 ha del total quemado; y se encuentra entre los 1800 y 2800 msnm (Figura 6).

Sitio de Estudio

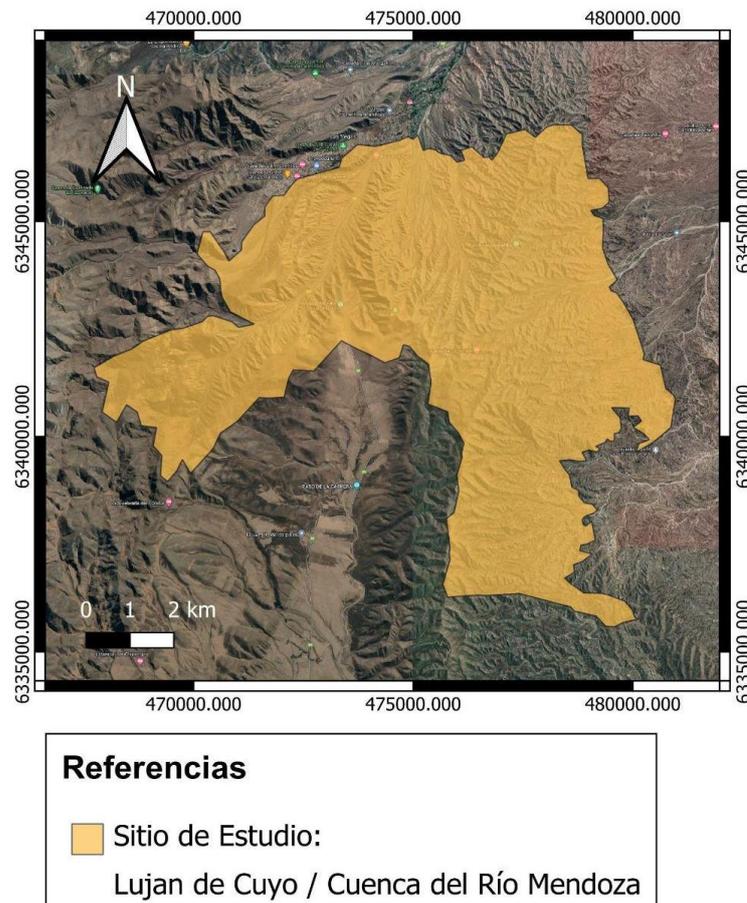


Figura 6: Sitio de estudio correspondiente a 7038 ha de la Cuenca del Río Mendoza en el Departamento de Luján de Cuyo, Mendoza. Fuente: Propia. Año: 2022.

5.2. Actores Sociales

El proyecto de restauración ecológica se encuentra dentro de un contexto social y cultural determinado (Keenleyside et al., 2014). De esta manera, un relevamiento de actores sociales permitió identificar grupos de interés y características esenciales de los mismos para conocer su potencial involucramiento y participación en las diferentes acciones que se generen (Tapella, 2011).

La realización de un Mapa de Actores Sociales (Figura 7) ayudó a distinguir aquellos actores sociales involucrados en el proyecto a distintas escalas y sectores de la sociedad. A nivel local se puede observar que los principales grupos interesados son pobladores locales, propietarios inmobiliarios, varias organizaciones sociales y educativas, así como también el municipio. A nivel provincial, el panorama se amplía involucrando instituciones públicas fundamentales, instituciones educativas, profesionales y estudiantes de diferentes rubros,

asociaciones y organizaciones sociales, medios de comunicación, así como también ciudadanos interesados y turistas. A nivel nacional, se pueden ver asociaciones sociales, cooperativas, medios de comunicación y proveedores de fondos (Cervecería Maltería Quilmes, en el caso de Sumá Nativas). Por último, a nivel internacional, se debe destacar el papel de la ONG intermediaria que promovió el proyecto Sumá Nativas y por ende esta propuesta, The Nature Conservancy.

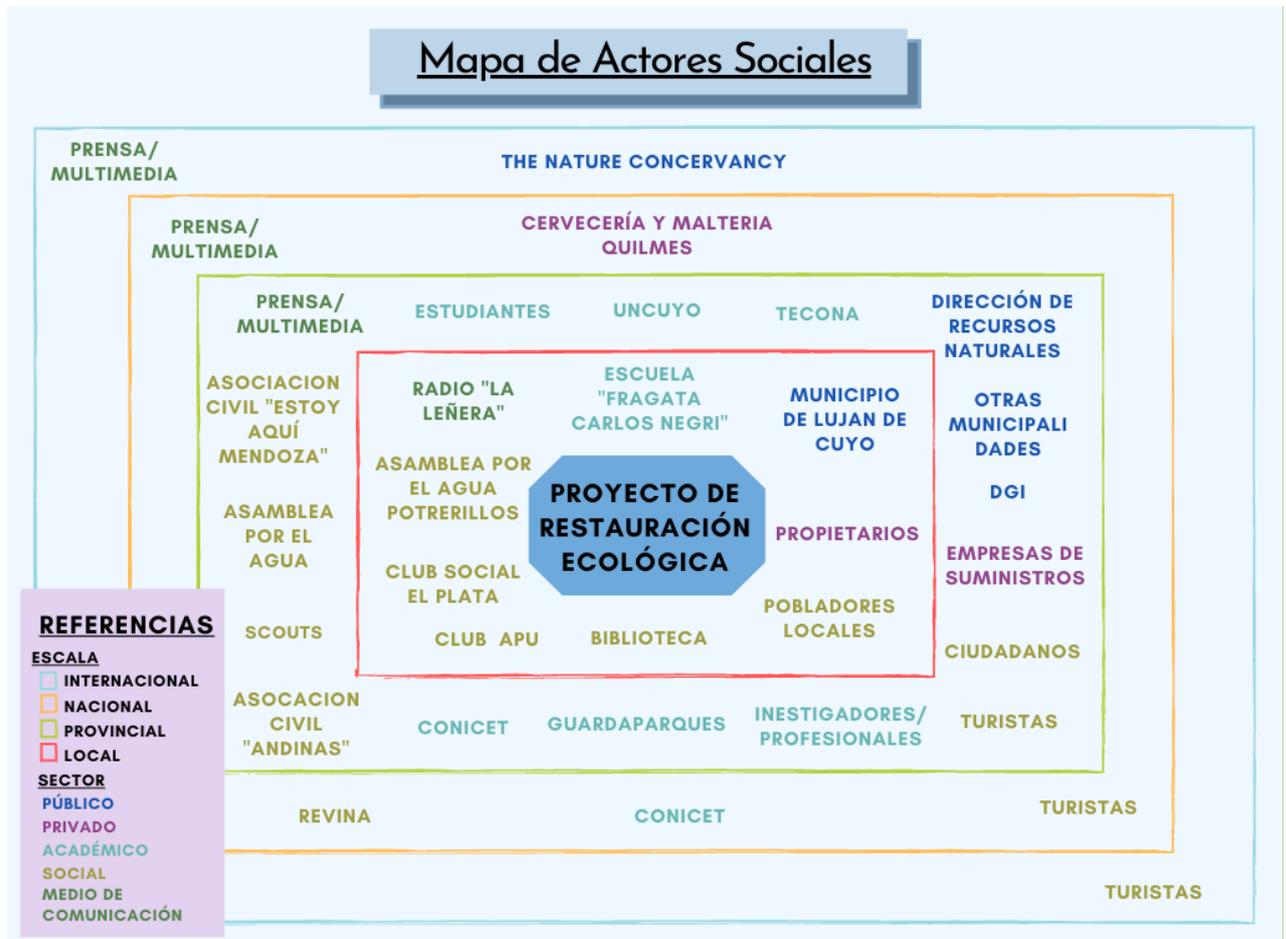


Figura 7: Mapa de Actores Sociales para el proyecto de restauración ecológica. Fuente: Propia. Año: 2022.

Los resultados del análisis de las encuestas se pueden visualizar en el Anexo I. Sin embargo, se destaca el resultado de la valoración del nivel de importancia que los encuestados les dan a problemáticas relacionadas a distintos servicios ecosistémicos y problemáticas ambientales. Como se puede observar en la Figura 8, de las 85 encuestas contestadas, se expone una alta preocupación por la mayoría de las problemáticas. Siendo los incendios, la escasez de agua y la pérdida de biodiversidad las más importantes; y luego, en segunda instancia, la desertificación, la generación de residuos y el reemplazo de flora nativa por exótica. Por último, la pérdida de belleza del área y la disminución del turismo, a pesar de no ser considerados en su mayoría como importantes, también tuvieron su relevancia considerándose mayormente como medianamente importantes.

Valoración de Problemáticas relacionadas a Servicios Ecosistémicos

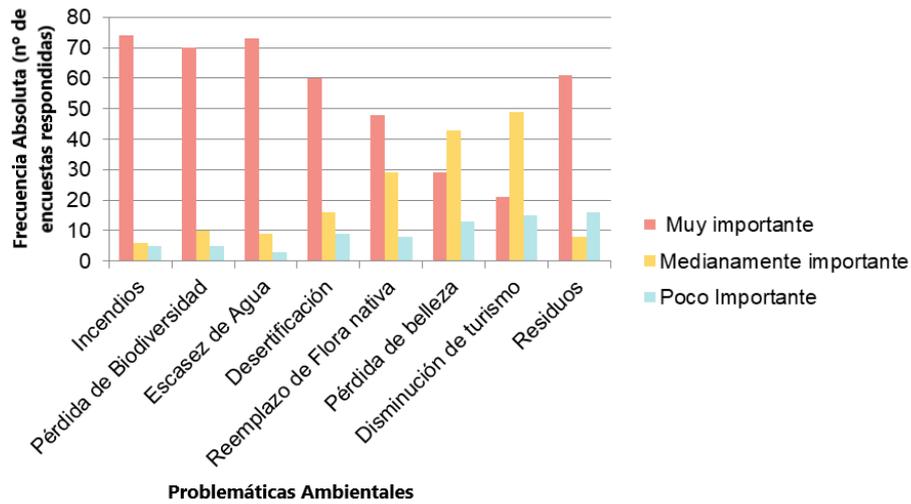


Figura 8: Valoración de Problemáticas relacionadas a Servicios Ecosistémicos. N total = 85 encuestas. Fuente: Propia. Año: 2022.

5.3. Análisis Diagnóstico

A partir del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) (Figura 9), se muestra cómo cambió la cobertura de la vegetación en el sitio de estudio; tomando valores más negativos después del incendio y tendiendo a valores más positivos a lo largo de los años.

NDVI en el Sitio de Estudio

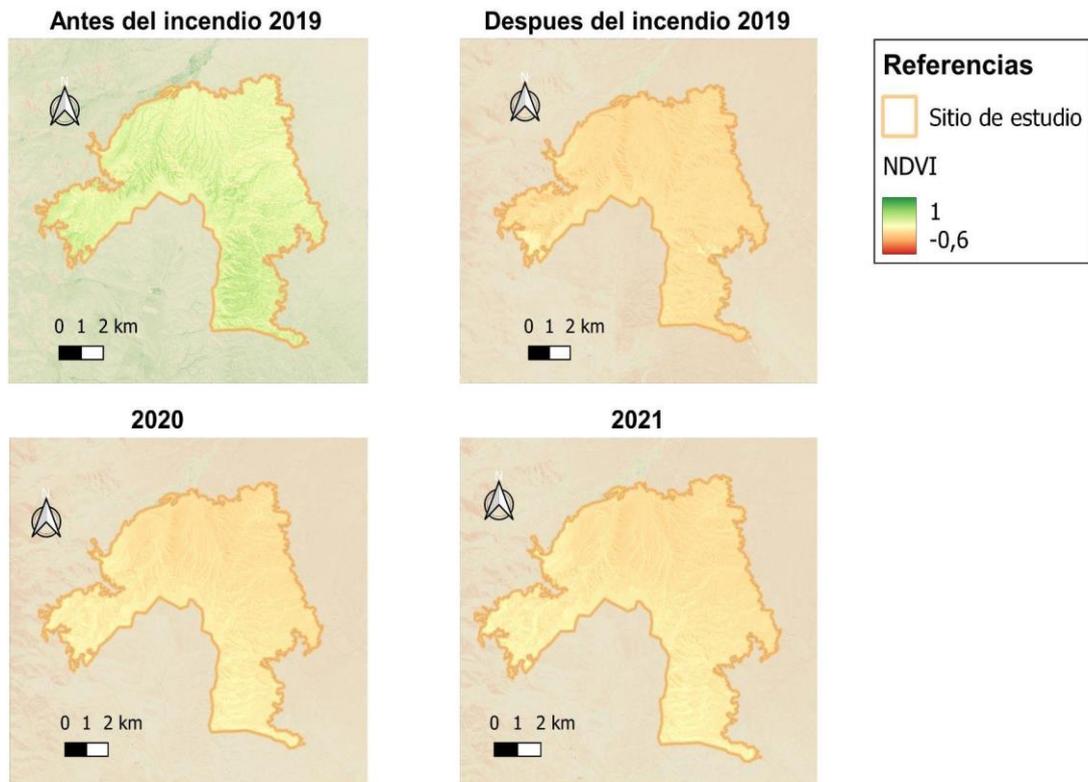


Figura 9: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del Sitio de estudio para los años 2019, 2020, 2021 y 2022. Fuente: Propia. Año: 2022.

Por otro lado, la toma de datos realizada a campo en sitios afectados y sitios de referencia, permitió tener información comparativa de la vegetación presente, entre ambos sitios con diferentes exposiciones (norte y sur), para determinar más específicamente el grado de afectación de la misma luego del incendio.

❖ Cobertura

El análisis de cobertura total, mostró una reducción significativa de la misma en zonas afectadas por el incendio en comparación a las zonas no quemadas. Además, esta reducción de la cobertura, se presentó más pronunciadamente en las laderas de exposición Sur en comparación a las de exposición Norte (Figura 10). Distinguiendo las formas de vida presentes (Figura 11), las más afectadas negativamente fueron las cactáceas y los arbustos. Con respecto a las cactáceas, no se analizó estadísticamente la diferencia. No se consideraron ya que, por un lado, se contó con pocos o ningún individuo en algunas de las parcelas de monitoreo debido a su destrucción total en algunos casos. Por otro lado, por tratarse de una forma de vida que naturalmente se encuentra localizada en parches, asociado a ciertas condiciones edafológicas y de exposición en solana. Sin embargo, con respecto a los arbustos, se observó una marcada disminución de la cobertura vegetal estadísticamente significativa en las laderas sur pasando de 55% en sitios no quemado, a 16% en sitios quemados. En cambio, en las laderas norte, se observó una cobertura de 46% en sitios no quemados y 16% en sitios quemados. Las herbáceas y gramíneas, por el contrario, tendieron a aumentar su cobertura luego del incendio. Se observó para herbáceas una cobertura 9% a 16% laderas sur, y un porcentaje de 10% a 16% en laderas norte, en sitios no quemados y quemados respectivamente. Y por último las gramíneas, presentaron porcentajes de 19% a 20% en laderas sur, y 14% a 16% en laderas norte, de sitios no quemados y quemados respectivamente.

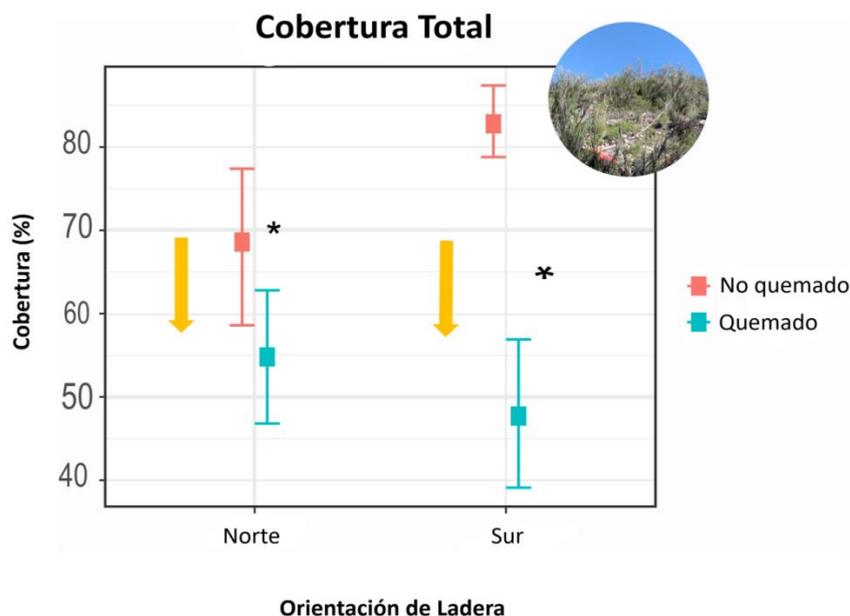


Figura 10: Comparación de las medias de cobertura total en porcentaje, en sitios quemados y no quemados con distintas exposiciones, norte y sur. El asterisco indica que las diferencias son significativas. Se muestra la reducción de cobertura entre ambas condiciones. Fuente: Sumá Nativas. Año: 2021.

Cobertura Total Según Formas de Vida

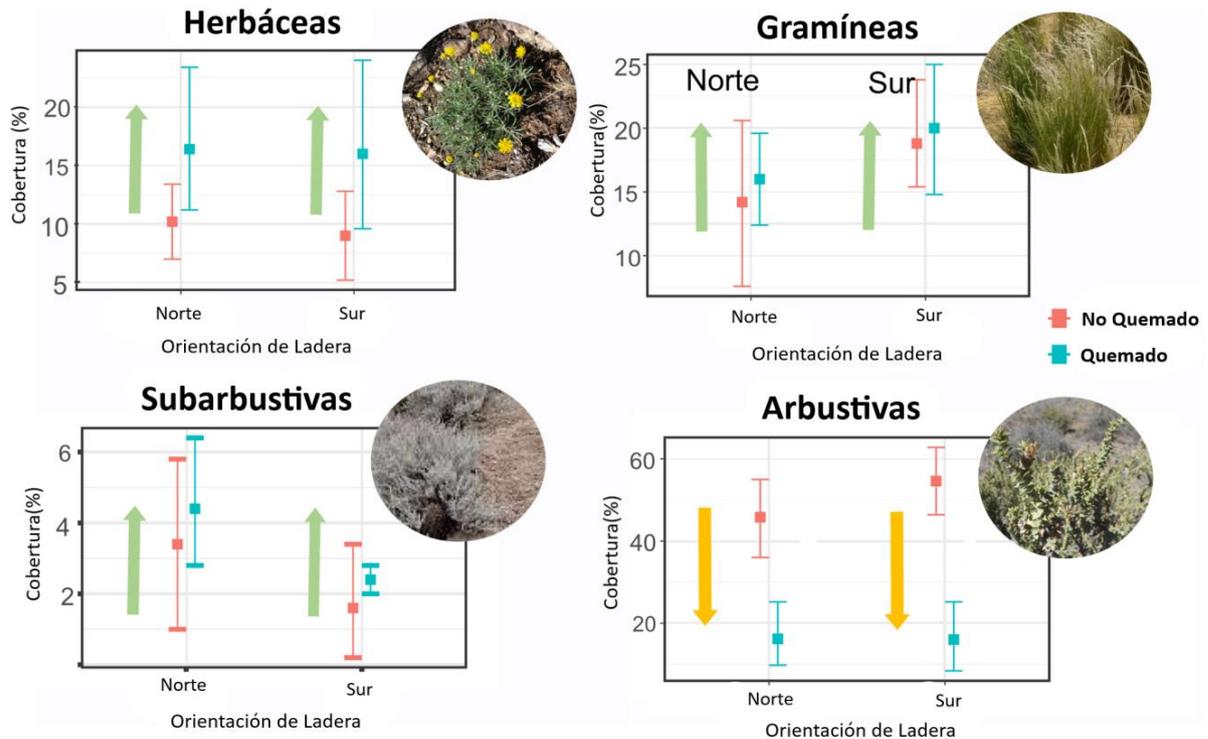


Figura 11: Cobertura total en porcentaje, según formas de vida, en sitios quemados y no quemados con distintas exposiciones, norte y sur. Se muestra la reducción o aumento de cobertura entre ambas condiciones. Fuente: Sumá Nativas. Año: 2021.

❖ Riqueza y Abundancia de Especies Nativas y Exóticas

Se identificaron 58 especies nativas presentes en el sitio de estudio (Anexo II), cuya riqueza y abundancia, fue mayor en las laderas norte. Con respecto a la condición del sitio, no se muestran diferencias significativas entre los mismos.

Riqueza de Especies Nativas

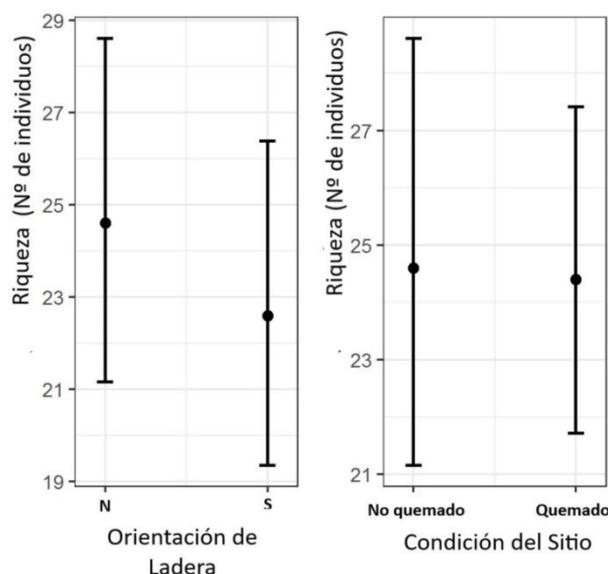


Figura 12: Riqueza de especies nativas registradas en los relevamientos, según situación (sitios quemados y no quemados) y exposición de ladera (norte y sur). Fuente: Sumá Nativas. Año: 2021.

Abundancia de Especies Nativas

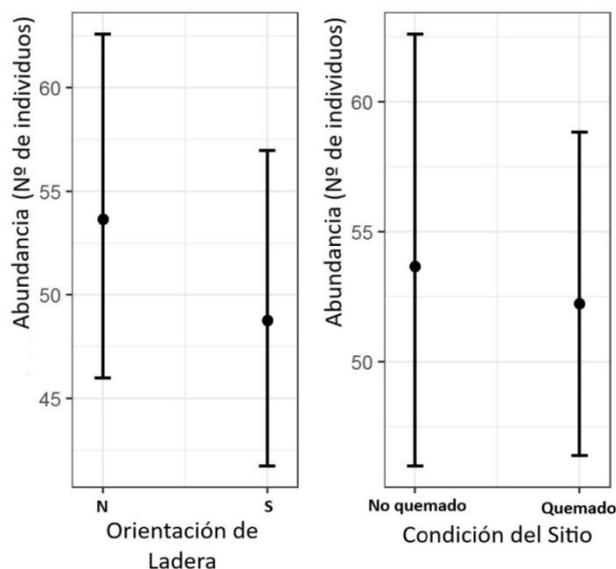


Figura 13: Abundancia de especies nativas registradas en los relevamientos, según situación (sitios quemados y no quemados) y exposición de ladera (norte y sur). Fuente: Sumá Nativas. Año: 2021.

Por otro lado, se identificaron 19 especies exóticas (Anexo II), encontrándose una sola arbustiva: *Rosa rubiginosa*, y el resto herbáceas. *Rosa rubiginosa* fue la especie exótica con mayor abundancia, seguida por *Taraxacum officinale*, *Cerastium arvense* y *Erodium cicutarium*.

Analizando la riqueza de las mismas, como se puede observar en la Figura 14, no varió significativamente entre orientaciones, pero fue mayor en las parcelas quemadas (marginamente significativo). Por otro lado, la abundancia de exóticas (Figura 15) fue mayor en las laderas sur y sitios quemados, pero no fueron diferencias significativas.

Riqueza de Especies Exóticas

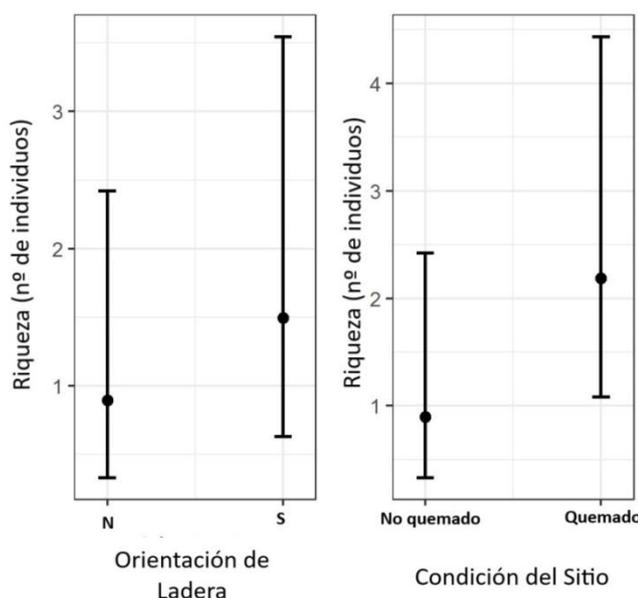


Figura 14: Riqueza de especies exóticas registradas en los relevamientos, según situación (sitios quemados y no quemados) y exposición de ladera (norte y sur). Fuente: Sumá Nativas. Año: 2021.

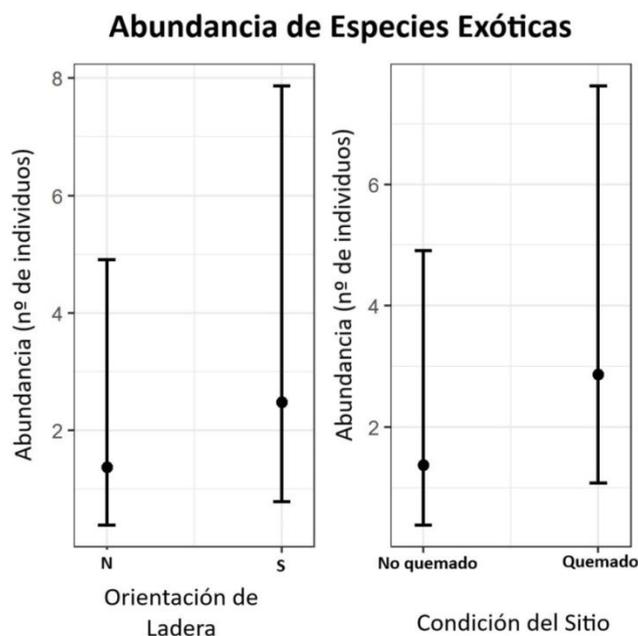


Figura 15: Abundancia de especies exóticas registradas en los relevamientos, según situación (sitios quemados y no quemados) y exposición de ladera (norte y sur). Fuente: Sumá Nativas. Año: 2021.

❖ Índices de Estructura de la Comunidad Vegetal

El cálculo del **Índice de Similitud de Sorensen** para sitios quemados y no quemados, indicó un 59% de similitud entre los mismos. Esto quiere decir que hay un grado de similitud intermedio entre ambos sitios. Por otro lado, distinguiendo entre la orientación de ladera, se pudo observar que en las laderas Sur hay un índice de similitud de 46% entre sitios quemados y no quemados. Con respecto a las laderas Norte hay un índice de similitud de 70% de similitud entre sitios quemados y no quemados (Tabla 8).

Por otro lado, los **Índices de Integridad de Ecosistemas**, mostraron que en el índice de Integridad de la Estructura Comunitaria (CSII), las parcelas en exposición Sur de los sitios quemados obtuvieron valores promedio de 17%; esto quiere decir que la cobertura de las especies de la comunidad no quemada, estaban poco representadas en la comunidad quemada. Su versión normalizada (CSII_{norm}), presentó una comunidad quemada con un promedio de 35% de sus coberturas representadas en la comunidad no quemada. De acuerdo al índice de Abundancia Superior (HAI) las comunidades quemadas contienen un promedio de 72% de su cobertura total, que son coberturas más altas que las de la comunidad no quemada (Tabla 8).

Por el contrario, el análisis de integridad de las comunidades quemadas de exposiciones norte mostró valores promedios de 31% en el CSII, y un CSII normalizado con un promedio de 45%, lo que indica una comunidad quemada con un porcentaje de cobertura intermedio representada en la comunidad no quemada. Por otro lado, el HAI mostró que las comunidades quemadas contenían un promedio de 59% de su cobertura total que son coberturas más altas que las de la comunidad no quemada (Tabla 7).

Tabla 7: Índices de Vegetación calculados para el sitio de estudio.

Índices				
Ladera	Similitud de Sorensen (%)	Integridad de Ecosistemas (%)		
		CSII	CSII _{norm}	HAI
SUR	46	17	35	72
NORTE	70	31	45	59

5.4. Ecosistema de Referencia

A modo de establecer un modelo de ecosistema que dirija el proyecto de restauración y pueda ser consultado activamente a lo largo de las etapas del mismo, se identifican atributos clave en cuanto a componentes bióticos, abióticos y sociales del ecosistema de estudio (Tabla 8). Los resultados completos y mapas de descripción de los atributos se pueden visualizar mejor en el Anexo III.

Tabla 8: Atributos clave y parámetros del ecosistema de referencia para el proyecto de restauración ecológica

ECOSISTEMA DE REFERENCIA	
Atributos	Parámetros de referencia
Altitud	De 1800 a 2800 msnm.
Pendiente	De 0 a 50%.
Suelos	Roca y Entisoles Torriortente típico.
Hidrografía	El sitio de estudio pertenece a la Cuenca del Río Mendoza con tres órdenes de cauce y zonas sin drenaje.
Clima	-Temperatura promedio: 5°C en julio y 21°C en Enero. -Precipitación promedio: De 300 a 500 mm -Heliofanía: 0,1 horas de heliofanía efectiva máxima, y 5,4 horas de heliofanía efectiva mínima. -Velocidad promedio del viento: 19 a 26 km/h.
Vegetación	Las especies más abundantes fueron: <i>Nassella tenuissima</i> , <i>Ephedra multiflora</i> , <i>Schinus polygamus</i> , <i>Lycium chilense</i> , <i>Adesmia pinifolia</i> , <i>Mulguraea scoparia</i> , <i>Nassauvia axillaris</i> , <i>Acantholippia seriphoides</i> , entre otras. Y según Méndez, los pisos de vegetación que se encuentran en la zona son: -PISO II: Representado por Comunidades de <i>Larrea divaricata</i> ubicadas entre los 1300 y los 1950 msnm. -PISO III: Representado por dos comunidades que comparten un rango altitudinal de 1500 a 2250 msnm: Por un lado, la Comunidad de <i>Junellia scoparia</i> , y por otro lado la Comunidad de <i>Colliguaja intergerrima</i> , la cual, codomina con <i>Eupatorium bunnifolium</i> . -PISO IV: Representado por matorrales andinos de Comunidades de <i>Adesmia horrida</i> desde los 2100 a los 2300 msnm.

5.5. Metas y Objetivos del Proyecto de Restauración

Los objetivos y metas propuestas para Plan de restauración ecológica en el área quemada son (Tabla 9):

Tabla 9: Metas y objetivos propuestos para el proyecto de restauración ecológica

Ámbito	Metas	Objetivos
Ecosistémico y Ambiental	1. Contribuir con la conservación de la Cuenca del Río Mendoza y mitigar la fragmentación del hábitat causada por el incendio; promoviendo la sucesión ecológica del ecosistema afectado mediante la recuperación de la vegetación en los sectores quemados, asegurando el mantenimiento de especies representativas y de su patrimonio genético.	a. Recuperar la composición de las comunidades vegetales en el área quemada mediante acciones de restauración ecológica, manteniendo la flora nativa representativa.
		b. Preservar la estructura de las comunidades vegetales en el área quemada a escala de paisaje mediante acciones de restauración ecológica.
		c. Aumentar la cobertura de la vegetación.
	2. Promover la conservación del suelo, asegurando su estabilización y disminuyendo su pérdida, degradación y erosión.	d. Promover la recuperación de los parámetros físico-químicos del suelo comparando con los del sitio de referencia.
	3. Manejar factores amenazantes o intervinientes con la restauración ecológica, así como la presencia de exóticas, el pastoreo, la erosión u otros disturbios.	e. Controlar el avance de especies exóticas invasoras y la herbivoría en las zonas de intervención pasiva o activa.
		f. Monitorear los disturbios producidos en el sitio de estudio todos los años.
4. Asegurar el éxito de las acciones de restauración activa realizadas.	g. Controlar la supervivencia y mantenimiento de los plantines colocados en el área de estudio por al menos 5 años	
Socioeconómico	5. Fomentar la participación de la comunidad en todo el proceso de planificación e implementación del proyecto.	h. Generar instancias de participación para motivar el compromiso de la comunidad e instituciones.
		i. Desarrollar acciones de comunicación eficiente para informar y lograr aceptación y participación en el proyecto.
	6. Promover la educación ambiental y	j. Aumentar la concientización de



	el respeto de los valores culturales de los pobladores locales en todo el proceso del proyecto.	los actores sociales en relación a la valoración de áreas de montaña y el uso sustentable del área restaurada, tanto en zonas de uso público y de uso turístico, como en zonas de realización de actividades recreativas y deportivas.
	7. Crear beneficios económicos directos e indirectos en el área de intervención.	k. Generar empleo decente mediante la creación de oferta laboral en la incorporación de profesionales e interesados capacitados en las diferentes actividades y acciones a realizar.
		l. Mejorar la calidad de vida de los pobladores locales promoviendo la sostenibilidad comunitaria a través de la creación de oportunidades de negocio.

5.6. Propuesta de Restauración Ecológica

❖ Áreas Prioritarias

Para la realización de una propuesta de restauración ecológica para el sitio de estudio, se propone en primer lugar la determinación de áreas prioritarias para la implementación de estrategias de restauración.

Los criterios evaluados según prioridad fueron:

1. *Accesibilidad* (Figura 16).
2. *Pendiente* (Figura 17).
3. *Cauces de Agua* (Figura 18).
4. *Diferencia de NDVI* (Figura 19).
5. *Usos del Suelo* (Figura 20).

Criterios Utilizados para la Priorización de Áreas: ACCESIBILIDAD

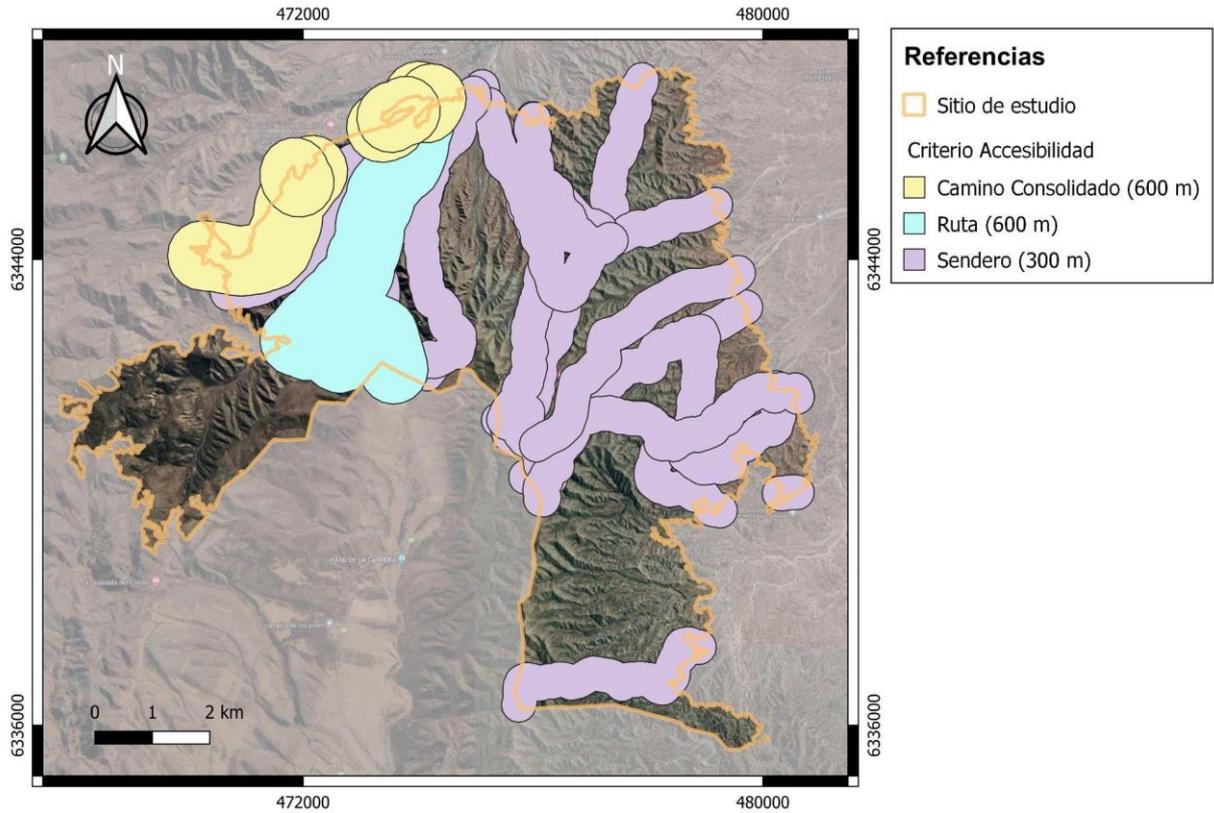


Figura 16: Criterio Accesibilidad utilizado para la selección de áreas prioritarias. Variable prioritaria: Camino consolidado y Ruta. Fuente: Propia. Año: 2022.

Criterios Utilizados para la Priorización de Áreas: PENDIENTE

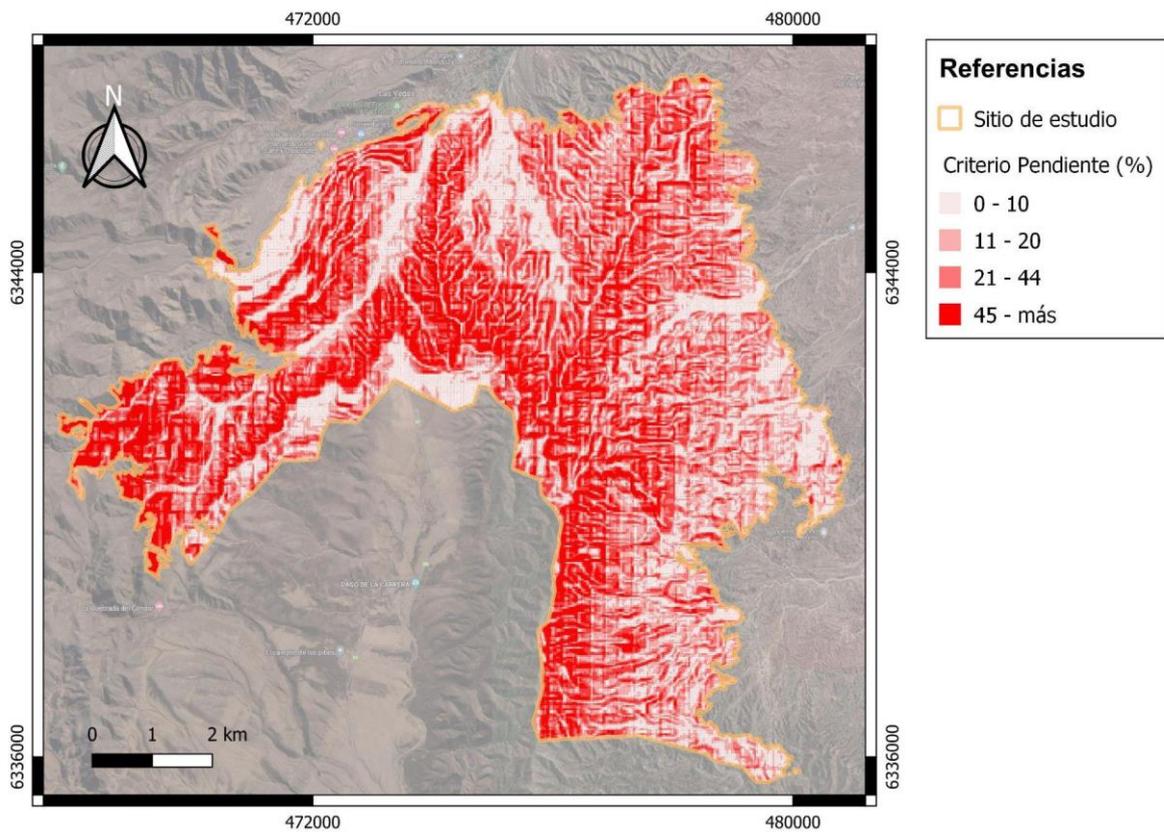


Figura 17: Criterio Pendiente utilizado para la selección de áreas prioritarias. Variable prioritaria: Menores valores de pendiente. Fuente: Propia. Año: 2022.

Criterios Utilizados para la Priorización de Áreas: CAUCES DE AGUA

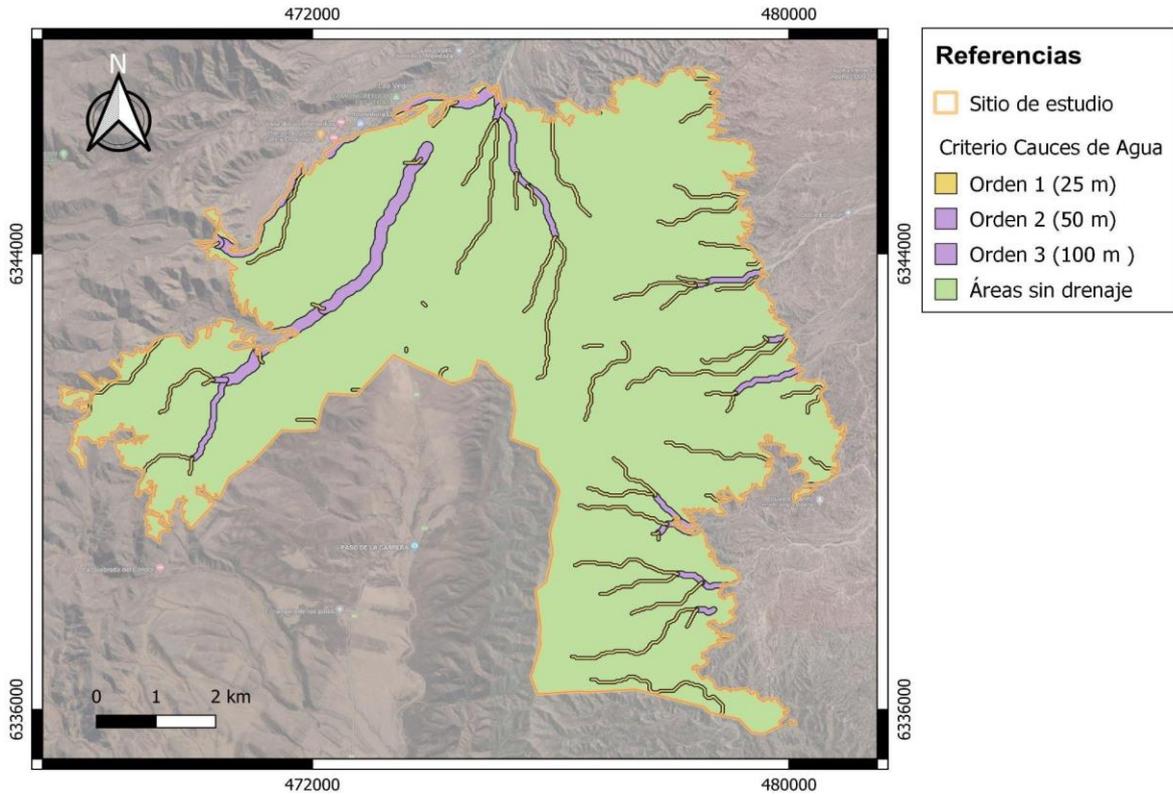


Figura 18: Criterio Cauces de Agua utilizado para la selección de áreas prioritarias. Variable prioritaria: Cauces de orden 1. Fuente: Propia. Año: 2022.

Criterios Utilizados para la Priorización de Áreas: DIFERENCIA DE NDVI (2021-2019)

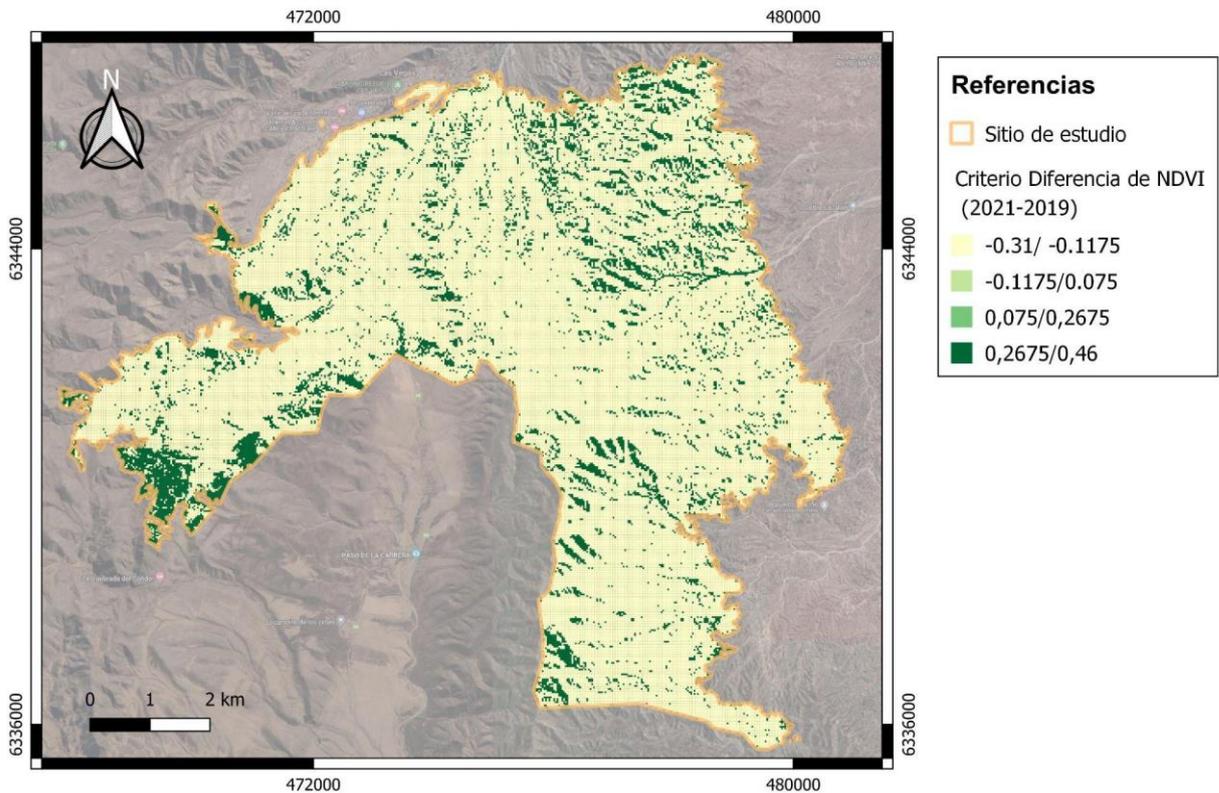


Figura 19: Criterio Diferencia de NDVI (2021-2019) utilizado para la selección de áreas prioritarias. Variable prioritaria: Menor valor de NDVI. Fuente: Propia. Año: 2022.

Criterios Utilizados para la Priorización de Áreas: USOS DEL SUELO

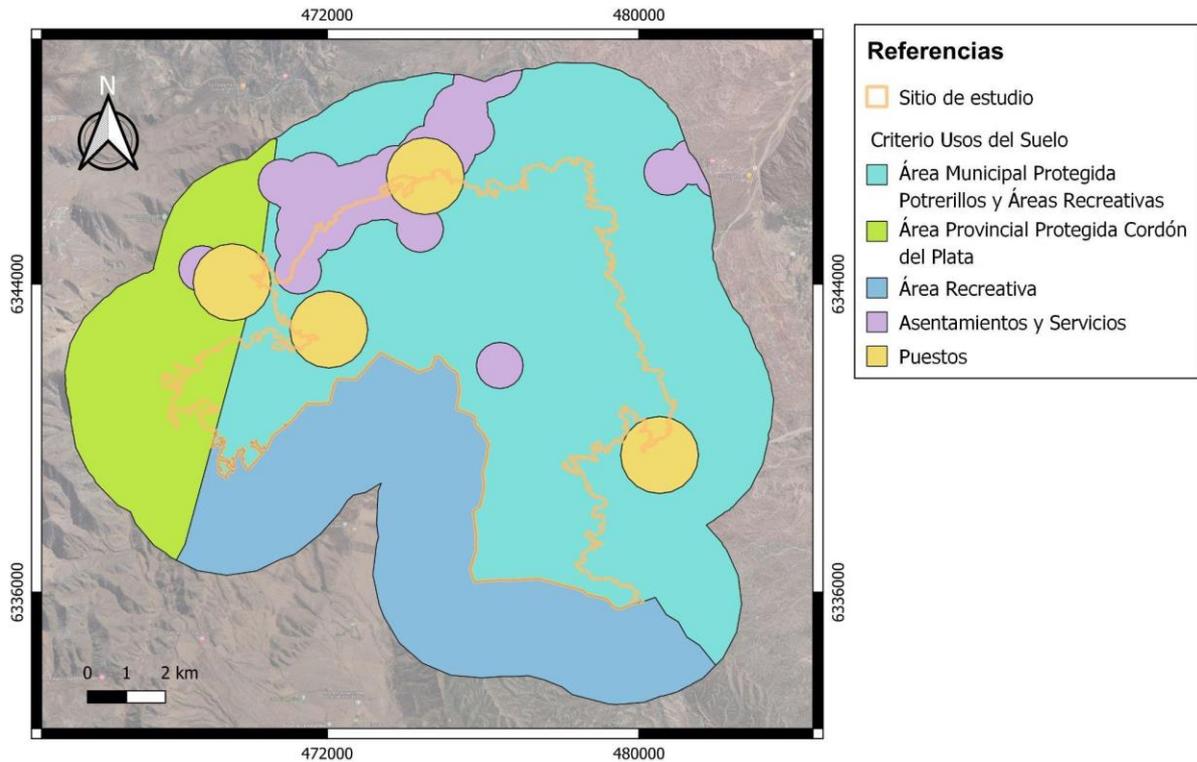


Figura 20: Criterio Usos del Suelo utilizado para la selección de áreas prioritarias. Variable prioritaria: Asentamientos y Servicios. Fuente: Propia. Año: 2022.

La Evaluación Multicriterio ejecutada con Sistemas de Información Geográfica (SIG) para los diferentes criterios seleccionados permitió distinguir las áreas más aptas para tareas de restauración ecológica dentro del sitio de estudio. Se puede observar en la Figura 21, en tonalidades de verde las zonas más aptas, siendo las zonas en verde oscuro (1105 ha) las más prioritarias; y en verde claro (2577 ha), posibles, pero menos prioritarias. Cabe destacar que todas ellas corresponden a áreas de baja pendiente y cercanas a rutas y caminos consolidados para facilitar la accesibilidad a la hora de realizar acciones de plantación y post plantación, tales como llevar materiales, plantines, agua para riego, etc. También son sitios de bajo riesgo aluvional, y con bajo índice de recuperación de la cobertura vegetal. Además, es importante señalar que los sitios están próximos a asentamientos humanos, lo que podría incentivar la participación de pobladores locales y se encuentran en el Área Protegida Municipal de Potrerillos lo que aumenta el valor de conservación de los mismos (Figura 21).

Áreas Prioritarias para Restauración Activa

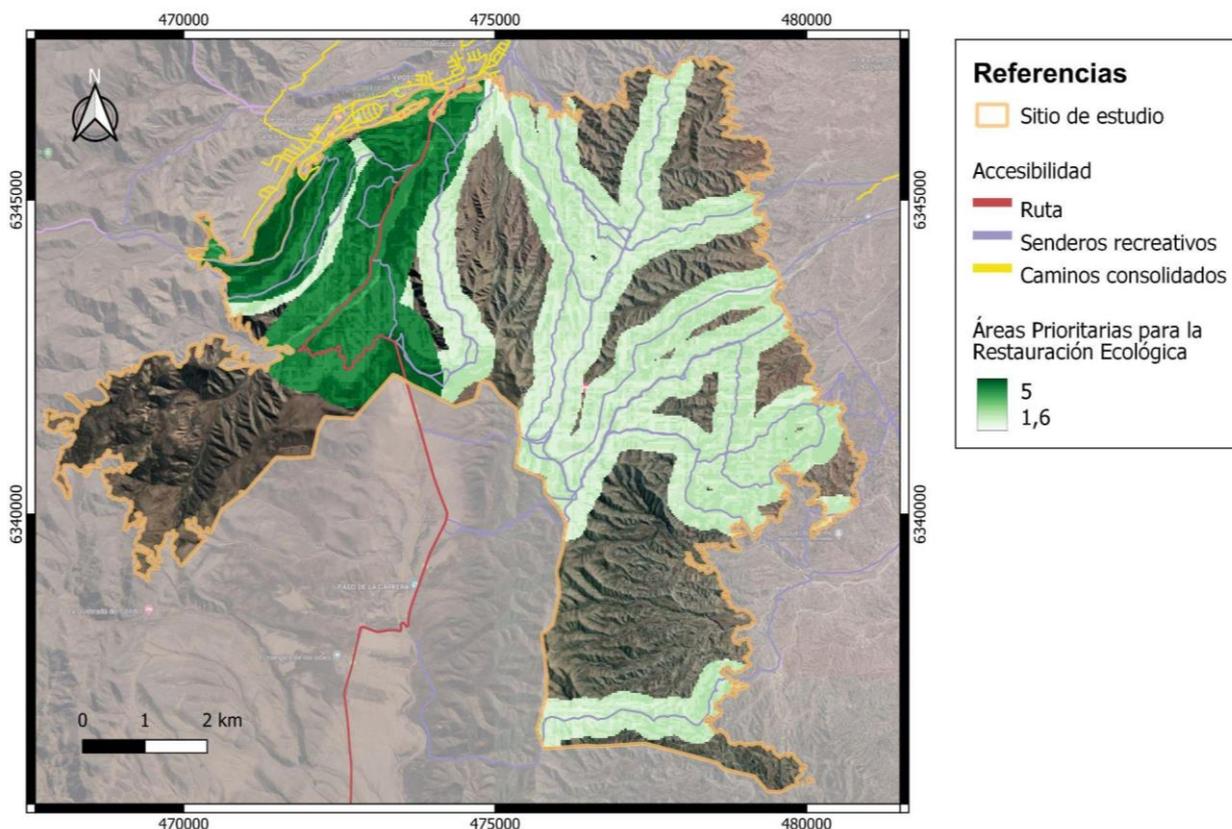


Figura 21: Áreas prioritarias para la realización de estrategias de restauración ecológica activa en el sitio de estudio, siendo las más prioritarias las representadas en verde oscuro (mayor valor de prioridad). Fuente: Propia. Año: 2022.

Como se puede ver, las zonas identificadas, incluyendo las más prioritarias, son muy extensas, de manera que se identificaron diez polígonos dentro de ellas, con el fin de delimitar posibles sitios de restauración activa (Figura 22). Entre ellos encontramos:

- *Sitio 1 y 2:* Se encuentra en inmediaciones a un puesto ganadero, de manera que en los mismos se deberían prever la protección de plantines.
- *Sitio 3, 4:* No son lugares con tanto valor de prioridad como otros, probablemente debido a la pendiente o la cercanía a los cauces de aguas. Sin embargo, son sitios muy cercanos a los asentamientos, muy visibles, por lo tanto, presentan una accesibilidad excelente y con una alta probabilidad de participación de la población local para tareas de plantación; siendo además sitios donde se podrían prever otras actividades o acciones de concientización, entre otras.
- *Sitios del 5, 6 y 7:* Son sitios muy parecidos en cuanto a sus características y criterios analizados siendo sitios altamente aptos para tareas de restauración y concreción de objetivos de restauración ya que dos de ellos presentan áreas muy grandes.
- *Sitios 8, 9 y 10:* Se encuentran más alejados, sin embargo, son sitios aptos para tareas de restauración y concreción de objetivos de restauración ya que presentan áreas muy extensas.

Cabe destacar en la Tabla 10, la extensión aproximada de cada uno de estos polígonos, y la suma total de ellos, la cual presenta 292 ha con prioridad para la restauración.

Posibles Sitios para Restauración Activa

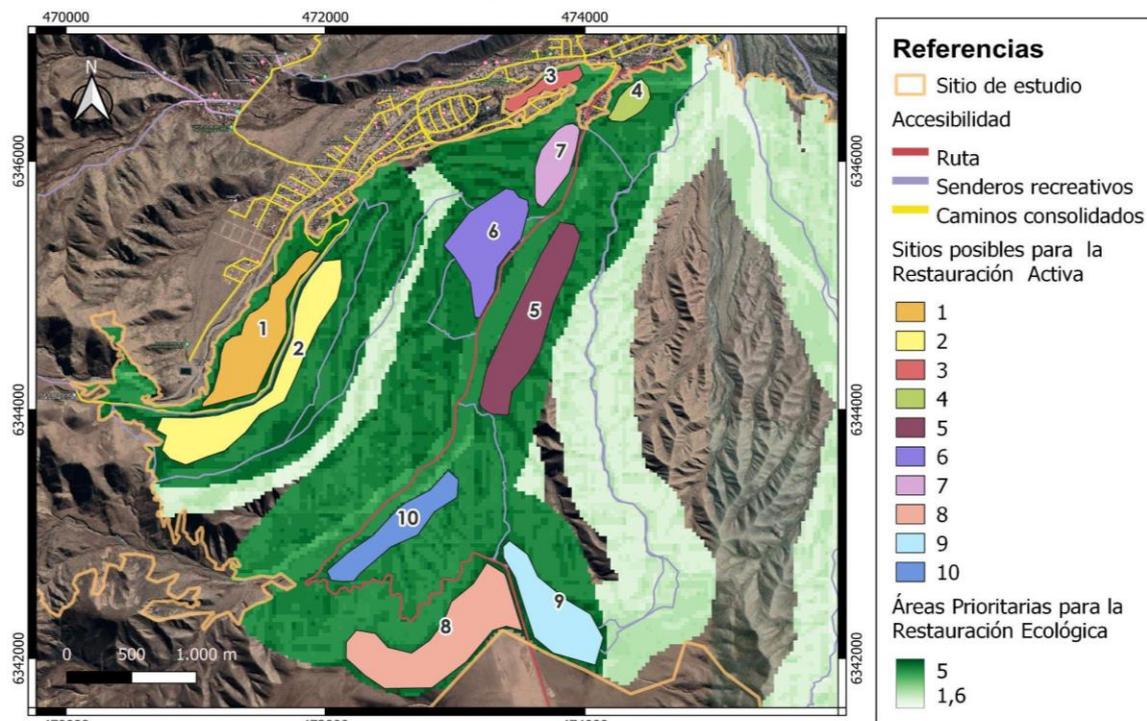


Figura 22: Posibles sitios de restauración activa dentro de las áreas más prioritarias (siendo las más prioritarias las que presentan mayor valor y color verde oscuro). Fuente: Propia. Año: 2022.

Tabla 10: Extensión en hectáreas (ha) de los sitios posibles de restauración activa.

Sitio de Restauración Activa	Área (ha)
1	34
2	46
3	7
4	6
5	43
6	33
7	14
8	54
9	31
10	24
TOTAL	292

En los sitios no planteados a intervenir, tales como zonas verde oscuro restantes y las verde claro, los cuales son menos prioritarios, se podrían prever algunas acciones para favorecer estrategias de restauración pasiva. Y por último, las zonas no resultantes como prioritarias, las cuales son sitios muy alejados de los asentamientos, de difícil acceso y pendiente, además del riesgo aluvional; se sugiere dejar que los procesos sucesionales y de recuperación natural tomen lugar a través de los años.



❖ **Estrategias de Restauración**

Restauración Pasiva

En sitios destinados a la restauración pasiva podrían realizarse acciones para eliminar otros disturbios que puedan presentarse en la zona, tales como presencia de especies exóticas o presencia de ganado.

En lugares cercanos a puestos, tales como los alrededores del sitio 1 y 2, no destinados a restauración activa, se podrían realizar cercados en algunas zonas para acotar una zona al paso de ganado y herbívoros o la exclusión de ganado.

En cuanto al control de especies exóticas se podría realizar un control manual, en el cual se eliminen y corten los renovales de las especies no deseadas, como podrían ser de Rosa Mosqueta (*Rosa rubiginosa*). Este método, es selectivo permitiendo eliminar solo la especie que deseamos sin afectar a las nativas circundantes. Por otro lado, los desechos provenientes de esta actividad pueden ser utilizados como leña por ejemplo. Además, esta medida podría ser realizada en inmediaciones a sitios de restauración activa, así como también en zonas prioritarias un poco más alejadas, pero cercanas a senderos de montaña, contribuyendo a la conservación de espacios usados por las personas.

Restauración Activa

En el caso de sitios de restauración activa, se determinó un elenco de especies para la restauración y un diseño de plantación junto con consideraciones a tener en cuenta en la plantación.

➤ **Selección de un Elenco de Especies**

En la Selección del Elenco de Especies, se analizaron las especies encontradas en el diagnóstico en base a algunos rasgos de vida tales como: Estructura- Palatabilidad- Crecimiento- Ausencia en la zona quemada- Rebrote- Antecedentes de reproducción y Propagación en vivero- Usos. Los resultados obtenidos mostraron una mayor calificación para algunas de las especies (Anexo V), de las cuales se eligieron las siguientes como propuesta a implantarlas en los sitios prioritarios para la restauración ecológica activa (Tabla 11):

Tabla 11: Elenco de especies Herbáceas y Arbustivas y Subarbustivas para la implementación de estrategias de restauración ecológica activa.

ESPECIES SELECCIONADAS	
Herbáceas	Arbustivas y Subarbustivas
<i>Nassella tenuissima</i> (Trin.) Barkworth	<i>Grindelia chilensis</i> (Cornel.) Cabrera
<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav. var. <i>ichu</i>	<i>Senecio subulatus</i> D. Don ex Hook. & Arn. var. <i>subulatus</i>
<i>Nassella tenuis</i> (Phil.) Barkworth	<i>Adesmia pinifolia</i> Gillies ex Hook. & Arn.



<i>Bromus catharticus</i> Vahl var. <i>catharticus</i>	<i>Acanthostyles buniifolius</i> (Hook. & Arn.) R.M. King & H. Rob.
<i>Aristida mendocina</i> Phil.	<i>Hyalis argentea</i> D. Don ex Hook. & Arn. var. <i>argentea</i>
<i>Pappostipa speciosa</i> (Trin. & Rupr.) Romasch.	<i>Prosopis flexuosa</i> DC. var. <i>depressa</i> F.A. Roig
<i>Piptochaetium napostaense</i> (Speg.) Hack.	<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera
	<i>Chuquiraga ruscifolia</i> D. Don

Estas especies, tanto herbáceas como arbustivas y subarbustivas, se eligieron por poseer experiencias técnicas de restauración con las mismas. Además, presentan buena disponibilidad de semillas en la zona para su recolección, buena dominancia y competencia frente a otras especies y facilidad de ser reproducidas en vivero.

En cuanto a la obtención de plantines para las tareas de restauración, las especies pueden comprarse u optar por la producción propia. En caso de producirse en un vivero, en el Anexo V, se plantean algunas recomendaciones para su propagación.

➤ **Diseño de Plantación**

Para el diseño de plantación se tomaron en cuenta los resultados obtenidos en el diagnóstico principalmente, donde los análisis realizados y los índices calculados de similitud y de integridad de la comunidad, mostraron falta de estructura y de similitud en la comunidad afectada por el incendio y en exposición Sur. De esta manera, contemplando la ecología propia del sitio de estudio, se hizo hincapié en la recuperación biodiversidad del ecosistema. Para ello se consideraron los siguientes parámetros:

- **Densidad de Plantación:** Considerando que en ambientes áridos y semiáridos se espera tener unas 1600 plantas por hectárea como meta de restauración (Pérez et al., 2022) y que los datos tomados en el muestreo a campo muestran parcelas con 50% de cobertura; se decidió tener en cuenta una densidad de enriquecimiento de 300 plantas por ha para aumentar la diversidad y recuperar la estructura.
- **Forma del Módulo:** Se eligió realizar módulos rectangulares ya que es una forma más eficiente en la ejecución.
- **Tamaño del Módulo:** Se determinó realizar módulos de 30 m X 40 m ya que de esta manera se podría disponer de varios módulos pequeños en cada sitio prioritario para facilitar y agilizar las tareas de plantación.
- **Cantidad de individuos por especie por módulo:** Se determinó colocar 48 individuos por módulo, de cinco especies diferentes, colocando tres arbustivas y dos herbáceas para aumentar la biodiversidad y estructura presente en cada módulo.

- **Distancia entre Individuos:** Como el área de estudio y las áreas prioritarias ya poseen vegetación debido a los procesos sucesionales, se consideró poner las plántulas aproximadamente cada 5 m para poder distribuirlas correctamente entre las plantas ya presentes.
- **Distribución entre Individuos:** Las plántulas se dispondrán con una distribución lineal en los módulos ya que esta es la forma más eficiente de realizar las tareas de plantación. Además, este tipo de distribución está recomendada para arbustales. Considerando la distancia entre plántulas, se dispondrán de 6 filas de plantación con 8 individuos por fila.
- **Distribución entre Módulos:** Cabe destacar, que se hará hincapié en la distribución de módulos más que los individuos dentro del módulo. Los módulos se distribuirán de manera triangular en los sitios posibles de restaurar activamente. La distancia entre ellos será de 200 m considerando la distancia de dispersión que pueden llegar a tener las semillas de las plantas seleccionadas. Con ello, se pretende recuperar activamente la vegetación con módulos pequeños y dejando que la restauración pasiva actúe entre ellos. Esto permitiría acelerar la restauración del sitio de estudio estratégicamente, abarcando la mayor cantidad de hectáreas posibles con un menor esfuerzo de plantación. Cabe destacar que esta distribución podría considerar y priorizar la recuperación de las laderas sur las cuales fueron las más afectadas.
- **Diversidad de los Módulos:** En los sitios prioritarios, se dispondrán módulos, con el mismo diseño, pero con especies diferentes, como se puede observar en la Tabla 12. Estos, se irán alternando en cada sitio para aumentar la heterogeneidad y biodiversidad del área.
- **Representación Gráfica del Diseño de Plantación** (Figura 23)

Diseño de Plantación

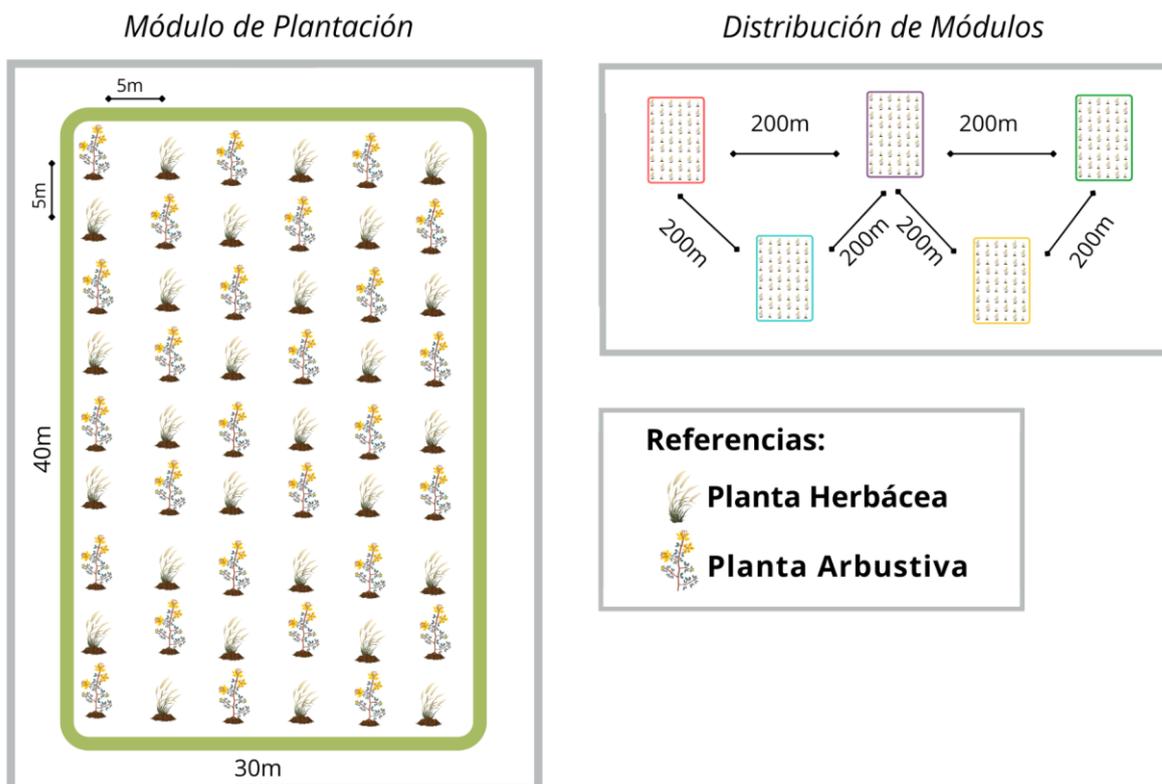


Figura 23: Esquema del diseño del Módulo de Plantación y su Distribución heterogénea en Sitios Prioritarios para la restauración ecológica activa. Fuente: Propia. Año: 2022.

Tabla 12: Diversidad de los Módulos de plantación.

Especies	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	Módulo 5
Arbustivas y Subarbustivas	<i>Grindelia chilensis</i> (Cornel.) Cabrera	<i>Senecio subulatus</i> D. Don ex Hook. & Arn. var. <i>subulatus</i>	<i>Adesmia pinifolia</i> Gillies ex Hook. & Arn.	<i>Acanthostyles buniifolius</i> (Hook. & Arn.) R.M. King & H. Rob.	<i>Hyalis argentea</i> D. Don ex Hook. & Arn. var. <i>argentea</i>
	<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera	<i>Chuquiraga ruscifolia</i> D. Don	<i>Grindelia chilensis</i> (Cornel.) Cabrera	<i>Prosopis flexuosa</i> DC. var. <i>depressa</i> F.A. Roig	<i>Chuquiraga ruscifolia</i> D. Don
	<i>Prosopis flexuosa</i> DC. var. <i>depressa</i> F.A. Roig	<i>Acanthostyles buniifolius</i> (Hook. & Arn.) R.M. King & H. Rob.	<i>Hyalis argentea</i> D. Don ex Hook. & Arn. var. <i>argentea</i>	<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera	<i>Senecio subulatus</i> D. Don ex Hook. & Arn. var. <i>subulatus</i>
Herbáceas	<i>Nassella tenuissima</i> (Trin.) Barkworth	<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav. var. <i>ichu</i>	<i>Nassella tenuis</i> (Phil.) Barkworth	<i>Bromus catharticus</i> Vahl var. <i>catharticus</i>	<i>Aristida mendocina</i> Phil.
	<i>Bromus catharticus</i> Vahl var. <i>catharticus</i>	<i>Aristida mendocina</i> Phil.	<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav. var. <i>ichu</i>	<i>Nassella tenuis</i> (Phil.) Barkworth	<i>Nassella tenuissima</i> (Trin.) Barkworth

Consideraciones para la Plantación

- **Época de Plantación:** La época de plantación depende de las características del lugar. En zonas de montaña, como Potrerillos, se recomienda realizar las plantaciones por estacionalidad. Por un lado, se debe considerar la época de lluvias, la cual es en el verano (Albiol, 2014). Y por otro lado, la época de crecimiento vegetativo, que es a inicios de la primavera, tratando de evitar las fechas cercanas al inicio del invierno lo cuales son muy fríos, o de fuertes vientos (Viento Zonda) y evitando el verano el cual tiende a ser muy caluroso con baja humedad relativa (Álvarez et al., 2021).
- **Preparación de los plantines:** Los plantines deben estar bien regados un día antes de la plantación, a capacidad de campo, para reducir el estrés que va a sufrir los primeros días. Por otro lado, su transporte al sitio de plantación se debe realizar en un vehículo donde estén bien protegidas con el fin de evitar la sobreexposición a incidentes, pudiendo mantenerse en un ambiente y condiciones que impidan daño mecánico de cualquiera de sus partes y cuidando de alterar lo menos posible la forma del pan de tierra (Azúa García et al., 2020).
- **Preparación del suelo:** En el caso de zonas montañosas, se trata de suelos muy pedregosos y compactos. Las especies suelen estar adaptadas a estas condiciones, sin embargo, se recomienda realizar hoyos de 40cm x 40cm con herramientas



manuales u hoyadoras, tratando de conservar la tierra sacada para ser incorporada posteriormente (Azúa García et al., 2020). Sin embargo, el suelo puede ser mejorado antes de la colocación de plantines con el agregado de compost, abono orgánico o turba, lo que proporciona materia orgánica, contribuyendo a su ligereza, porosidad y a la retención de agua y nutrientes (Beider, 2012).

- *Introducción de plántulas:* Los plantines deben ser incorporados cuidadosamente sin que se dañe el pan de tierra; y una vez colocado, se rellena el agujero presionando el suelo con los pies para compactar la tierra evitando que se generen cámaras de aire y sujetar bien la planta (Colmena et al., 2021). Además, debe considerarse dejar una tasa de infiltración alrededor de la plántula, cuyo fin es capturar agua de lluvia, proporcionando una mayor capacidad de mantener humedad en la zona para que tenga más posibilidades de sobrevivir sobre todo en estaciones secas (Azúa García et al., 2020).
- *Riego:* En zonas áridas se debe realizar un riego de establecimiento luego de realizar el trasplante, el cual debe hacerse al final de la jornada, así los poros del suelo se saturan de agua y se evitará la formación de bolsas de aire perjudiciales para las raíces (Colmena et al., 2021).
- *Mulching:* En la zona es muy común encontrar mantillo disperso, de manera que una buena opción luego de la plantación es la aplicación de un pequeño acolchado vegetal o “mantillo” sobre la taza. Puede ser de material, encontrado en el mismo lugar o materiales como aserrín, viruta, corteza de madera o paja. La importancia de estos radica en que pueden colaborar a proteger la tierra del sol, mejorar la retención de agua y nutrientes en el suelo, reducir la aparición de vegetación que pueda competir con las plantas y promover la actividad microbiana, tan necesaria para el mantenimiento de la fertilidad. Además, son sistemas dinámicos que liberan nutrientes a medida que se van descomponiendo (Azúa García et al., 2020).
- *Instalación de Protectores:* Al haber presencia de herbívoros por toda el área quemada es fundamental considerar la protección de los plantines. Esto puede realizarse instalando una barrera física alrededor de cada planta inmediatamente después de ser plantada. Esta acción de protección es necesaria las primeras temporadas, luego deja de ser funcional; por ello también es necesario contemplar el retiro de los dispositivos colocados, a fin de reducir la contaminación (Colmena et al., 2021).
- *Circularidad de las acciones:* Es de gran importancia considerar la reutilización de todos los insumos utilizados en las acciones de restauración. Desde las bandejas y bolsas utilizadas en producción de plantas, envases de traslado de insumos, estacas, los protectores retirados. Todo material debe entrar en una lógica circular, ya sea para su adecuado reciclaje, como para su potencial reutilización y apoyo a otras iniciativas de restauración (Azúa García et al., 2020).

❖ **Vinculación con la comunidad**

En relación a la comunidad, se propone como estrategia a seguir, incentivar la participación de los actores sociales identificados en todas las etapas del proyecto, no solo en las tareas de restauración, y teniendo en cuenta las características e intereses de los mismos.

Para ello se plantea realizar en primera instancia actividades de acercamiento con los grupos interesados de los distintos sectores. Se debe invertir tiempo, en etapas tempranas para formar vínculos con los distintos actores sociales asegurando que se entienda y se apoye completamente las razones de restauración, lo que ayudará a asegurar que las colaboraciones sean eficaces. Esto permite entender las percepciones y prioridades de los socios y los grupos interesados, lo que posibilita orientar la planificación (Keenleyside et al.,



2014). Además, se debe tratar de fomentar lazos ya que también se podrán generar beneficios mutuos o convenios a lo largo del proyecto según las necesidades.

En este proceso la comunicación estratégica es sumamente necesaria. Se debe implementar una estrategia de comunicación y divulgación para cada etapa y cada actividad que se realice; fomentando una comunicación frecuente, respetuosa y de manera inclusiva con los grupos interesados. La importancia radica en que, mediante esto, se crean instancias no solo de difusión, sino también de aprendizaje (Keenleyside et al., 2014).

De esta manera, como estrategia participativa se propone la realización de las siguientes actividades:

- **Conversatorios:** Ayudarán a fomentar el diálogo, observar puntos de vista distintos y establecer consensos de opinión.
- **Talleres temáticos:** Estos permitirán generar un acompañamiento recíproco donde se brindará información a los presentes sobre los pasos a seguir, y obtener un mayor conocimiento sobre la historia del sitio y el funcionamiento del ecosistema, lo cual podrá ser tenido en cuenta en las diferentes acciones de restauración. Además, se podrían abordar temáticas de interés para los participantes, tales como problemáticas ambientales, plantas nativas, viverismo, acciones de conservación y restauración, manejo de exóticas, logística, proyectos con perspectiva de género.
- **Actividades prácticas:** Realización de visitas guiadas con estudiantes de escuelas, universidades e interesados sobre el tema, las cuales pueden incluir actividades a campo.
- **Realización de prácticas profesionales y tesis e investigaciones,** con universidades e instituciones, lo que puede ser estratégico en la etapa de implementación.
- **Voluntariados:** Sobre todo en la etapa de implementación, en las diferentes actividades y acciones que se realicen de restauración activa y pasiva.
- **Acciones de concientización:** Se puede también considerar la realización de un sendero educativo en zonas más visibles relacionado a la conservación de la naturaleza, de su flora nativa, y de las acciones de restauración ecológica que se hayan realizado en el sitio. Así como también la colocación de cartelera en sitios donde se ha restaurado activamente, o se ha realizado alguna práctica de exclusión de ganado o rosa mosqueta, sobre todo en sitios como pueden ser los senderos.
- **Resultados disponibles:** Preparación de los resultados de las investigaciones científicas de tal manera que estén disponibles fácilmente por parte de los diferentes socios, grupos interesados y comunidades locales en las acciones realizadas para apoyar el éxito del proyecto.
- **Creación de redes sociales, y blog informativos y vínculos con medios de comunicación:** Se puede desarrollar material educativo y de comunicación, anuncio de actividades, talleres, entre otros. Estos podrían tener un lugar importante a la hora de hacer conocer el proyecto, las actividades que se están realizando, para incentivar la participación de los interesados, ayudas económicas, y búsqueda de voluntarios.

5.7. Monitoreo y Mantenimiento del Proyecto

Una vez ejecutado el proyecto, resulta necesario realizar un seguimiento de las acciones desarrolladas, de la evolución del ecosistema y del éxito de la restauración ecológica. De

esta manera se propone para el monitoreo, indicadores de seguimiento basados en las metas y objetivos (Tabla 13):

Tabla 13: Indicadores de medición basados en las metas y objetivos del proyecto de restauración.

Ámbito	Metas	Objetivos	Indicadores	
Ecosistémico y Ambiental	1	a	NDVI	
			Riqueza de especies nativas (Nº de especies)	
			Abundancia de especies nativas (Nº de individuos)	
			Índice de Similitud de Sorensen (%)	
		b	CSII	
			Densidad de individuos (Nº de individuos/ha)	
		c	Cobertura de la vegetación (%)	
			Cobertura de la vegetación por formas de vida (%)	
		2	d	Textura del suelo (% arena, % limo, % arcilla)
				Densidad Aparente (g/cm ³)
	Estabilidad de los agregados (%)			
	Velocidad de Infiltración del suelo (mm/h)			
	Humedad (%)			
	Materia Orgánica (%)			
	Fertilidad (concentración de N, P, K)			
	Ph			
	3	e	Riqueza de especies exóticas (Nº de individuos)	
			Cobertura de especies exóticas (%)	



			Abundancia de especies exóticas (%)
			Nº de heces de ganado
		f	Nº de disturbios registrados en la zona por año
			Presencia de disturbios antrópico (Pisadas, senderos de bicicleta, moto, etc.)
	4	g	Mortalidad (Nº de individuos plantados muertos)
			Altura de los plantines (m)
Diámetro de los plantines (m)			
Socioeconómico	5	h	Número de compromisos socioambientales realizados con los pobladores locales
			Nº de instancias participativas al año y tipo
			Nº de actores sociales por grupo etario que participan en talleres, conversatorios, etc.
			Nº de jóvenes que participan en el proyecto
		i	Nº de publicaciones u otros medios de difusión
	6	j	Nº de trabajadores y miembros capacitados para la realización de actividades de restauración
			Nº de alianzas y compromisos realizadas al año con instituciones
			No Zonas con cartelería o senderos interpretativos
	7	k	Nº y tipo de empleos generados en el proyecto
			Nº de profesionales contratados
		l	Nº de empresas creadas a través del proyecto
			Nº de pobladores locales asalariados
		Ingresos generados a partir de los negocios	



			Nº y tipo de beneficio económico indirecto generado por el proyecto (actividades ecoturísticas, venta de productos)
--	--	--	---

6. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

A raíz del incendio provocado en el 2019, se plantea el proyecto presentado como una propuesta metodológica para la realización de estrategias de restauración ecológica en áreas quemadas. La planificación de un proyecto de restauración ecológica, involucra ocho etapas, de las cuales se abordaron sólo siete; sin embargo, con las mismas, se lograron alcanzar todos los objetivos propuestos.

Por un lado, definir la problemática permitió entender la dimensión del incendio, comprender un panorama general de las causas del mismo y de la situación actual del área, entendiendo que esta es muy utilizada por los pobladores locales para diferentes actividades antrópicas. Se pudo observar que el área quemada abarcó grandes extensiones (15000 ha), de manera que se decidió acotarla quedando como sitio de estudio el área quemada comprendida por la cuenca del Río Mendoza. Esto facilitó las tareas de diagnóstico y la planificación de estrategias de restauración. También supone más factibilidad al encontrarse más cerca de los asentamientos humanos y ser de más fácil la accesibilidad, estimando la posibilidad de una mejor eficiencia para algunas tareas y mayor participación ciudadana. Para entender el contexto social del área, evaluar e identificar los actores sociales, permitió entender algunas características esenciales de los mismos para conocer su potencial involucramiento en las diferentes acciones que se generen. El mapa de actores proporcionó información importante para identificar grupos de interés en distintos sectores y escalas. Una observación es que hubiese sido bueno incorporar en las encuestas alguna pregunta para identificar las relaciones entre los mismos (alianza, conflicto, intermitencia, influencia sobre o ausencia de relación), lo que sería útil para evitar conflicto y crear estrategias para tratar con los diferentes actores. No obstante, por los resultados obtenidos en las encuestas, se espera una buena participación, ya que la mayoría de los encuestados mostraron conocimiento e interés por las problemáticas ambientales presentes en el área. Además, se espera una alta participación de personas jóvenes, y mujeres locales y de Mendoza principalmente.

Más técnicamente, con el diagnóstico se pudo obtener información para evaluar el estado actual del sitio de estudio. La decisión de enfocar el mismo en un análisis de vegetación permitió tener un panorama de uno de los componentes esenciales de un ecosistema. Se pudo observar, primero, la evolución del sitio de estudio con el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), el cual es un instrumento muy práctico para evaluar el estado de la vegetación. Luego, presencialmente en el muestreo a campo se evidenció la recuperación de la misma, pero con una pérdida de la estructura importante. Esto quiere decir, que muchos arbustos se vieron muy afectados, solo algunos rebrotaron (*Acanthostyles buniifolium*, *Baccharis polifolia* Griseb, *Berberis grevilleana*, *Bougainvillea spinosa*, *Colliguaja integerrima*, *Ephedra multiflora*, *Larrea nítida*, *Lycium chilense*, *Schinus polygamus*, y *Senna aphylla*, entre otros), y se vió una buena recuperación del estrato herbáceo. Seguidamente, en relación a los datos obtenidos con el muestreo, los mismos fueron recolectados de zonas lo más representativas posibles y también más accesibles; otras zonas más alejadas y cercanas a puestos no pudieron ser evaluadas lo que pudo haber generado algunos sesgos en los resultados. No obstante, se pudo obtener índices de cobertura total por formas de vida, lo que además de aportar un parámetro de la situación actual y estructural, corroboró técnicamente el supuesto de aumento de herbáceas. También se determinó la riqueza de especies nativas y exóticas, lo que constató especies nativas que se pueden utilizar en las tareas de restauración activa, y ratificó la problemática de expansión de exóticas que hay en el área. Además, el cálculo de los índices de Similitud de Sorensen e Índice de Integridad de Ecosistemas, indicaron las diferencias entre las zonas quemadas y no quemadas evidenciando la pérdida de biodiversidad y estructura de las comunidades de zonas



quemadas y laderas sur. Respecto a los resultados de los Índices de Integridad de Ecosistemas, indican que las Laderas Sur fueron las más afectadas y las menos recuperadas. Esto puede estar relacionado a las condiciones de humedad, menor temperatura y suelos más desarrollados que se presentan en las laderas de umbría, lo que permite una mayor cobertura de las plantas. Además, se vio que en las laderas sur hay una falta de especies objetivo, las cuales son especies presentes en la comunidad de referencia (bajos valores de CSII) y que las mismas pueden estar en competencia con las no objetivo (Altos valores de HAI). Por el contrario, en las laderas norte, la cobertura de las especies de la comunidad de referencia, tienen una mejor representación en las comunidades evaluadas; y las mismas presentan una menor competencia con las no objetivo. Por razones de tiempo logística no se pudieron hacer análisis de otros componentes del ecosistema como suelo, clima, erosión, entre otros; los cuales podrían haber generado un aporte significativo para la planificación y propuestas.

El ecosistema de referencia se conformó por información bibliográfica, pero principalmente de datos recolectados con Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo cual fue muy útil para buscar referencias del mismo a nivel edafológico, geomorfológico, hidrológico y ecológico. Esto confirma que los SIG son una herramienta muy útil para buscar bases de datos, y procesar y representar información de todo tipo. Una observación para ampliar en este paso, podría ser la búsqueda de datos sobre el estado de los terrenos, ya que muchos de ellos son tierras privadas usurpadas por pobladores locales u otros, lo que en términos de restauración ecológica es importante tener en cuenta a la hora de hacer la logística de las acciones de restauración para mediar con los pobladores que hacen uso de ellos. Obtener todos estos parámetros permitió tener una visión general del sitio de estudio útil para la definición de objetivos y metas. Y en relación a esto último, además de los objetivos de la tesis en sí, determinar objetivos y metas propias del proyecto fue práctico para direccionar hacia donde se quiere llegar.

En base a esto, definir la estrategia de restauración fue la etapa más desafiante. Realizar una priorización es un paso fundamental para ser eficientes y concentrar los esfuerzos en zonas clave ya que realizar estrategias de restauración activa es muy costoso. Con esto, se generó un aporte valioso e integral ya que se consideraron criterios pensando en aspectos ecológicos, sociales y económicos en términos de logística de planificación. Los resultados obtenidos fueron precisos y viables. Además, se pudieron ver claramente los sitios más aptos, permitiendo identificar rápidamente polígonos posibles a restaurar. Estos 10 sitios seleccionados corresponden a 292 ha, que a pesar de parecer una extensión ambiciosa, es factible teniendo en cuenta la cantidad de hectáreas afectadas; y es estratégico a largo plazo, ya que, al momento de implementación, estos junto a los objetivos y metas se pueden ir concretando en etapas. Por otro lado, cabe destacar que quedarían 6746 ha sin considerar en la restauración activa, por ser sitios de muy difícil acceso o no tener aptitudes para este tipo de estrategia. Esto sugiere que la zona noroeste del sitio de estudio probablemente se verá restaurada más rápidamente por la posibilidad de realizar procesos de intervención. Sin embargo, en estos sitios no aptos, se podrían llevar a cabo algunas tareas de control de exóticas o de concientización sobre todo en las zonas cercanas a senderos de trekking, lo cual aporta indirectamente a la restauración del sitio.

En cuanto a la estrategia de restauración activa, en la cual se hizo hincapié, como primera instancia se consideró la selección de especies, cuya metodología sirvió como filtro brindando resultados coherentes de especies que pueden considerarse para la plantación. Cabe señalar, que hubiera sido bueno incorporar en la metodología rasgos como la disponibilidad de semillas o relaciones de competencia, sin embargo, esto no fue posible por falta de datos a campo y bibliográficos. Esta selección finalmente se realizó a través de consulta a expertos, los cuales aseguran que las especies seleccionadas presentan normalmente una buena disponibilidad de semillas en la zona para su posterior propagación, un comportamiento dominante o competitivo frente a otras especies y, por ende, un buen comportamiento en tareas de restauración. Por lo tanto, ejecutar este tipo de experiencias e investigarlo en etapas de monitoreo sería muy significativo, ya que se desconoce el



comportamiento y asociaciones de muchas especies nativas. Luego, entre las opciones para la obtención de plántulas, se puede realizar una producción propia o comprar los plantines. Ambas opciones son viables y permiten un mejor establecimiento de las plantas a terreno en comparación a otras estrategias como la siembra directa. Se debe considerar, además, que Potrerillos posee un Vivero Comunitario realizado por el Proyecto Sumá Nativas, el cual podría utilizarse para la producción de plantines a través de algún convenio para utilizar las instalaciones. En el caso de tener que comprar los plantines a ellos, se puede destacar que se aminorarían los costos de traslado en comparación a un vivero más alejado. Algunas desventajas que podrían presentarse en el proceso y deben ser profundizadas, podrían ser: en etapas de preliminares, debido a realización de esfuerzos para encontrar semillas en tiempos adecuados; en su producción, por la pérdida de viabilidad de las semillas o la mortandad de las mismas; luego problemas en el traslado de las plantas; y en la plantación en terreno, por los cuidados, para no romper el pan de tierra, protegerlas de herbívoros, necesidad de riego y factores externos, entre otros.

Por otro lado, el diseño de plantación es un buen antecedente práctico para sitios de montaña de la Región de Cuyo, ya que no existen muchas iniciativas de restauración en la zona. El diseño proyectado de módulos de enriquecimiento, es una alternativa factible por su capacidad de adaptarse a diversas condiciones como pueden ser las zonas áridas de montaña las cuales presentan características particulares. Es importante señalar que, con el mismo, se espera preservar la estructura vegetal de la zona y la biodiversidad presente de manera eficiente. Esto se planificó considerando la realización de módulos pequeños, sin muchas especies y una distribución lineal de estas dentro del mismo para agilizar y facilitar las tareas de plantación. Y también, se planificó proyectando heterogeneidad dentro del módulo y entre módulos; lo que es relevante, ya que al hacer énfasis en la biodiversidad y heterogeneidad, se podrían recuperar las comunidades afectadas devolviéndole su estructura, semejanza e integridad. La idea de distribuir módulos pequeños a grandes distancias en sitios prioritarios, es estratégico para lograr la restauración de la mayor cantidad de hectáreas posibles con un menor esfuerzo de plantación, ya que se lograría una recuperación activa en puntos clave dejando que la restauración pasiva actúe entre ellos.

En cuanto al mantenimiento y monitoreo, los indicadores presentados son un buen parámetro para la realización de un seguimiento. Esto aseguraría no solo que el proyecto pueda ser evaluado en el tiempo, sino también tendría más transparencia, manejabilidad para que sus resultados sean transferibles. Al trabajo realizado de obtención de indicadores para cada objetivo y meta, sería bueno, si se tuvieran más datos, poner valores límites a partir de los cuales se deberían tomar acciones de manejo adaptativo. Además, generar un plan de mantenimiento sería un buen aporte a realizar, el cual podría incluir un cronograma de actividades de mantenimiento y acciones correspondientes. Relacionado a esto, la logística del proyecto es un elemento sumamente necesario que por tiempos y extensión de la tesis no fue realizado. La misma debería incluir un cronograma de las actividades de cada etapa junto con un análisis de costos. Este último, además, de incluir los costos asociados a las actividades y el personal necesario, podría tener en cuenta costos ambientales lo que permitiría incorporar un aspecto positivo y justificar las acciones del proyecto y su necesidad de realización, así como también la búsqueda de financiamientos para su ejecución.

Cabe destacar que ninguna de estas acciones podría llevarse a cabo sin participación de la sociedad. De manera que la propuesta de vinculación de la comunidad plantea opciones para fortalecer la relación con los actores sociales, fomentar la participación, y aprovechar instancias de intercambio. Las mismas cumplen un rol estratégico para que el proyecto no solo tenga éxito y aceptación, sino también a nivel de logística, en relación a la reducción de costos y tiempo.

Todo esto, lleva a la conclusión de la importancia de generar una planificación adecuada antes de realizar un proyecto de restauración, así como también entender la complejidad que posee realizar un plan completo teniendo en cuenta todos los pasos mencionados y recomendados por los organismos internacionales. Cada etapa requiere tiempo, logística y

un costo asociado; lo cual se puede ver retribuido en múltiples beneficios en el ecosistema, sociedad y actividades económicas a futuro. Además, al estar enmarcada la tesis en el Proyecto de Restauración Ecológica Sumá Nativas, el plan sirve como una propuesta superadora de las actividades que vienen realizando, pudiendo aportar en la posibilidad de restaurar más hectáreas, con una selección de especies más exhaustiva y con otros métodos de plantación para eficientizar el trabajo.

7. BIBLIOGRAFÍA

Abraham, E., Abad, J., Lora Borrero, B., Salomón, M., Sánchez, C., y Soria, D. (2005). Caracterización y evaluación hidrológica de la cuenca del río Mendoza mediante elaboración de modelo conceptual de evaluación (Issue 1). https://asicprimerazona.com.ar/asic/publicaciones/trabajo_modelo_conagua2007.pdf

Abraham, E., Alvarez, L., Bonjour, L., Buccolini, Y., Burgos, V., Chiaradia, G., Dagata, L., Debandi, H., Diaz, F., Fernandez, M. E., Fernandez, R., Klising, R., Martinez, L., Mirabile, C., Passera, Ca., Rodriguez, D., Rubio, C., Salcedo, A. P., Segura, J., y Villagra, P. (2018). Primer Informe del Proyecto de Restauración Ecológica de los Cerros Arco y Gateado Diagnóstico del Estado Ecológico actual de los ecosistemas después de los incendios de septiembre de 2018 (pp. 54–261). CONICET.

Abraham, E., Ibañez, G., y Orquín de Jazún, R (2000) Proyecto: "Inventario de Recursos para la Planificación y Gestión de la Región Andina Argentina.". Cap 1 Región Andina Argentina- Provincia de Mendoza. (IADIZA- IANIGLA), CRICYT, Mendoza. <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/ladyot/catalogo/cdandes/start.htm>

Acero Nitola, A. M., y Cortés Pérez, F. (2014). Propagación de especies nativas con potencial para restauración ecológica en la microcuenca río La Vega, Tunja-Boyacá. Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 38(147), 195–205. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.76>

Albiol, C.I. (2014). *Análisis de las precipitaciones de Mendoza entre 1970 y 2010: variabilidad, tendencia y comportamiento cíclico*. <https://redargentinadegeografiafisica.files.wordpress.com/2014/04/trabajo-albiol.pdf>

Alcaraz Ariza, F. J. (2013). Sucesión (sindinámica) (p. 15). Universidad de Murcia. <https://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema13.pdf>

Alessandro, M. B., Cabanillas, J., Codes, M. I., Espresatti, A. G., Fernandez, J., Guerra, M. B., Pucciarelli, M. N., Rodriguez, M., Sari, G., y Soler, F. (2009). Los ecosistemas del norte de la provincia de Mendoza. In Journal of Chemical Information and Modeling (Facultad d, Vol. 53, Issue 9). https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/13374/alessandro-ecosistemasdelnortemendocino.pdf

Almagro, C. (2009). El futuro en llamas: Cambio climático y evolución de los incendios forestales en España (p. 44). <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/bosques/090813-02.pdf>

Alvarez, A., Bonjour, L., Aschero, V., Barros, A., Bilbao, M., Bilbao, T., Dalmaso, A., Debandi, H., Diaz, F., Fernandez, E., Marczuk, F., Pissolito, C., Rossi, S., Scarpa, J.P., Rubio, C., Santa Clara, C., Toller, F., y Zalazar, G. (2021). Informe Técnico I: Proyecto Participativo de Restauración Ecológica en Potrerillos, Mendoza (pp. 1–36). Sumá Nativas.

Alvarez, A., Bonjour, L., Aschero, V., Barros, A., Bilbao, M., Bilbao, T., Dalmaso, A., Debandi, H., Diaz, F.; Fernandez, E; Marczuk, F., Pissolito, C., Rossi, S., Scarpa, J. P., Rubio, C., Santa Clara, C., Toller, F., y Zalazar, G. (2021). Informe Técnico II: Proyecto Participativo de Restauración Ecológica en Potrerillos, Mendoza (pp. 1–35). Sumá Nativas.



Álvarez, A., Aschero, V., Barros, A., Bilbao, T., Bonjour, L., Fernández, E., y Pissolito, C. (2021). Reproducción de plantas nativas de la precordillera mendocina para la restauración post incendios. E-book.

Aranda Rickert, A. (2011). Ecología de la dispersión de semillas por hormigas en *Jatropha excisa* Griseb (Euphorbiaceae). Universidad de Buenos Aires.

Azúa García, P., y Vásquez Garrido, E. (2020). *Manual de Técnicas Básicas para la Restauración de Ecosistemas Forestales a Escala de Paisaje*. Seremi del Medio Ambiente de la Región del Biobío.

Barredo Cano (1996). Sistemas de Información Geográfica y evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio. Editorial RA-MA. España 264p. ISBN 84-7897-230-7.

Beider, A. (2012). *Viverización de Especies Nativas de Zonas Áridas: Vol. II* (A. Dalmaso, Ed.). Grupo de Geobotánica y Fitogeografía- IADIZA- CONICET.

Bessega, C., Vilardi, J. C., Saidman, B., y Campos, C. (2016). Aproximaciones ecológicas y genéticas para el estudio de la dispersión de *Prosopis flexuosa* (Fabaceae). CONICET, IADIZA.

Blanco, G., Romero-Vidal, P., Carrete, M., Chamorro, D., Bravo, C., Hiraldo, F., y Tella, J. (2021, May). Burrowing Parrots *Cyanoliseus patagonus* as Long-Distance Seed Dispersers of Keystone Algarrobos, Genus *Prosopis*, in the Monte Desert. MDPI, 13–204. <https://doi.org/10.3390/d13050204%0AAcademic>

Bran, D. E., Cecchi, G. A., Gaitán, J. J., Ayesa, J. A., y López, C. R. (2007). Efecto de la severidad de quemado sobre la regeneración de la vegetación en el Monte Austral. In *Ecología Austral* (Vol. 17, Issue 1).

Brieva, C. (2018). Caracterización de cuencas Pnagua- "caracterización y análisis multidisciplinario de la información hidrológicas en cuencas." Programa Nacional Agua - Pnagua & Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Vol. 1, p. 161). INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/caracterizacion_de_cuencas_0.pdf

Bocco, G., Siebe, C., y Velázquez, A. (2014). Cambio de Uso del Suelo.

Bond, W. J., y Keeley, J. E. (2005). Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in ecology & evolution*, 20(7), 387–394. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.04.025>

Bosque Sendra, J (1992) *Sistemas de Información Geográfica*. Rialp, Madrid.

Castillo, M., Pedernera, P., y Pena, E. (2003). Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*, XIX(1), 44–53. <https://doi.org/10.1002/hyp.9647>

Chazdon, R. L., Falk, D. A., Banin, L. F., Wagner, M., J. Wilson, S., Grabowski, R. C., y Suding, K. N. (2021). The intervention continuum in restoration ecology: rethinking the active–passive dichotomy. *Restoration Ecology*, 14. <https://doi.org/10.1111/rec.13535>

Colmena, G., Colomina, D., Melero, M., Peiteado, C., y Rodríguez, G. (2021). *Manual De Restauración Forestal* (WWF Adena).

De Groot, W., Flannigan, M., y Stocks, B. (2012). El cambio climático y los incendios. *Memorias Del Cuarto Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de Los Incendios Forestales: Cambio Climático e Incendios Forestales*, 1–12.



http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr245/es/psw_gtr245_001.pdf
[ps://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr245/es/psw_gtr245_001.pdf](https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr245/es/psw_gtr245_001.pdf)

De la Orden, E. A. (2020). Sucesión Ecológica: Tendencias Esperadas. 20. <http://editorial.unca.edu.ar/Publicaciones/online/Ecologia/imagenes/pdf/ecologia2/Sucesion.pdf>

Delgado Peña, J. J., y Godoy Castillo, R. (2009). Elaboración de cartografía física elemental (pp. 1–5). Universidad de Málaga. España https://ocw.uma.es/pluginfile.php/1544/mod_resource/content/0/OCW_Tema_3_Mapas_Laderas_y_Exposiciones.pdf

Departamento General de Irrigación. (2009). Caracterización general de la cuenca del río Mendoza (p. 34). https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8205/Anexo_B.pdf?sequence=3&isAllowed=y
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8205/Anexo_B.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Departamento General de Irrigación, y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación (2006). Plan Director Río Mendoza. Gobierno de Mendoza. https://www.mendoza.gov.ar/economia/wp-content/uploads/sites/44/2016/08/PENSADOPlan_directorMza_octubre06.pdf

Fayad, F (22 de Agosto de 2019). Potrerillos: a un mes del fuego el dolor no se va, pero busca renacer. *Diario Los Andes*. <https://www.losandes.com.ar/potrerillos-a-un-mes-del-fuego-lucha-por-recuperarse/>

Fernandez, I., Gomez Unjidos, M., Montenegro Rizzardini, G., Narkis Morales, S. M., Olivares Davila, L., y Salvatierra Caballero, J. (2010). Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales (L. Dávila Olivares & I. Fernandez Chicharro (eds.); Primera ed, Vol. 83, Issue 3). Gráfica Lom.

Figuroa, J., Contreras, T., Castro, S. A., y Jasik, F. (2014). El fuego facilita las invasiones de plantas en comunidades mediterráneas. In *Invasiones Biológicas en Chile: Causas globales e impactos locales: Capítulo 13* (pp. 343–355). Universidad Católica de Chile.

Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., y Dixon, K. W. (2019). Principios y estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica. In *Restoration Ecology* (Segunda Ed, Vol. 27, Issue S1).

Giorgis, M. A., y Cingolani, A. N. A. M. (2013). El efecto del fuego y las características topográficas sobre la vegetación y las propiedades del suelo en la zona de transición entre bosques y pastizales de las sierras de Córdoba, Argentina.

Gobierno de Mendoza. (2019). Plan Municipal de Ordenamiento Territorial. <https://ciudaddemendoza.gob.ar/wp-content/uploads/2019/04/PMOT.pdf>

Gomez Delgado, M., y Bosque Sendra, J. (2004). Aplicación de análisis de incertidumbre como método de validación y control del riesgo en la toma de decisiones. *GeoFocus*, n°4, p 179-208. ISSN: 1578-5157

González, A. J. (2020). Identificación de Áreas Quemadas por medio de Índices Espectrales utilizando imágenes SENTINEL 2 en el Municipio de Orocué, Casanare (p. 21). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38042/GonzalezAlixJohana2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, P. (2017). Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna. Biblioteca Del Congreso Nacional de Chile, 1–8. <https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmTIPO=DOCUMENTOCOMUNICACIONCUENTA&prmID=39186>

González Velázquez, P. V. (2016). Especies Nativas para la Estabilización y Restauración de Taludes Urbanos. Universidad Nacional de Río Negro.

Hernández, L (2020). El planeta en llamas. Propuesta ibérica de WWF para la prevención de incendios. WWF España y ANP|WWF.

INTA. (2018). Foro sobre Cambio Climático: “Las expectativas frente a la COP21.” <https://inta.cl/material-informativo/page/3/>

Jaksic, F. M., y Fariña, J. M. (2015). Wildland fires, succession and ecological restoration in context. *Anales Instituto Patagonia*, 43(2), 23–34. <http://www.scielo.cl/pdf/ainpat/v43n1/art03.pdf>

Jarro Fajardo, E. C. (2004). *Guía Técnica para la Restauración de Áreas de Ronda y Nacederos del Distrito Capital: Vol. Primera Edición* (S. Montoya, Ed.). Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente(DAMA).

Jaunatre, R., Buisson, E., Muller, I., Morlon, H., Mesléard, F., y Dutoit, T. (2013). New synthetic indicators to assess community resilience and restoration success. *Ecological Indicators*, 29(2013), 468–477. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.01.023>

Keenleyside, K.A., N. Dudley, S. Cairns, C.M. Hall y S. Stolton (2014). *Restauración Ecológica para Áreas Protegidas: Principios, directrices y buenas prácticas*. Gland, Suiza: UICN. x + 118pp.

Lemus, M., Lozada, W., Valladares, R., y Vergara, C. (2021). *Guía para el Monitoreo de la Restauración de Bosques a Escala de Sitio* (C. Vergara, D. Carrillo, T. Walter, & J. Carrasco (eds.); WWF Chile).

Lopez Gomez, V., Zedillo-Avelleyra, P., Anaya-Hong, S. Y., Gonzalez- Lozada, E., y Cano-Satana, Z. (2012). “Efecto De La Orientación De La Ladera Sobre La Estructura Poblacional Y Ecomorfología De *Neobuxbaumia Tetetzo* (Cactaceae).” *Botanical Sciences*, 90(4), 453. <https://doi.org/10.17129/botsci.473> .

Malczewski, J (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. New York, John Wiley & Sons, Inc.

Martínez Carretero, E. (1983). El incendio de la vegetación y la erosión del suelo en la Precordillera Mendocina II. Observaciones sobre el incendio del Pedemonte de la Crucecita (pp. 37–45).

Martínez Carretero, E; Méndez, E; y Roig, F (2000) *Vegetación de la Provincia de Mendoza*. Abraham, E; Rodríguez, F. *Catálogo de recursos humanos e información relacionada con la temática ambiental en la región andina argentina*. Cap 7. Programa de cooperación para la investigación. Proyecto Inventario de Recursos para la Planificación y Gestión de la Región Andina Argentina. Argentina. <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/ladyot/catalogo/cdandes/cap07.htm>

Masotta, H.Y., y Berra, A.B. (1996). Los suelos de la cuenca del arroyo Maure, Provincia de Mendoza. *MULTEQUINA*, 5:57-76. CONICET, Fac. Cs. Agr., Univ. Nac. de Cuyo, IADIZA, Mendoza, Argentina.



https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal//multequina/indice/pdf/05/5_7.pdf

McDonald T, Gann GD, Jonson J, y Dixon KW (2016) International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts. Society for Ecological Restoration, Washington, D.C

Medina, A. R. (2020). Análisis Costo- Efectividad de la Revegetación, Una estrategia de restauración ecológica aplicada en minería de cantera en Bogotá D.C (Vol. 5, Issue 2) [Facultad de Estudios Ambientales y Rurales].
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/46702>

Méndez, E. (2004). La Vegetación de los Altos Andes I. Pisos de Vegetación del Flanco Oriental del Cordón del Plata (Mendoza, Argentina). Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica, 39(3-4), 227-253.

Mikkan, R. A. (2014). Atlas geomorfológico de la Provincia de Mendoza. -1ª ed. – EDIFYL, Mendoza: Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo.
https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/15156/mikkan-atlasgeomorfologico-tmoi.pdf

Mola, I., Sopeña, A. y de Torre, R. (editores). 2018. Guía Práctica de Restauración Ecológica. Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 77 pp.
<https://ieeb.fundacion-biodiversidad.es/content/guia-practica-de-restauracion-ecologica>

Montes, C., Rendón-Martos, M., Varela L. y Cappa M. J. 2007. Manual de restauración de humedales mediterráneos. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla

Morales-vásquez, N., Cadena-rodríguez, S., y López-vivas, M. (2013). Especies invasoras. 41–45.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/42783433/510200.pdf?1455755592=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEspecies_Invasoras.pdf&Expires=1624318002&Signature=GQ7grrUZXTB~YYcLiptA09keeM1-xV7ZU-zCt3Zsutad2IA8r-mJu-xT~r0ofRwOJiXGVNIq02fF6KNBNJsEa7mZ-IE-mCs764PA8LWQmm3hnL23XkR0uO4CyBtPp4rYPKB7L1qOMYOAGD77YSU7X-N-ozn2BHxNF7L6BndlWXivZ8N4LSNf8oGGinhPaj5oWeq7Hk4eIMnQkB2zgc-KplHQYALC1pmDbTz4YWyenMCBd9eieiAsQ8Xsvh1P1UuTmFEBJxxhrPtzd2IH1GXJE7qJyMe5TOFG4EiWJTyvG5x2bkNAia6cf7~dkjKd3PTVla2oYiA7LN5wNiTTkV0bQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Moreno, J. M., Urbietta, I. R., Bedia, J., Gutiérrez, J. M., y Vallejo, V. R. (2012). *Los incendios forestales en España ante el cambio climático: Vol. Capítulo 34* (pp. 395–405). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/cap34-losincendiosforestalesenespanaantealcambioclimatico_tcm30-70236.pdf

Nájera Díaz, A. (2013). El Fuego en la Naturaleza. In La Colección Bordeando El Monte es una publicación de la Secretaría de Medio Ambiente (Vol. 2).
http://www.sema.gob.mx/descargas/manuales/2_El_fuego.pdf

Navarro Cano, A. J., Estellés, M. G., González Barberá, G., Castillo Sanchez, V. M., y Verdú del Campo, M. (2017). Restauración ecológica en ambientes semiáridos recuperar las interacciones biológicas y las funciones ecosistémicas. In Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Vol. Madrid.
https://www.uv.es/cide/Documentos/RESTAURACION_ECOLOGICA.Libro.pdf

Nijensohn, L. (2018) Suelos de Mendoza - Reseña de su naturaleza, propiedades y principios de distribución geográfica. Recurso Suelo. Universidad Nacional de Cuyo,

Facultad de Ciencias Agrarias. Mendoza, Argentina.

Olivera Sanchez, C., y Avellaneda Torres, L. M. (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. In Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO). <https://www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf>

ONU; FAO. (2021). Plan de Acción de la Década sobre la Restauración de Ecosistemas en el Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe. 33. https://clmeplus.org/app/uploads/2021/02/ResAPLAC_SP.pdf

Paéz, M., Moreiras, S. M., Brenning, A., y Giambiagi, L. (2013). Flujos De Detritos Y Aluviones Históricos En La Cuenca Del Río Blanco (32°55'-33°10' Y 69°10'-69°25'), Mendoza. *Revista de La Asociación Geológica Argentina*, 70(4), 488–498.

Pérez, D., Ceballos, C., y Oneto, M. E. (2022). Costos de plantación y siembra directa de *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (Fabaceae) para restauración ecológica. *Acta Botanica Mexicana*, 129, 1–17. <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1924>

Pérez, D. R., Farinaccio, F. M., y Aronson, J. (2018). Towards a dryland framework species approach. Research in progress in the Monte Austral of Argentina. In *Journal of Arid Environments* (Vol. 161, Issue February). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.09.001>

Peláez, D. V., Giorgetti, H. D., Montenegro, O. A., Elia, O. R., Rodríguez, G. D., Bóo, R. M., Mayor, M. D., y Busso, C. A. (2010). Vegetation response to a controlled fire in the phytogeographical Province of the Monte, Argentina. In *Phyton* (Vol. 79). <https://doi.org/10.32604/phyton.2010.79.169>

Perez Valenzuela, R. (1999). *Edafología en la Agricultura Regadío Cuyana*. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias. Mendoza, Argentina.

Portillo, B., D'Amario, J., y Vega, L. (2021). El Agua en Mendoza. Proyecto “Adaptación a las consecuencias del cambio climático en el sistema hidrológico de Cuyo AR G1003” (p. 51). Gobierno de Mendoza.

Rapali, N., D Inca, V., Liceda, S., Lazzaro, A., Mustoni, N., Fenoy, L., Lucchesi, A., Sorli, L., Micic, G., Femenia, A., y Riofrío, G. (2021). Plan Especial de Ordenamiento Territorial Perilago Potrerillos 2021. Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial, Gobierno de Mendoza (p. 125). https://www.mendoza.gov.ar/economia/wp-content/uploads/sites/44/2016/08/PENSADOPlan_directorMza_octubre06.pdf

Ríos, O. V. (2011). Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación. *Acta Biologica Colombiana*, 16(2), 221–246. <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028008017.pdf>

Romero Mejia, A. (2005, November). Propuesta metodológica para seleccionar especies pioneras leñosas con fines de restauración ecológica, dentro de la reserva biológica Cachalú. *Colombia Forestal*, Vol. 9, Núm. 18, pp. 52–59. <https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939557004.pdf>

Rubio, M. C. (2013). *Desertificación en el Area No Irrigada del Departamento de Lavelle, Provincia de Mendoza*. Universidad Nacional de Tucumán.

Sanchún, A., Botero, R., Morera Beita, A., Obando, G., O.Russo, R., Scholz, C., y Spinola, M. (2016). *Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas*. UICN, San José, Costa Rica. XIV + 436p



Sarandon, S., y Flores, C. (2014). Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables (Editorial). Universidad Nacional de La Plata. <https://doi.org/10.1177/009430610803700551>

Soria, D. (2005) Modelo de Jerarquización Analítica: ciudades y pueblos del Valle de UCO. En Molina de Buono y M. Furlani de Civit(Coordinadoras)Teoría método y práctica. Proceso metodológico para la toma de decisiones en un territorio local. Mendoza, Zeta Editores.

Spurr, S. ., y Barnes, B. . (1982). Ecología Forestal (AGT Editor, pp. 60–66).

Stanturf, J; Mansourian, S; y Kleine, MI; eds. (2017). Implementando la Restauración del Paisaje Forestal, Una Guía para Practicantes. Traducción: Marianela Argüello L. y Róger Villalobos. Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal, Programa Especial para el Desarrollo de Capacidades (IUFRO-SPDC). Viena, Austria. 132 p.

Tapella, E. (2011). Mapeo de Actores Claves. Universidad Nacional de Córdoba, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal- CONICET, Departamento de Desarrollo Rural- Facultad de Ciencias Agropecuarias. <https://planificacionsocialunsj.files.wordpress.com/2011/09/quc3a9-es-el-mapeo-de-actores-tapella1.pdf>

Vanegas Lopez, M. (2016). Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación sólo especies nativas en zonas prioritarias. In Informe final dentro del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”.CONAFOR, CONABIO, GEF-PNUD. México. 158 p.

Vargas, O. (2007). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque andino (Grupo de Restauración Ecológica (ed.)). Universidad Nacional de Colombia. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/06/guia-metodologica-restauracion-ecologica.pdf>

Vargas, O., & León, O. (2009). Las especies invasoras: un reto para la restauración ecológica. In Restauración Ecológica en Zonas Invasadas por Retamo Espinoso y Plantaciones Forestales de Especies Exóticas (Issue January 2009, pp. 19–38).

Villar-Salvador, P. (2017). Diseño de la estructura espacial de la revegetación. Departamento de Ciencias de la Vida, U.D. Ecología, Universidad de Alcalá.

Villareal H., Álvares,M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina M., y Umaña AM. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Segunda edición.Bogotá, Colombia. 236 p

Yanguas, E., y Calle, A. (2015). Restauración activa : La reforestación. ELTI (Environmental Leadership & Training Initiative), Yale School of Forestry & Environmental Studies y Smithsonian Tropical Research Institute Of Panama, 12–13. http://elti.fesprojects.net/2015_AguaSalud/Charla6.pdf

Zuleta, GA., Rovere, AE. y Mollard, FPO. (2015). Aportes y Conclusiones. Tomando decisiones para revertir la degradación ambiental. Vazquez Mazzini Editores, Buenos Aires. 240 pag. ISBN 978-987-9132-56-2



8. ANEXO

8.1. Anexo I

ENCUESTA: RELEVAMIENTO DE ACTORES PARA LA RESTAURACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS POR INCENDIOS EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO MENDOZA

En el 2019 un incendio afectó gran parte de la cuenca del Río Blanco, a raíz de esto surgen varias iniciativas que buscan dar respuesta y revertir la degradación ambiental, algunas desde la comunidad local y otras desde instituciones públicas y ONGs.

¿De qué se trata esta encuesta?

Para desplegar esta encuesta se han unido dos proyectos de restauración ambiental en la cuenca del Río Blanco.

Por un lado el proyecto REFORESTACION DE AREAS AFECTADAS POR EL FUEGO EN LA ZONA DE POTRERILLOS CON EL INVOLUCRAMIENTO DE ORGANIZACIONES LOCALES de la Facultad de Ciencias Agrarias y por otro lado el PROYECTO DEMOSTRATIVO DEL FONDO DEL AGUA DE MENDOZA será la primera acción de conservación implementada en Mendoza por esta entidad inter-institucional.

El proyecto de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo tiene como objetivo promover la reforestación con especies nativas en las zonas afectadas por incendios en Potrerillos con la participación de estudiantes y, docentes de esta casa de estudios (cátedras de Zootecnia, Extensión Rural y Espacios Verdes y Botánica) y la comunidad local.

El PROYECTO DEMOSTRATIVO DEL FONDO DEL AGUA DE MENDOZA también busca contribuir a la restauración de zonas afectadas mediante dos objetivos principales 1- mejorar las condiciones ambientales en algunos sectores que lo requieran a través de plantación de especies de plantas nativas, obras de control de erosión y manejo de especies exóticas problemáticas y 2- fortalecer las capacidades locales para la restauración ambiental mediante el desarrollo de talleres de intercambio y de actividades que fomenten la participación comunitaria en la reproducción de especies nativas.

¿Qué solicitamos?

Completando esta encuesta nos ayuda a conocer a los participantes y las organizaciones de la comunidad, relevar sus expectativas e intereses, para establecer acuerdos de trabajo tanto para las prácticas educativas de la universidad como para las acciones de restauración.

Cabe aclarar que no existe ningún riesgo al participar en este estudio y que su participación es voluntaria.

La información que se colecte mediante esta encuesta será considerada y tratada de forma confidencial. Cualquier información que pudiera identificar al participante incluyendo nombre y contacto serán guardados de forma segura y confidencial y no serán publicados. La información colectada será utilizada con fines académicos únicamente asegurándonos en cada momento que los análisis de las respuestas no permitan identificar al participante. Al completar y entregar o enviar el formulario, usted estará dando su consentimiento de participación en la encuesta del proyecto.

¿Necesita más información?

Si usted desea ponerse en contacto con el equipo docente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCuyo comuníquese al correo electrónico ganderegg@fca.uncu.edu.ar y con el proyecto Demostrativo del Fondo de Agua al correo restauracionpotrerillos@gmail.com

Muchas gracias

Equipo Coordinador: FCA

Equipo Coordinador: Proyecto Demostrativo



Nombre:

Teléfono:

Edad:

Sexo:

Mujer

Hombre

Otro

Correo electrónico:

P1- ¿Cuál es su lugar de residencia principal?

Quebrada de Valle del Sol, Las Vegas, Piedras Blancas, Vallecitos

Quebrada El Salto, Manantiales

Potreros y alrededores

Mendoza capital y Gran Mendoza

Resto de la provincia, ej: Tunuyán

Resto del país

Otros países

Otro:

P2. ¿A qué se dedica principalmente? *

Trabajador independiente

Prestador turístico (ej. alojamiento, excursiones, comida, etc.)

Docente

Empleado del sector público

Empleado del sector privado

Comerciante

Productor, agricultor, cría de animales

Jubilado

Estudiante universitario

Estudiante secundario

Otro:

P3. ¿Qué nivel de estudios cursó/terminó? *

Primaria

Secundaria

Terciario

Universitario

P4. Sus estudios o cursos se relacionan con el medio ambiente o recursos naturales? (ej. jardinería, vivero, guía de trekking/montaña/turismo) *

Si

No

P5. Si respondió sí a la pregunta anterior por favor especifique

Guardaparque

Biólogo, ingeniero ambiental, en recursos naturales, lic. en gestión ambiental

Profesor de ciencias naturales

Guía de trekking/montaña/turismo

Técnico/ingeniero agrónomo/forestal/viverista

Otro:



P6. ¿Conoce alguna de estas organizaciones? *

Oikos

Asamblea popular por el agua

Asamblea por el agua Potrerillos

Asociación De Profesionales en Turismo de Mendoza (AMPROTUR)

Asociación Civil "Estoy Aquí Mendoza"

Asociación Civil "Andinas"

Scouts

Otro:

P7. ¿Participa en alguna organización o agrupación de vecinos? *

Sí

No

P8. Si respondió sí a la pregunta anterior, en qué organización participa

-

P9.Cuál es el principal objetivo de su organización

-

P10. Cómo se puede vincular su organización /institución/grupo al proyecto?

Recibir estudiantes para prácticas

Hacer difusión de actividades

Colaborar en producción de plantines de especies nativas

Colaborar en el acondicionamiento de lugares para la plantación de especies nativas, ej colocando cartelería y removiendo especies problemáticas como la rosa mosqueta

Brindar una sede para actividades como encuentros y talleres

Aportar conocimientos sobre flora y fauna nativa, manejo sostenible, prevención de incendios, construcción

Participar en el seguimiento y monitoreo de los plantines de especies nativas que se coloquen en áreas quemadas

Otro

P11. Teniendo en cuenta que los objetivos de este proyecto son: A- Promover la revegetación con especies nativas B- Producción y plantación de especies nativas C- Incentivo y Vinculación de capacidades locales. Puede mencionar alguna otra organización /o institución que considere importante su participación? *

Sí

No

P12. Si respondió sí a la pregunta anterior nos puede decir cuál

-

P13. Justifique porque la mencionó

-

P14. ¿En qué otros temas asociados a los objetivos de los proyectos le gustaría participar? *

Reproducción de especies nativas

Prevención de riesgos

Temas de género

Manejo de recursos naturales y producción sustentable

Fortalecimiento de organizaciones sociales

Turismo y Hospitalidad

Otro:



P15. Si tuviera que valorar los problemas de su comunidad asociados a los temas y objetivos del proyecto, según su importancia, cómo lo haría? *

PROBLEMÁTICA	VALORACIÓN		
	MUY IMPORTANTE	MEDIANAMENTE IMPORTANTE	POCO IMPORTANTE
Incendios			
Pérdida de biodiversidad			
Escasez de agua			
Desertificación o pérdida de productividad			
Aspecto estético desagradable del área incendiada			
Reemplazo de la flora nativa por especies exóticas			
Pérdida de belleza paisajística			
Disminución del turismo			
Residuos			
OTRO			

P16. En caso que se realizarán talleres ¿le interesaría y/o podría participar? *

Sí

No

Necesito saber más sobre la temática para responder

Me interesa pero no podría

P17. En caso de que le interese participar de talleres, qué modalidad preferiría

Virtuales o por videoconferencia

Presenciales abiertos

Presenciales pero sólo en grupos pequeños y conocidos

De corta duración

De jornada completa

Comentarios o sugerencias

-

Muchas gracias por su colaboración! Nos comprometemos a hacer una devolución de los aportes realizados

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Analizando la distribución de las encuestas según sexo y edad, de las 85 encuestas contestadas, el 68% de ellas fueron realizadas por mujeres y un 32% por hombres (Figura 24). De estas, el rango etario predominante es de 21 a 40 años (47%). Sin embargo, se puede ver que el 12% corresponden a personas de 41 a 50 años, el 10% de 51 a 60 años, otro 10% a personas de entre 10 y 20 años, y los mayores de 61 años representaron un 6%(Figura 25). Cabe destacar, la mayor representatividad de mujeres jóvenes participantes.

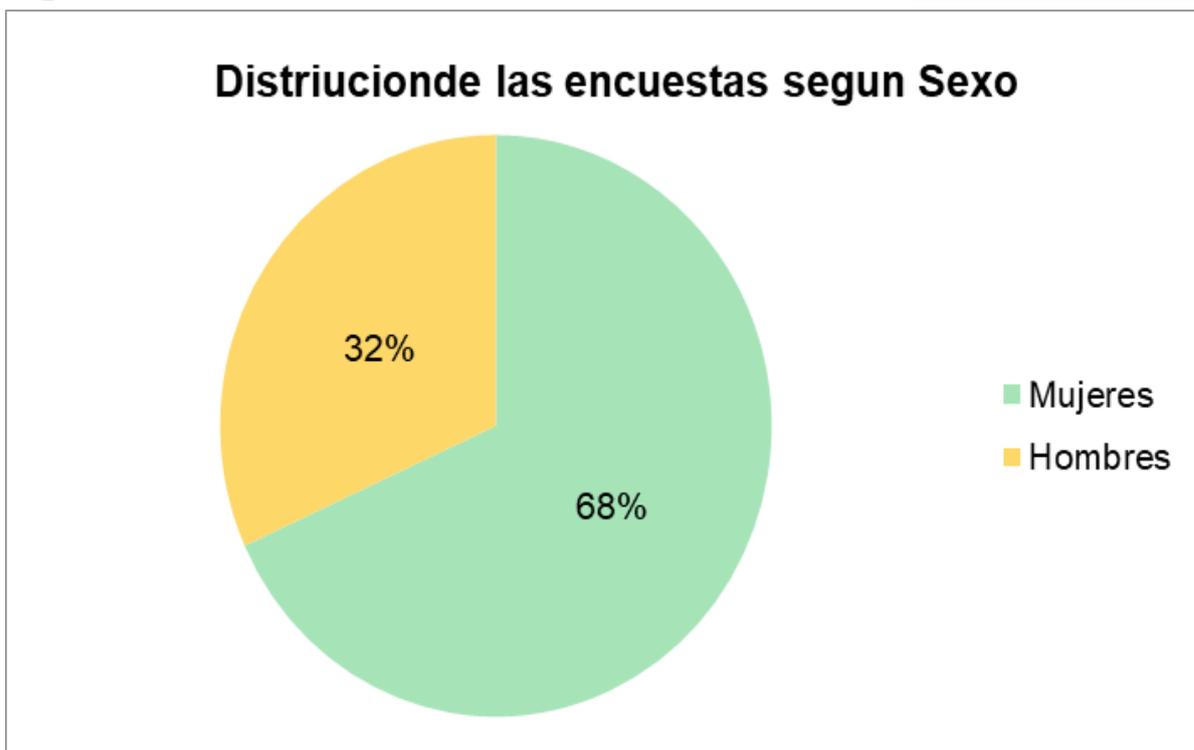


Figura 24: Distribución de las encuestas realizadas según Sexo. Fuente: Propia. Año: 2021.

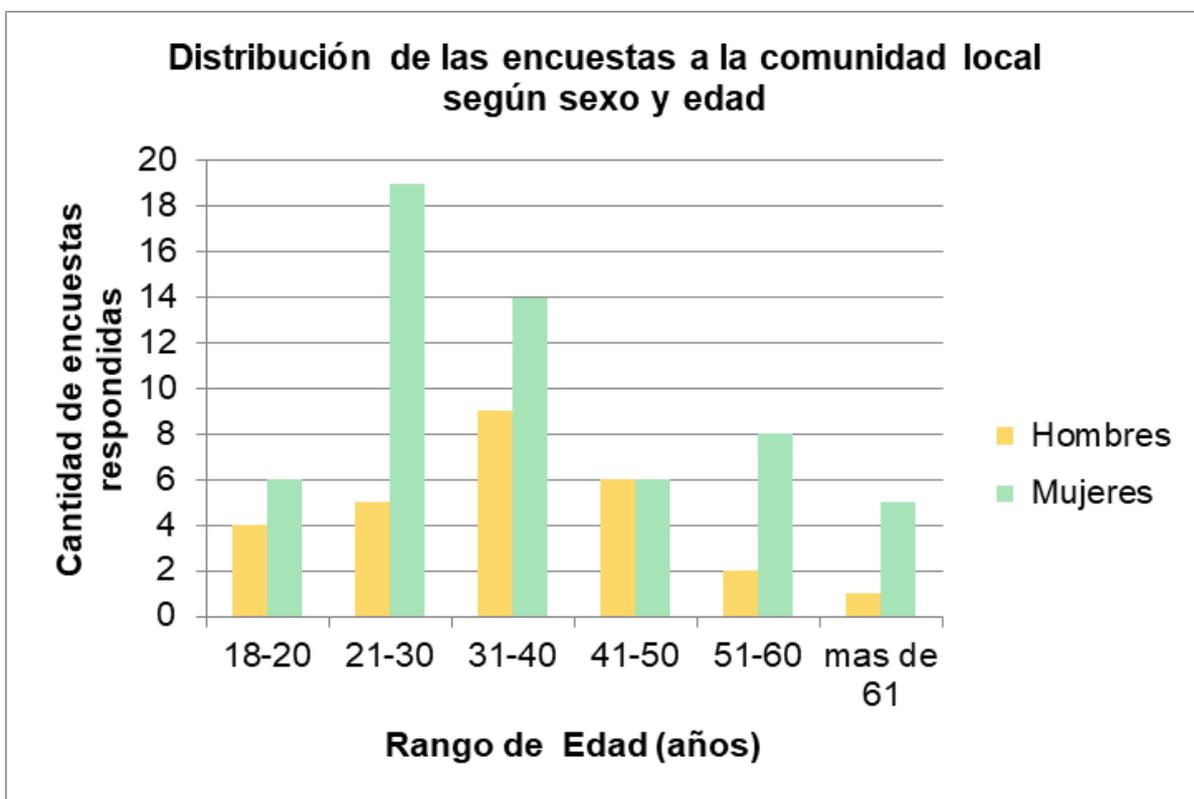


Figura 25: Distribución de las encuestas a la comunidad local según sexo y edad. Fuente: Propia. Año: 2021.

En cuanto al lugar de residencia de los actores encuestados (Figura 26), la mayoría de los participantes fueron locales (32%) o provenientes de Gran Mendoza (39%), siendo un 8% los que reportaron vivir en otras localidades de la provincia de Mendoza y tan solo un 6% otras provincias de Argentina.

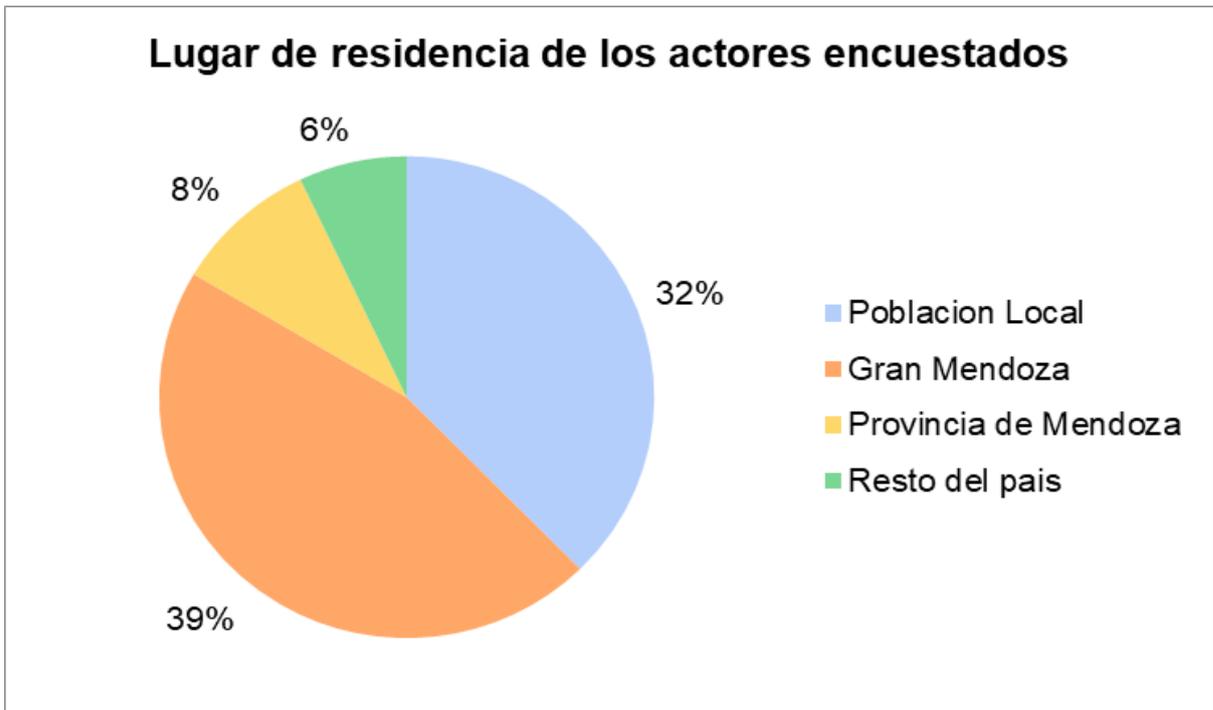


Figura 26: Lugar de residencia de los actores encuestados. Fuente: Propia. Año: 2021.

Por otro lado, se pudo observar en relación al nivel de educación de los actores participantes y su relación con temáticas medioambientales (Figura 27). La mayoría de los actores encuestados reportaron niveles de educación formal altos incluyendo terciario o universitario (70%) mientras que sólo el 30% reportó haber completado la secundaria o sólo el nivel primario. Además, el 64% de los encuestados reportaron que sus estudios se relacionan con el medio ambiente o recursos naturales, de los cuales en su mayoría estos son de nivel terciario (18%) o universitario (25%). Sin embargo, un 21% de los encuestados reportó que sus estudios secundarios están relacionados a temáticas medioambientales o de recursos naturales.

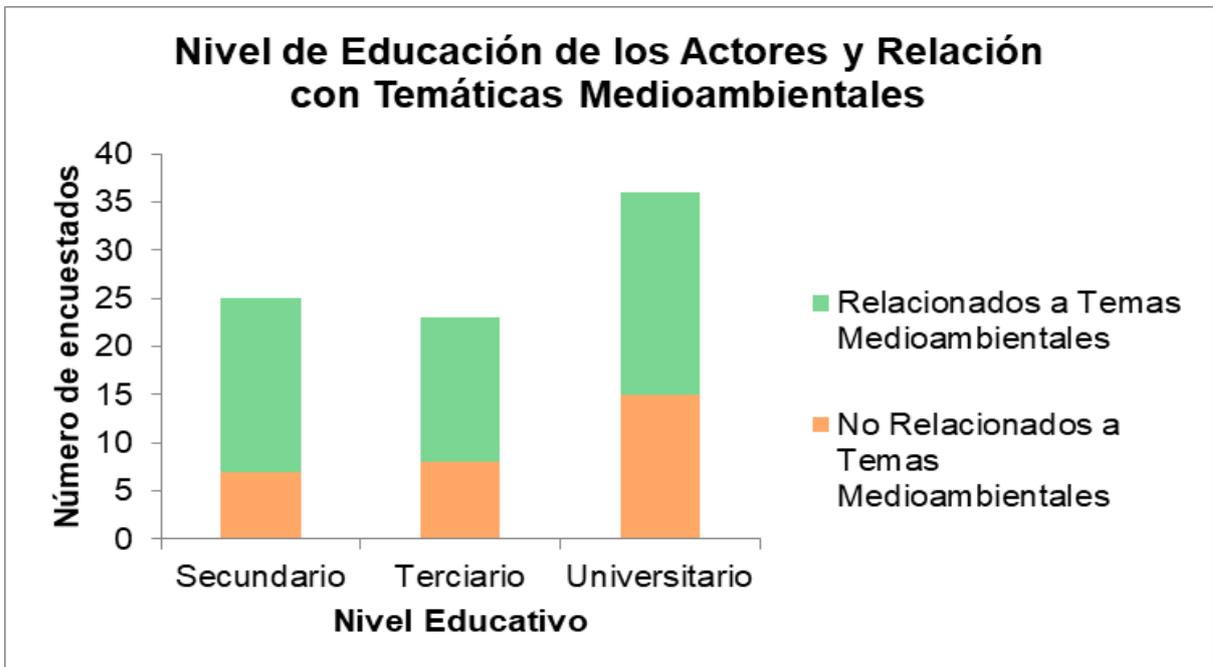


Figura 27: Nivel de educación de los actores y su relación con temáticas medio ambientales. Fuente: Propia. Año: 2021.



8.2. Anexo II

LISTADO DE ESPCIAS NATIVAS

Tabla 14: Listado de Especies Nativas presentes en el Sitio de Estudio.

Especies Nativas
<i>Acantholippia seriphioides</i> (A. Gray) Moldenke
<i>Acanthostyles buniifolius</i> (Hook. & Arn.) R.M. King & H. Rob.
<i>Adesmia pinifolia</i> Gillies ex Hook. & Arn.
<i>Aldama gilliesii</i> (Hook. & Arn.) E.E.Schill. & Panero
<i>Aristida mendocina</i> Phil.
<i>Arjona patagonica</i> Hombr. & Jacq. ex Decne.
<i>Artemisia mendozana</i> DC. var. <i>mendoza</i>
<i>Azorella prolifera</i> (Cav.) G.M. Plunkett & A.N. Nicolas
<i>Baccharis polifolia</i> Griseb.
<i>Berberis grevilleana</i> Gillies ex Hook. & Arn.
<i>Bidens triplinervia</i> Kunth var. <i>triplinervia</i>
<i>Bougainvillea spinosa</i> (Cav.) Heimerl
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. var. <i>caespitosa</i> Gould & Kapadia
<i>Brachyclados lycioides</i> D. Don
<i>Bromus catharticus</i> Vahl var. <i>catharticus</i>
<i>Chuquiraga ruscifolia</i> D. Don
<i>Colliguaja integerrima</i> Gillies & Hook.
<i>Condalia microphylla</i> Cav.
<i>Dysphania multifida</i> (L.) Mosyakin & Clemants
<i>Ephedra multiflora</i> Phil. ex Stapf
<i>Euphorbia serpens</i> Kunth var. <i>microphylla</i> Müll. Arg.
<i>Evolvulus sericeus</i> Sw. var. <i>sericeus</i>
<i>Fabiana patagonica</i> Speg.
<i>Grindelia chiloensis</i> (Cornel.) Cabrera
<i>Gutierrezia gilliesii</i> Griseb.
<i>Hoffmannseggia erecta</i> Phil.
<i>Hyalis argentea</i> D. Don ex Hook. & Arn. var. <i>argentea</i>
<i>Hysterionica jasionoides</i> Willd.
<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav. var. <i>ichu</i>
<i>Junellia juniperina</i> (Lag.) Moldenke
<i>Larrea nitida</i> Cav.
<i>Lecanophora heterophylla</i> (Cav.) Krapov.



<i>Lepidium bonariense</i> L.
<i>Leptochloa crinita</i> (Lag.) P.M. Peterson & N.W. Snow
<i>Lycium chilense</i> Miers ex Bertero var. <i>chilense</i>
<i>Margyricarpus pinnatus</i> (Lam.) Kuntze
<i>Menodora decemfida</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) A. Gray
<i>Monnina dictyocarpa</i> Griseb.
<i>Mulguraea aspera</i> (Gillies & Hook. ex Hook.) N. O'Leary & P. Peralta var. <i>longidentata</i> (Moldenke) N. O'Leary & P. Peralta
<i>Mulguraea scoparia</i> (Gillies & Hook. ex Hook.) N. O'Leary & P. Peralta
<i>Mutisia retrorsa</i> Cav.
<i>Nassauvia axillaris</i> (Lag. ex Lindl.) D. Don
<i>Nassella tenuis</i> (Phil.) Barkworth
<i>Nassella tenuissima</i> (Trin.) Barkworth
<i>Oenothera odorata</i> Jacq.
<i>Pappostipa speciosa</i> (Trin. & Rupr.) Romasch.
<i>Piptochaetium napostaense</i> (Speg.) Hack.
<i>Poa ligularis</i> Nees ex Steud. var. <i>ligularis</i>
<i>Prosopis flexuosa</i> DC. var. <i>depressa</i> F.A. Roig
<i>Salvia cuspidata</i> Ruiz & Pav. ssp. <i>gilliesii</i> (Benth.) J.R.I. Wood
<i>Satureja parvifolia</i> (Phil.) Epling
<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera
<i>Senecio subulatus</i> D. Don ex Hook. & Arn. var. <i>subulatus</i>
<i>Senna aphylla</i> (Cav.) H.S. Irwin & Barneby var. <i>aphylla</i>
<i>Tagetes argentina</i> Cabrera
<i>Thymophylla pentachaeta</i> (DC.) Small
<i>Zephyranthes jamesonii</i> (Baker) Nic. García & S.C. Arroyo
<i>Zuccagnia punctata</i> Cav.

LISTADO DE ESPECIES EXÓTICAS

Tabla 15: Listado de Especies Exóticas presentes en el Sitio de Estudio.

Especies Exóticas	Suma de abundancia
<i>Rosa rubignosa</i> L.	34
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	27
<i>Cerastium arvense</i> L.	24
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér. ex Aiton	22
<i>Rumex acetosella</i> L.	7
<i>Amaranthus albus</i>	6
<i>Malva neglecta</i> Wallr.	6



<i>Sisymbrium orientale</i> L.	4
<i>Verbascum thapsus</i> L.	4
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	3
<i>Medicago lupulina</i> L.	2
<i>Plantago lanceolata</i> L.	2
<i>Alyssum alyssoides</i> (L.) L.	1
<i>Carduus nutans</i> L.	1
<i>Malva parviflora</i> L.	1
<i>Salsola kali</i> L. var. <i>kali</i>	1
<i>Senecio trifidus</i> Hook. & Arn	1
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	1
<i>Lactuca serriola</i> L.	1

CÁLCULO DE ÍNDICES DE INTEGRIDAD DE ECOSISTEMAS

❖ **Instalación de paquetes**

install.packages ("devtools")

library(devtools)

En caso de presentarse un error, instalar RTools <https://cran.r-project.org/bin/windows/Rtools/>

install_github(repo = "RenaudJau/ComSII")

library(ComSII)

❖ **Tabla**

Las tablas para la realización del data frame incluyeron el nombre de las especies en filas; y los datos de las especies de sitios degradados (Rest) y de sitios de referencia (Ref), en columnas (Tabla 15).

Tabla 16: Tala modelo para la realización del dataframe para el cálculo de Índice de Integridad de Ecosistemas.

Especies		Acantholippia	Adesmia	...	Trichloris	Veronica	Viguiera
Coberturas (%)	Rest 1	1	0	...	0	1	1
	Rest 2	1	0	...	0	0	0
	Rest 3	0	0	...	0	1	0
	Rest 4	0	1	...	0	0	0
	Rest 5	0	0	...	0	0	0
	Ref 1	0	0	...	1	0	0
	Ref 2	0	20	...	0	0	0
	Ref 3	1	8	...	0	0	0
	Ref 4	4	2	...	1	0	0
	Ref 5	0	25	...	2	0	0

En el caso de esta tabla, para ejemplificar mejor se titularon las dos primeras columnas, para mostrar cómo poner la información en las mismas. Sin embargo, para la realización del dataframe en RStudio no deberían ponerse. A continuación, se guardó en Excel como Texto (delimitado por tabulaciones).

❖ **Salida de RStudio**

A modo de ejemplo, para la tabla guardada como sur1 (la cual representa las 5 parcelas a de sitios a restaurar y sitios de referencia de las laderas Sur, se realizó la siguiente salida:



```
sur2<- as.data.frame(sur1)
sites <- factor(c(rep("Rest",5),rep("Ref",5)))
sites_names <- paste(sites,c(1:5,1:5))
row.names(sur2) <- sites_names
surRest<- sur2[sites=="Rest",]
surRef <- sur2[sites=="Ref",]
Indices <- ComStructIndices(REF = surRef, ASSESS = surRest)
Results <- data.frame(Plot = row.names(surRest), CSII = Indices$CSII, CSIIInorm =
Indices$CSIIInorm, HAI = Indices$HAI)
```

Esta metodología se repitió tanto para las laderas norte como para las sur, de sitios degradados y de referencia.

8.3. Anexo III

ECOSISTEMA DE REFERENCIA

Los atributos considerados para el ecosistema de referencia fueron:

❖ **Altitud**

Analizando el sitio de estudio con Sistemas de Información Geográfica, se puede ver que el área afectada por el incendio se encuentra en zonas montañosas, presentando una altitud entre unos 1800 y 2800 msnm como se puede ver en la Figura 28.

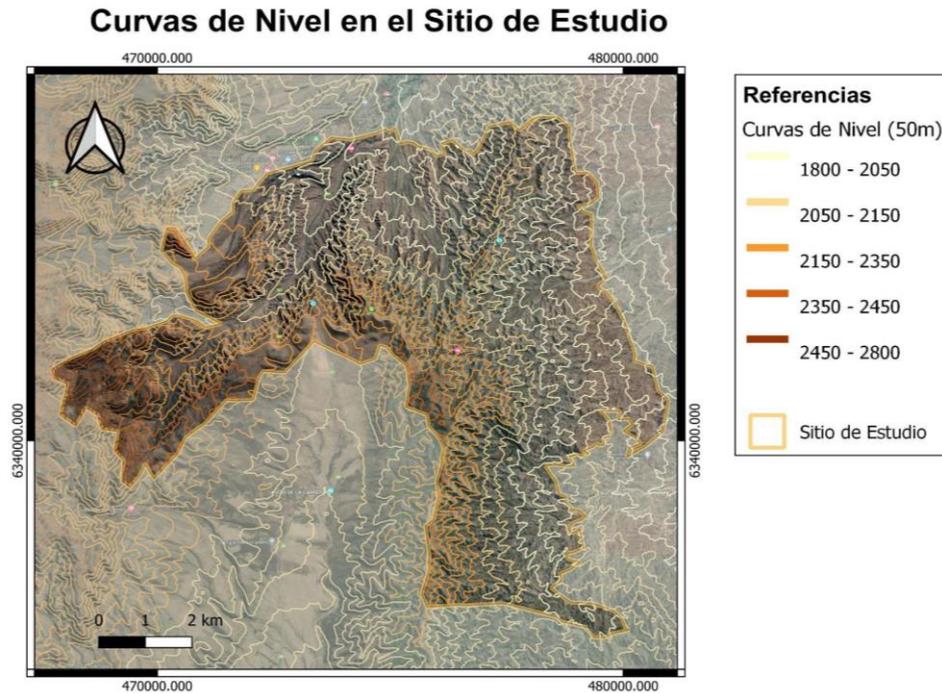


Figura 28: Curvas de nivel a 20m en el Sitio de Estudio. Fuente: IGN- DEM- Elaboración propia.

❖ **Pendiente**

Por otro lado, en el área afectada al encontrarse en zonas montañosas de la Provincia de Mendoza se presentan altas pendientes comprendidas entre 0% y 50% (Figura 29)

Pendientes del Sitio de Estudio

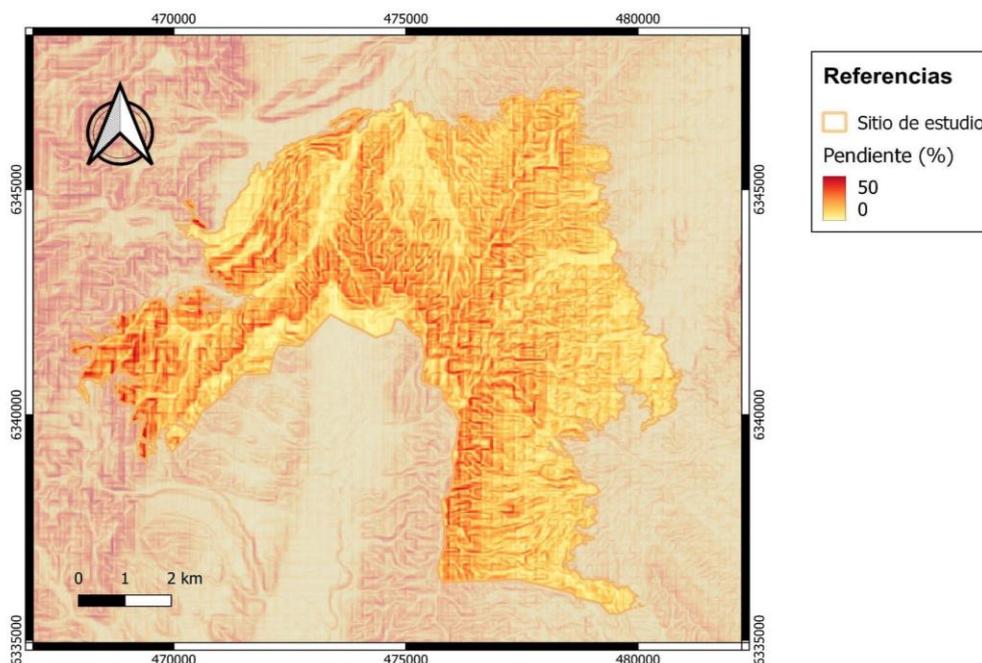


Figura 29: Pendientes de Sitio de Estudio en porcentaje (%). Fuente: IGN- DEM- Elaboración propia.

❖ Suelos

Los suelos de Mendoza derivan de materiales alóctonos constituidos por elementos de acarreo, transportados por acción fluvial y eólica, provenientes de las rocas cordilleranas. Particularmente, en el territorio mendocino los procesos de maduración edáfica están ligados al clima y la pendiente de la región. Los suelos de Mendoza, por un lado, presentan una marcada clinosecuencia que se da de Oeste a Este. En estos suelos, los fenómenos de eluviación e iluviación que dan lugar a la diferenciación genética del perfil son limitados. Por otra parte, los fenómenos de erosión laminar, eliminan la capa más superficial de la incipiente diferenciación o la cubren de nuevos materiales aluviales, deteniendo así los procesos de edafización (Nijensohn, 2018).

Por ende, taxonómicamente, los suelos de Mendoza son de tipo Molisoles de altura, Aridisoles y Entisoles mayoritariamente (Nijensohn, 2018). En el sitio de estudio, mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) se encontraron, las clasificaciones de Roca y Entisoles, en su mayoría (Figura 30). Los sectores de Roca No Clasificada hacen referencia a zonas de la montaña donde predominan los materiales primarios derivados de las rocas del lugar (Masotta et al., 1996). Los Entisoles, los cuales aparecen como Torriortentes Típico son suelos margosos y arcillosos con una disminución regular de materia orgánica con el aumento de profundidad, con un régimen de humedad seco y caliente (Perez Valenzuela, 1999)

Suelos en el Sitio de Estudio

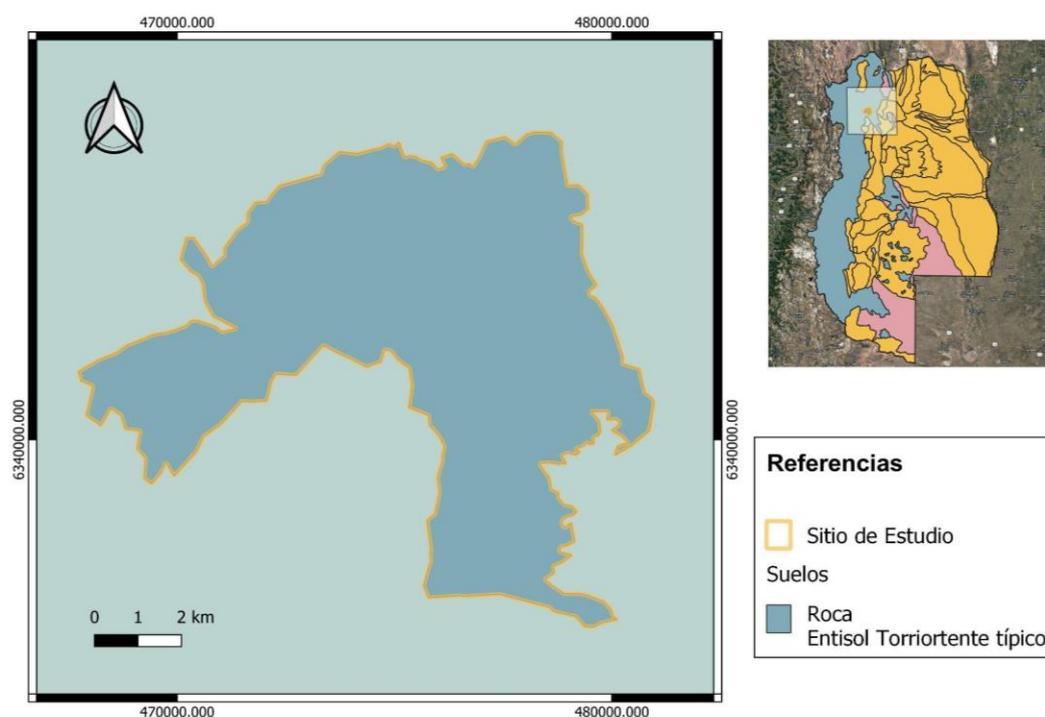


Figura 30: Suelos en el Sitio de Estudio. Fuente: INTA- Suelos de Argentina- Elaboración propia.

❖ Hidrografía

En cuanto a su Hidrografía, como se puede ver en la Figura 31, el área de estudio se encuentra comprendida La Cuenca del Río Mendoza. Además, se puede observar su red de drenaje presentando numerosos cursos de agua en su superficie correspondiente a tres órdenes de cauce y zonas sin drenaje.

El Río Mendoza recorre, según el DGI unos 273 km, desde la localidad de Punta de Vacas, en la que nace, hasta las Lagunas del Rosario, al norte de la provincia (Departamento General de Irrigación, 2009). Los aportes hídricos permanentes, provienen de la fusión de nieves permanentes de la cordillera y el aporte de masas glaciares. Por otro lado, el aporte de las lluvias es mínimo, concentrándose en los meses de primavera y verano (Abraham et al., 2005). Sus principales afluentes son los ríos Vacas, Cuevas y Tupungato. Los dos primeros aportan su caudal por la margen izquierda, al norte del río, y el tercero por la margen derecha, hacia el sur. Entre Punta de Vacas y Potrerillos, el río capta los caudales de otros doce ríos y arroyos de régimen permanente: el Colorado, Polvaredilla, Polvaredas, Blanco II, Tambillos, Cortaderas, Picheuta, Ranchillos, Arroyo Uspallata, Alumbre, Polcura y Blanco de Potrerillos. A éstos deben sumarse los arroyos y cauces temporales, que durante la primavera y debido a los procesos de fusión de la nieve, contribuyen a la oferta hídrica de la cuenca (Departamento General de Irrigación, 2009).

Hidrología del Sitio de Estudio

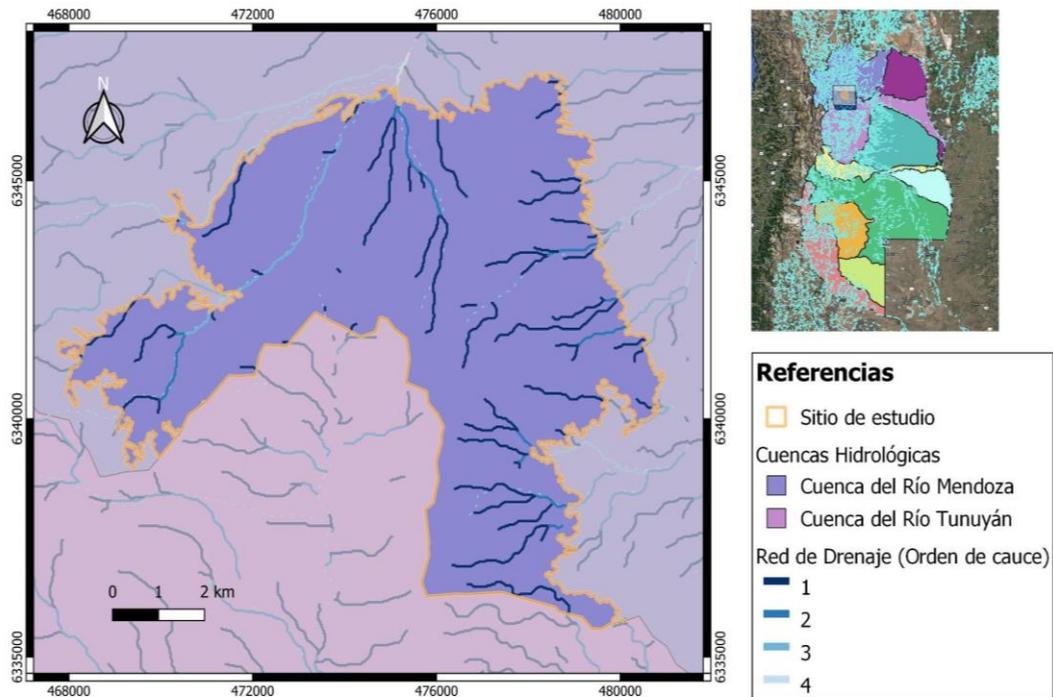


Figura 31: Hidrología del Sitio de Estudio. Fuente: MDE- SIAT- Elaboración propia.

❖ Clima

En rasgos generales se puede decir que el clima es templado- frío y semiárido, con temperaturas que aumentan hacia el Este y sus medias son de los 5,7°C en julio, llegando a los 21°C en enero según registros de la estación Cacheuta (Rapali, et al. 2021). En cuanto a las precipitaciones, existen dos regímenes: Uno es del tipo monzónico en la zona baja, donde las precipitaciones son fundamentalmente pluviales; y hacia el Oeste, es de régimen mediterráneo, con precipitación nívea. La precipitación media anual es de unos 300 mm a 500mm (Departamento General de Irrigación et al 2006) (Figura 32).

Además, se presenta una elevada heliofanía, con valores promedios de 10,1 horas de heliofanía efectiva máxima, y 5,4 horas de heliofanía efectiva mínima. Por otro lado, los vientos son fuertes en zonas montañosas con dirección preponderante del Oeste y Sudoeste dependiendo de la estación. Las velocidades promedio son de 19 a 26 km/h. Es importante mencionar en la zona la presencia del viento Zonda, que produce fuertes ráfagas cálidas y secas en el llano; mientras ocasiona importantes temporales de nieve en las áreas cordilleranas (Departamento General de Irrigación et al 2006).

Precipitaciones del Sitio de Estudio

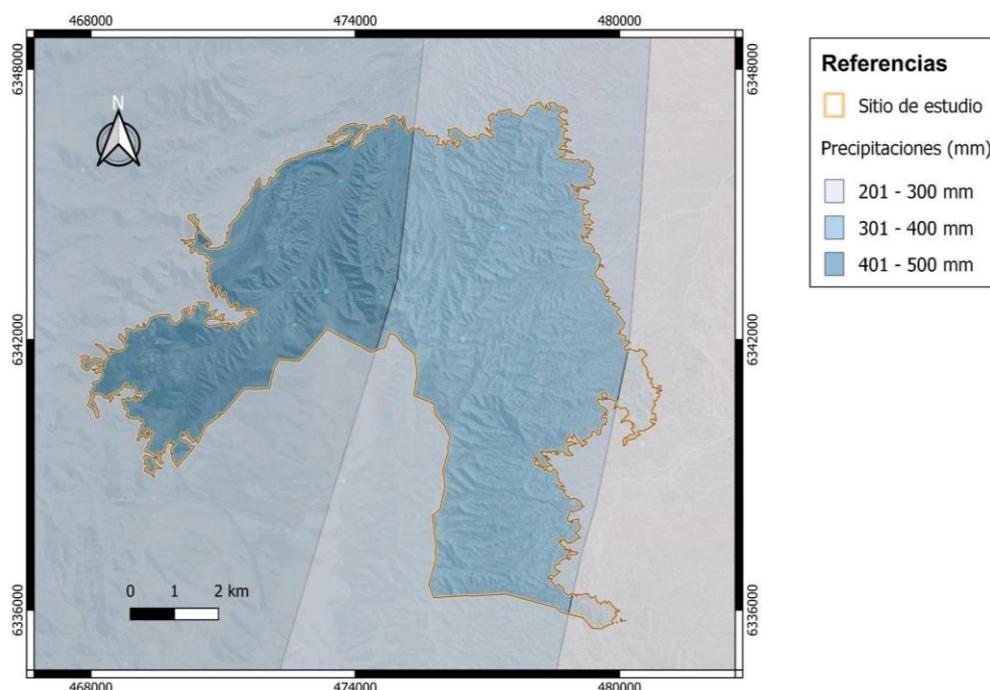


Figura 32: Precipitaciones del Sitio de Estudio (mm). Fuente: SIAT- Elaboración propia.

❖ Vegetación

En el sitio de estudio la vegetación se distribuye altitudinalmente en pisos con características diferentes en cuanto a su fisonomía, composición florística, condiciones ecológicas, etc. Los límites entre los mismos se distinguen fácilmente debido a los cambios de las condiciones ecológicas que se dan en las zonas montañosas tales como pendiente y orientación de las laderas. Según Méndez, en una investigación realizada en la misma zona, se presentan seis pisos de vegetación; sin embargo, el sitio de estudio solo abarca tres de ellos (Méndez, 2004):

- **PISO II:** Representado por **Comunidades de *Larrea divaricata*** ubicadas entre los 1300 y los 1950 msnm. Este es un piso más frío y húmedo, con afloramientos rocosos e importantes cursos de aguas. Esta se encuentra acompañada de especies asociadas a una fuerte presión por pastoreo como *Stipa tenuis*, *Piptochaetium napostaense* y *Amaranthus sp.* En las solanas, más cálidas y secas, encontramos *Denmoza rhodacantha*, *Sisymbrium andinum*, *Maihueniopsis glomerata*, *Bredemeyera microphylla* y *Eragrostis pilosa*. Por otro lado, las umbrías, frías y húmedas revelan especies como *Poa ligularis*, *Vulpia myuros*, *Salvia gilliesii*; acompañadas de comunidades de mayor altura que bajan a pisos inferiores como *Berberis grevilleana*, *Baccharis trímera*, *Ephedra brearía*, *Eupatorium buniifolium* y *Artemisia mendozana*. A estas, se les pueden sumar otros elementos característicos como *Gochnatia glutinosa*, *Condalia microphylla*, *Tunilla corrugata*, *Junellia scoparia*, *Eupatorium patens* y *Senecio subulatus*. También se presentan algunos elementos de los pisos de *Larrea cuneifolia* y *Junellia scoparia* (Méndez, 2004).
- **PISO III:** Está representado por 2 comunidades que comparten un rango altitudinal de 1500 a 2250 msnm: Por un lado, la **Comunidad de *Junellia scoparia***, la cual está acompañada de *Baccharis polifolia*, *Mélica chilensis*, *Arjona longifolia*, *Stipa parmilloensis*; y algunos elementos diferenciales como *Senecio aff. filaginoides*, *Poa ligularis*, y *Tristerix verticillatus*. Por otro lado la **Comunidad de *Colliguaja intergerrima***, la cual, codomina con *Eupatorium bunnifolium*. La misma se ubica



entre los matorrales de *Junellia scoparia* y vegetación riparia de cauces donde se delata las mayores exigencias de humedad y suelos más finos. Esta, además está acompañada de especies como *Tagetes mendocina*, *Baccharis pulchella*, *Viguiera gilliesii*, *Artemisia echegarayii*, *Stevia gilliesii*, *Plantago paralias*, *Eupatorium buniifolium*, etc; entre otros de ambientes saxícolas, como *Bidens triplinervia*, *Stipa scirpea*, *S. vaginata*, etc. También prosperan elementos de los pisos de *Larrea divaricata* y de *Adesmia horrida* (Méndez, 2004).

- **PISO IV:** Se presentan matorrales andinos de **Comunidades de *Adesmia horrida*** desde los 2100 a los 2300 msnm, con un piso más frío y húmedo que los pisos anteriores, destacándose afloramientos rocosos y presencia de vegas con cauces permanentes. En las solanas, se presentan acompañadas de especies de *Montiopsis gilliesii*, *Microsteris gracilis*, *Phacelia secunda*; con diferenciales provenientes de ambientes saxícolas como *Stipa psittacorum*, y *Baccharis thymifolia*, etc. En sitios más erosionados y alterados aparece *Verbáscum virgatum*. Y en umbrías, hay elementos característicos como *Perezia cíliaris*, *Thlaspi magellanicum*, *Anemone multifida*, *Woodsia montevidensis* y *Notholaena sp*; junto con *Satureja parviflora*, en condiciones más húmedas de estas laderas. Sumado a esto, encontramos del piso inferior, especies de *Baccharis pulchella*, *Mélica chilensis*, *Ephedra breana*, etc que ascienden por las solanas; y del piso superior, *Poa holciformis*, *Valeriana ruizlealii*, *Senecio trifidus* en las umbrías más frías. Además, por la presión antrópica y de animales, se presentan especies como *Capsella bursa-pastoris*, *Chenopodium scabriceule* y *Lepidium virginicum* (Méndez, 2004).

Por otro lado según datos encontrados en el muestreo a campo del sitio de estudio se pudo visualizar algunas especies más abundantes tales como: *Nassella tenuissima*, *Ephedra multiflora*, *Schinus polygamus*, *Lycium chilense*, *Adesmia pinifolia*, *Mulguraea scoparia*, *Nassauvia axillaris*, *Acantholippia seriphoides*, entre otras.

8.4. Anexo IV

CRITERIOS: USOS DEL SUELO Y ACCESIBILIDAD

❖ Usos del suelo

Analizando los asentamientos y servicios del sitio de estudio, se puede visualizar que los mismos se concentran en el límite norte del área de estudio. Estos corresponden al área de Potrerillos, incluyendo las Villas: Las Vegas, Valle del Sol, Piedras Blancas y Los Zorzales. En las mismas, se encuentran servicios tales como alojamientos turísticos o temporales, alojamientos permanentes, sitios de prestación de actividades recreativas, comercios, lugares gastronómicos, lugares relacionados a arte y cultura de los pobladores, centros de salud, institutos educacionales, puestos, entre otros. Además, cabe destacar que el sitio de estudio está comprendido entre dos áreas protegidas: el Área Municipal Potrerillos, en su mayoría; y el Área Provincial Cordón del Plata (Figura 33)

Asentamientos y Servicios

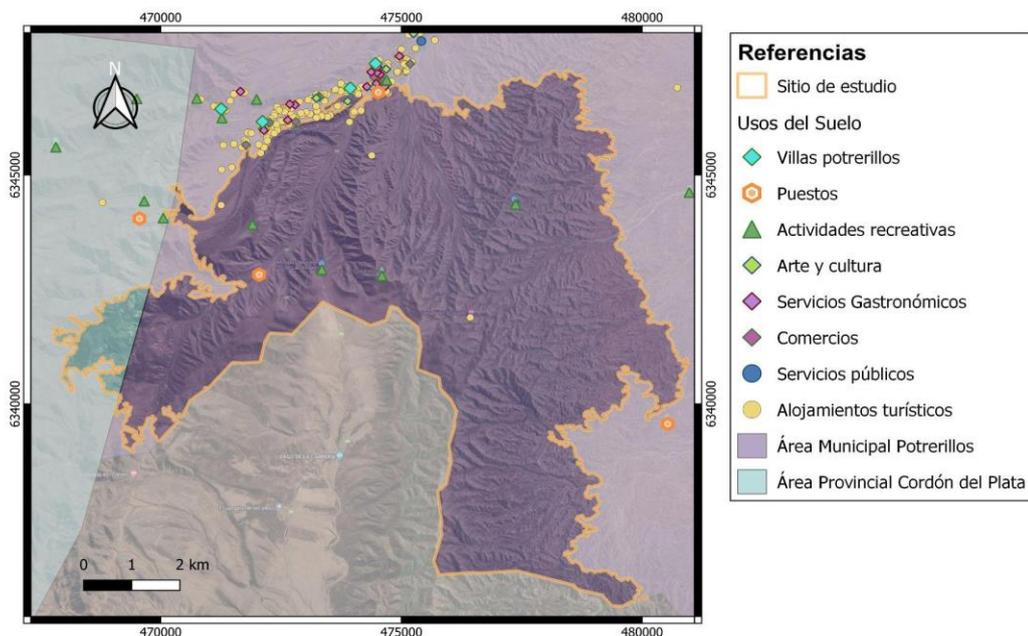


Figura 33: Asentamientos y Servicios del Área Quemada. Fuente: My Maps, SIAT - Elaboración propia.

❖ Accesibilidad

En cuanto a la accesibilidad del sitio de estudio, se muestran varias rutas de acceso al mismo. Se pueden distinguir por un lado la Ruta 89 que conecta Potrerillos con las Carreras de Tupungato; por otro lado caminos consolidados ya sean asfaltados o no asfaltados, sobre todo en las zonas residenciales; y por último, senderos turísticos y recreativos (Figura 34)

Accesibilidad del Sitio de Estudio

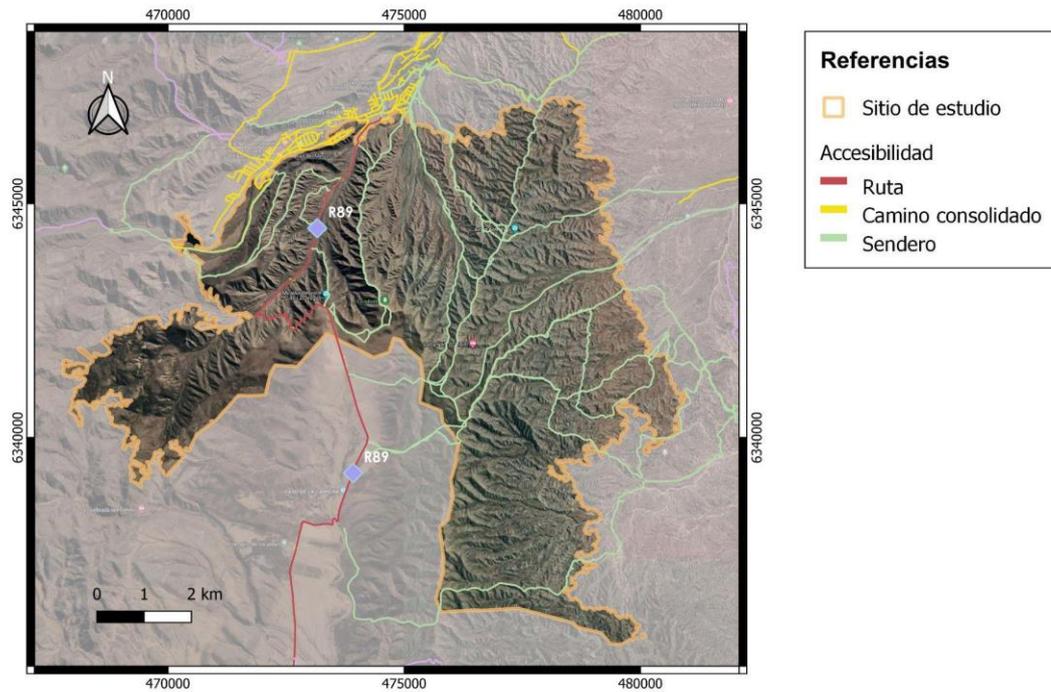


Figura 34: Accesibilidad del Sitio de Estudio. Fuente: Openstreetmap- Wikiloc- Elaboración propia.

1.1. Anexo V

RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE ESPECIES

Tabla 17: Evaluación de Rasgos de Vida de las especies encontradas en el diagnóstico.

Especie	Estructura	Crecimiento	Palatabilidad	Ausencia en la zona quemada	Rebote (arbustivas)	Antecedentes de Propagación y Reproducción en Vivero		Usos
<i>Acantholippia seriphioides</i> (A. Gray) Moldenke	Subarbusto	Rápido	Palatable	No	Si	Sin Antecedentes	Dispersión natural.	Con Usos: Forrajera. En medicina popular se usa como sudorífico, digestivo para las afecciones gastrointestinales, para el frío del cuerpo, para bajar la fiebre y el resfrío. Se usa como condimento y tiene potencial ornamental.
<i>Acanthostyles buniifolius</i> (Hook. & Arn.) R.M. King & H. Rob.	Arbustiva	Rápido	No Palatable	No	Si	Con Antecedentes	Siembra de semillas sin tratamiento.	Con Usos: Infusiones desinfectantes. Protector hepático
<i>Adesmia pinifolia</i> Gillies ex Hook. & Arn.	Arbustiva	Lento	No Palatable	No	No	Con Antecedentes	Se deben frotar sus frutos entre las manos para liberar semillas. Siembra directa.	Con Usos: Usada para leña por su alto valor calórico.
<i>Aldama gilliesii</i> (Hook. & Arn.) E.E.Schill. & Panero	Subarbusto	Lento	No Palatable	No	No	Sin Antecedentes	-	Sin usos.
<i>Aristida mendocina</i> Phil.	Herbácea	Rápido	Si	No	-	Si	Dispersión natural. Siembra directa por semillas, sin tratamiento.	Con usos: Anticonceptivo, oxitócico.

<i>Arjona patagonica</i> <i>Hombr. & Jacq. ex Decne.</i>	Herbácea	Rápido	Si	Si	-	No	Dispersión natural.	Con usos: Raíces tuberosas comestibles, forrajera.
<i>Artemisia mendozana</i> <i>DC. var. mendozana</i>	Subarbusto	Lento	Palatable	No	No	Con Antecedentes	Dispersión Natural. En vivero puede realizarse por semilla, por estacas o por división de matas.	Con usos: Aromática, En medicina popular se usa en infusión para combatir resfríos, envenenamientos, dolores de vientre, malestares digestivos, afecciones del hígado, reumatismo, amenorrea, cólicos menstruales y falta de apetito como antiparasitario.
<i>Azorella prolifera</i> <i>(Cav.) G.M. Plunkett & A.N. Nicolas</i>	Subarbusto	Rápido	Palatable	Si	No	Sin Antecedentes	-	Con usos: Forrajera. Depurativo sanguíneo y para tratar verrugas y dolores de muelas.
<i>Baccharis polifolia</i> <i>Griseb.</i>	Arbustiva	Rápido	No Palatable	No	Si	Sin Antecedentes	-	Con usos: Es antirreumático, antiséptico y antibiótico.
<i>Berberis grevilleana</i> <i>Gillies ex Hook. & Arn.</i>	Arbustiva	Lento	Palatable	No	Si	Con Antecedentes	Por esquejes. Con humectación previa de las semillas por 12hs.	Con usos: Ornamental, para xerojardinería.
<i>Bidens triplinervia</i> <i>Kunth var. triplinervia</i>	Herbácea	Rápido	Si	No	-	No	Dispersión Natural.	Con usos: Forrajera, planta melífera y ornamental.
<i>Bougainvillea spinosa</i> (Cav.) <i>Heimerl</i>	Arbustiva	Lento	Palatable	No	Si	Con Antecedentes	Reproducción mediante semillas, sin tratamiento.	Con usos: forrajera, planta melífera y ornamental para xerojardinería.

<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. var. <i>caespitosa</i> Gould & Kapadia	Herbácea	Rápido	Si	No	-	Si	Dispersión natural. La propagación del pasto banderita se puede realizar por semilla, rizomas e hijuelos.	Con usos: Forrajera para el ganado. Ornamental en xerojardinería. Muy utilizada en restauración de zonas áridas y semiáridas, es buena para el control de erosión.
<i>Brachyclados lycioides</i> D. Don	Arbustiva	Lento	Palatable	Si	No	Con Antecedentes	Siembra directa en terrinas en línea, luego repique en envases definitivos.	Con usos: Forrajera.
<i>Bromus catharticus</i> Vahl var. <i>catharticus</i>	Herbácea	Rápido	Si	No	-	Si	Dispersión natural. Puede propagarse por semillas.	Con usos: Forrajera.
<i>Chuquiraga ruscifolia</i> D. Don	Arbustiva	Lento	Palatable	Si	No	Con Antecedentes	Siembra superficial, en terrina para luego repicar. Sin tratamiento pregerminativo	Con usos: Melífera. Forrajera. Ornamental (olor de sus flores perduran)
<i>Colliguaja integerrima</i> Gillies & Hook.	Arbustiva	Lento	Palatable	No	Si	Sin Antecedentes	Dispersión natural.	Con usos: Su látex, se utiliza para algias, dolores de encías, muelas, y también para combatir callos y verrugas.
<i>Condalia microphylla</i> Cav.	Arbustiva	Lento	No Palatable	No	No	Con Antecedentes	Dispersión Natural. Puede propagarse a partir de semillas (con escarificación) o esquejes.	Con usos: Fruto comestible, se usa como laxante y también es utilizado para hacer dulces (arope) y fabricación de una especie de aguardiente.

<i>Dysphania multifida</i> (L.) Mosyakin & Clemants	Herbácea	Rápido	si	No	si	No	Dispersión natural.	Con usos: En medicina popular se usa internamente como digestiva, estimulante, sudorífica, carminativa, emenagoga, antiasmática, diurética, vermífuga, antifebril y sedante; y externamente en golpes, torceduras y hematomas. En el campo se usa para combatir los parásitos intestinales en los lanares y para ahuyentar las moscas colocando ramas dentro de las casas.
<i>Ephedra multiflora</i> Phil. ex Stapf	Arbustiva	Lento	Palatable	No	Si	Con Antecedentes	Por semilla, sin tratamiento. No presenta dormición.	Con usos: Fruto comestible .Medicinal, por poseer efedrina. Usado como antiinflamatorio y antioxidante. Para enfermedades respiratorias, como resfriados alergias y asma.
<i>Euphorbia serpens</i> Kunth var. <i>microphylla</i> Müll. Arg.	Herbácea	Rápido	No	No	-	No	Dispersión natural.	Con usos: Se usa en Infusiones ya que posee propiedades como antinefrítico purgante, diurético y galactógeno. Externamente se utiliza como antidermastótico.
<i>Evolvulus sericeus</i> Sw. var. <i>sericeus</i>	Herbácea	Rápido	Si	No	-	No	Dispersión natural.	Con usos: en algunos lugares se utiliza como medicinal para quemaduras.
<i>Fabiana patagonica</i> Speg.	Arbustiva	Lento	No Palatable	No	Si	Sin Antecedentes	Dispersión natural.	Sin usos.



<i>Grindelia chiloensis</i> (Cornel.) Cabrera	Subarbusto	Rápido	No Palatable	Si	No	Con Antecedentes	A través de Semillas con necesidad de humectación por 12hs para lixiviar inhibidores.	Con usos: Sus resinas se utilizan en procesos industriales para la elaboración de gomas, pinturas, pegamentos, barnices, lacas, tinta. Medicinal combate el asma, En pequeñas dosis es diurético, utilizado en infecciones de las vías urinarias y antiinflamatorio indicado para artritis y reumatismo. Ornamental en jardines para xerojardinería.
<i>Gutierrezia gilliesii</i> Griseb.	Arbustiva	Rápido	Palatable	No	No	Sin Antecedentes	Dispersión natural.	Sin usos.
<i>Hoffmannseggia erecta</i> Phil.	Herbácea	Rápido	Si	No	-	No	Dispersión Natural.	Sin usos.
<i>Hyalis argentea</i> D. Don ex Hook. & Arn. var. <i>argentea</i>	Subarbusto	Rápido	Si	No	-	Si	Siembra de semillas con 24hs previas de humectación.	Con usos: Fijadora de suelos, forrajera y melífera.
<i>Hysterionica jasionoides</i> Willd.	Herbácea	Rápido	No	No	-	Si	Siembra a través de semillas, sin tratamiento.	Con usos: Ornamental.
<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav. var. <i>ichu</i>	Herbácea	Rápido	Si	No	-	si	Dispersión Natural. Siembra directa de semillas, sin tratamiento.	Con usos: Forrajera y ornamental en xerojardinería.

<i>Junellia juniperina</i> (Lag.) Moldenke	Arbustiva	Lento	No Palatable	No	No	Sin Antecedentes	-	Sin usos.
<i>Larrea nitida</i> Cav.	Arbustiva	Lento	No Palatable	No	Si	Con Antecedentes	Siembra sin tratamiento.	Con usos: Utilizada como combustible. Antirreumático, estimulante, balsámico, emenagogo, excitante, resolutivo, vulnerario. Ornamental
<i>Lecanophora heterophylla</i> (Cav.) Krapov.	Herbácea	Rápido	No	No	-	Si	Dispersión Natural. Siembra directa de semillas sin tratamiento.	Con usos: Ornamental
<i>Lepidium bonariense</i> L.	Herbácea	Rápido	Si	No	-	No	-	Con usos: Forrajera, alimento para aves
<i>Leptochloa crinita</i> (Lag.) P.M. Peterson & N.W. Snow	Herbácea	Rápido	Si	No	-	Si	Dispersión Natural. Puede propagarse por semillas, sin tratamiento	Con usos: Forrajera.
<i>Lycium chilense</i> Miers ex Bertero var. <i>chilense</i>	Arbustiva	Rápido	Palatable	No	Si	Con Antecedentes	Siembra directa de semillas, sin tratamiento.	Con usos: Forrajera y melífera.
<i>Margyricarpus pinnatus</i> (Lam.) Kuntze	Arbustiva	Lento	Palatable	Si	No	Con Antecedentes	Siembra directa a partir de semillas, sin tratamiento.	Con usos: Fruto comestible. La raíz y hojas tienen propiedades astringentes, diuréticas, para afecciones renales y de vías urinarias, así como también, dolores estomacales y gastrointestinales. Utilizada como ornamental en xerojardinería.

<i>Menodora decemfida</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) A. Gray	Subarbusto	Lento	Palatable	No	No	Con Antecedentes	Siembra de semillas a 30°, con previo lavado de 24hs.	Sin usos.
<i>Monnina dictyocarpa</i> Griseb.	Herbácea	Rápido	Si	No	-	No	Dispersión Natural.	Sin usos.
<i>Mulguraea aspera</i> (Gillies & Hook. ex Hook.) N. O'Leary & P. Peralta var. <i>longidentata</i> (Moldenke) N. O'Leary & P. Peralta	Arbustiva	Lento	Palatable	Si	No	Sin Antecedentes	-	Sin usos.
<i>Mulguraea scoparia</i> (Gillies & Hook. ex Hook.) N. O'Leary & P. Peralta	Arbustiva	Lento	No Palatable	No	Si	Sin Antecedentes	-	Sin usos.
<i>Mutisia retrorsa</i> Cav.	Subarbusto	Rápido	No Palatable	Si	No	Con Antecedentes	Siembra directa de semillas o por gajos.	Con usos: Ornamental
<i>Nassauvia axillaris</i> (Lag. ex Lindl.) D. Don	Arbustiva	Lento	Palatable	No	No	Con Antecedentes	Siembra de semillas en terrinas, luego repicar a envases.	Con usos: Se usa como ornamental en xerojardinería. Raíces se usaban para hacer peines. Forrajera. Medicinal como febífugo, digestivo y antitusivo.

<i>Nassella tenuis</i> (Phil.) Barkworth	Herbácea	Rápido	Si	No	-	Si	Dispersión Natural. Puede propagarse a través de semillas realizando una leve frotación de las gomas para separar los frutos de las aristas.	Con usos: Ornamental en xerojardinería. Para restauración de áreas degradadas. Forrajera
<i>Nassella tenuissima</i> (Trin.) Barkworth	Herbácea	Rápido	No	No	-	Si	Siembra directa de semillas en envases o terrinas, sin tratamiento alguno. Necesidad de riego frecuente. Puede propagarse por división de matas.	Con usos: Ornamental para xerojardinería. Indicadora de ambientes degradados.
<i>Oenothera odorata</i> Jacq.	Herbácea	Rápido	No	No	-	Si	Siembra directa de semillas, y mejores resultados con estratificación fría húmeda.	Usos: Indicadora de sobrepastoreo o mal manejo del suelo. De sus semillas se extrae el aceite de onagra. Usada en restauración ecológica que puede crecer en ambientes disturbados captura metales pesados. En medicina popular es empleado para diversas afecciones como dolores premenstruales o estomacales, entre otros.
<i>Pappostipa speciosa</i> (Trin. & Rupr.) Romasch.	Herbácea	Rápido	Si	No	-	Si	Siembra directa de semillas. Eliminación de aristas y rotamiento suave con gomas.	Con usos: Forrajera. Ornamental en xerojardinería.
<i>Piptochaetium napostaense</i> (Speg.) Hack.	Herbácea	Rápido	Si	No	-	Si.	Dispersión Natural. Siembra directa de semillas, sin	Con usos: Forrajera.

							tratamiento.	
<i>Poa ligularis</i> Nees ex Steud. var. <i>ligularis</i>	Herbácea	Rápido	Si	No	-	No	Dispersión Natural.	Con usos: Forrajera.
<i>Prosopis flexuosa</i> DC. var. <i>depressa</i> F.A. Roig	Arbustiva	Lento	Palatable	Si	No	Con Antecedentes	Realizar humectación y escarificado de la semilla aumenta la germinación un 70%.	Con usos: Forrajera. Posee valores de conservación restauración ecológica. Usada como leña artesanías.
<i>Salvia cuspidata</i> Ruiz & Pav. ssp. <i>gilliesii</i> (Benth.) J.R.I. Wood	Arbustiva	Lento	No Palatable	No	No	Con Antecedentes	Dispersión Natural. Siembra directa de semillas o por esquejes.	Con usos: Aromática, como condimento. Es utilizada en forma tópica, como protección y para el susto. Activo in vitro contra las formas infectivas de <i>Trypanosoma cruzi</i> .
<i>Satureja parvifolia</i> (Phil.) Epling	Arbustiva	Lento	Palatable	Si	No	Con Antecedentes	Dispersión Natural. Puede ser por siembra directa de semillas o esquejes.	Con usos: Melífera. Para combatir el "empacho" de los niños. Se la considera un buen digestivo, algo laxante. Se utiliza como hierba aromática en gastronomía.
<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera	Arbustiva	Lento	No Palatable	No	Si	Con Antecedentes	Siembra de semillas, con previa humectación por 24hr bajo media sombra. Es viable también sin tratamientos pregerminativo.	Con usos: Es un productor de leña excelente, de alta calidad. Usado como cercos, ornamental. Medicinal usado como balsámico, antirreumático, bronquial, antihistérico, galactogogo, oftálmico, purgante, vulnerario, antiartrítico.
<i>Senecio subulatus</i> D. Don ex Hook. & Arn. var.	Arbustiva	Rápido	No Palatable	No	No	Con Antecedentes	Siembra directa de semillas. Primero en terrinas, luego repique en envases.	Con usos: Medianamente forrajera. Potencial para la xerojardinería, ornamental. Valor para la revegetación.



<i>subulatus</i>								
<i>Senna aphylla</i> (Cav.) H.S. Irwin & Barneby var. <i>aphylla</i>	Arbustiva	Lento	Palatable	No	Si	Con Antecedentes	Semilla con dormancia, es necesaria la escarificación mecánica química con ácido sulfúrico.	Con usos: Ornamental para xerojardinería. Se usa para leña, forraje, escobas rústicas, cubiertas rurales. Se puede hacer pan con su harina proteica.
<i>Tagetes argentina</i> Cabrera	Herbácea	Rápido	Si	Si	-	No	Dispersión Natural.	Sin usos.
<i>Thymophylla pentachaeta</i> (DC.) Small	Herbácea	Rápido	Si	No	-	Si	Dispersión Natural. Puede realizarse siembra de semillas directa, sin tratamiento.	Sin usos.
<i>Zephyranthes jamesonii</i> (Baker) Nic. García & S.C. Arroyo	Herbácea	Rápido	No	No	No	No	-	Sin usos.
<i>Zuccagnia punctata</i> Cav.	Arbustiva	Lento	No Palatable	Si	No	Con Antecedentes	Siembra de semillas, con previa separación de las mismas de la vaina y humectación por 12hs.	Con usos: Gran valor ornamental, para xerojardinería. Valor para tareas de restauración ecológica. Medicinal, como antioxidante, rubefaciente y anti fúngico.

Tabla 18: Resultado de Calificación de las especies Herbáceas y resultados de especies seleccionadas.

Espece	Crecimiento	Palatabilidad	Ausencia en la zona quemada	Reproducción	REPRODUCCIÓN N*2	TOTAL POR ESPECIE	Selección (Si/No)
<i>Hysterionica jasionoides</i> Willd.	2	2	1	2	4	9	
<i>Lecanophora heterophylla</i> (Cav.) Krapov.	2	2	1	2	4	9	
<i>Nassella tenuissima</i> (Trin.) Barkworth	2	2	1	2	4	9	Si
<i>Oenothera odorata</i> Jacq.	2	2	1	2	4	9	
<i>Aristida mendocina</i> Phil.	2	1	1	2	4	8	Si
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. var. <i>caespitosa</i> Gould & Kapadia	2	1	1	2	4	8	
<i>Bromus catharticus</i> Vahl var. <i>catharticus</i>	2	1	1	2	4	8	Si
<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav. var. <i>ichu</i>	2	1	1	2	4	8	Si
<i>Leptochloa crinita</i> (Lag.) P.M. Peterson & N.W. Snow	2	1	1	2	4	8	
<i>Nassella tenuis</i> (Phil.) Barkworth	2	1	1	2	4	8	Si
<i>Pappostipa speciosa</i> (Trin. & Rupr.) Romasch.	2	1	1	2	4	8	Si
<i>Piptochaetium napostaense</i> (Speg.) Hack.	2	1	1	2	4	8	Si
<i>Thymophylla pentachaeta</i> (DC.) Small	2	1	1	2	4	8	

<i>Arjona patagonica</i> Hombr. & Jacq. ex Decne.	2	1	2	1	0	5	
<i>Euphorbia serpens</i> Kunth var. <i>microphylla</i> Müll. Arg.	2	2	1	1	0	5	
<i>Tagetes argentina</i> Cabrera	2	1	2	1	0	5	
<i>Zephyranthes jamesonii</i> (Baker) Nic. García & S.C. Arroyo	2	2	1	1	0	5	
<i>Bidens triplinervia</i> Kunth var. <i>triplinervia</i>	2	1	1	1	0	4	
<i>Dysphania multifida</i> (L.) Mosyakin & Clemants	2	1	1	1	0	4	
<i>Evolvulus sericeus</i> Sw. var. <i>sericeus</i>	2	1	1	1	0	4	
<i>Hoffmannseggia erecta</i> Phil.	2	1	1	1	0	4	
<i>Lepidium bonariense</i> L.	2	1	1	1	0	4	
<i>Monnina dictyocarpa</i> Griseb.	2	1	1	1	0	4	
<i>Poa ligularis</i> Nees ex Steud. var. <i>ligularis</i>	2	1	1	1	0	4	

Tabla 19: Resultados de Calificación de las especies Arbustivas y resultados de especies seleccionadas.

Especie	Crecimiento	Palatabilidad	PALATABILIDAD*2	Ausencia en la zona quemada	Rebrote	REBROTE*2	Reproducción	REPRODUCCIÓN*2	TOTAL POR ESPECIE	Selección (Si/No)
<i>Grindelia chilensis</i> (Cornel.) Cabrera	2	2	4	2	2	4	2	4	16	Si
<i>Mutisia retrorsa</i> Cav.	2	2	4	2	2	4	2	4	16	
<i>Senecio subulatus</i> D. Don ex Hook. & Arn. var. <i>subulatus</i>	2	2	4	1	2	4	2	4	15	Si
<i>Zuccagnia punctata</i>	1	2	4	2	2	4	2	4	15	
<i>Adesmia pinifolia</i> Gillies ex Hook. & Arn.	1	2	4	1	2	4	2	4	14	Si
<i>Condalia microphylla</i> Cav.	1	2	4	1	2	4	2	4	14	
<i>Salvia cuspidata</i> Ruiz & Pav. ssp. <i>gilliesii</i> (Benth.) J.R.I. Wood	1	2	4	1	2	4	2	4	14	
<i>Acanthostyles buniifolius</i> (Hook. & Arn.) R.M. King & H. Rob.	2	2	4	1	1	0	2	4	11	Si
<i>Brachyclados lycioides</i> D. Don	1	1	0	2	2	4	2	4	11	
<i>Chuquiraga ruscifolia</i> D. Don	1	1	0	2	2	4	2	4	11	Si
<i>Hyalis argentea</i> D. Don ex Hook. & Arn. var. <i>argentea</i>	2	1	1	1	2	4	2	4	11	Si
<i>Margyricarpus pinnatus</i> (Lam.) Kuntze	1	1	0	2	2	4	2	4	11	

<i>Prosopis flexuosa</i> DC. var. <i>depressa</i> F.A. Roig	1	1	0	2	2	4	2	4	11	Si
<i>Satureja parvifolia</i> (Phil.) Epling	1	1	0	2	2	4	2	4	11	
<i>Artemisia mendozana</i> DC. var. <i>mendozaana</i>	1	1	0	1	2	4	2	4	10	
<i>Junellia juniperina</i> (Lag.) Moldenke	1	2	4	1	2	4	1	0	10	
<i>Larrea nitida</i> Cav.	1	2	4	1	1	0	2	4	10	
<i>Menodora decemfida</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) A. Gray	1	1	0	1	2	4	2	4	10	
<i>Nassauvia axillaris</i> (Lag. ex Lindl.) D. Don	1	1	0	1	2	4	2	4	10	
<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera	1	2	4	1	1	0	2	4	10	Si
<i>Baccharis polifolia</i> Griseb.	2	2	4	1	1	0	1	0	7	
<i>Gutierrezia gilliesii</i> Griseb.	2	1	0	1	2	4	1	0	7	
<i>Lycium chilense</i> Miers ex Bertero var. <i>chilense</i>	2	1	0	1	1	0	2	4	7	
<i>Mulguraea aspera</i> (Gillies & Hook. ex Hook.) N. O'Leary & P. Peralta var. <i>longidentata</i> (Moldenke) N. O'Leary & P. Peralta	1	1	0	2	2	4	1	0	7	

<i>Aldama gilliesii</i> (Hook. & Arn.) E.E.Schill. & Panero	1	1	0	1	2	4	1	0	6	
<i>Berberis grevilleana</i> Gillies ex Hook. & Arn.	1	1	0	1	1	0	2	4	6	
<i>Bougainvillea spinosa</i> (Cav.) Heimerl	1	1	0	1	1	0	2	4	6	
<i>Ephedra multiflora</i> Phil. ex Stapf	1	1	0	1	1	0	2	4	6	
<i>Fabiana patagonica</i> Speg.	1	2	4	1	1	0	1	0	6	
<i>Mulguraea scoparia</i> (Gillies & Hook. ex Hook.) N. O'Leary & P. Peralta	1	2	4	1	1	0	1	0	6	
<i>Senna aphylla</i> (Cav.) H.S. Irwin & Barneby var. <i>aphylla</i>	1	1	0	1	1	0	2	4	6	
<i>Azorella prolifera</i> (Cav.) G.M. Plunkett & A.N. Nicolas	2	1	0	2	1	0	1	0	4	
<i>Acantholippia seriphioides</i> (A. Gray) Moldenke	2	1	0	1	1	0	1	0	3	
<i>Colliguaja integerrima</i> Gillies & Hook.	1	1	0	1	1	0	1	0	2	



PROPAGACIÓN DE ESPECIES SELECCIONADAS EN VIVERO

Para la obtención de plantines, si se decidiera la producción propia, se recomienda realizar una propagación de las especies en vivero. Para ello, se debe tener en cuenta:

- ❖ *Colecta de semillas:* Primero es necesario establecer tareas de recolección de semillas. Esto debe realizarse en sitios de referencia, en las épocas adecuadas para cada especie (según su fenología), teniendo en cuenta la recolección de semillas de diferentes individuos y poblaciones para obtener mayor diversidad genética. También debería considerarse que no se deben cosechar la totalidad de semillas de cada individuo para evitar afectar las poblaciones naturales, solo se debería recolectar hasta un 20% por individuo (Álvarez et al. 2021). Las semillas deben ser colectadas cuando se hallen completamente maduras fisiológica y estructuralmente. Este punto se alcanza cuando entran en la etapa de diseminación, siendo entonces este el momento ideal para la colecta. Una forma de guiarse es ver la facilidad con que las semillas se desprenden de la planta (Beider, 2012).
- ❖ *Limpieza y almacenamiento de semillas:* Las semillas colectadas deben separarse del fruto y deben limpiarse para eliminar impurezas. Además, pueden evaluarse su poder germinativo antes de ser almacenadas (Álvarez et al. 2021).
- ❖ *Tratamientos pregerminativos:* De ser necesario, pueden realizarse tratamientos pregerminativos como escarificación, estratificación fría- húmeda, remojo, lavado, hervir en agua, etc (Álvarez et al. 2021).
- ❖ *Siembra:* Primero se suele hacer una siembra en almácigos para posteriormente ser repicadas en los envases de producción final. Estas, se deben hacer en un sustrato adecuado, similar al del sitio donde van a ser plantadas (Azúa García et al. 2020).
- ❖ *Riego:* Los riegos luego de la siembra se deben realizar con una lluvia muy fina o usando un papel absorbente que permita la infiltración del líquido para no destapar las semillas y una vez germinadas para no dañar las plántulas. Se debe tratar de mantener constantemente húmedos los primeros centímetros de suelo (Álvarez et al. 2021).
- ❖ *Evaluación y monitoreo:* Periódicamente, se recomienda realizar una evaluación de los plantines en cuanto a su longitud (cm) y diámetro (cm) (Azúa García et al. 2020).
- ❖ *Aclimatación de las plántulas:* En el caso de haber producido las plantas en las cercanías del sitio de plantación esta acción no es necesaria. Sin embargo si no fueron producidas en el sitio de referencia se recomienda aclimatarlas al menos tres semanas en el sitio de plantación o sitios cercanos en condiciones de sombra con riego frecuente (Acero-Nitola et al. 2014).