

## Anexo 4

### **Manual para la evaluación de daños ambientales e impactos ocasionados por incendios forestales**

*En base a los aprendizajes obtenidos en los municipios de Rurrenabaque, San Borja (Beni), San Buenaventura, Palos Blancos (La Paz), Tiquipaya y Vinto (Cochabamba)*

#### **Contenido**

1.	Introducción .....	2
1.1	Objetivo del manual .....	2
1.2	Alcance .....	2
1.3	Marco normativo y conceptual .....	2
2.	Mapeo de actores y Diagnóstico situacional .....	6
2.1	Objetivos .....	6
2.2	Etapas del proceso .....	7
3.	Identificación de los criterios de priorización y definición de áreas de restauración y/o recuperación. ....	15
	Proceso metodológico para la obtención de áreas priorizadas para restaurar .....	16
	Selección de criterios para la restauración de áreas quemadas .....	18
	Asignación de ponderaciones a los criterios .....	24
	Clasificación e identificación de áreas afectadas. ....	28
4.	Buenas prácticas .....	32
5.	Consideraciones Adicionales .....	33

## 1. Introducción

### 1.1 Objetivo del manual

Este manual proporciona una guía detallada para la evaluación de daños ambientales e impactos generados por incendios forestales. Está basado en los aprendizajes obtenidos en los municipios de Rurrenabaque, San Borja (Beni), San Buenaventura, Palos Blancos (La Paz), Tiquipaya y Vinto (Cochabamba). Su objetivo es establecer un enfoque metodológico estructurado para la identificación de impactos ambientales, el mapeo de áreas prioritarias para la restauración y la implementación de estrategias de recuperación ecológica.

### 1.2 Alcance

Este manual es aplicable a diversos ecosistemas y contextos geográficos, permitiendo su adaptación a diferentes realidades ambientales y territoriales.

Está dirigido a un público amplio que incluye instituciones ambientales, técnicos en gestión de riesgos, investigadores, autoridades locales y comunidades afectadas, promoviendo una gestión integral y participativa en la evaluación de daños y recuperación de áreas impactadas por incendios forestales.

### 1.3 Marco normativo y conceptual

#### 1.3.1 Legislación y normativas relevantes sobre incendios forestales y evaluación de daños

La gestión de bosques y riesgos en Bolivia se fundamenta en un marco legal e institucional complejo y dinámico, que establece las normas, direcciona las prácticas y define las responsabilidades de los actores involucrados en la conservación, restauración y uso sostenible de los recursos forestales. Este marco abarca desde leyes fundamentales hasta regulaciones específicas, que en su conjunto buscan armonizar el desarrollo social, económico y ecológico del país.

**Tabla 1.** Marco legal

Norma/Instrumento	Principales disposiciones
<b>Constitución Política del Estado (CPE)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El Estado y la población tienen el deber de conservar, proteger y aprovechar de manera sostenible los recursos naturales (Art. 342).</li> <li>- Los bosques son estratégicos para el desarrollo y deben ser rehabilitados, conservados y usados de forma sustentable (Art. 386, 387).</li> <li>- Se declara imprescriptible la responsabilidad por daños ambientales (Art. 347).</li> </ul>
<b>Plan de Desarrollo Económico y Social 2021-2025</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El Pilar 9 promueve la soberanía ambiental y el desarrollo integral.</li> <li>- Meta 6: Aumentar la cobertura boscosa mediante reforestación, conservación de cuencas y restauración de áreas degradadas. Monitoreo y sanción de tala y quemas ilegales.</li> </ul>
<b>Ley de Medio Ambiente N° 1333 (Artículo 46)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los bosques y tierras forestales son de dominio del Estado, y su manejo debe ser sostenible.</li> <li>- Regula la conservación, producción, industrialización y comercialización de recursos forestales bajo un enfoque integral.</li> </ul>
<b>Ley de Gestión de Riesgos N° 602</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Define el marco institucional para prevenir, mitigar y recuperar áreas afectadas por riesgos naturales, socio-naturales y antrópicos.</li> </ul>

	- Regula acciones de alerta, respuesta y rehabilitación frente a desastres (artículo 1).
<b>Ley de Bomberos N° 449</b>	- Las ETAs deben elaborar mapas de riesgos y planes para prevenir y atender incendios forestales (artículo 28). - Las brigadas contra incendios están conformadas por instituciones públicas, privadas y voluntarios bajo un sistema de comando de incidentes (artículo 29).
<b>Ley Forestal N° 1700</b>	- Regula el uso sostenible y la protección de bosques y tierras forestales, asegurando un equilibrio entre intereses sociales, económicos y ecológicos (artículo 1).
<b>Ley de Uso y Manejo Racional de Quemados N° 1171</b>	- Define políticas de manejo integral del fuego, incluyendo quema planificada, prevención de incendios y rehabilitación de ecosistemas afectados. - Promueve el control social, corresponsabilidad y sanciona quemados no autorizados.

Fuente: Elaboración propia basada en información del Ministerio de Planificación del Desarrollo. 2025.

Este marco legal e institucional ofrece una base sólida para implementar proyectos de restauración ecológica en Bolivia, alineados con los principios de sostenibilidad, conservación y adaptación al cambio climático.

A continuación, se presenta un cuadro con las principales políticas, planes, programas, instrumentos y compromisos nacionales relevantes para el diagnóstico e implementación de iniciativas de recuperación y restauración de áreas afectadas por incendios forestales:

**Tabla 2.** Planes y programas relevantes

Documento	Resumen y enfoque principal
<b>Política Plurinacional de Cambio Climático</b>	Define lineamientos para restaurar áreas afectadas mediante reforestación, gestión sostenible de bosques y aplicación de conocimientos ancestrales combinados con tecnologías modernas. Promueve la resiliencia climática, la seguridad alimentaria y la conservación de la Madre Tierra, apoyándose en marcos legales como la Ley de Gestión de Riesgos.
<b>Estrategia Plurinacional para el Manejo Integral del Fuego (EPMIF)</b>	Aborda la prevención y restauración de áreas afectadas por incendios mediante la capacitación comunitaria, brigadas contra incendios y reforestación con especies nativas. Promueve la colaboración interinstitucional y el monitoreo continuo para mejorar la capacidad de respuesta y reducir el uso del fuego.
<b>Plan “Lucho Contra los Incendios”</b>	Combina prevención, control y restauración de áreas afectadas. Enfatiza la concientización social, la capacitación comunitaria y la cooperación internacional, proponiendo líneas estratégicas claras para guiar a entidades locales en la implementación de acciones sostenibles.
<b>Plan Nacional de Recuperación de Fauna y Flora Silvestre (PNRFF)</b>	Prioriza la restauración y repoblamiento de áreas afectadas con alta vulnerabilidad ecológica y social. Incluye diagnósticos participativos, estrategias específicas y financiamiento sostenible, involucrando a comunidades locales, ONGs y autoridades en un proceso inclusivo y resiliente.

<b>Mecanismo Conjunto de Mitigación y Adaptación</b>	Fomenta la participación activa de comunidades locales en la planificación de estrategias de restauración. Incluye capacitación técnica, manejo de recursos naturales y monitoreo continuo articulado con el Sistema de Información de la Madre Tierra.
<b>Plan Estratégico Institucional (PEI) de la APMT</b>	Promueve el uso de energías renovables, el manejo sostenible del agua y la regeneración de ecosistemas. Propone proyectos integrales de manejo forestal y alianzas interinstitucionales, alineándose con los objetivos de conservación energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
<b>Contribución Nacionalmente Determinada (CND) 2021-2030</b>	Bolivia se compromete a restaurar un millón de hectáreas y reducir en un 60% las áreas afectadas por incendios forestales para 2030. Alineada con los ODS, la CND promueve el desarrollo de capacidades, la transferencia tecnológica y el financiamiento internacional en armonía con la Madre Tierra.
<b>Decreto Supremo N° 2914 del 27 de septiembre de 2016</b>	La DGGDF coordina la prevención, control y combate de incendios con las ETAs y FFAA.  Las FFAA son responsables de formar brigadas locales y nacionales para el combate de incendios forestales.
<b>Resolución Ministerial N° 170 (Estrategia Plurinacional para el Manejo Integral del Fuego - EPMIF)</b>	Estrategia Plurinacional para el Manejo Integral del Fuego (EPMIF) con cuatro componentes: institucionalización, prevención, atención de emergencias y promoción de alternativas al uso del fuego.  La EPMIF tiene como objetivo prevenir y mitigar los incendios forestales mediante acciones como: (a) reducción de riesgos (prevención y control); (b) respuesta a emergencias (capacitación y rehabilitación); (c) promoción de alternativas al uso del fuego en actividades agropecuarias; y (d) coordinación interinstitucional para optimizar recursos humanos, técnicos y económicos.

Fuente: Elaboración propia (2025)

El marco institucional en Bolivia define las competencias y responsabilidades de diversas entidades gubernamentales y otros actores clave en la gestión y protección de los bosques, la prevención y control de incendios forestales, y la conservación ambiental. A continuación, se resumen las principales instituciones y sus atribuciones:

**Tabla 3.** Marco institucional

Institución	Funciones principales
<b>Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formular políticas para el desarrollo y prevención de riesgos forestales (DS N° 0429).</li> <li>- Incorporar medidas preventivas en la gestión de riesgos y contención de incendios forestales (Ley N° 602).</li> </ul>
<b>Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra (APMT)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Normar, promover, gestionar, implementar y monitorear la Política y el Plan Plurinacional de Cambio Climático a nivel nacional. Esto implica establecer las directrices y estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático en Bolivia, así como coordinar acciones con diferentes entidades y sectores.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollar, administrar, operar y ejecutar la Política y el Plan Plurinacional de Cambio Climático a través de mecanismos operativos. La APMT cuenta con equipos técnicos y financieros para implementar acciones concretas de mitigación y adaptación al cambio climático, en coordinación con entidades del nivel central del Estado, entidades territoriales autónomas y otras instancias.</li> <li>- Coordinar y articular el Sistema Plurinacional de Información y Monitoreo Integral de la Madre Tierra y Cambio Climático. Este sistema recopila y analiza información sobre los componentes, funciones ambientales y sistemas de vida de la Madre Tierra, incluyendo el impacto del cambio climático en diferentes sectores y territorios del país.</li> </ul>
<b>Dirección General de Gestión y Desarrollo Forestal (DGGDF)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñar políticas para el manejo integral y sustentable de los recursos forestales.</li> <li>- Implementar estrategias y programas para la prevención y control de riesgos forestales.</li> <li>- Coordinar brigadas locales de combate contra incendios.</li> </ul>
<b>Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierras (ABT)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fiscalizar y regular desmontes y quemas controladas.</li> <li>- Aplicar sanciones según la Reglamentación Especial de Desmontes y Quemas Controladas (R.M. 131/97).</li> </ul>
<b>Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Administrar y proteger las Áreas Protegidas.</li> <li>- Capacitar guardaparques en manejo del fuego y coordinar planes de preservación con municipios.</li> </ul>
<b>Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitorear y procesar información meteorológica e hidrológica.</li> <li>- Integrar datos ambientales relevantes para la gestión de riesgos.</li> </ul>
<b>Ministerio de Defensa (MD) y Viceministerio de Defensa Civil (VIDECI)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coordinar medidas para prevenir y mitigar emergencias, incluyendo incendios forestales.</li> <li>- Realizar acciones de respuesta inmediata en situaciones de desastre.</li> </ul>
<b>Fuerzas Armadas de Bolivia (FFAA)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proveer apoyo logístico y humano en emergencias, como incendios forestales.</li> <li>- Conformar brigadas de respuesta inmediata para el combate de incendios.</li> </ul>
<b>Policía Nacional - Unidad de Bomberos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prevenir y combatir incendios forestales.</li> <li>- Fiscalizar sistemas de prevención de incendios y realizar inspecciones técnicas.</li> </ul>
<b>Entidades Territoriales Autónomas (ETAs)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar mapas de riesgos y planes de prevención de incendios forestales.</li> <li>- Coordinar con instituciones como ABT y VIDECEI para la implementación de estos planes.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia (2025)

El marco institucional en Bolivia refleja una articulación entre entidades nacionales, locales y comunitarias. Cada institución cumple un rol estratégico en la gestión de los recursos forestales y la prevención de incendios, apoyándose en normativas específicas y estrategias como la EPMIF para garantizar un enfoque integral en la protección de los bosques y la biodiversidad del país.

### 1.3.2 Definiciones clave

- **Restauración ecológica:** es el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema degradado, dañado o destruido (SER, 2004). Se enfoca en la restauración de la estructura, función y resiliencia del ecosistema, adaptándose a las condiciones actuales en lugar de buscar su estado original. Este proceso está profundamente conectado con la conservación de la biodiversidad, el desarrollo sostenible y las interacciones socioecológicas (Navarro, 2021).
- **Resiliencia de ecosistemas:** la resiliencia se refiere a la capacidad de un ecosistema para absorber perturbaciones, reorganizarse y continuar desarrollando sus funciones esenciales frente a eventos extremos como incendios, sequías o enfermedades.
- **Factores clave en la restauración ecológica:** los proyectos de restauración dependen de factores como el contexto socioeconómico, las políticas públicas, los marcos legales, las características biofísicas del ecosistema (clima, suelo, biodiversidad) y las escalas espaciales y temporales.
- **Enfoque integral de restauración:** la restauración ecológica en Bolivia integra principios de conservación, conocimiento ancestral, innovación tecnológica y marcos legales. La participación activa de comunidades, la gestión sostenible de recursos y la articulación entre actores locales, nacionales e internacionales son fundamentales para garantizar la sostenibilidad y resiliencia de los ecosistemas restaurados.
- **Mapeo de actores:** proceso de identificación y caracterización de los individuos, grupos o instituciones que tienen un interés o influencia en una situación determinada.
- **Diagnóstico situacional:** evaluación sistemática de las condiciones actuales de un sistema o área específica, incluyendo sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.
- **Incendios forestales:** fuego que se propaga sin control en zonas boscosas, matorrales o pastizales, causando daños ambientales, económicos y sociales.

## 2. Mapeo de actores y Diagnóstico situacional

### 2.1 Objetivos

- Identificar a todos los actores relevantes involucrados en la gestión de los incendios forestales y la recuperación de las áreas afectadas.
- Comprender las relaciones y dinámicas de cooperación entre los actores.
- Evaluar los recursos disponibles y las necesidades existentes en el territorio.
- Diagnosticar los impactos de los incendios forestales en el medio ambiente, la economía y la sociedad.
- Identificar las oportunidades y desafíos para la recuperación y prevención de futuros incendios.



## 2.2 Etapas del proceso

### 2.2.1 Preparación

La fase de preparación incluye los siguientes pasos clave:

- **Revisión de información existente:** se recopila y analiza detalladamente la información relacionada con el municipio, antecedentes de incendios, instituciones locales y planes de gestión existentes. Esta información proporciona un marco contextual esencial para el proceso de priorización.
- **Definición del equipo de trabajo:** se conforma un equipo multidisciplinario con especialistas en ecología, gestión ambiental, SIG, ciencias sociales y planificación territorial. La diversidad de perfiles permite una evaluación integral de las condiciones ambientales y socioeconómicas del área de estudio.
- **Diseño de instrumentos de recolección de datos:** se elaboran guías de entrevistas y cuestionarios estructurados para recopilar información clave de actores locales, comunidades afectadas y expertos en restauración ecológica. Estos instrumentos facilitan la obtención de datos cualitativos y cuantitativos para complementar el análisis técnico.

### 2.2.2 Mapeo de actores

#### i. Identificación de actores

Se identifican dos tipos de actores clave en la gestión de incendios y restauración de ecosistemas:

- **Actores institucionales:** incluyen los Gobiernos Municipales, instituciones no gubernamentales, entidades del Estado y organizaciones sociales de pueblos indígenas e interculturales.
- **Actores locales:** comprenden específicamente a las comunidades afectadas por incendios forestales.

#### ii. Caracterización de actores

- **Gobiernos Municipales:** a través de sus unidades de gestión de riesgo y medio ambiente, tienen el rol de coordinar, monitorear y ejecutar acciones de control de quemas e incendios forestales, en colaboración con las comunidades y otras instituciones. Existe un interés municipal en promover el uso y manejo integral del fuego mediante quemas planificadas y controladas, así como en la rehabilitación de ecosistemas afectados. Sin embargo, sus capacidades de respuesta son limitadas debido a presupuestos insuficientes y escasez de personal técnico capacitado.
- **Instituciones no gubernamentales (ONGs):** brindan apoyo en la respuesta a eventos adversos en municipios donde tienen presencia operativa, como Rurrenabaque y San Buenaventura. En otros municipios, esta colaboración no se da debido a la ausencia de cobertura territorial de estas instituciones.
- **Instituciones del Gobierno Central:** entidades como los parques nacionales Madidi, Pílon Lajas y la Estación Biológica del Beni juegan un papel crucial en la gestión y respuesta ante incendios. Sus guardaparques están en la primera línea de acción, pero enfrentan limitaciones debido a la falta de apoyo logístico y presupuestario.
- **Comunidades locales:** son las más afectadas por los incendios y también las primeras en responder ante estos eventos. En algunos casos, reciben apoyo de instituciones municipales, departamentales y del Gobierno Central, pero a menudo deben organizarse y tomar medidas de

respuesta por su cuenta. Según testimonios locales, el apoyo gubernamental suele llegar cuando el daño ya está hecho y, en muchos casos, nunca se materializa.

### iii. Análisis de las relaciones entre actores

- **Relaciones entre Gobiernos Municipales y ONGs:** en municipios como Rurrenabaque y San Buenaventura, existe coordinación en la planificación y ejecución de acciones antes, durante y después de un evento de incendio.
- **Relaciones con instituciones del Estado:** la colaboración con entidades como parques nacionales, Defensa Civil y Fuerzas Armadas es estrecha en municipios como San Buenaventura y Rurrenabaque, tanto para la gestión de incendios como para la respuesta ante inundaciones.

## 2.2.3 Diagnóstico situacional

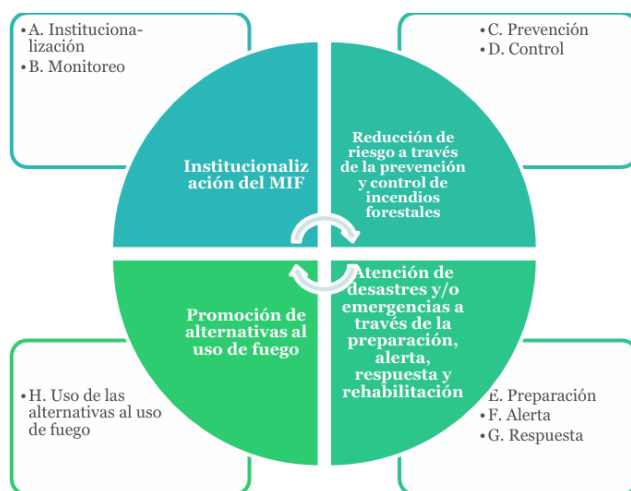
Se considera los siguientes temas principales:

### i. Análisis situacional

Identificar las fortalezas y limitaciones institucionales, ambientales, sociales y económicos de los incendios forestales, en base a los cuatro (4) componentes de la Estrategia Plurinacional para el Manejo Integral del Fuego (EPMIF), con el objetivo de conocer el estado de situación de los municipios y actores locales (Ver figura 1). Para ello se debe considerar las diferentes acciones:

- Recolección de información primaria y secundaria por medio de diálogos, mapas parlantes, entrevistas.
- Análisis de información con el método de Telaraña de Bersntein

**Figura 1: Criterios para la elaboración del diagnóstico situacional**





Fuente: Elaboración propia, 2025 en base a la EPMIF

### a. Recolección de información primaria y secundaria

Para la recolección de información primaria se puede realizar diferentes acciones como ser: entrevistas semi-estructuradas, diálogos con los actores locales, mapas parlantes, así como la recopilación y revisión bibliográfica. Para realizar las acciones descritas anteriormente, es necesario conocer el contenido de



cada componente de la EPMIF, así como los temas que deben ser tratados y/o fortalecidos, en ese entendido, a continuación, se tiene una breve explicación de cada componente y acciones clave a considerar, para realizar una valoración situacional del manejo integral del fuego a nivel municipio.

Componente de la EPMIF	Descripción
<p><b>Institucionalización del Manejo Integral del Fuego (MIF)</b></p> 	<p>Las acciones de prevención, control y alternativas al uso del fuego tienen que ser incluidas y apropiadas por los diferentes niveles del Estado Plurinacional de Bolivia, según lo establece el DS N° 2914 para que el tema “fuego” no sea una actividad que solo sea asumida por emergencia, sino como un componente permanente, mediante planificación de acciones enfocadas al Manejo Integral del Fuego (MIF), para lograr mayores resultados en la reducción y mitigación de los incendios forestales y quemas descontroladas.</p> <p>Para este componente es importante conocer si los municipios se encuentran fortalecidos en el manejo integral del fuego, esto implica contar con: i) Unidad de Gestión de Riesgos con presupuesto para la atención de los mismos, ii) acciones de monitoreo y alerta temprana, iii) normas municipales y locales, iv) coordinación interinstitucional, entre otros, estos aspectos son importantes para determinar el nivel de institucionalización del MIF.</p>
<p><b>Reducción de riesgos a través de la prevención y control de incendios forestales</b></p> 	<p>Los incendios forestales mayormente son causados por acciones humanas, que se salen de control y pueden afectar bosques y superficies con cobertura vegetal. Las actividades agropecuarias son prácticas realizadas por pequeños y grandes productores, las cuales de no ser realizadas correctamente pueden ocasionar daños irreparables. La sociedad también debe ser concientizada sobre esta problemática, debido a que la prevención de incendios y protección de la Madre Tierra es responsabilidad de todos.</p> <p>Para este componente es importante conocer si los municipios se encuentran fortalecidos en temas de prevención y control, considerando: i) implementación de programas de comunicación o campañas de sensibilización y/o difusión sobre las causas, consecuencias y medidas de prevención de los incendios forestales, ii) presupuesto que conlleva estas acciones, iii) alianzas estratégicas con ONGs, fundaciones, instituciones gubernamentales para aunar esfuerzos en estos espacios, iv) conformación de brigadas forestales conformadas, capacitadas y equipadas; estos aspectos son importantes para determinar el nivel de avance del componente 2 reducción de riesgo a través de la prevención y control de incendios forestales.</p>
<p><b>Atención de desastres y/o emergencias a través de la preparación, alerta,</b></p>	<p>Los procedimientos para la atención de desastres o emergencias, que sean de manera directa o para la gestión de recursos o declaratorias de emergencias, deben ser manejados por los actores</p>

Componente de la EPMIF	Descripción
<b>respuesta y rehabilitación</b> 	<p>clave ante la presencia de un incendio forestal y/o quema descontrolada, de acuerdo con la norma vigente.</p> <p>Al respecto las consideraciones para determinar el grado de avance de este componente, se debe considerar: i) Planes de contingencia y emergencia municipal; ii) presupuesto asignado para estos planes; iii) activación del comité de operaciones de emergencia municipal; iv) base de datos e información de la ocurrencia de incendios forestales; v) identificación de las áreas afectadas por incendios forestales; vi) acciones de respuesta inicial a los incendios forestales y vii) medir el grado de efectividad de implementación de los planes de contingencia.</p>
<b>Promoción de Alternativas al uso del fuego en las prácticas agropecuarias a través de parcelas demostrativas y/o implementaciones piloto</b> 	<p>En la agricultura y ganadería, las prácticas tradicionales que llevan a cabo tanto pequeños como grandes productores para la habilitación de tierras, casi en su totalidad recurren al uso del fuego, lo cual resulta un riesgo en caso de que este se salga de control, aun teniendo la capacitación necesaria. Las alternativas al uso del fuego, además de ser una medida de prevención, son acciones enfocadas a lograr un desarrollo productivo sustentable para las comunidades rurales y promover la conservación de los bosques y las funciones ambientales.</p> <p>Al respecto las consideraciones para determinar el grado de avance de este componente, se debe considerar: i) evaluación de daños y necesidades; ii) plan de recuperación o restauración de áreas afectadas por incendios forestales; iii) lecciones aprendidas en la atención de incendios forestales; iv) identificar acciones para mejorar la resiliencia de las comunidades.</p>

Este conjunto de componentes, están relacionados y se complementan para lograr que el Manejo Integral del Fuego (MIF), se consolide dentro de las políticas públicas nacionales, departamentales y municipales, y sea una herramienta eficaz para la prevención y reducción de los incendios forestales y los daños que provocan.

## b. Análisis de información con el método de Telaraña de Bersntein

En base a la información que se recopila respecto a los cuatro (4) componentes de la EPMIF, se puede identificar indicadores y co-indicadores relevantes asignando una ponderación de valoración, en el marco del método de “Telaraña de Bersntein”, el cual, es un procedimiento que permite visualizar las condiciones de los municipios y actores locales en relación a una “situación ideal”; representando los valores obtenidos a través del diagrama de radios y los criterios analizados, este procedimiento, ayuda a determinar el estado situacional de cada municipio.

**Figura 2: Ejemplo de indicador y co-indicadores con ponderación para la valoración de estado situacional de un municipio.**

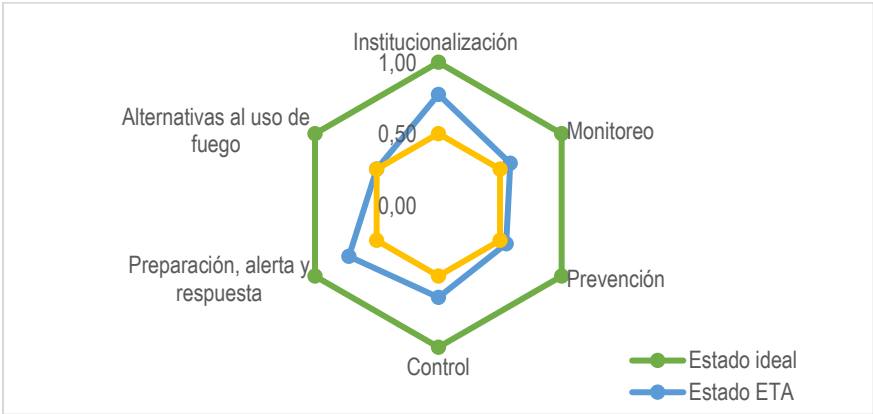
**C. Prevención**

$$C = (i*30\%)/3+(ii*35\%)/3+(iii*35\%)/3$$

COINDICADOR	PONDERACIÓN 100%				
i) Se cuenta con un programa de comunicación, iniciativas o campañas sensibilización relacionada a la prevención de incendios forestales	30%	No se ha desarrollado un programa, iniciativa o campaña se sensibilización	Se tiene planificado elaborar un programa, iniciativa o campaña de sensibilización	Se ha elaborado un programa, iniciativa o campaña de sensibilización pero se no se aplica de manera óptima	Se tiene un programa, iniciativa o campaña de sensibilización y el mismo se aplica de manera óptima
<b>Nivel de desempeño</b>		0	1	2	3
ii) Formación y capacitación de actores institucionales y de comunidades locales en el manejo integral del fuego, prevención y organización para el control de incendios forestales	35%	No se ha realizado ninguna actividad de formación y capacitación	Se ha realizado talleres de capacitación a los técnicos de la institución	Se ha realizado talleres de sensibilización a las comunidades	Se ha realizado talleres de capacitación a los técnicos de la institución y a las comunidades
<b>Nivel de desempeño</b>		0	1	2	3
iii) Se cuenta con programas de capacitación sobre el manejo integral del fuego y formación de brigadas forestales	35%	No se ha desarrollado un programa de capacitación sobre MIF y brigadas forestales	Se tiene planificado elaborar un programa de capacitación	Se ha elaborado un programa de capacitación, pero no se aplica de manera óptima	Se tiene un programa, de capacitación y el mismo se aplica de manera óptima
<b>Nivel de desempeño</b>		0	1	2	3

Fuente: Elaboración propia, 2025.

**Figura 3: Ejemplo de Diagrama Telaraña de Bersnstein de un municipio.**






Fuente: Elaboración propia, 2025.

Estos diagramas utilizados, permiten realizar un análisis situacional de un municipio respecto a las limitaciones y fortalezas, en temas relacionados al MIF, siendo esta una herramienta importante para la toma de decisiones y definir acciones clave para la mejora de los mismos.

**2.2.4 Identificación de necesidades**

En base al diagnóstico realizado, se ha definido un conjunto de procedimientos para la evaluación de capacidades en distintos niveles organizativos, con el fin de facilitar la toma de decisiones y la implementación de planes y acciones de mejora. Determinando las necesidades de las comunidades afectadas, las instituciones y los ecosistemas.




Necesidades identificadas	Descripción de procedimientos
<b>Necesidades de las Comunidades Afectadas</b>	

Necesidades identificadas	Descripción de procedimientos
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Coordinar con las autoridades locales para identificar comunidades vulnerables, así como las áreas más afectadas por incendios forestales.</li> <li>2. Aplicar entrevistas para conocer necesidades prioritarias por las comunidades afectadas.</li> <li>3. Desarrollar mesas técnicas con los actores locales como ser: comunidades con mayor afectación, instituciones locales como ser: el GAM, ABT, SERNAP, entre otros.</li> <li>4. Sistematizar datos e identificar las principales necesidades, considerando el objetivo común que es la recuperación y/o restauración de las áreas afectadas por incendios forestales.</li> </ol>
<p><b>Necesidades de Instituciones</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar acciones para una adecuada coordinación y articulación interinstitucional.</li> <li>2. Evaluar la capacidad operativa de brigadas forestales municipales y comunales y organismos de respuesta. Gestión de financiamiento para equipamiento.</li> <li>3. Identificar recursos requeridos para fortalecer la gestión de incendios forestales.</li> <li>4. Proponer planes de capacitación y mejora institucional.</li> <li>5. Proponer programas de prevención, concientización y sensibilización.</li> <li>6. Identificar viveros forestales municipales, que pueden ser fortalecidos para la producción de plantines forestales, frutales, entre otros.</li> </ol>
<p><b>Necesidades de los Ecosistemas</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir de manera participativa y consensuada las áreas priorizadas por la afectación de incendios forestales, para implementar acciones de recuperación y/o restauración.</li> <li>2. Diseñar planes de acción considerando un análisis de técnico, social, ambiental y económico.</li> <li>3. Monitorear la recuperación de las áreas priorizadas a mediano y largo plazo.</li> </ol>


La identificación de necesidades a nivel comunal, institucional y de ecosistemas tras un incendio forestal, debe ser un proceso coordinado, basado en evidencia y con enfoque integral. La información recolectada permite diseñar planes de acción efectivos de recuperación y restauración de las áreas afectadas, así como identificar acciones preventivas para evitar futuros eventos adversos.

### 2.2.5 Evaluación de capacidades

En base al diagnóstico realizado y mesas de trabajo implementadas, se ha definido diferentes procedimientos para la evaluación de capacidades en distintos niveles organizativos, con el fin de analizar las capacidades institucionales y comunitarias para responder a los incendios forestales y promover la recuperación.

Acciones identificadas	Descripción
<b>Evaluación Organizacional</b> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diagnóstico situacional donde se identifica las capacidades institucionales y operativas, del municipio.</li> <li>2. Identificación de limitaciones en recursos, tecnología y formación.</li> <li>3. Identificación de acciones en respuesta a los incendios forestales.</li> </ol>
<b>Evaluación de Capacidades Comunitarias</b> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificación de conocimientos ancestrales y prácticas comunitarias en prevención y respuesta ante incendios forestales.</li> <li>2. Diagnóstico situacional donde se identifica los recursos locales para la atención de emergencias.</li> <li>3. Identificación de acciones de formación y sensibilización comunitaria.</li> <li>4. Identificación de normativas locales para la atención de incendios forestales.</li> </ol>
<b>Evaluación de capacidades para la respuesta y/o recuperación ante incendios forestales</b> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar acciones de comunicación y coordinación con los organismos responsables de la respuesta a incendios forestales.</li> <li>2. Análisis de implementación de los planes de contingencia y emergencia y sus protocolos de actuación.</li> <li>3. Revisión de disponibilidad y operatividad de equipos, recursos y materiales.</li> </ol>
<b>Definición de fortalecimiento de capacidades</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elaboración de un plan de acción con metas y plazos definidos.</li> </ol>



Acciones identificadas	Descripción
	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Diseño de planes de capacitación y fortalecimiento de habilidades en temas como: prácticas de quema controlada, chaqueo sin quema, alternativas productivas al uso del fuego, entre otros.</li> <li>3. Intercambio de experiencias de buenas prácticas, para promover replicabilidad</li> </ol>

La evaluación de capacidades es fundamental para la mejora continua de la respuesta y recuperación ante incendios forestales. Es clave fortalecer las acciones de capacitación y concientización para aumentar la resiliencia de las comunidades y mejorar el manejo integral del fuego. Asimismo, la colaboración entre actores gubernamentales, comunitarios y organizaciones especializadas, es esencial para una adecuada articulación y evitar duplicidades de acciones y lograr una respuesta eficiente y sostenible ante los incendios forestales.

### 2.2.6 Análisis de vulnerabilidad

En este acápite se debe identificar los factores que aumentan la vulnerabilidad del territorio ante los incendios forestales, estos pueden variar de acuerdo al territorio, como ejemplo se describen lo siguiente:

#### ○ Factores ambientales

- Sequías prolongadas y disminución de precipitaciones.
- Aumento de temperaturas debido al cambio climático.
- Presencia de vegetación inflamable y acumulación de material seco.

#### ○ Factores socioeconómicos

- Expansión de zonas urbanas en áreas forestales.
- Falta de educación ambiental y cultura de prevención.
- Actividades humanas como quemas agrícolas y deforestación.

#### ○ Factores institucionales

- Deficiencia en el manejo integral del fuego.
- Falta de recursos humanos, económicos, infraestructura y equipamiento para la prevención y control de incendios forestales.
- Insuficiente coordinación y articulación entre instituciones de respuesta.

Los incendios forestales representan una amenaza creciente debido a la combinación de factores ambientales, socioeconómicos e institucionales. El cambio climático y la acumulación de material inflamable incrementan la frecuencia y severidad de los incendios forestales, mientras que la expansión de la frontera agrícola, así como los asentamientos humanos y la falta de cultura de prevención aumentan la exposición de las comunidades locales. Además, la limitada infraestructura para la atención de este evento adverso y la respuesta ante emergencias, debilita la capacidad de mitigación y recuperación. Para reducir la vulnerabilidad del territorio, es fundamental fortalecer la educación ambiental, mejorar la coordinación interinstitucional y dotar de recursos adecuados a las instancias responsables del manejo integral del fuego.



### 3. Identificación de los criterios de priorización y definición de áreas de restauración y/o recuperación.

#### 3.1. Revisión de estudios de casos

La identificación de áreas prioritarias para la restauración ecológica es un proceso fundamental en la gestión ambiental, especialmente en regiones afectadas por perturbaciones como incendios forestales. Para ello, diversos estudios han desarrollado metodologías basadas en la evaluación de variables biofísicas, climáticas y socioeconómicas, con el objetivo de optimizar los esfuerzos de recuperación del ecosistema.

Se analizaron diferentes enfoques metodológicos empleados para la selección de estas áreas, considerando criterios como la severidad del daño ambiental, la vulnerabilidad del territorio, la disponibilidad de recursos naturales y la accesibilidad para la implementación de estrategias de restauración. Los estudios revisados utilizan herramientas como el análisis multicriterio, los sistemas de información geográfica (SIG) y la teledetección, permitiendo una evaluación integral de las condiciones del paisaje.

A través de la revisión bibliográfica, se identificaron las variables y métodos de priorización utilizados en diferentes contextos geográficos. Con esta información, se elaboró la Tabla 1, donde se detallan los proyectos y artículos que han desarrollado procesos metodológicos para la identificación de áreas de restauración. Esta tabla permite comparara, criterios y herramientas empleadas en distintos estudios.

**Tabla 4: Casos de estudio para la identificación de áreas priorizadas.**

Estudio/Referencia	Método de análisis	Variables utilizadas	Criterios de priorización	Resultados principales
<b>Criterios para decisiones de restauración en áreas quemadas del Bosque Chiquitano (Uyuni, 2023)</b>	Análisis de decisión multicriterio	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Impacto: Severidad y recurrencia de incendios</li> <li>Biofísico: Cobertura forestal afectada</li> <li>✓ Socioeconómico: Accesibilidad a poblaciones y vías de acceso</li> </ul>	Prioridad media, alta y muy alta (departamental, municipal y áreas protegidas)	Identificación de áreas de restauración asistida
<b>Áreas prioritarias para restauración ecológica en la región Chignahuapan-Zacatlán (Gómez y Barredo, 2005)</b>	Proceso Analítico Jerarquizado (PAJ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Clima: Precipitación</li> <li>✓ Suelo: Textura, profundidad, erosión, permeabilidad y humedad</li> <li>✓ Topografía: Pendiente</li> <li>Cobertura vegetal: Uso del suelo, vegetación secundaria y densa</li> <li>✓ Perturbación: Proximidad a caminos y localidades.</li> </ul>	Cinco niveles de prioridad (S1-S5)	Identificación de áreas prioritarias de restauración en Chignahuapan-Zacatlán

<b>Chuvieco (2008)</b>	Modelado cartográfico con SIG	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zonas urbanas</li> <li>Infraestructura vial</li> <li>Cuerpos de agua</li> <li>Uso del suelo</li> </ul>	Mapa de áreas prioritarias con verificación en campo	Creación de mapas de restauración con restricciones y validación en 98 puntos aleatorios
<b>Teledetección aplicada al análisis de impactos ecosistémicos generados por incendios en Córdoba, Argentina (2020) (2020); Valente et al. (2021)</b>	Evaluación Multicriterio (EMC) con SIG	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evapotranspiración (ET)</li> <li>Índice de vegetación normalizado (NDVI)</li> <li>✓ Temperatura superficial (LST)</li> <li>✓ Albedo</li> <li>✓ Densidad poblacional</li> <li>✓ Proximidad a caminos</li> <li>✓ Pendiente del terreno</li> <li>✓ Tipo de cobertura vegetal</li> </ul>	Cuatro niveles de prioridad (Alta, Moderada, Baja y Muy Baja)	Clasificación de áreas afectadas en Córdoba, Argentina, priorizando bosques y zonas de alta severidad

Fuente: Elaboración propia, 2025.

### 3.2. Análisis multicriterio

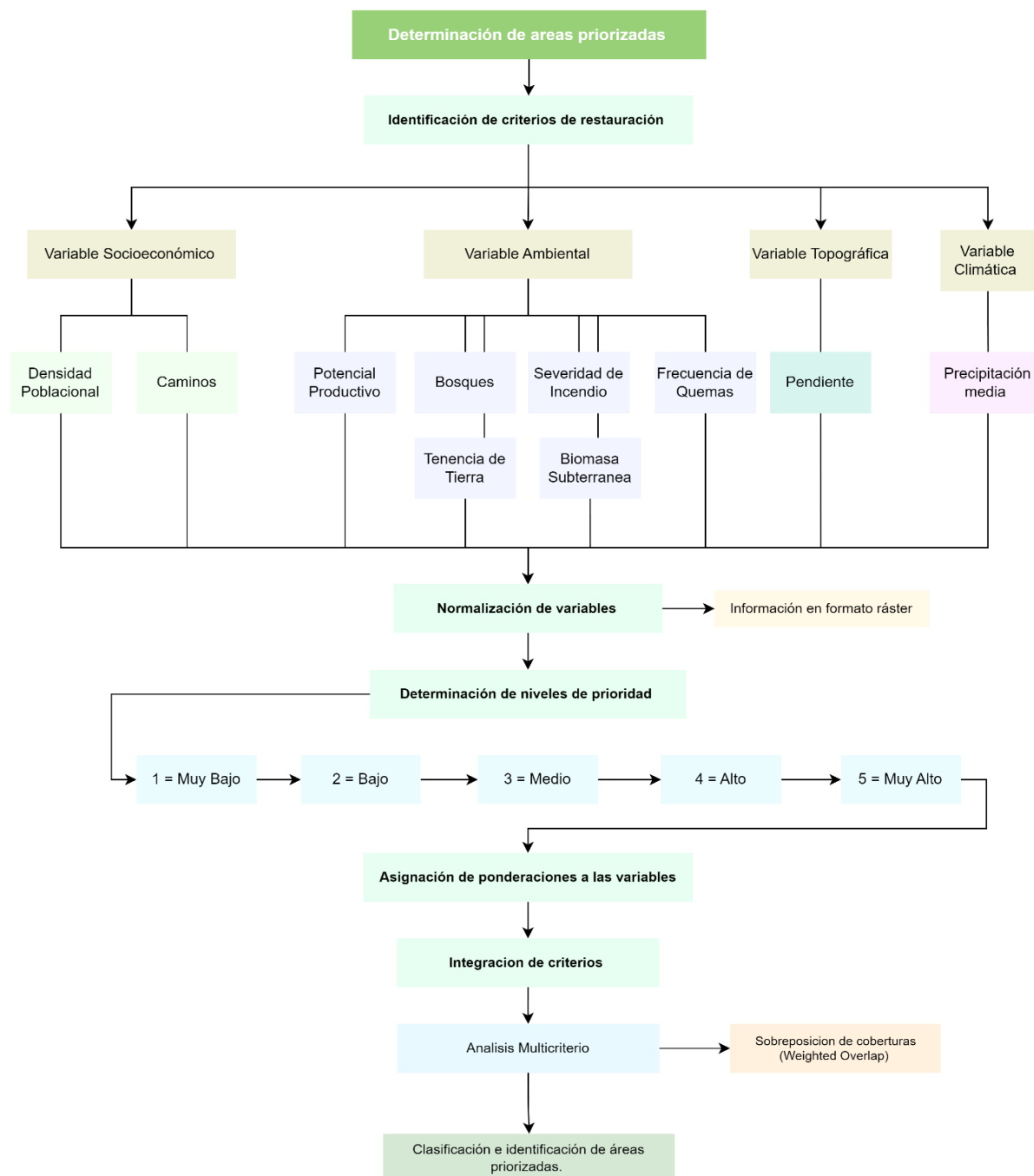
El análisis multicriterio es una de las metodologías más adecuadas para la identificación de áreas prioritarias en la gestión del territorio (Mendoza & Martins, 2006; Uribe et al., 2014; Lopes et al., 2020; Valente et al., 2021). Esta metodología está basada en la habilidad de caracterizar el paisaje mediante diversas variables, criterios o atributos e integrar opiniones de expertos y del público interesado para establecer ponderaciones diferenciales según su importancia relativa que, finalmente, definirán las mejores alternativas de decisión (Uribe et al., 2014; Valente et al., 2017, 2021; Lopes et al., 2020).

#### Proceso metodológico para la obtención de áreas priorizadas para restaurar

La metodología utilizada para la identificación de áreas de restauración sigue un enfoque estructurado que combina el análisis espacial con la evaluación de datos ambientales y criterios técnicos basados en evidencia científica. A través de la integración de información geoespacial, el modelado de impactos y la validación en campo, se determinaron las zonas prioritarias para la restauración.

A continuación, se presenta un diagrama de trabajo detallando los pasos del proceso metodológico, cada etapa es fundamental para obtener las áreas priorizadas.

**Figura 4: Proceso metodológico para la obtención de áreas priorizadas.**



Fuente: Elaboración propia (2025)

## Selección de criterios para la restauración de áreas quemadas

La selección de criterios para la restauración de áreas quemadas es un proceso que permite priorizar las zonas afectadas y definir estrategias para la recuperación. Estos criterios deben considerar factores ambientales, hidrológicos y socioeconómico, considerando un enfoque integral. Con toda la información de referencia, se ha seleccionado cuatro variables generales y diez subvariables, cada una con características específicas que contribuirán a la identificación de las áreas prioritarias para la restauración

Para esta selección, se determina dos etapas iniciales las cuales son:

- ✓ Identificación de criterios
- ✓ Recolección de datos

### a) Identificación de criterios

Se consideraron diez subvariables con el objetivo de obtener resultados alineados con las condiciones reales del área de estudio. La cantidad de criterios a evaluar dependerá del objetivo específico del proyecto, por lo que pueden ajustarse según las necesidades y particularidades del sitio.

A continuación, se presenta una descripción de cada subvariable y su función dentro de la identificación de las áreas prioritarias para la restauración.

### Variables socioeconómicas

Dentro de la variable socioeconómica, se consideran la densidad poblacional y los caminos, que son parte inicial del proceso metodológico.

- **Densidad Poblacional:** Es un factor importante en la incidencia de incendios forestales, debido que influye en la presión antrópica sobre los ecosistemas. Estudios han demostrado que las áreas con mayor densidad de población presentan una mayor frecuencia de incendios debido al uso del fuego en actividades agrícolas, expansión urbana y otras actividades humanas (Syphard et al., 2007).
- **Caminos:** Este criterio juegan un papel dual en la dinámica de incendios forestales. Por un lado, facilitan el acceso de las comunidades y actividades humanas, incrementando la probabilidad de ignición debido a quemas agrícolas, caza o actividades recreativas. Además, se ha observado que la proximidad a carreteras primarias y secundarias está correlacionada con una mayor incidencia de incendios en zonas tropicales y subtropicales (Cochrane & Laurance, 2002).

### Variables ambientales

Para la variable ambiental, se consideran aproximadamente 6 subvariables, las cuales son:

- **Potencial Productivo:** Está relacionado con la acumulación de biomasa y la capacidad de regeneración de la vegetación post-incendio. Suelos con mayor fertilidad favorecen un crecimiento acelerado de la vegetación, lo que a largo plazo puede aumentar la carga de combustible disponible para incendios futuros (Pausas & Keeley, 2009).
- **Bosques:** Los incendios forestales afectan de manera diferencial a los distintos tipos de bosques, dependiendo de su estructura, composición y régimen de humedad. Los bosques tropicales, por ejemplo, son altamente vulnerables a la fragmentación y degradación inducida por el fuego, lo que puede alterar su dinámica ecológica y provocar cambios irreversibles en su resiliencia (Cochrane, 2003).

- **Severidad de Incendios:** Se mide por su impacto sobre la vegetación y el suelo, afectando la regeneración del ecosistema post-incendio. Factores como la intensidad del fuego, la duración del evento y la disponibilidad de combustible determinan la severidad (Key & Benson, 2006).
- **Frecuencia de Quemaz:** La frecuencia de incendios define el régimen de fuego de un ecosistema y su capacidad de recuperación. En áreas donde los incendios son recurrentes, los cambios en la composición de especies pueden favorecer la expansión de especies pirófitas y la reducción de biodiversidad (Bond & Keeley, 2005). Además, la repetición de incendios en cortos períodos puede impedir la recuperación de la biomasa, afectando la dinámica del carbono en el ecosistema (Pausas et al., 2017).
- **Tenencia de Tierra:** El régimen de tenencia de la tierra influye en la gestión del territorio y el uso del fuego. Se ha encontrado que áreas con propiedad comunal o sin un manejo claro presentan mayor incidencia de incendios debido a prácticas agrícolas no reguladas y conflictos por el uso del suelo (Bowman et al., 2011).
- **Biomasa Subterránea:** Comprende raíces, rizomas y otros órganos de almacenamiento de plantas, desempeñando un papel crucial en la resiliencia de los ecosistemas ante incendios. Su dinámica está influenciada por factores como la disponibilidad de nutrientes, humedad del suelo y la frecuencia de perturbaciones por fuego. En ecosistemas propensos a incendios, muchas especies desarrollan estrategias adaptativas como raíces profundas o rizomas resistentes al calor, permitiendo la regeneración post-incendio (Canadell & Zedler, 1995).

### Variable topográfica

Dentro de variable topográfica se considera la siguiente subvariable:

- **Pendiente:** Influye en la velocidad y dirección de propagación del fuego, debido que determina la transferencia de calor por radiación y convección. En terrenos con pendientes pronunciadas, los incendios tienden a propagarse más rápidamente cuesta arriba debido al efecto de presecado del combustible (Rothermel, 1972).

### Variable climática

Finalmente, para la variable climática se considera la siguiente subvariable:

- **Precipitación media:** La precipitación media anual influye en la disponibilidad de humedad en la vegetación y el suelo, afectando la ocurrencia e intensidad de incendios. En regiones con precipitaciones estacionales, períodos secos prolongados pueden aumentar la inflamabilidad del combustible vegetal (Abatzoglou & Williams, 2016).

### Recopilación de datos geográficos

La obtención de datos para las 10 subvariables analizadas se realizó mediante la identificación de plataformas públicas de acceso libre, detalladas en la Tabla 2 (Fuentes de Información), que proporcionan información validada por fuentes oficiales.

El acceso a los datos se realizó mediante descarga directa desde las plataformas identificadas y el uso de interfaces de programación de aplicaciones (API), lo que permitió obtener información específica. Posteriormente, se validó la integridad de los datos, asegurando que estuvieran completos y libres de incoherencias, para luego organizarlos y almacenarlos de manera estructurada.

**Tabla 5: Fuentes de información para la obtención de datos.**

Variable		Fecha	Fuente
<b>Variable socioeconómicos</b>	Densidad Poblacional	2012	Instituto Nacional de Estadística
	Caminos	2012	Ministerio de Desarrollo Rural y Tierra
<b>Variable Ambiental</b>	Potencial Productivo	2018	Viceministerio de Políticas de Industrialización
	Bosques	2022	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
	Severidad de Incendio	2023	Generado a partir de Google Earth Engine
	Frecuencia de quemas	2016 - 2022	SIMB
	Tenencia de Tierra	2018	INRA
	Biomasa subterránea	2022	Global Forest Watch (GFW)
<b>Variable topográfica</b>	Pendiente	2016	Generado a partir de ALOS PALSAR con una resolución de 12.5m
<b>Variable climática</b>	Precipitación media (mm)	2012-2022	NASA POWER

Fuente: Elaboración propia, 2025.

### Normalización de variables

La normalización de variables en un análisis espacial permite estandarizar la información en una misma escala y formato, facilitando su integración en modelos de evaluación multicriterio. En este estudio, todas las variables fueron procesadas y convertidas a formato ráster, asegurando una resolución espacial uniforme de 12.5 metros.

Para llevar a cabo este procesamiento, se utilizó el software ArcGIS, una herramienta de Sistemas de Información Geográfica (SIG) diseñada para la recopilación, gestión, análisis y visualización de datos geoespaciales.

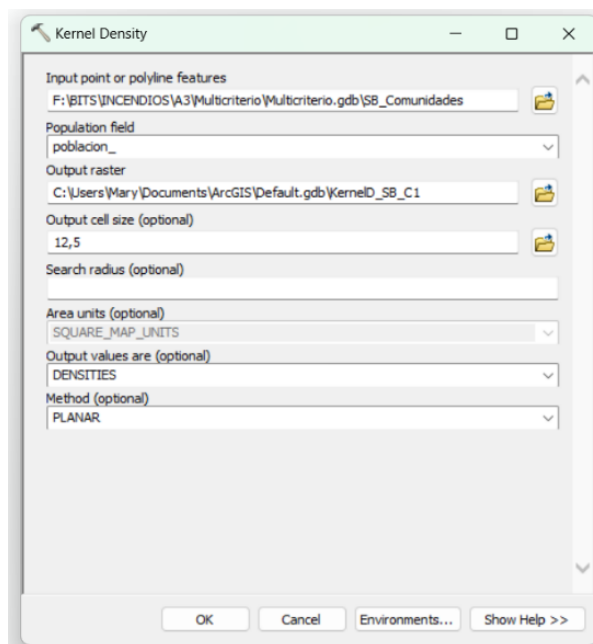
A continuación, se describe el geoprocesamiento aplicado a cada subvariable, utilizando las herramientas disponibles en el software y considerando únicamente el área de estudio definida.

- a) Densidad Poblacional:** Para generar la densidad poblacional, se partió de datos de comunidades representados en formato de puntos, donde cada punto corresponde a una localización específica de población. Utilizando la herramienta **Kernel Density** (Densidad de Kernel) disponible en el software, se creó una superficie ráster continua que representa la concentración de población en el área de estudio.

Así mismo, en la configuración de parámetros, se define un tamaño de celda del ráster de 12.5 metros, y que esta resolución espacial sea consistente y parametrizada con toda la información utilizada en el estudio.



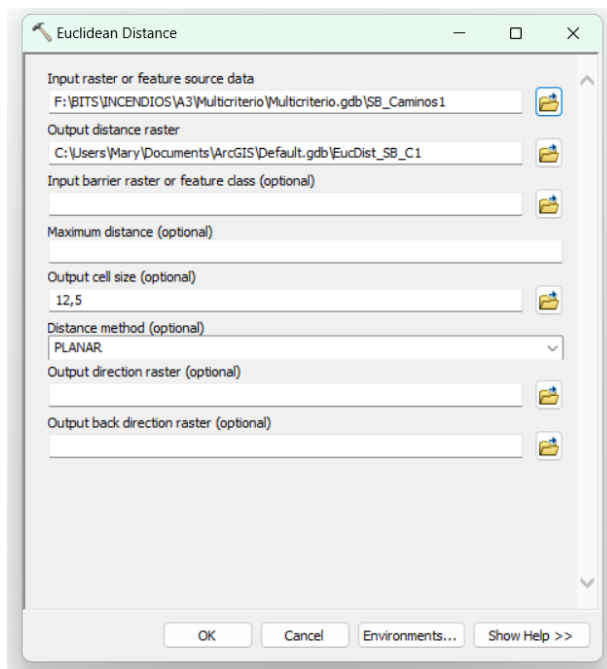
**Figura 5: Herramienta de Kernel Density.**



Fuente: Elaboración propia, 2025.

- b) **Caminos:** Se partió de datos vectoriales en formato de línea, aplicando la herramienta **Euclidean Distance** para calcular la distancia a la infraestructura vial más cercana.

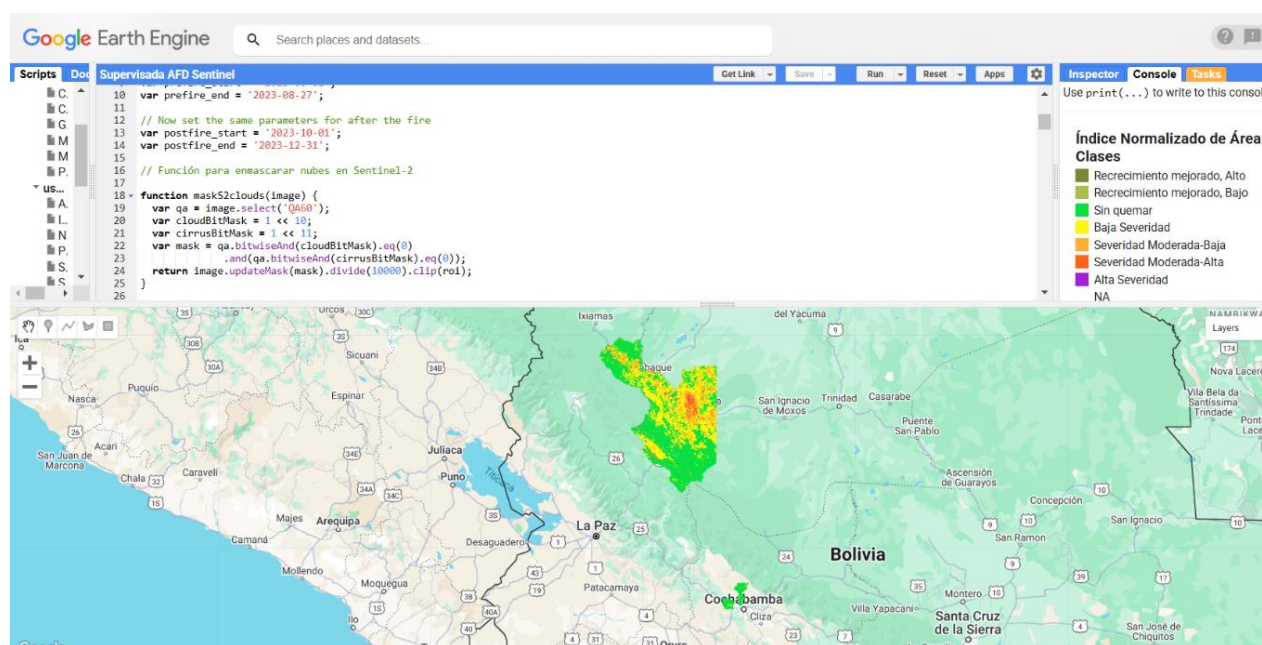
**Figura 6: Herramienta de Euclidean Distance.**



Fuente: Elaboración propia, 2025.

- c) **Potencial Productivo:** A partir de los datos en formato vectorial, se realizó una reclasificación de acuerdo con las categorías preestablecidas para cada tipo de potencial. Posteriormente, se convirtió la capa a formato ráster con una resolución de 12.5 m, asegurando su compatibilidad con las demás variables.
- d) **Bosques:** Se utilizó una capa vectorial de cobertura forestal, la cual fue transformada a ráster mediante la herramienta de **Ráster to Polygon**.
- e) **Severidad de Incendio:** Para esta variable, se emplearon imágenes Sentinel-2 procesadas en Google Earth Engine (GEE), donde se aplicó un código para calcular el índice dNBR (differenced Normalized Burn Ratio) y determinar la magnitud del impacto del fuego. Se utilizaron imágenes pre y post incendio correspondientes al año 2023, obteniendo un ráster con valores de severidad que reflejan el grado de afectación en la vegetación, en la figura 4 se puede observar el script utiliza para obtener esta variable.

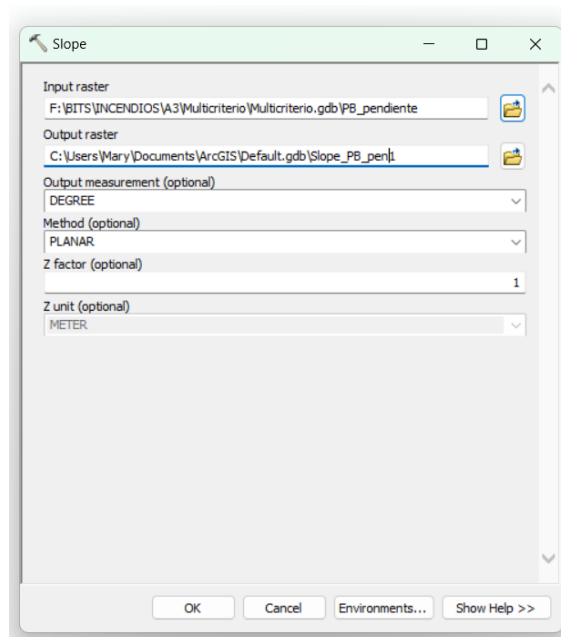
**Figura 7: Script para obtener Niveles de Severidad en Google Earth Engine.**



Fuente: Elaboración propia, 2025.

- f) **Frecuencia de Quemas:** Se utilizaron coberturas vectoriales de los incendios ocurridos en los últimos 6 años, obtenidas del Sistema de Información de Monitoreo de Bosques (SIBM). Y como siguiente paso mediante la herramienta de **unión**, se fusionaron las coberturas vectoriales de incendios en una sola capa, consolidando la información de todos los eventos registrados. Y finalmente la capa vectorial fusionada se convirtió a formato ráster, asignando valores que representan la cantidad de veces que una misma área ha sido afectada por incendios.
- g) **Tenencia de Tierra:** Inicialmente se partieron de datos en formato vectorial, los cuales fueron convertidos a ráster manteniendo la clasificación original.
- h) **Biomasa Subterránea:** El formato de origen de esta cobertura es de tipo ráster, por lo que no requirió un procesamiento adicional. La información fue integrada directamente en el análisis espacial.
- i) **Pendiente:** A partir de un Modelo Digital de Elevación (MDE) obtenido de ALOS PALSAR, disponible en formato raster, se calculó la pendiente utilizando la herramienta **Slope**. Dando como resultado, un ráster con valores de inclinación expresados en grados.

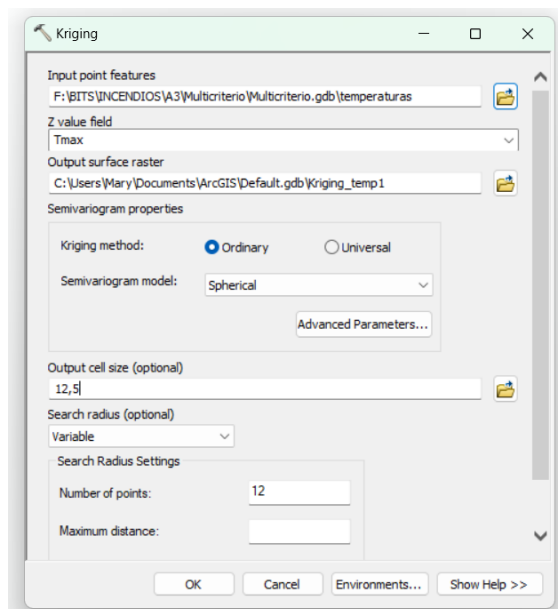
**Figura 8: Herramienta de Slope.**



Fuente: Elaboración propia, 2025.

- j) **Precipitación Media (mm):** Se emplearon datos en formato de puntos provenientes de estaciones meteorológicas, inicialmente estos datos fueron descargados desde la plataforma NASA POWER. Estos datos contienen registros de precipitación en ubicaciones específicas. Los datos de puntos se organizaron y revisaron para asegurar su consistencia, y como siguiente paso se utilizó la herramienta de interpolación **Kriging** para generar una superficie raster a partir de los puntos de precipitación y se definió una resolución espacial de 12.5 metros para el ráster.

**Figura 9: Herramienta de kriging**



Fuente: Elaboración propia, 2025.

## Asignación de ponderaciones a los criterios.

La asignación de ponderaciones se divide en dos fases:

- ✓ En la primera fase, el usuario técnico, en conjunto con expertos en el área, establecerán la cantidad de niveles de prioridad que se considerarán para las clasificaciones finales, definiendo así la importancia relativa de cada subvariable.
- ✓ En la segunda fase, se determina la metodología para la ponderación final de las coberturas de análisis, utilizando una herramienta específica para la sobreposición de capas.

## Determinación de los niveles de prioridad.

Dentro de la determinación de los niveles de prioridad de restauración se basa inicialmente en un análisis espacial y multicriterio que integra diferentes variables.

Para este caso, se ha establecido una clasificación con cinco niveles de prioridad, donde el valor 1 (muy bajo) indica áreas con menor necesidad de intervención, mientras que el valor 5 (muy alto) representa zonas críticas que requieren acciones de restauración.

**Tabla 6: Niveles de prioridad para la restauración.**

Nivel de Prioridad	Descripción
<b>Muy bajo = 1</b>	Áreas con mínima degradación y alta capacidad de regeneración natural.
<b>Bajo = 2</b>	Regiones con alteraciones moderadas, pero con buen potencial de recuperación sin intervención intensiva.
<b>Medio = 3</b>	Zonas con afectaciones significativas que requieren medidas de restauración activa.
<b>Alto = 4</b>	Ecosistemas degradados con limitada capacidad de recuperación natural, donde se necesita intervención prioritaria.
<b>Muy alto = 5</b>	Áreas críticas con severa degradación ecológica, alta recurrencia de disturbios y fuerte presión antrópica, que requieren acciones urgentes y estratégicas de restauración

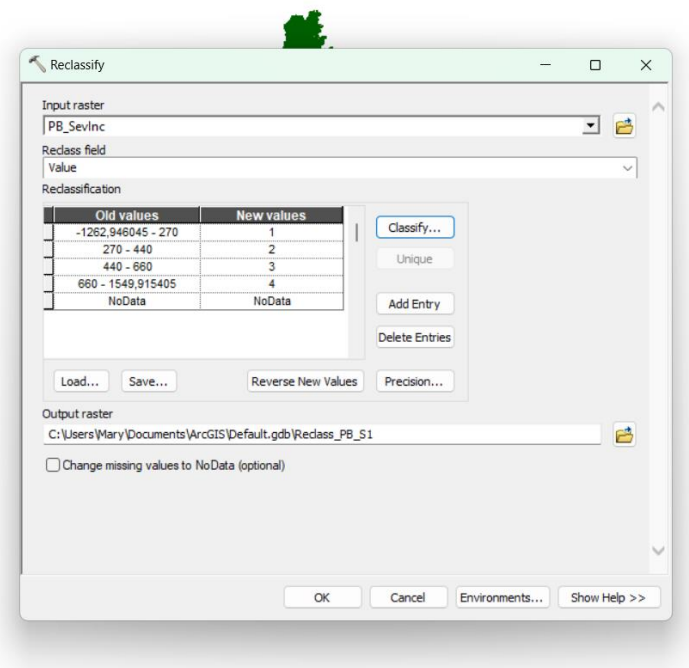
Fuente: Elaboración propia, en base a Chazdon, R. L. (2017)

La determinación de los niveles de prioridad para la restauración comienza con la asignación de valores ponderados a cada clase dentro de las subvariables seleccionadas, utilizando una escala de 1 a 5, donde 5 representa la máxima prioridad de restauración y 1 la menor. Esta ponderación se basa en criterios ecológicos, hidrológicos y antrópicos, y se establece a partir del conocimiento experto en restauración ecológica.

**NOTA:** Es importante incorporar la opinión de especialistas en el área, quienes evalúan factores como la recurrencia de quemadas, asignando valores más altos a aquellas zonas con alta frecuencia de incendios.

Para incorporar estas ponderaciones a cada cobertura, se utilizó la herramienta de **reclasificación**, como primer paso para ejecutar esta herramienta es asignar los valores definidos a cada categoría de las subvariables. Es necesario mencionar que la ponderación de cada subvariable se realizó a escala municipal, permitiendo una clasificación diferenciada en función de las condiciones ambientales, socioeconómicas y de uso del suelo específicas de cada municipio.

**Figura 10: Reclasificación de las coberturas con las ponderaciones.**



Fuente: Elaboración propia, 2025.

A continuación, se presenta un ejemplo para la ponderación inicial de la clasificación de la subvariable, específicamente para la severidad de incendio, este ejemplo determinar la ponderación inicial para la clasificación de las subvariables. La ponderación se establece considerando la clasificación de sus rangos o los datos en su estado original (crudos).

**Tabla 7: Ejemplo de ponderación para Severidad de Incendios.**

Subvariable	Temporalidad	Fuente	P	Clase/Intervalo (Cuantitativo)	Clase/Intervalo (Cualitativo)
Severidad de Incendio	2023	Generado a partir de Google Earth Engine	1	<270	Alta severidad (Muy alto)
			2	270 - 440	Moderada - Alta severidad (Alto)
			3	440 - 660	Moderada - Baja severidad (Moderado)
			4	660 - 2000	Baja severidad (Bajo)
			5	>2000	No quemado (Muy bajo)

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Esta asignación de pesos en la clasificación responde a criterios ecológicos, estructurales y funcionales del ecosistema post-incendio. La ponderación sigue una escala de 1 a 5, donde 1 representa la máxima prioridad de restauración (mayor impacto y menor capacidad de recuperación natural) y 5 la menor prioridad (mínima afectación o ausencia de quemas).

Así mismo para una mayor comprensión de las ponderaciones, se detalla la siguiente explicación.

- **Ponderación 1 (<270) - Alta severidad (Muy alto):** Se asigna el peso más alto porque la capacidad de regeneración natural es baja, requiriendo intervención inmediata con técnicas de restauración activa (reforestación, manejo de suelos, control de erosión).
- **Ponderación 2 (270 - 440) - Moderada-Alta severidad (Alto):** La regeneración es posible, pero requiere apoyo en procesos de restauración asistida para evitar la degradación del suelo y facilitar la recuperación del ecosistema.
- **Ponderación 3 (440 - 660) - Moderada-Baja severidad (Moderado):** Se asigna un peso intermedio porque la regeneración natural es factible con mínima intervención, aunque es necesario monitoreo para evitar procesos de erosión o invasión de especies oportunistas.
- **Ponderación 4 (660 - 2000) - Baja severidad (Bajo):** Se otorga un peso bajo porque el ecosistema mantiene su funcionalidad y solo requiere protección y monitoreo, sin necesidad de restauración activa.
- **Ponderación 5 (>2000) - No quemado (Muy bajo):** Se asigna la menor prioridad de restauración, ya que estas áreas no requieren intervención inmediata.

### Metodología Proceso Analítico Jerárquico

Una vez establecida la ponderación inicial de la clasificación de las subvariables, se procede a determinar la ponderación final de las 10 subvariables consideradas en el análisis. Dado que la sumatoria de las ponderaciones debe ser igual a 100, y considerando que el estudio se centra en áreas priorizadas, se emplea la metodología del Proceso Analítico Jerárquico

Esta metodología permite estructurar un problema complejo en una jerarquía de objetivos, criterios y subcriterios, y es especialmente útil en situaciones donde se requiere evaluar múltiples alternativas basadas en varios criterios cualitativos y cuantitativos.

Para poder introducir las variables en un sistema lógico que permita la comparación y combinación matemática de variables, fue necesario calcular los pesos ponderados de cada una de las variables, de esta manera se podría saber el porcentaje de “relevancia” que tiene cada una para determinar el grado de aptitud de una región para generar un producto en específico, dentro de la tabla 5, se muestra la sistematización del cuadro de ponderaciones finales.

**Tabla 8: Matriz general para el cálculo de ponderaciones.**

Variables	V <sub>j1</sub>	V <sub>j2</sub>	V <sub>j3</sub>	V <sub>jn</sub>	P(V <sub>injm</sub> )	(P(V <sub>injm</sub> )) <sup>1/n</sup>	ω
V <sub>i1</sub>	V <sub>ij1</sub>	V <sub>ij2</sub>	V <sub>ij3</sub>	V <sub>ijn</sub>	V <sub>ij1</sub> *V <sub>ij2</sub> *V <sub>ij3</sub> *V <sub>ijn</sub>	(V <sub>ij1</sub> *V <sub>ij2</sub> *V <sub>ij3</sub> *V <sub>ijn</sub> ) <sup>1/n</sup>	ω <sub>1</sub>
V <sub>i2</sub>	V <sub>ij1</sub>	V <sub>ij2</sub>	V <sub>ij3</sub>	V <sub>ijn</sub>	V <sub>ij1</sub> *V <sub>ij2</sub> *V <sub>ij3</sub> *V <sub>ijn</sub>	(V <sub>ij1</sub> *V <sub>ij2</sub> *V <sub>ij3</sub> *V <sub>ijn</sub> ) <sup>1/n</sup>	ω <sub>2</sub>
V <sub>i3</sub>	V <sub>ij1</sub>	V <sub>ij2</sub>	V <sub>ij3</sub>	V <sub>ijn</sub>	V <sub>ij1</sub> *V <sub>ij2</sub> *V <sub>ij3</sub> *V <sub>ijn</sub>	(V <sub>ij1</sub> *V <sub>ij2</sub> *V <sub>ij3</sub> *V <sub>ijn</sub> ) <sup>1/n</sup>	ω <sub>3</sub>
V <sub>in</sub>	V <sub>in1</sub>	V <sub>in2</sub>	V <sub>in3</sub>	V <sub>injn</sub>	V <sub>in1</sub> *V <sub>in2</sub> *V <sub>in3</sub> *V <sub>injn</sub>	(V <sub>in1</sub> *V <sub>in2</sub> *V <sub>in3</sub> *V <sub>injn</sub> ) <sup>1/n</sup>	ω <sub>n</sub>

Fuente: Elaboración propia a partir de Chaves, C. (2020) y Rameshkumar Patel (2017)

Donde:

- **V<sub>in</sub> y V<sub>jm</sub>** son las variables
- **V<sub>injm</sub>** es la correlación entre la variable V<sub>in</sub> y V<sub>jm</sub>
- **P(V<sub>injm</sub>)** es el producto de las correlaciones de la variable V<sub>in</sub> con las variables V<sub>jm</sub>



- $(V(A_{ijnm}))^{1/n}$  es la raíz  $n$  del producto de las correlaciones de la variable  $V_{in}$  con las variables  $V_{jm}$
- $w$  es el peso ponderado de la variable  $V_{in}$

En la Tabla 6, se presenta la ponderación establecida para el municipio de San Borja, donde el usuario determina la prioridad relativa de cada tipo de cobertura en comparación con las demás.

**Tabla 9: Matriz de ponderaciones para los municipios de interés.**

PONDERACION	Variables	Densidad Poblacional	Caminos	Potencial Productivo	Bosques	Severidad de Incendio	Frecuencia de quemas	Tenencia de Tierra	Biomasa	Pendiente	Precipitación media (mm)
5	Densidad Poblacional		1	1/3	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
15	Caminos	1		1	1/2	1	1	1	2	2	3
7	Potencial Productivo	3	1		1	1/2	1/2	1	1	1/2	1/3
6	Bosques	1	2	1		1	1	2	3	1/2	1/2
15	Severidad de Incendio	2	1	2	1		1/2	2	2	3	4
24	Frecuencia de quemas	2	1	2	1	2		5	4	4	5
11	Tenencia de Tierra	2	1	1	1/2	1/2	1/5		3	4	5
6	Biomasa	2	1/2	1	1/3	1/2	1/4	1/3		2	2
6	Pendiente	2	1/2	2	2	1/3	1/4	1/4	1/2		1
5	Precipitación media (mm)	2	1/3	3	2	1/4	1/5	1/5	1/2	1	
100											

Fuente: Elaboración propia, 2025.

## Integración de los criterios

Una vez asignadas las ponderaciones a las subvariables, se procede a su procesamiento mediante la herramienta Weight Overlay en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Esta técnica de modelado de sobreposición ponderada permite integrar múltiples variables espaciales asignándoles pesos específicos, facilitando el análisis multicriterio para la planificación territorial.

### Pasos Técnicos para la Implementación de Weight Overlay

#### PASO 1: Conversión de datos vectoriales a formato ráster

- Las capas de entrada, como densidad poblacional, pendiente, severidad y recurrencia de incendios, deben convertirse a formato ráster para su procesamiento.
- Se establece una resolución espacial uniforme para garantizar la coherencia en el análisis.

#### PASO 2: Reclasificación de valores

- Cada capa ráster se reclasifica en rangos de valores estandarizados, asegurando que los datos sean comparables.
- La reclasificación se basa en criterios predefinidos que reflejan la influencia de cada variable en el análisis de prioridad.

### PASO 3: Asignación de pesos a cada variable

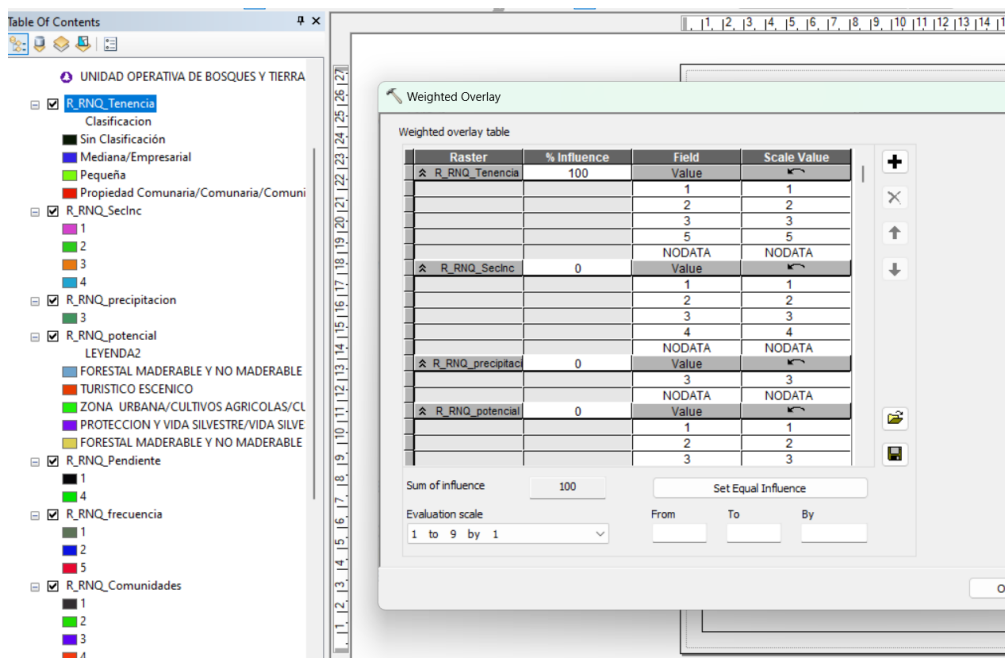
- Se aplican los pesos obtenidos mediante el Proceso Analítico Jerárquico, donde la sumatoria de los pesos sea 100%.

### PASO 4: Aplicación de la superposición ponderada

- Se utiliza la herramienta Weight Overlay para combinar las capas ponderadas.
- Cada celda del ráster de salida se calcula como la suma de los valores de las capas de entrada multiplicados por sus respectivos pesos.

En la figura 11 se presenta un ejemplo de asignación de ponderación dentro de la herramienta mencionada.

**Figura 11: Herramienta de Weighted Overlay.**



Fuente: Elaboración propia, 2025.

### Clasificación e identificación de áreas afectadas.

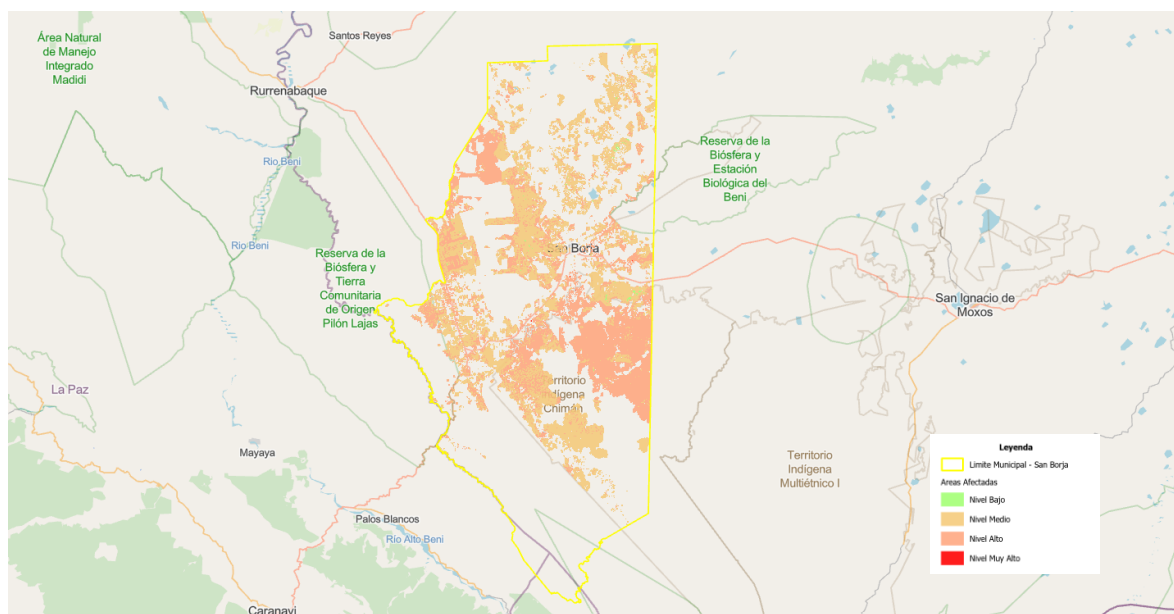
La clasificación e identificación de áreas de restauración es una etapa importante dentro del análisis multicriterio, donde el objetivo es priorizar y seleccionar zonas específicas que requieren intervenciones de restauración. Este proceso se basa en la evaluación integrada de múltiples criterios y subvariables, tanto cuantitativas como cualitativas, para determinar el potencial de restauración de cada área.

El resultado obtenido corresponde a la identificación de áreas prioritarias para la restauración en los municipios de interés, basado en el análisis de 10 subvariables. El modelo generó una clasificación final

en cuatro categorías, representando distintos niveles de prioridad de restauración en función de criterios establecidos.

Para una toma de decisiones, es necesario que el usuario priorice las áreas identificadas con mayor necesidad de intervención y que esto se realiza a partir de una validación en campo. Estas visitas permitirán contrastar los resultados modelados con las condiciones reales del territorio, ajustando la planificación de acciones de restauración según la severidad del impacto.

**Figura 12: Ejemplo: Áreas priorizadas para restauración - Municipio de San Borja.**



Fuente: Elaboración propia, 2025.

### **Mapecto de Áreas Priorizadas.**

Una vez generada la clasificación final en cuatro categorías según los niveles de prioridad de restauración, se deben seguir los siguientes pasos para la toma de decisiones y ajuste del modelo mediante validación en campo

#### **Identificación de Áreas Priorizadas**

- ✓ Se analiza el mapa de clasificación generado en SIG, identificando zonas de alta y muy alta prioridad.

#### **Planificación de la Validación en mesas de trabajo**

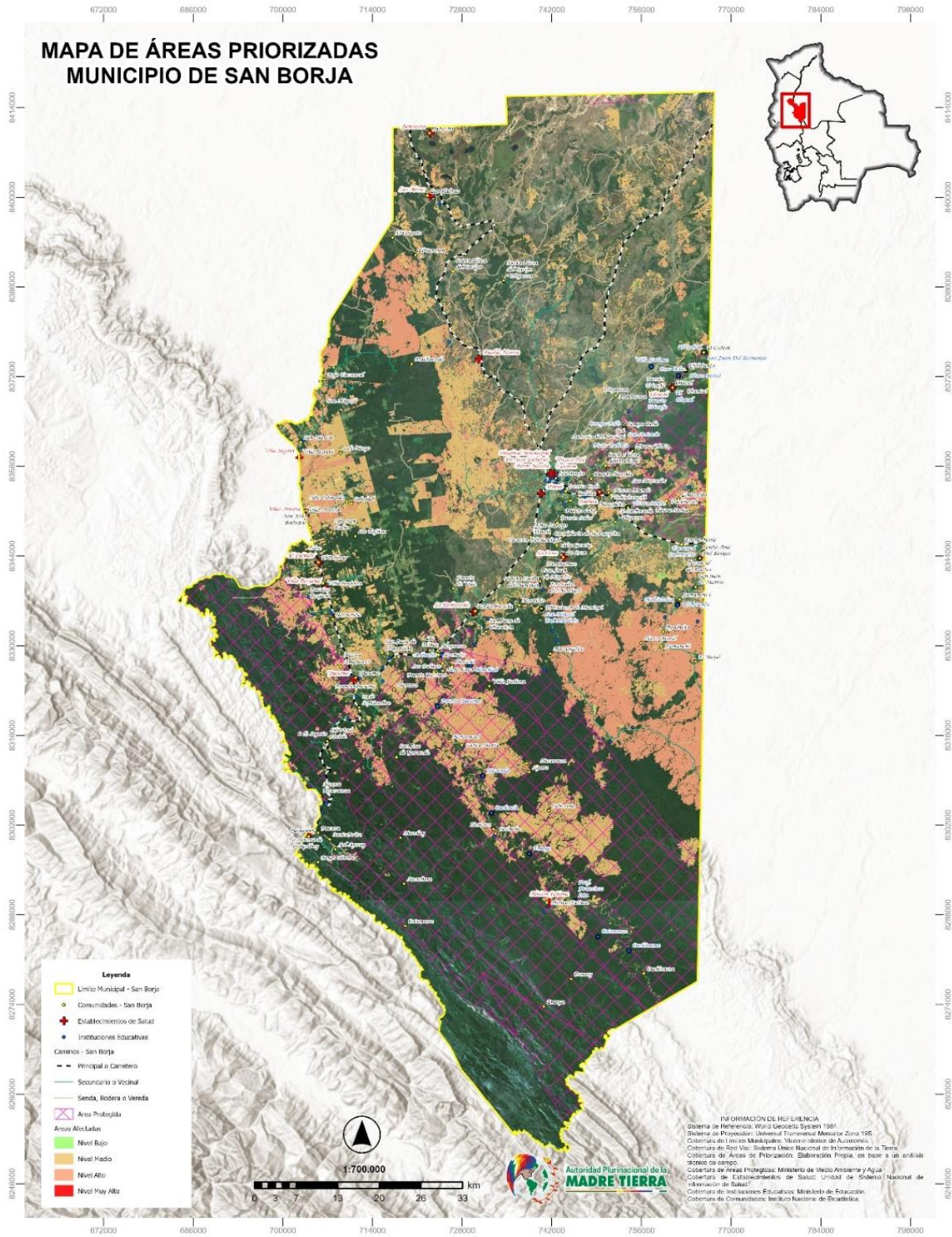
Se seleccionan puntos de muestreo representativos dentro de cada categoría de prioridad.

#### **Análisis Comparativo y Ajuste del Modelo**

- ✓ Se contrastan los datos de campo con la clasificación modelada en SIG.
- ✓ Se actualiza la cartografía final con las modificaciones validadas en terreno.

En el siguiente mapa, como ejemplo, se muestra los resultados obtenidos para los municipios de interés, evidenciando la distribución espacial de las áreas prioritarias identificadas.





### 3.3 Validación de áreas priorizadas.

Después de la obtención y elaboración de la cartografía de las áreas priorizadas, se lleva a cabo la validación de los resultados mediante mesas de trabajo participativas. En estas instancias, se contrastan los mapas generados con el conocimiento local y la experiencia de expertos. Así mismo se establece la siguiente metodología de validación:

- ✓ Como primera etapa se realiza la convocatoria y participación donde se llevó a cabo la identificación de los principales actores, incluyendo los técnicos de los talleres, representantes de entidades gubernamentales, comunidades locales, entre otros. Esta participación permitió incorporar múltiples perspectivas en la evaluación de las áreas priorizadas, enriqueciendo el análisis con conocimientos técnicos, científicos y experiencias locales.
- ✓ Para la segunda etapa de la revisión de los mapas generados mediante sistemas de información geográfica, se desarrollan mesas de trabajo, donde se realiza la presentación de los mapas preliminares, los cuales fueron generados a partir del análisis SIG considerando las variables ya mencionadas.
  - Se inicia con la exposición de los mapas generados, permitiendo a los participantes visualizar las áreas priorizadas.
  - Se presentan los criterios utilizados para la clasificación.
  - Se responde a consultas y se aclaran aspectos técnicos sobre la ponderación de variables.

Durante las mesas de trabajo, se identificaron y discutieron criterios de selección de áreas priorizadas, considerando factores ambientales, sociales y económicos. A partir de estos talleres, se generaron consensos sobre las áreas que requieren mayor atención en términos de monitoreo y gestión territorial. Posteriormente, estas áreas fueron contrastadas con información geoespacial, incluyendo imágenes satelitales y bases de datos existentes.

- ✓ Dentro de la tercera etapa se registra y sistematiza las observaciones y se realiza actas de acuerdos y sugerencias de los participantes. Este registro incluye propuestas de ajustes en los mapas, observaciones sobre los criterios de priorización y recomendaciones para mejorar la estrategia de restauración, metodologías para la restauración, necesidades, etc.
- ✓ Para una cuarta etapa se realiza la sistematización de las mesas de trabajo como resultado del proceso de discusión y retroalimentación, donde se elabora un documento técnico, detallando todas las sugerencias, acuerdos y observaciones planteadas durante las mesas de trabajo. Este documento sirve como una referencia estructurada para consolidar los aportes de los participantes y asegurar que cada recomendación fuera tomada en cuenta en la fase final de priorización de áreas. Además, como complemento a las actas de validación se desarrolla un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para cada área de estudio, permitiendo evaluar sus condiciones actuales y los desafíos asociados a su restauración.
- ✓ Finalmente, para una quinta etapa se realiza la visita a campo para la validación de las áreas de restauración, se realiza las visitas de campo a las áreas priorizadas, con el objetivo de verificar en terreno estas áreas determinadas y corroborar la viabilidad de las acciones de restauración propuestas. Estas visitas permiten contrastar la información SIG con la realidad del paisaje. En estas inspecciones, los equipos técnicos registran observaciones sobre las condiciones ecológicas y antrópicas de cada sitio, identificando posibles ajustes en la delimitación de las áreas priorizadas. Asimismo, se promueve la participación de actores locales en el proceso de validación, integrando sus conocimientos sobre la dinámica del territorio y sus experiencias previas en restauración.

## **4. Buenas prácticas**

### **Participación activa de las comunidades**

- Inicialmente se les hizo conocer los alcances de la iniciativa a través del taller de arranque y en otros casos con entrevistas personales al directorio de las comunidades identificadas en el mapeo de actores.
- Identificar sus necesidades, expectativas, en algunos casos visitando la comunidad para conocer sus características.
- La comunicación es clave para la participación de la comunidad, se dio un mensaje claro a los miembros del directorio de las comunidades de lo que se quiere hacer.
- El canal de comunicación más utilizado para coordinar y tener mejor llegada con las comunidades fue el teléfono celular.
- El respeto a las determinaciones y costumbres de la comunidad.
- Conformación de mesas de trabajo, con la participación de sus miembros.
- Retroalimentación de la información recopilada durante el mapeo de actores e identificación de áreas afectadas por incendios.
- Haciendo incidencia a nivel de otros actores (municipios, instituciones gubernamentales y no gubernamentales).

### **Enfoque de género**

- Considerar las diferentes roles y necesidades de hombres y mujeres en la gestión de los incendios forestales.
- Los varones participan en la línea de fuego, realizando el combate del fuego.
- Si bien el papel de las mujeres es reconocido en la atención de los incendios, este estuvo centrado en su rol doméstico. “Durante los incendios, hubo apoyo comunal, todos, mujeres y hombres, han estado participando de una u otra manera. Las mujeres han estado cocinando, apoyando en los tiempos que hubo incendio” (Rurrenabaque, 2025).
- En la toma de decisiones, las mujeres tienen una participación limitada por la cultura, por el machismo. Ellas quieren dar buenas ideas, pero no pueden, porque cuando ellas dan alguna idea no tienen apoyo de las bases. A veces ni de las mismas mujeres” (Rurrenabaque, 2025).

### **Uso de herramientas participativas**

- Como herramientas participativas se usaron inicialmente el formulario de diagnóstico para instituciones y para actores locales a nivel comunidad, en las mesas de trabajo se usaron mapas y fichas de cartulina para la identificación y priorización de áreas afectadas por incendios.
- Uso de mapas base, fotos aéreas o crear mapas desde cero, con la participación de los actores, en estos reconocen sus territorio.
- Grupos o mesas de discusión y trabajo.
- Adaptar las herramientas a las características de la comunidad.
- Utilizar un lenguaje claro y sencillo.
- Registrar los resultados del taller para dar seguimiento a las acciones



## **Articulación interinstitucional**

- Para fortalecer la coordinación y colaboración entre los actores, la articulación interinstitucional es importante, estos espacios de acciones por más pequeños que sean permiten tener incidencia con otras instancias e involucrarlas en beneficio de las personas y comunidades más vulnerables a eventos adversos que se presentan.
- Por otro lado, para fortalecer la coordinación y colaboración se generan herramientas como actas de reuniones y acuerdos, convenios marco, convenios específicos.

## **Uso de tecnologías de la información**

- Utilizar herramientas digitales para la recopilación, análisis y visualización de datos.
- Se han utilizado herramientas digitales como los formularios de diagnóstico elaborados en Google forms que ayudo bastante en el mapeo de actores para el levantamiento de información preliminar sobre áreas afectadas por incendios.
- Internet, correo electrónico, dispositivos móviles, aplicaciones (WhatsApp).

## **5. Consideraciones Adicionales**

### **Contexto político y social**

- Considerar el contexto político y social del municipio al momento de realizar el mapeo y el diagnóstico.

### **Escalas de análisis**

- Analizar la situación a diferentes escalas (local, municipal, regional).

### **Enfoque integral de ecosistemas**

- Considerar las interrelaciones entre los diferentes componentes del sistema socioecológico.

**Este manual proporciona una guía general. La implementación específica del proceso dependerá de las características particulares de cada municipio.**