



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL ÁREA AFECTADA POR
INCENDIO FORESTAL EN EL CAÑÓN DE SANGAL,
CAJAMARCA 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autoras:

Miriam Del Rocío Faichín Ramírez

Esther Mosqueira Mendoza

Asesor:

M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

A nuestros padres, por su amor, cariño, comprensión y sacrificio incondicional, gracias a ustedes que creyeron en nosotras en que llegaríamos a cumplir esta meta. Tenemos la dicha inmensa de ser sus hijas, gracias por ser los mejores padres.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, encaminarnos el arduo camino de nuestro futuro y ser nuestra fortaleza en momentos difíciles. Asimismo, agradecemos a nuestra asesora por su paciencia y sus orientaciones en el desarrollo de esta investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema.....	13
1.3. Objetivos.....	13
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	14
2.2. Población y muestra.....	15
2.1. Procedimiento.....	16
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	24
3.1. Métodos para la restauración ecológica del cañón de Sangal.....	24
3.2. Selección de un método de restauración ecológica para el cañón de Sangal.....	42
3.3. Indicadores de la restauración ecológica del cañón de Sangal.....	54
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	60
4.1 Discusión.....	60

4.2	Conclusiones	63
	REFERENCIAS	65
	ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Técnicas e instrumentos</i>	14
Tabla 2 <i>Etapas de zonificación forestal</i>	20
Tabla 3 <i>Matriz de marco lógico</i>	35
Tabla 4 <i>Indicadores del éxito de revegetación en restauración ecológica</i>	36
Tabla 5 <i>Flora nativa del cañón de Sangal</i>	41
Tabla 6 <i>Acciones de entidades activas</i>	43
Tabla 7 <i>Análisis de suelos del cañón de Sangal</i>	47
Tabla 8 <i>Análisis de suelos del cañón de Sangal</i>	47
Tabla 9 <i>Componentes afectados según el espacio</i>	49
Tabla 10 <i>Matriz de marco lógico</i>	51
Tabla 11 <i>Indicadores de éxito de restauración ecológica en el cañón de Sangal</i>	53
Tabla 12 <i>Aves del cañón de Sangal</i>	56
Tabla 13 <i>Cuadro comparativo de los métodos de restauración ecológica</i>	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Proceso de implementación de un método de restauración ecológica</i>	29
Figura 2 <i>Flujograma para el desarrollo de la Restauración Ecológica</i>	31
Figura 3 <i>Rueda de recuperación ecológica</i>	39
Figura 4 <i>Pasos metodológicos de la guía para la restauración ecológica</i>	40
Figura 5 <i>Capacidad de uso mayor del suelo del cañón de Sangal</i>	45
Figura 6 <i>Mapa de capacidad de uso mayor del suelo - CUM</i>	46
Figura 7 <i>Mapa de vulnerabilidad del cañón de Sangal</i>	50
Figura 8 <i>Mapa de riesgos del cañón de Sangal</i>	52

RESUMEN

La investigación tuvo por objetivo proponer un método de restauración ecológica del cañón de Sangal, Cajamarca; como alternativa de recuperación del ecosistema después del incendio forestal del año 2018, que afectó 155.67 ha donde había pastura, zonas con relictos de arbustos y arbóreas; asimismo, las actividades turísticas: aviturismo y ecoturismo. El planteamiento del método se basó en estudios realizados, aplicando una metodología descriptiva, conforme a las características ecológicas y disponibilidad de recursos. Existe mayor efectividad de un método de restauración y conservación ecológica cuando se emplea flora nativa, cuidado de las actividades extractivas, monitoreo permanente y siguiendo el proceso de implementación mediante el diagnóstico actual, estableciendo la escala de daño, evaluando el potencial de regeneración. Con la elaboración de mapas temáticos se especificó: ubicación del área del cañón de Sangal, área afectada por el incendio, la capacidad de uso mayor del suelo, riesgos y vulnerabilidad. La investigación se enfocó en seleccionar y adecuar un método de restauración ecológica; donde inicia con un diagnóstico de la situación actual del cañón, involucrar a actores directos e indirectos, hacer monitoreo de cada etapa según indicadores identificados, para finalmente poder concluir en una evaluación de sostenibilidad ecológica.

Palabras claves: restauración ecológica, metodologías, incendio forestal.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Según Roncal (2020), en una entrevista, señala que, el cañón de Sangal es un espacio natural, importante por la biodiversidad que alberga. Antes del incendio, la zona ya ha sido explotada por actividades antrópicas como ganadería, agricultura, minería no metálica y también por incendios. Durante el incendio del 8 de setiembre del 2018, se perdió más de 155.67 ha en las que había pastura, zonas con relictos de arbustos y los cuales van a ser difícil de recuperar. Por otro lado, existe una tesis que está en proceso de elaboración en la Universidad Nacional de Cajamarca, en la que se está estudiando la capacidad de regeneración de las plantas herbáceas en esta zona y se está observando que éstas se recuperan después de un periodo de seis meses, estas especies tienen una enorme capacidad de resiliencia; pero en cuanto a las plantas arbustivas y arbóreas los incendios generan mayor deterioro y la restauración va a ser más prolongada.

En el trabajo de investigación se pretende dar a conocer el método más acorde a la realidad de la zona de estudio, para lograr una adecuada restauración ecológica.

En cuanto a los métodos de restauración ecológica, Vargas (2011) señala que no existen fórmulas para lograr restaurar un ecosistema; sin embargo, existe procesos generales basados en teorías y conceptos para la restauración ecológica, que tiene por objetivo recuperar suelos degradados o áreas dañadas, para ello precisa de doce pasos.

Mola et al. (2018) establece una guía práctica, donde señala que la eficiencia de la restauración ecológica depende en gran medida del momento en que se inicie su implantación, para ello considera nueve pasos. Por su lado, SERFOR (2018) en los lineamientos de la resolución de dirección ejecutiva N° 083-2018, menciona principios de restauración que permiten determinar el aumento de la integridad biológica del ecosistema, contribuyendo a mitigar los efectos y reducir la vulnerabilidad de la regeneración natural,

por consiguiente, plantea nueve pasos. La restauración es una actividad alineada a la finalidad y objetivo de la Ley 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre.

Jordan III y Lubick (2011) afirman que, el surgimiento del concepto “restauración” aplicado a ecosistemas se remonta a los inicios del siglo XX cuando se le describía como la representación fiel de ecosistemas y paisajes naturales, a través de la recreación de asociaciones historias. Este enfoque adquiere mayor precisión bajo el concepto de restauración ecológica establecido por la Sociedad de Restauración Ecológica (SER), entendida como “el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido”. Este proceso busca recuperar el ecosistema natural en función (McDonald et al., 2016). Este marco establece otros dos términos vinculados: la rehabilitación, que comparte el empleo de un ecosistema de referencia, pero se enfoca en la recuperación de procesos y la provisión de servicios ecosistémicos antes que en la composición de especies y la estructura de comunidades; y la reclamación, enfocada en el retorno de la tierra a un propósito productivo, pudiendo considerar la revegetación de pocas especies.

En tanto para Ehrlinch y Mooney (1983) los servicios ecosistémicos corresponden a las funciones ecológicas del ecosistema, definición que desarrolla a un amplio rango de condiciones y procesos, a través de los cuales, los ecosistemas naturales y las especies que hacen parte de ellos ayudan a sostener la vida humana; por ejemplo, como fuente de materias primas de alimentos y productos medicinales.

En el contexto económico Díaz et al., (2006) plantea que la pérdida de servicios ecosistémicos dependientes de la biodiversidad, probablemente acentúa “la desigualdad y la marginación de los sectores más vulnerables de la sociedad, al disminuir su acceso a los tangibles básicos para una vida saludable y reducir su libertad de elección y acción”, por ello la conclusión de Groot (2010) es pertinente “las inversiones en la conservación, restauración

y uso sostenible de los ecosistemas se ven cada vez más como una situación que genera beneficio ecológico, social y económico sustancial”.

López (2017) en una entrevista a Mongabay señala que, localmente, es importante poder conservar los espacios donde ocurren las especies amenazadas aun cuando ya estén protegidas en alguna área del nivel nacional. Muchas veces, las poblaciones sufren fuertes presiones de uso y es preciso establecer áreas para poder conservar las poblaciones locales (ya sean especies de flora o fauna). En este sentido, una de las formas de dar inicio a la restauración es la forestación con plantas nativas de la zona; por ejemplo, cerca al cañón de Sangal, existe un vivero que prioriza las especies de flora: campanilla (*Delostoma integrifolium*) y ada (*Tecoma sambucifolia*), ya que son las plantas que producen más néctar y son resistentes a las condiciones climáticas del lugar.

Por su parte Alayo (2011), en el Área para la Conservación de Aves (IBA), hace referencia que la zona geográfica “El Chicche” que cuenta con un área aproximada de 800 ha y una altitud de 2 800 a 3 200 msnm, incluyendo al cañón de Sangal. Es un área prioritaria para el estudio de la población del colibrí “cometa ventrigris”, por ser la zona que alberga la población más grande de esta especie, siendo necesario determinar la densidad poblacional del colibrí y cuantificar las variaciones estacionales de su población en función a la intensidad del clima y otros factores ambientales y biológicos.

Por lo tanto, se plantea que existen cañones afectados por la huella humana (incendios de bosques, matorrales y pastizales) o degradación natural (deslizamiento de suelo, sequía, etc.); entonces, con el presente estudio se investigó sobre la restauración ecológica para mantener la biodiversidad en el cañón de Sangal, ya que el 08 de setiembre de 2018, se generó un incendio forestal que afectó un total de 155.67 ha; el mismo que alteró la composición físico-química del suelo.

El cañón de Sangal, es una de las últimas zonas de vida de Cajamarca, menos intervenidas por las condiciones físicas, biológicas y fisiográficas, con peñas constituidas

por rocas calizas que han creado un hábitat especial para el refugio de las aves y animales silvestres. Según Roncal (2017), en su blog “aves de Cajamarca - Perú”, señala que, el cañón de Sangal - El Chicche, alberga aproximadamente noventa especies dentro de las cuales cuatro son endémicas y de ellas el cometa ventrigris” (*Taphrolesbia griseiventris*) es la especie con mayor vulnerabilidad por su rareza y muy pequeña franja de vida. Haciendo un recuento de las actividades extractivas más importantes, se identificaron aquellas que directa o indirectamente repercuten en la conservación del hábitat del cometa ventrigris (*Taphrolesbia griseiventris*), son: la agricultura, la ganadería y la quema de pastos; y que conforme pasa el tiempo están viendo afectada la subsistencia del colibrí considerado especie endémica en peligro crítico por la legislación peruana. La conservación de vida silvestre y observación de aves en el norte de Perú, se está desarrollando de manera aislada principalmente por iniciativas, es decir, por algunos operadores que se han atrevido a incursionar en esta actividad por el potencial que cuenta el norte.

Según el Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI (2014), El cometa ventrigris (*Taphrolesbia griseiventris*), tiene como hábitat natural la flora nativa del valle formado por el río Chonta y los parajes del cañón de Sangal - El Chicche en el distrito de Los Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca, siendo ave endémica en la región y en peligro de extinción por el incendio producido en setiembre de 2018, por ello, es necesario identificar métodos de restauración ecológica en la mencionada zona.

Se justifica la presente investigación por ser relevante la restauración ecológica con fines de recuperación y conservación del ecosistema, siendo el cañón de Sangal el mejor hábitat de especies endémicas de aves; sin embargo, éste se ha visto amenazado por incendio forestal de setiembre de 2018 que afectó 155,67 ha, dejando como consecuencia, los suelos dañados en su composición físico-químico y biológico.

1.2. Formulación del problema

¿Qué metodología de restauración ecológica ayuda a recuperar el área afectada por incendio forestal en el cañón de Sangal, Cajamarca 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Proponer una metodología para la restauración ecológica del área afectada por incendio forestal en el cañón de Sangal en Cajamarca 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

Identificar métodos de restauración ecológica para el cañón de Sangal.

Seleccionar un método de restauración ecológica para el cañón de Sangal.

Señalar indicadores de restauración ecológica del cañón de Sangal.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según Hernández et al (2003), la investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice y estudios interpretativos (teoría fundamentada, inducción analítica); de método no experimental, porque no se puede manipular variables, descriptiva de gabinete, usará información secundaria, transversal y unidisciplinaria.

Por consiguiente, la investigación que se presenta es de enfoque cualitativo, atiende a la profundidad del análisis de estudio; cuyo objetivo es proponer un método de restauración ecológica en el cañón de Sangal, en el distrito de Baños del Inca, Cajamarca.

El objeto de estudio es la restauración ecológica del área afectada por un incendio forestal. Los materiales con los que contamos son los registros fotográficos y bibliografía de consulta. Como instrumento una ficha de referencia, un cuestionario y el software ArcGis, con el que se trabajaron los mapas temáticos (ubicación, área afectada por el incendio, capacidad de uso mayor de suelo – CUM, de riesgos y vulnerabilidad) a partir de imágenes satelitales; elaboración de fichas de recojo de datos. Además, como técnica, tenemos el análisis documental y las entrevistas a especialistas e investigadores.

Tabla 1

Técnicas e instrumentos

Técnicas	Instrumentos
Análisis documental	Fichas de referencia,
Entrevistas	Cuestionario
Mapas temáticos	ArcGis e imagen satelital

2.2. Población y muestra

Población:

Comprende el cañón de Sangal con un área total de 376.25 ha, perteneciente a la microcuenca del río Chonta, del Distrito de Baños del Inca, Provincia de Cajamarca, a 40 minutos de la ciudad de Cajamarca. El acceso a la zona es a través de la carretera Otuzco – Combayo. En la proyección UTM-WGS-84, el punto central del área muestreada se encuentra ubicado en la coordenada Este 787 100 y coordenada Norte 9 215 631, a una altitud promedio de 2 840 msnm.

Muestra:

Abarca el área afectada de 155.67 ha por el incendio forestal en setiembre del 2018, con proyección UTM-WG 84, ZONA 17 SUR. Las características climáticas de la zona evaluada, considerando el régimen y distribución pluviométrica, presenta dos estaciones marcadas, estación seca (de mayo hasta setiembre) y estación húmeda (de octubre hasta abril). La precipitación anual promedio es de 600 mm en la parte baja de la cuenca del río Chonta, en áreas circundantes a la ciudad de Cajamarca a 2 700 msnm.

2.1. Procedimiento

Para el desarrollo de la presente investigación descriptiva, hemos seguido los siguientes pasos:

- Elaboración de la ficha de referencia y de recolección de datos (ver anexo 1).
- Análisis documental, estableciendo una clasificación de datos y categorías precisas, que se adecuen al propósito del estudio.
- Elaboración y aplicación de un cuestionario a manera de entrevista a expertos y especialistas en el tema de investigación.

Con la obtención de información sobre capacidad de uso mayor del suelo (ver figura 6), la cual es de vital importancia para la propuesta de restauración, se identifica diferentes tierras aptas para: producción forestal, calidad agrológica media, con limitaciones de suelo y erosión; pastos, calidad agrológica media, con limitaciones de suelo, erosión y pastoreo temporal – tierras de protección con limitaciones de suelo y erosión; producción forestal, calidad agrológica media, con limitaciones de suelo y erosión. Tierras de protección con limitaciones de suelo y erosión.

El Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) plantea lineamientos para la restauración forestal, los cuales nos permiten identificar orientaciones para la planificación, implementación y monitoreo de iniciativas de restauración, que consiste en:

- Mapeo e identificación de áreas, ecosistemas o paisajes degradados: se elabora en base a las siguientes actividades; realizar visitas técnicas para constatar límites del área a restaurar y posterior mapeo a escala adecuada; identificar áreas con pérdida de cobertura vegetal y silvestre mediante el uso de imágenes satelitales, mapa de ZEE, mapa de pérdida de cobertura, de uso actual del suelo

u otra información oficial disponible; realizar un análisis físico y legal sobre la tenencia de la tierra, el cual estará orientado a prevenir potenciales conflictos por superposición de derechos y a identificar la categoría territorial del área de interés para restauración; consultar instrumentos de gestión y de planificación local existentes, para evaluar la pertinencia de la iniciativa de restauración; identificar ecosistemas frágiles sectoriales y hábitats críticos reconocidos por la autoridad competente, hábitats de especies amenazadas, corredores biológicos, cabeceras de cuenca, suelos con capacidad de uso de protección, márgenes de los ríos o zonas de carga de agua emanantes, que puedan ser relevantes para los objetivos de la iniciativa de restauración; ubicar el área, ecosistema o paisaje a restaurar respecto a los límites distritales que es la unidad administrativa más pequeña para la cual son disponibles datos biofísicos relevantes para la restauración así como la información institucional y económica; ubicar y georreferenciar el área, ecosistema o paisaje a restaurar respecto a las zonas agroecológicas y los tipos d ecosistema, dado que estas condiciones tendrán una fuerte influencia en el éxito y productividad de las opciones de restauración.

- Diagnóstico de la degradación y selección de la opción de restauración: se debe analizar y sistematizar información respecto a la historia del uso del suelo, factores de degradación, potencial de regeneración, muestreo de suelos, entre otros aspectos, que permitan disponer de una línea base útil para seleccionar la opción de restauración, así como para comparar y monitorear el proceso de restauración.
- Identificación del ecosistema de referencia: se debe caracterizar en cuanto a su composición, estructura, funcionalidad y servicios ecosistémicos. Las fuentes de información para describir un ecosistema de referencia, pueden ser diversas:

descripciones ecológicas, imágenes satelitales y fotografías históricas, remanentes de vegetación nativa que indiquen las condiciones físicas y biológicas anteriores, descripciones ecológicas y listas de especies de ecosistemas similares e intactos, listas sectoriales de ecosistemas frágiles a escala nacional y regional, artículos científicos, tesis y libros de ecología, especímenes de herbáceos, parcelas permanentes de muestreo, versiones históricas e historias orales de personas familiarizadas con el sitio de la iniciativa ante de la degradación, inventario nacional forestal y de fauna silvestre.

- Concertación con actores involucrados, directos (dueños de los predios, agricultores, ganaderos, comunidades nativas y comunidades campesinas, empresas privadas, concesionarios, titulares de derechos de aprovechamiento forestal y de fauna silvestre, titulares de proyectos de inversión pública o privada), indirectos (Incluye a las instituciones o entidades de gobierno local, regional y nacional cuyas funciones se encuentran relacionadas con el manejo de recursos naturales, las áreas naturales protegidas, actividades extractivas, u otros temas relevantes para la restauración) y grupos de interés (aquellos individuos, empresas u organizaciones que financian, orientan técnicamente y tienen un interés significativo en el diseño, la implementación y los resultados de la iniciativa de restauración. Estos grupos pueden incluir empresas privadas, junta de regantes, organismos de cooperación, entidades académicas, ONG's nacionales e internacionales).
- Diseño e implementación de la iniciativa de restauración: el presente diseño, dispone de factores que ayudan a la iniciativa, las cuales son: ambientales, sociales, económicos, normativos y los que se derivan de los compromisos internacionales del país. Dentro de las iniciativas se desarrollan actividades de

planificación (definición de la problemática de la degradación del ecosistema, determinación de la estrategia y proyección de los detalles de implementación, alianzas estratégicas mediante sensibilizaciones con actores directos, indirectos y grupos de interés, obtención de la autorización de la investigación científica, selección y capacitación del personal técnico), implementación (mapeo y diagnóstico de la degradación, adquisición de todos los insumos, equipos y materiales biológicos, ejecución de opciones de restauración seleccionadas y ejecución de las actividades de mantenimiento), monitoreo (vinculación con entidades investigadoras, obtención de información periódica y evaluación del logro de los objetivos planteados).

- Indicadores de éxito en el proceso de restauración, son los siguientes: suelo, cobertura con especies invasivas no nativas, evaluación de individuos plantados y/o de regeneración natural, evaluación de la fauna y aspectos socio económicos.
- Monitoreo del proceso de restauración: consiste en el uso de fotografías y/o imágenes satelitales y ubicación de parcelas de evaluación.
- Sostenibilidad de las iniciativas de restauración: debe buscar la auto sostenibilidad y resiliencia del área, ecosistema o paisaje intervenido, reduciendo la necesidad de intervención humana a largo plazo, dependiendo de la reducción de factores que propicien la degradación. Además, debe involucrar entidades académicas, para el proceso de monitoreo de la restauración.

SERFOR, así mismo, ha elaborado una guía metodológica para la zonificación forestal (ZF), que sirve para orientar el desarrollo de los procesos de iniciativas de restauración, en la que plantea lo siguiente:

Tabla 2

Etapas de zonificación forestal

Etapas	Fases	Descripción
I Preparación	Decisión y	El Gobierno Regional da inicio al proceso de ZF
	establecimiento	mediante Ordenanza Regional, declarando de interés
	del Equipo	público dicho proceso. El Gobierno Regional, para
	Técnico.	facilitar el desarrollo de la ZF, conformará un Equipo
		Técnico, el cual brindará soporte y asesoramiento al
		Comité Técnico, cuando este se haya conformado.
	Conformación	El Gobierno Regional constituye y preside el Comité
	del Comité	Técnico que se formaliza mediante Resolución Ejecutiva
	Técnico.	Regional.
	Conformación	El Comité Técnico puede conformar Sub Comités
	de Sub Comités	Técnicos por cuenca o por provincia a fin de facilitar la
	Técnicos	participación de la población a nivel local.
	(Opcional).	
	Elaboración del	El Plan de Implementación de la ZF es el documento que
	Plan de	orientará todas las acciones necesarias para el desarrollo
	Implementación	de la ZF en articulación con otros instrumentos de gestión
	de la ZF	existentes. El Comité Técnico con el soporte del Equipo
		Técnico elabora el Plan de Implementación de la ZF.
	Fortalecimiento	El Comité Técnico con el soporte del Equipo Técnico y
	de capacidades,	con apoyo del SERFOR y MINAM fortalecerá las
	sensibilización y	capacidades de sus miembros y las del Comité Técnico
	difusión.	según el cronograma específico del Plan de
		implementación de la ZF. El Equipo Técnico llevará a
		cabo las actividades de sensibilización y difusión a la
		población del proceso de ZF, su significado, importancia
		y las oportunidades que ofrece, según el cronograma
		específico del Plan de implementación de la ZF.

Etapas	Fases	Descripción
II Formulación	Recopilación, generación y sistematización de información temática.	El Comité Técnico con el soporte del Equipo Técnico recopila y sistematiza la información cartográfica de las variables temáticas existentes que servirán de insumo para identificar las diferentes categorías de ZF. Caso contrario, se genera dicha información. Finalmente se implementa una base de datos espacial con toda la información, recopilada, sistematizada o generada.
	Análisis (zonificación)	El Comité Técnico con el soporte del Equipo Técnico, realiza los análisis necesarios para identificar las diferentes categorías de la ZF.
	Socialización y reflexión.	El Comité Técnico con el soporte del Equipo Técnico socializa la propuesta de ZF en talleres con los actores locales y se recogen los aportes y comentarios surgidos.
	Elaboración de la propuesta final de la ZF.	El Gobierno Regional con el soporte de su Equipo Técnico y en coordinación con SERFOR y MINAM elabora la propuesta total o modular de la ZF.
III Aprobación	Aprobación	El MINAM procede a la aprobación de la ZF, de acuerdo a la propuesta del Gobierno Regional.
IV Monitoreo	Monitoreo	El SERFOR, en coordinación con el Gobierno Regional, monitorea la ZF. <ul style="list-style-type: none"> – Nivel 1. Monitoreo de los cambios ocurridos en las variables temáticas generadas para la definición de la ZF. – Nivel 2. Monitoreo de la aplicación de las categorías de ZF y la articulación de los diferentes planes que intervienen en el territorio.

Etapas	Fases	Descripción
V Evaluación	Evaluación	<p>El SERFOR evalúa la ZF en base a los reportes de monitoreo. La evaluación se realiza al tercer año, sexto año, o en el momento que se estime estrictamente necesario.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nivel 1. Evaluación de los cambios ocurridos en las variables temáticas generadas para la definición de la ZF. - Nivel 2. Evaluación de la aplicación de las categorías de ZF y la articulación de los diferentes instrumentos de gestión que intervienen en el territorio. <p>Nivel 3. Evaluación que tiene como objetivo valorar el cumplimiento de los objetivos específicos y las metas propuestas para la ZF.</p>
VI Actualización	Actualización	<p>El Gobierno Regional tomará decisión de actualizar la ZF de acuerdo a los resultados de la evaluación. El Gobierno Regional a través de su Equipo Técnico reformula el expediente de ZF ejecutando las actividades desde la etapa de Formulación.</p>

Fuente: Guía metodológica para la zonificación forestal (SERFOR, 2016)

De las seis etapas del proceso de zonificación forestal: preparación, formulación, aprobación, monitoreo, evaluación y actualización; el gobierno regional es responsable de las etapas de preparación, formulación y actualización. El Ministerio del Ambiente aprueba la zonificación forestal. El gobierno regional, en coordinación con el SERFOR, es responsable de la etapa de monitoreo. El SERFOR es responsable de la etapa de evaluación y además brinda asistencia técnica a lo largo de todo el proceso.

Aspectos éticos

Los aspectos éticos de nuestra investigación se reflejan en la referencia de cada autor o recurso bibliográfico consultado; de manera que, mostramos respeto al derecho de autor. Además, la investigación realizada ofrece una base para asegurar que los aspectos principales tienen la finalidad de ser un modelo de orientación general y guiar la aplicación de un proyecto futuro, basados en los espacios y desafíos que abre los valores específicos el respeto y la justicia con el medio ambiente, que implica las teorías éticas pertinentes al evaluar y sus criterios; siendo los más importantes.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Métodos para la restauración ecológica del cañón de Sangal

Aunque no existen fórmulas para restaurar un ecosistema por la particularidad intrínseca de cada sitio, sí existen procesos generales basados en las teorías y conceptos de la restauración ecológica; es decir, el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado, o destruido; y en las experiencias acumuladas en los intentos de restaurar diferentes ecosistemas en el mundo. A continuación, presentamos los pasos para la restauración ecológica en el cañón de Sangal (Vargas, 2011).

- Paso 1. Evaluar el estado actual del ecosistema. Primero se evidencia el problema para luego, precisar los objetivos de restauración. Para evaluar los atributos del estado actual del ecosistema se debe tener en cuenta lo siguiente: ubicación de relictos del ecosistema original, tipos de usos del suelo, tipos de comunidades, ubicación de la población de especies sucesionales tempranas y tardías, fauna dispersadora de semillas, estado de suelo y agua, hidrología y geomorfología y finalmente el clima regional.
- Paso 2. Definir las escalas y niveles de organización. Para restaurar se tienen en cuenta diferentes niveles de organización, desde poblaciones de especies y comunidades a ecosistemas, que cambian según escalas, las cuales son: escala local y nivel de especie (pretende la recuperación de poblaciones de una especie tratando de recrear su hábitat), escala local y nivel de comunidad (enfatisa el restablecimiento de la comunidad original, con la finalidad de preservar comunidades raras o en peligro de extinción), escala regional o nivel ecosistémico (garantiza la recuperación de la composición, estructura y función del ecosistema), escala de paisaje (implica la búsqueda de la reintegración de ecosistemas fragmentados y paisajes)

- Paso 3. Establecer las escalas y jerarquías de disturbios. Todos los ecosistemas están inmersos a disturbios naturales y antrópicos, donde la combinación de éstos forma una dinámica espacial temporal en los paisajes. La escala espacial es la que se refiere a la extensión del disturbio y la magnitud se relaciona con la fuerza, intensidad o severidad del disturbio. Por otro lado, la dimensión temporal, incluye frecuencia y predictibilidad de la perturbación. Los disturbios que afectan con más frecuencia son: deforestación, sistema de producción extensiva e intensiva (agricultura y ganaderos), sistemas productivos forestales no sostenibles, exclusión de fuego y desertificación.
- Paso 4. Considerar la participación comunitaria. La restauración ecológica es una actividad a largo plazo, por consiguiente los que deben garantizar la continuidad de dicha actividad son las poblaciones locales (trabajadores agrícolas de diferentes edades y género) y estas con apoyo indispensable de comunidad escolar (docentes, padres de familia y estudiantes), organizaciones locales (asociaciones comunitarias, ONG, organizaciones ambientales, entidades que participan en la conservación regional de los recursos), municipales, departamentales, nacionales e investigadores de la conservación y restauración ecológica.
- Paso 5. Evaluar el potencial de regeneración. Referente a la disponibilidad de especies en la región, en cuanto a ubicación, abundancia y etapa de sucesión. Se debe tener aproximación a las especies pioneras y a las de sucesión tardía, a las especies dominantes, co-dominantes y raras y principalmente a las especies de sucesión para programas de restauración. Es importante contar con banco de semillas, bancos de plántulas, banco de retoños y los mecanismos de dispersión en el área.
- Paso 6. Establecer los tensionantes para la restauración a diferente escala. Son los que impiden, limitan o desvían la sucesión natural en áreas alteradas por disturbios naturales o antrópicos. Existen dos clasificaciones, primero factores biótico y

- abiótico, los cuales influyen en diferentes mecanismos de regeneración y colonización de especies. Segundo los de tipo socioeconómico, son los factores políticos, económicos y sociales que limitan los procesos de regeneración natural.
- Paso 7. Seleccionar las especies adecuadas para la restauración: se entiende todos aquellos factores que impiden, limitan o desvían la sucesión natural en áreas alteradas por disturbios naturales y antrópicos (Vargas et al., 2007). Los tensionantes para la restauración ecológica pueden clasificarse en dos tipos: ecológicos y socioeconómicos. Los de tipo ecológico se relacionan con factores bióticos y abióticos resultantes del régimen de disturbios natural y antrópico, los cuales influyen en los diferentes mecanismos de regeneración y colonización de las especies, es decir, los procesos necesarios para que ocurra dispersión de propágulos (principalmente semillas), establecimiento de plántulas y persistencia de individuos y poblaciones de plantas. Los de tipo socioeconómico son todos los factores políticos, económicos y sociales que limitan los procesos de regeneración natural, principalmente los tipos de uso de la tierra.
 - Paso 8. Propagar y manejar las especies, es la capacidad de las plantas para reproducirse, existen tres tipos de propagación vegetativa: por rizomas, estacas, esquejes, bulbos, tubérculos, estolones y segmentos de órganos como tallos y hojas; por injertos donde segmentos de una planta se adhieren a otra receptiva más resistente o de mejores características; in vitro, en la cual células, partes de tejido u órganos son cultivados en condiciones controladas de laboratorio.
 - Paso 9. Seleccionar los sitios, es donde se van a realizar experimentos, ya se cuenta con conocimiento de lo que sucede a diferentes escalas, principalmente como actúa el régimen de disturbios naturales y antrópicos. Las recomendaciones para la selección de los sitios: ubicación en sitios accesibles, áreas de interés comunitario,

- evaluar con las comunidades locales las actividades humanas, evaluar si hay especies invasoras, evaluar gradientes topográficos naturales y patrones de drenaje, restablecer el régimen del flujo hidrológico natural, evaluar el estado del suelo.
- Paso 10. Diseñar estrategias para superar las barreras a la restauración, para esto se plantean tres estrategias:
 1. Remoción y control de los tensionantes: frecuencia de quemas, sobrepastoreo, tasa de cosecha, erosión moderada.
 2. Adición de especies: plantas, animales o microorganismos; o materiales, fertilizantes, materia orgánica, agua.
 3. Regulación de la tasa de procesos ecosistémicos, es decir, los flujos entre lo compartimientos.
 - Paso 11. Monitorear el proceso de restauración, consiste en el seguimiento y evaluación continuos de los cambios que experimenta el ecosistema, bajo los diferentes tratamientos de restauración aplicados. Este monitoreo constante tiene como objetivo final asegurar el éxito de la restauración ecológica, porque brinda la información necesaria para evaluar y ajustar las prácticas de restauración, de modo que puedan ser modificadas en cualquier momento; de esta manera, si los resultados obtenidos en los tratamientos aplicados son negativos o indeseables, dichos tratamientos se modifican o detienen; por el contrario, si se obtienen resultados positivos, estos tratamientos se continúan, multiplican, y si es posible, se mejoran.
 - Paso 12. Consolidar el proceso de restauración, implica que se han superado casi todas las barreras a la restauración y que el ecosistema marcha de acuerdo a los objetivos planteados, las labores de mantenimiento y monitoreo deben indicar que el proceso marcha satisfactoriamente y el ecosistema empieza a mostrar variables de

auto-sostenimiento, como enriquecimiento de especies, recuperación de fauna, restablecimiento de servicios ambientales relacionados con calidad del agua y suelo.

A manera de resumen de lo descrito anteriormente, presentamos un esquema, donde se evidencian los pasos del proceso de implementación de una estrategia de restauración de manera puntual (ver figura 3).

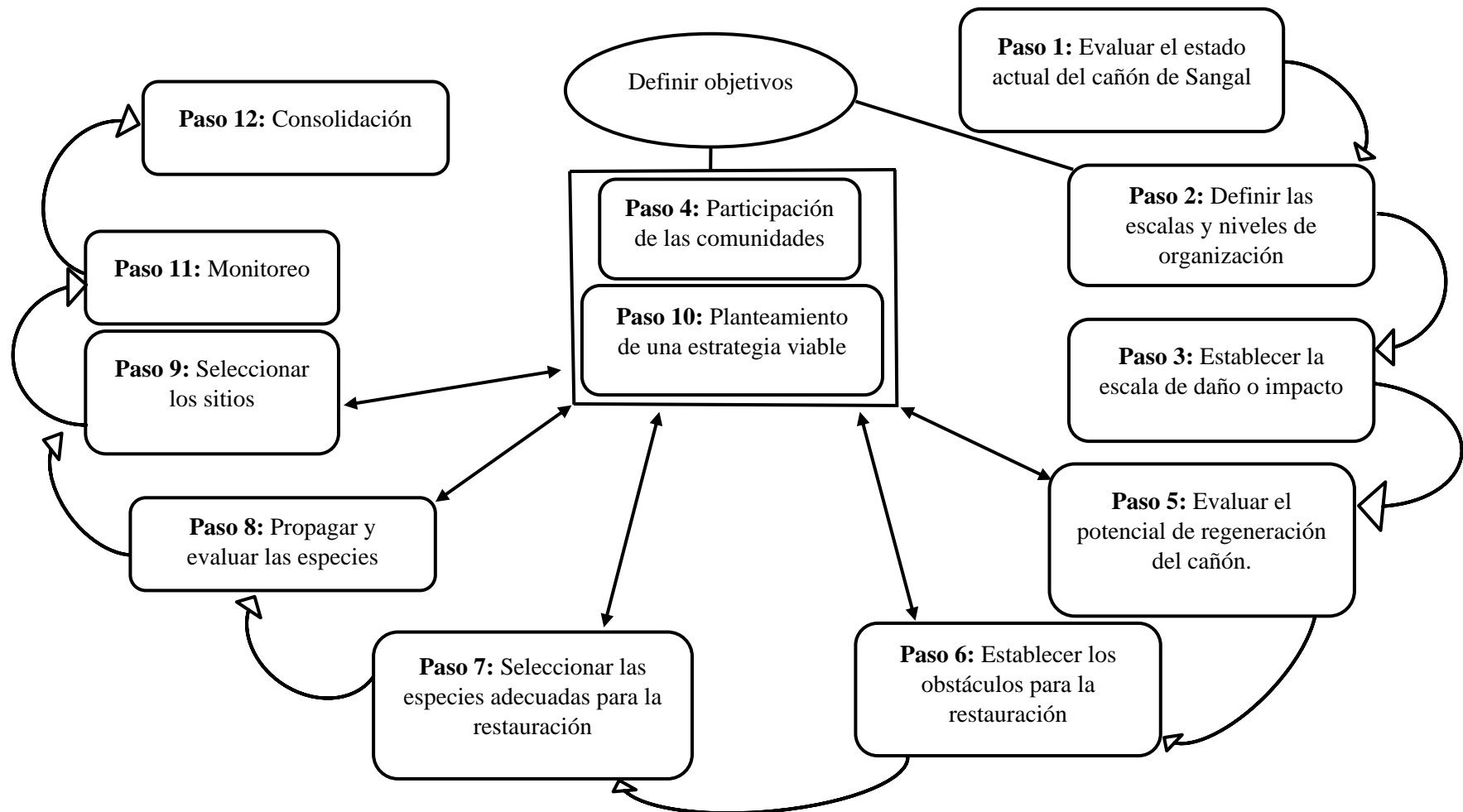


Figura 1 *Proceso de implementación de un método de restauración ecológica*

Nota: Modelo adaptado del diagrama del proceso de una estrategia de restauración (Vargas, 2011)

Por su lado Mola, et al. (2018) en su guía práctica de restauración ecológica señala que la eficiencia de la restauración ecológica depende en gran medida del momento en el que se inicie su implantación. Si se realiza en momentos tempranos, los objetivos podrán ser más ambiciosos y generalmente, los costes de ejecución menores, al estar plenamente integrados en la propia ejecución del proyecto en su conjunto, y para iniciar presenta un flujograma para el desarrollo de la restauración ecológica (ver figura 4).

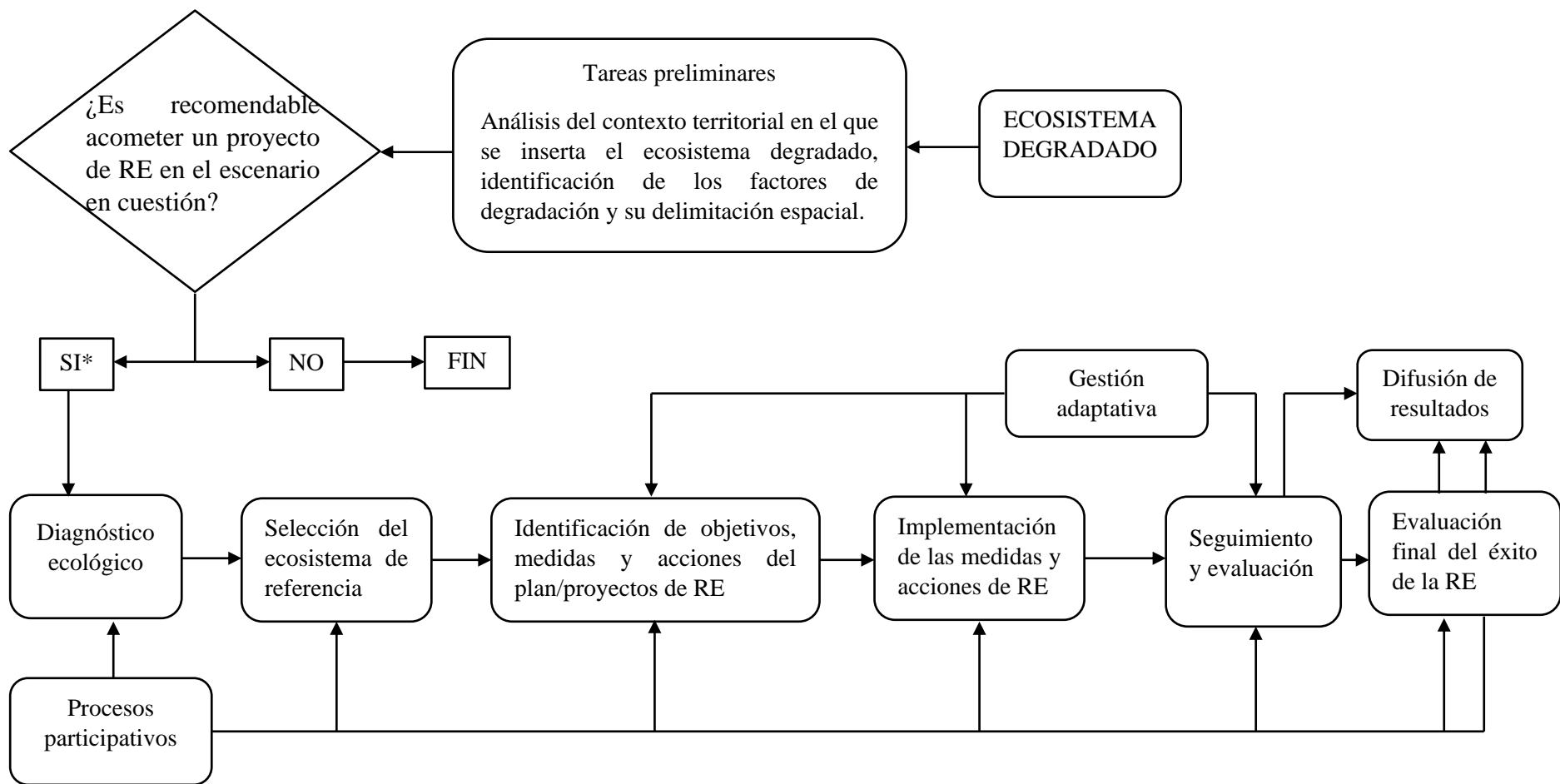


Figura 2 Flujograma para el desarrollo de la Restauración Ecológica

Nota: Guía para la Restauración Ecológica (Mola, et al. 2018)

A continuación, los nueve pasos para una adecuada restauración ecológica:

1. Procesos participativos, es importante la participación de grupos de interés, previa al diseño de un proyecto, mismo que se divide en cuatro fases: identificación de grupos (organizaciones, personas relevantes y líderes de opinión), análisis de las perspectivas e intereses, mapeo de la relación entre objetivos y agentes implicados y priorización de inquietudes y relevancia de los agentes; todo ello se basa en el principio de inclusividad, que permite definir prioridades en la metodología de evaluación de las oportunidades de restauración.
2. Tareas preliminares, cuyo objetivo es definir las bases del análisis inicial que permite valorar el proyecto de restauración ecológica, es una fase relevante, puesto que condiciona la decisión de restaurar o no restaurar, abarcando dos aspectos:
 - Análisis del contexto territorial en el que se inserta el ecosistema sobre el que se va a actuar; analiza aspectos ecológicos, paisajísticos, socioeconómicos y usos del suelo, mediante la identificación del tipo de ecosistema a ser restaurado y realizar una breve descripción; identificación de interacciones del espacio a restaurar con el entorno; identificación del responsable legal de los terrenos a restaurar; identificación de las fuentes financieras del proyecto, así como los recursos (personal y equipos) necesarios para acometerlo.
 - Identificación de los factores de degradación, sus efectos y delimitación espacial, presenta los siguientes atributos: formas en que se manifiesta la degradación sobre el ecosistema (erosión, ausencia de especies nativas, degradación del paisaje, salinización del suelo, turbidez del agua de escorrentía) así como su relación y efecto en los servicios ecosistémicos; identificación de las causas de los procesos de degradación (sobrepastoreo,

actividades extractivas, incendios); identificar las condiciones físicas del espacio a restaurar; identificar las intervenciones sobre el componente biológico del espacio a restaurar; identificar las necesidades de recursos biológicos, así como los medios para obtenerlos, tales como plantas, semillas u otros elementos que permiten construir la composición del ecosistema degradado; delimitación y zonificación del área de intervención y plano a escala, ya que, puede existir diferentes ecosistemas que requieran diferente tratamiento.

3. Diagnóstico ecológico del ámbito de intervención, se basa en los procesos y funcionalidad del espacio a restaurar, identificando bienes y servicios ecosistémicos.
 - Procesos ecológicos, son los que sustentan los servicios ecosistémicos de un territorio, comprende: colonización (implicados en la llegada y establecimiento de seres vivos a nuevos hábitats); polinización y dispersión (propagación de frutos y semillas mediante vectores físicos y biológicos); erosivos (desgaste y destrucción de suelos y rocas de la superficie terrestre); hidro-geomorfológicos (permite el equilibrio entre flujos de materia y energía, indispensables para la conservación del ecosistema), reciclado de nutrientes (se produce el intercambio y transformación de materia orgánica e inorgánica).
 - Funcionalidad, permite determinar la funcionalidad del ecosistema, cuyas funciones son: regulación de ciclos, producción de recursos y de suministro de hábitats.
 - Bienes y servicios ecosistémicos, está directamente relacionada con los procesos ecológicos, mediante contribuciones directas o indirectas de los

ecosistemas para el bienestar humano. Permite delimitar las afecciones sociales y económicas implicadas, estableciendo una priorización de los servicios ecosistémicos a considerar; su valoración es muy compleja ya que se utiliza análisis multicriterio en la toma de decisiones de las políticas y a su vez al mayor número de agentes implicados en procesos participativos; es recomendable realizar el análisis de coste-beneficio, puesto que permite la elección de la mejor opción del punto de vista ambiental, social y económico.

4. Selección del ecosistema de referencia, constituye la base para planificar un proyecto de restauración, presenta los siguientes atributos: ausencia de amenazas o causas de degradación (sobre explotación, contaminación, especies invasoras); condiciones físicas estables (hidrológicas, geomorfológicas y edáficas estables y auto-reguladas); composición de especies diversas y adaptadas a las condiciones ambientales del entorno (especies autóctonas); diversidad estructural (redes tróficas, diversidad espacial de hábitats, protección pasiva frente a incendios); funcionalidad ecosistémica (crecimiento y productividad, restablecimiento de los ciclos de nutrientes, descomposición, interacción planta-animal, factores de estrés ecológicos normales, reproducción y regeneración); intercambios externos (vínculos y conectividad para la migración y el flujo génico, los flujos de procesos hidrológicos o del fuego y otros a escala de paisaje); servicios ecosistémicos (de soporte, regulación, culturales y de aprovisionamiento).
5. Identificación de objetivos, medidas y acciones del plan o proyecto de restauración ecológica, incluye el estudio y planteamiento de alternativas: elaboración de un árbol de problemas de causas y efectos de la degradación del ecosistema, basado en el diagnóstico ecológico. Es recomendable realizar una

tabla donde se recojan los objetivos específicos de cada una de las intervenciones, sus indicadores, el personal y los condicionantes externos.

Propuesta de marco lógico, donde se recojan los objetivos específicos de cada una de las intervenciones, sus indicadores, el personal o la fuente de verificación y los condicionantes externos de los que depende la zona a restaurar (ver tabla 3).

Tabla 3

Matriz de marco lógico

	Intervención/ medidas	Indicadores	Personal y fuentes de verificación	Condicionantes externos	
Objetivo general	Objetivo específico 1.	Protección de vegetación cercana en buen estado de conservación.	Índices de biodiversidad.	Estado de conservación del paisaje, disponibilidad de planta y semilla autóctona.	
	Objetivo específico 2.	Cercamiento de parcelas para un mejor manejo.	Número de nuevos reclutamientos por año.	Incumplimiento de las medidas adaptada por parte de los trabajadores.	
	Objetivo específico 3.	Restricción de accesos a las zonas erosionadas.	Estimas de pérdida de suelo.	Cantidad del personal en función del tamaño del proyecto y fuentes de verificación externas o internas al mismo.	Catástrofes (incendios, inundaciones, lluvias torrenciales, sequías extremas, etc.).
	Objetivo específico 4.	Estudios de marketing para mejorar la distribución y valoración por parte de los consumidores.	Incremento del balance económico.		Dificultad de acceso al mercado. Competencia.
	Objetivo específico n				

Fuente: Guía metodológica para la restauración ecológica (Mola, et al. 2018)

6. Ejecución de las medidas de la restauración ecológica, comprende tres aspectos: grado de detalle con el que se ha señalado las medidas y acciones, correcta planificación de los trabajos y adecuada formación del personal implicado en la ejecución. En una ejecución se debe tener en cuenta; señalización adecuada en las diferentes zonas de trabajo, calendarios de trabajo flexible, correcta selección de maquinaria, verificación de la calidad del material biológico utilizado, identificación de posibles dificultades no contempladas en la fase de diseño durante la ejecución de trabajos y mantenimiento de procesos abiertos ya activos, generando alianzas estratégicas, agentes sociales (voluntariado, custodia del territorio y ciencia).
7. Seguimiento, comprende el marco temporal: los procesos y estructuras de los ecosistemas no son de recuperación rápida, siendo necesario un periodo mayor a tres años para que se aprecie signos de recuperación y flujos de materia y energía se ajusten en el ecosistema restaurado. Los indicadores para el seguimiento, pueden ser cualitativos o cuantitativos según la evolución del ecosistema a restaurar, los mismos que deben ser específicos, medibles, alcanzables, apropiados y oportunos en el tiempo (ver tabla 4).

Tabla 4

Indicadores del éxito de revegetación en restauración ecológica

Periodo de evaluación	Proceso evaluado	Parámetros / indicadores
De 1 a 5 años	Establecimiento de la vegetación implantada	Supervivencia de plantas
		Crecimiento de las plantas
		Estado nutricional de las plantas
		Cobertura vegetal
		Riqueza vegetal

Periodo de evaluación	Proceso evaluado	Parámetros / indicadores
De 5 a 15 años	Desarrollo de la vegetación y reacción de las interacciones planta-suelo	<p>Capacidad reproductiva de las plantas</p> <p>Estructura de la comunidad vegetal</p> <p>Diversidad filogenética de las plantas</p> <p>Establecimiento de terceras especies vegetales</p> <p>Aporte de hojarasca al suelo</p> <p>Nutrientes en el suelo</p> <p>Humedad en el suelo</p> <p>Diversidad de otros niveles tróficos</p>
Más de 15 años	Recuperación de la estructura y fertilidad del suelo superficial y restablecimiento de interacciones ecológicas	<p>Estructura del suelo</p> <p>Materia orgánica del suelo</p> <p>Tasas de descomposición de materia orgánica en suelos</p> <p>Diversidad filogenética de plantas</p> <p>Grado de interacción entre niveles tróficos</p> <p>Conectividad del paisaje</p>

Fuente: Guía metodológica para la restauración ecológica (Mola, et al. 2018)

8. Gestión adaptativa, proceso repetitivo en el cual se ajustan decisiones de los objetivos y las medidas de restauración. Cumple un ciclo: evaluación del problema, diseño del plan de la restauración ecológica, ejecución, seguimiento y evaluación y ajuste. Además, está formada por dos fases:

- Primera fase: Involucrar a los agentes implicados, seleccionar objetivos claros y medibles, identificar acciones potenciales de restauración, establecer modelos a modo de hipótesis, diseñar un plan de seguimiento y evaluación.
 - Segunda fase iterativa: Tomar decisiones en función a los objetivos, aplicar el plan de seguimiento y evaluar para comprender la dinámica del ecosistema.
9. Evaluación final del éxito de la restauración ecológica, es medible de acuerdo a la función del grado de cumplimiento de los objetivos, para ello el autor en este paso también plantea una rueda de restauración ecológica (ver figura 5). A continuación, los puntos a considerar para una evaluación final:
- Contener especies que proporcionen una estructura de la comunidad adecuada, acorde con el ecosistema de referencia.
 - Contener el máximo número posible de especies nativas.
 - Estar representados todos los grupos funcionales, para la estabilidad del ecosistema o con potencial para su colonización natural.
 - Tener un entorno físico capaz de mantener poblaciones reproductoras.
 - Ser un ecosistema funcional de acuerdo con el punto sucesional en el que se encuentre.
 - Estar integrado dentro de una matriz ecológica con la que interactúa a través de flujos de intercambios bióticos, abióticos, socioeconómicos y culturales.
 - Ser resiliente para soportar periodos de estrés y perturbación ambiental.
 - Ser auto sostenible y tener la capacidad de auto organizarse.
 - Haber eliminado o minimizado las amenazas potenciales externas para la salud e integridad del ecosistema restaurado derivadas de su entorno próximo.

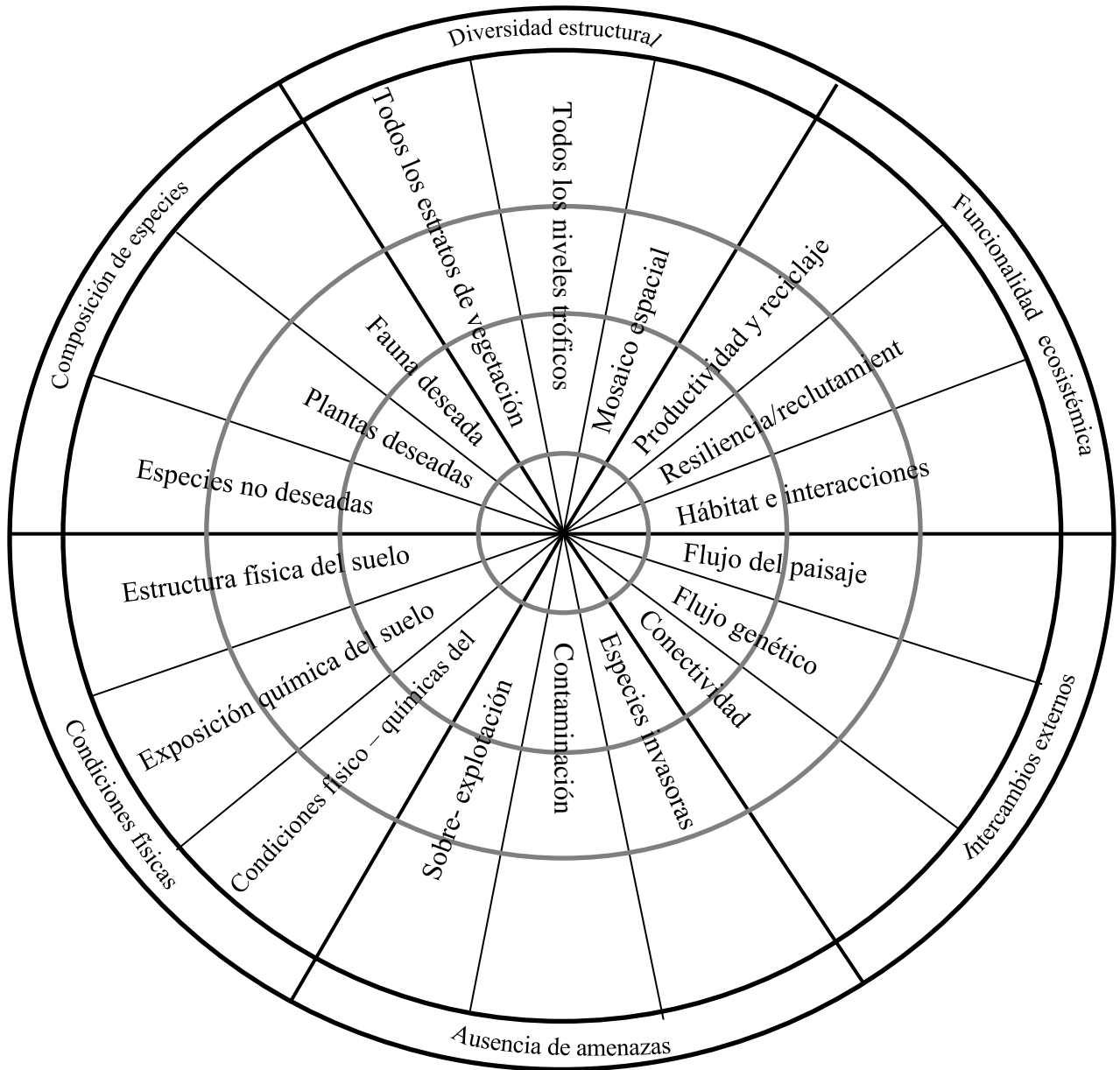


Figura 3 Rueda de recuperación ecológica

Nota: Guía metodológica para la restauración ecológica (Mola, et al. 2018)

El estado peruano ha creído conveniente establecer lineamientos a través del SERFOR, los cuales adoptan principios de restauración que permiten determinar el aumento de la integridad biológica de los ecosistemas de paisaje, da a conocer la sostenibilidad de la restauración a largo plazo basándose en conocimientos que benefician y comprometen a la sociedad. La restauración contribuye a mitigar los efectos y reducir la vulnerabilidad frente

al cambio climático, mediante prevención y control para lograr el manejo de regeneración natural. SERFOR plantea nueve pasos para la restauración, los cuales cumplen una secuencia metodológica (ver figura 6).

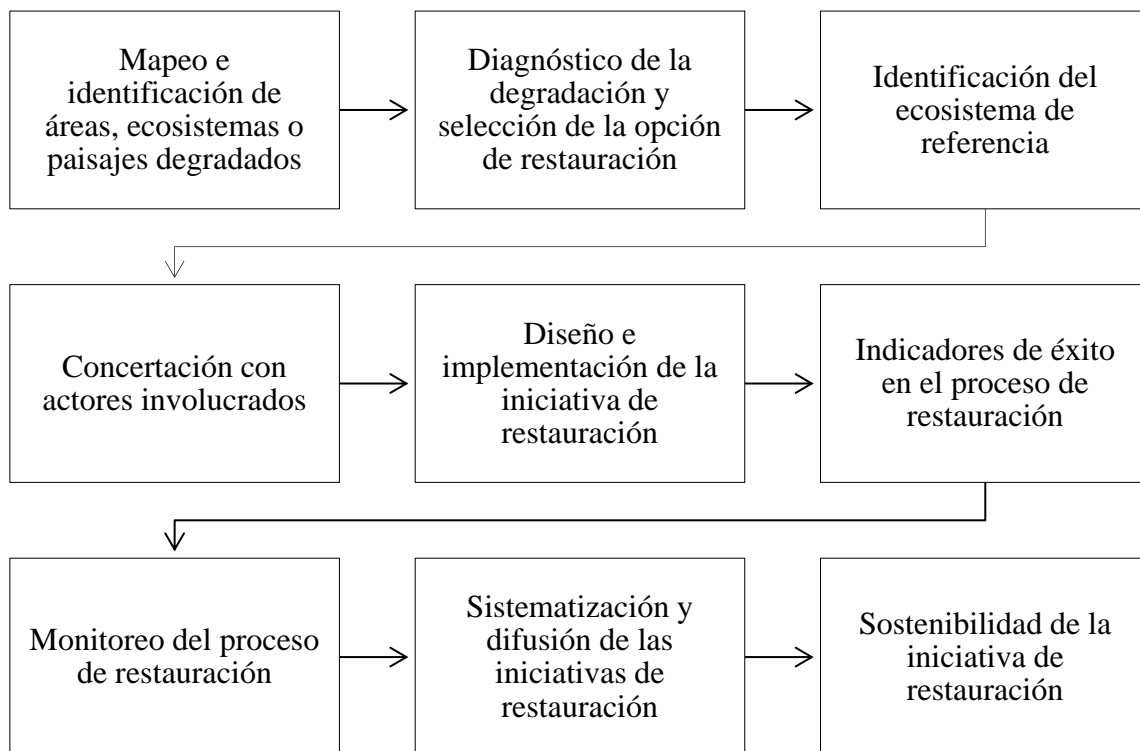


Figura 4 Pasos metodológicos de la guía para la restauración ecológica

Tal cual lo indica la metodología de Mola, et al. (2018) es indispensable contar con el aporte de líderes de opinión o especialistas en el tema, en ese sentido tenemos a los siguientes autores, quienes mencionan a partir de su conocimiento, las mejores acciones a tener en cuenta y consideraciones que aportarían a un futuro proyecto exitoso de restauración ecológica del cañón de Sangal.

Según Roncal (2020), el cañón de Sangal alberga una diversidad de flora nativa, en cuanto a especies arbóreas cuenta con cinco variedades, para estudiar la capacidad de regeneración de las mismas, para ello se debe hacer el uso del método de los transectos que requiere de un procedimiento concreto; consiste en dividir el territorio en unidades homogéneas en cuanto al tipo de masa forestal que encontramos actualmente según la capacidad de uso mayor del suelo (ver figura 2). De esta forma, se podrán segregar áreas de

acuerdo a las tierras identificadas que son propias del ámbito del cañón, con una topografía accidentada y poco expuestas.

La prioridad de rescatar el hábitat de aves endémica en peligro de extinción, es necesario dirigir las plantaciones de ciertas especies (ver tabla 5) de acuerdo a la capacidad de uso mayor del suelo. En cuanto a las plantas herbáceas en la zona, estas plantas tienen una enorme capacidad de resiliencia y se puede ver que éstas se recuperan después de un periodo de seis meses; sin embargo, también forman parte de las especies a mantener en constante monitoreo.

Tabla 5

Flora nativa del cañón de Sangal

Nombre común	Nombre científico	Familia
Chilca	<i>Baccharis sp</i>	Asteraceae
Bobilla o campanilla	<i>Delostoma integrifolium</i>	Bignoniaceae
Ada	<i>Tecoma sambucifolia</i>	Bignoniaceae
Bromelia	<i>Tillandsia flabeliata</i>	Bromelias
Romero amarillo	<i>Clinopodium sericeum</i>	Lamiaceae
Romero rojo	<i>Clinopodium speciosum</i>	Lamiaceae
Lanche	<i>Myrcianthes discolor</i>	Myrtaceae
Huanguilla	<i>Pernettya prostrata</i>	Ericaceae
Mutuy	<i>Senna cajamarcae</i>	Fabaceae
Tuyo zorrillo	<i>Tillandsia humilis</i>	Bromeliaceae
Tayanco o	<i>Baccharis obtusifolia</i>	Asteraceae
Lloctara macho		
Tayanco	<i>Baccharis alaternoides</i>	Asteraceae
Omor quegua	<i>Coniza bonariense</i>	Asteraceae

Nombre común	Nombre científico	Familia
Coñor rosado	<i>Barnadesia dombeyana</i>	Asteraceae
Shita	<i>Smallanthus sonchifolius</i>	Asteraceae
Sauce	<i>Salix caprea</i>	Salicaceae
Aliso	<i>Alnus glutinosa</i>	Betulaceae
Ciprés	<i>Cupressus sempervires</i>	Cupressus

Por otro lado, Alva (2020), señala que se debería priorizar la instalación inmediata de vegetación nativa herbácea y luego seguir el proceso de restauración de vegetación más complejo para conservar el suelo, facilitando la reinstalación de la vegetación nativa, evitando la erosión del suelo, la conservación de las propiedades químicas y así incrementar la resiliencia del ecosistema. Instalar proyectos de restauración forestal en coordinación con la población, para garantizar la sostenibilidad de los mismos.

La población debe ser un actor muy activo, necesita saber qué hay y cuál es su importancia, con ello van a tomar mayor conciencia y van a contribuir a conservar los ecosistemas. Como estrategia se debe impulsar el ecoturismo, el aviturismo y turismo vivencial para generar ingresos económicos que garanticen el aprovechamiento sostenible de los recursos; con esto disminuye la presión del ecosistema en el cañón de Sangal.

3.2. Selección de un método de restauración ecológica para el cañón de Sangal

Después de haber identificado las diferentes metodologías para la restauración ecológica, se determina que la más apropiada es la que plantea Mola, et al. (2018), por los siguientes aspectos:

1. Es preciso contar con la participación activa de las organizaciones directas (ronda campesina, teniente gobernador, agente municipal, las escuelas, las iglesias, etc. De Luichupucho Alto, Luichupucho Bajo, Carahuanga I y Sangal) e indirectos

(Municipalidad de Baños del Inca, Municipalidad de la Encañada, Gobierno Regional de Cajamarca).

Con la conformación de los grupos técnicos se podrá lograr compromisos con los diversos sectores aledaños a la zona de estudio, de las autoridades y población para efectivizar y garantizar el propósito de restaurar; tal es el caso de la ONG Ecosistemas Andinos, la cual ha implementado un vivero forestal en la comunidad de Luichopucro Bajo. El grupo técnico debe estar amparado por normativas, a través de una ordenanza regional, la misma que debe aprobar sobre la restauración ecológica del cañón de Sangal y esto permite acciones de manera legal. En la tabla 6, se especifica las acciones y los responsables en la ejecución de la restauración.

Tabla 6

Acciones de entidades activas

Ítem	Acciones	Responsable	Organismos implicados
1	Diversidad de flora Medidas de conservación	Asociación Ecosistemas Andinos (ONG)	Gobierno Regional de Cajamarca, Municipalidad Distrital de los Baños del Inca y la Asociación Ecosistemas Andinos (ONG)
2	Reconocimiento de especies presentes en el cañón de Sangal	Tesistas, técnicos o especialistas	-

- En cuanto a tareas preliminares, se inicia con el análisis del contexto territorial que abarca el área afectada por el incendio, que es un total de 155.67 ha, la identificación de factores de degradación (erosión del suelo); el representante legal, viene a ser el Gobierno Regional de Cajamarca, respaldado por otras entidades del estado, para

fortalecer fuentes financieras para la ejecución del proyecto de restauración ecológica del cañón de Sangal.

En base al diagnóstico, también se puede incluir información a partir de la capacidad de uso mayor del suelo (CUM), ya que permite conocer procesos y funcionalidad del espacio a restaurar, identificando bienes y servicios ecosistémicos, cuyas funciones son: regulación de ciclos, producción de recursos y suministro de hábitats. De acuerdo al CUM; en tierras para producción forestal, es recomendable usar plantaciones de aliso y pino porque estas tierras pueden ser destinadas a la producción forestal maderable y no maderable, según convenga al interés social y económico del sector público y privado, sin perjudicar los principios del desarrollo sostenible.

Tierras para pastos con calidad agrícola media, por encima de los 3 900 msnm, estas tierras presentan deficiencias y limitaciones para el crecimiento de pasturas naturales y cultivadas, que permiten el desarrollo sostenible de una ganadería, para ello requieren de la aplicación de prácticas moderadas de manejo de suelos y pastos, para evitar el deterioro del suelo y mantener una producción sostenible. (ver figura 5 y 6)

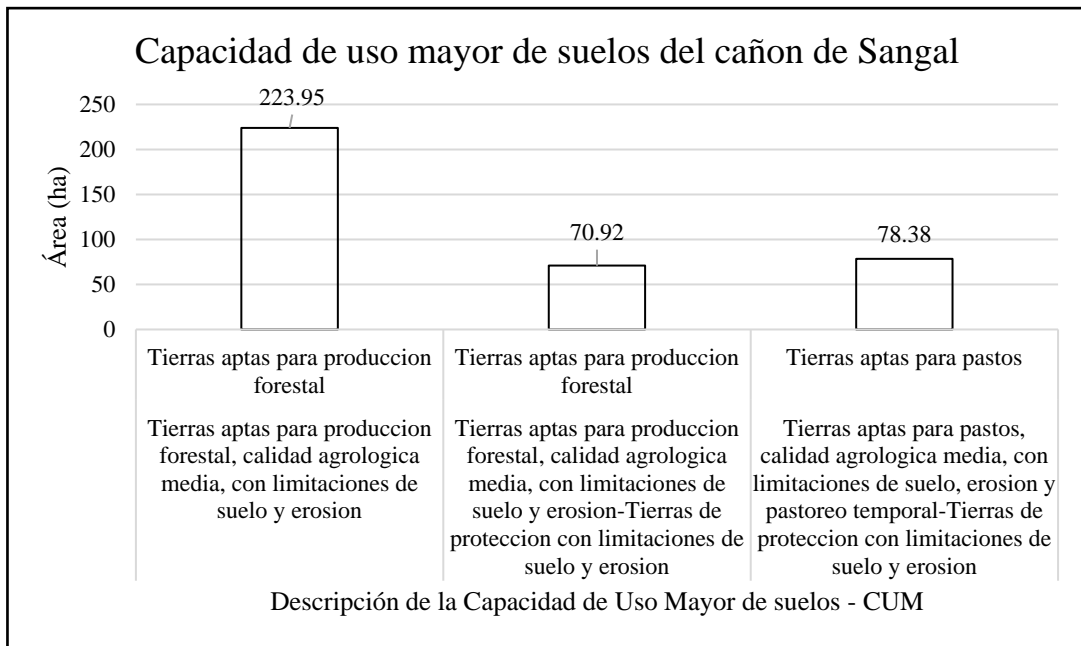
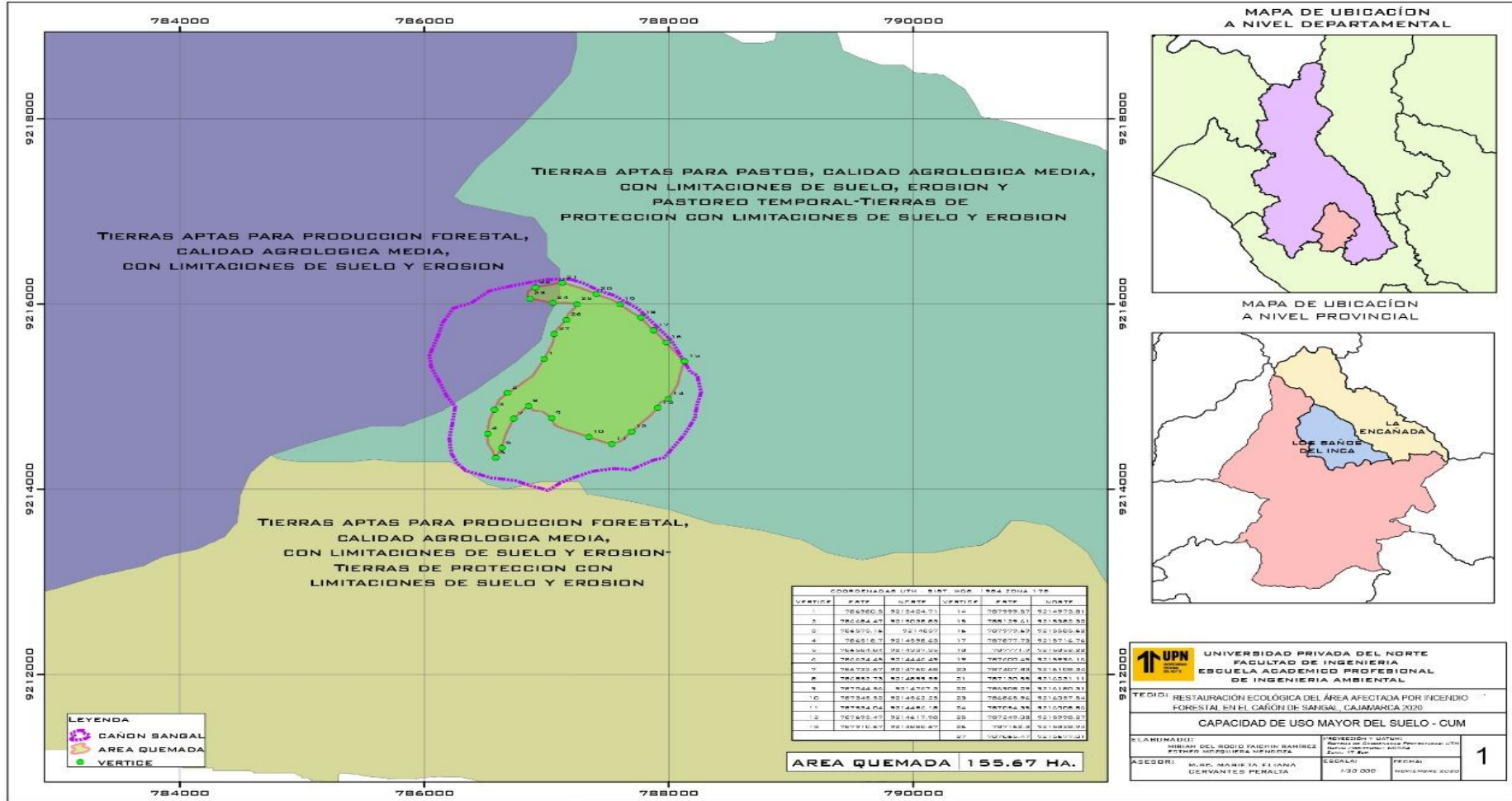


Figura 5 *Capacidad de uso mayor del suelo del cañón de Sangal*



Fuente: ArcGis

Figura 6 Mapa de capacidad de uso mayor del suelo - CUM

3. El diagnóstico ecológico del área a intervenir, inicia con un análisis de la afectación del suelo, después del incendio forestal, el cual muestra los siguientes resultados. Alva y Manosalva (2018), realizaron un estudio después de tres meses del incendio, con el propósito de explicar el nivel de afectación al suelo tanto físico como químico y biodiversidad de ladera y cárcavas, dejando el suelo desnudo y susceptible a la erosión. Las áreas afectadas incluyeron bosques, matorrales, y pastos naturales (ver tabla 7 y 8)

Tabla 7

Análisis de suelos del cañón de Sangal.

Característica	Unidad	Sin quemar	Parcialmente quemada	Completamente quemada
pH (1:1)	Unidad	7.64	7.52	7.75
C.E. (1:1)	dS/m	0.35	0.46	0.52
CaCO ₃	%	35.30	36.30	51.50
M.O.	%	6.94	12.13	4.14

Fuente: Resultados de análisis de suelo de 10-20cm de profundidad; Alva y Manosalva (2019).

Tabla 8

Análisis de suelos del cañón de Sangal.

Característica	Unidad	Sin quemar	Parcialmente quemada	Completamente quemada
N	%	0.32	0.50	0.13
P	ppm	3.90	4.25	3.90
K	ppm	409.67	422.00	768.00
Arena	%	36.33	51.00	43.00
Limo	%	30.33	26.00	31.00
Arcilla	%	33.33	23.00	26.00
Clase textual	---	FrAr	FrArA	Fr.
CIC		29.07	41.12	20.32

Característica	Unidad	Sin quemar	Parcialmente quemada	Completamente quemada
Ca ²⁺		26.96	38.58	16.63
Mg ²⁺		1.01	1.43	1.72
K ⁺	meq/100g	0.98	1.02	1.92
Na ⁺		0.11	0.09	0.05
Al ³⁺ + H ⁺		0.00	0.00	0.00
Suma de cationes		29.07	41.12	20.32
Suma de bases		29.07	41.12	20.32
Saturación de bases	%	100.00	100.00	100.00

Fuente: Resultados de análisis de suelo de 13-20cm de profundidad; Alva y Manosalva (2019).

La concentración de fósforo disponible en el suelo a una profundidad de 10 – 20 cm es considerable, puesto que el fuego sí afectó al suelo en esa profundidad.

La incorporación de estos datos permite conocer los efectos negativos al suelo a consecuencia de los incendios forestales y a su vez las alteraciones en la generación de bienes y servicios ecosistémicos por la pérdida de especies vegetales, ocasionada por la afectación en los tejidos vegetales, la composición fisiológica, el deterioro en las propiedades de los arbustos, el incremento en las plagas y enfermedades, los cambios en la sucesión vegetal, mediante el mapa temático de vulnerabilidad se puede visualizar que el cañón de Sangal tiene un nivel alto, pues esta formado por materiales pocos consolidados de arenas, limos y arcillas, clastos sub-redondeados y sub-angulosos, además hay presencia de areniscas cuarzosas (ver figura 7). En cuanto a las aves, se pierden hábitats y hay migración de especies; así como también la ruptura de cadenas alimentarias. La contaminación hídrica por cenizas, alteración de las

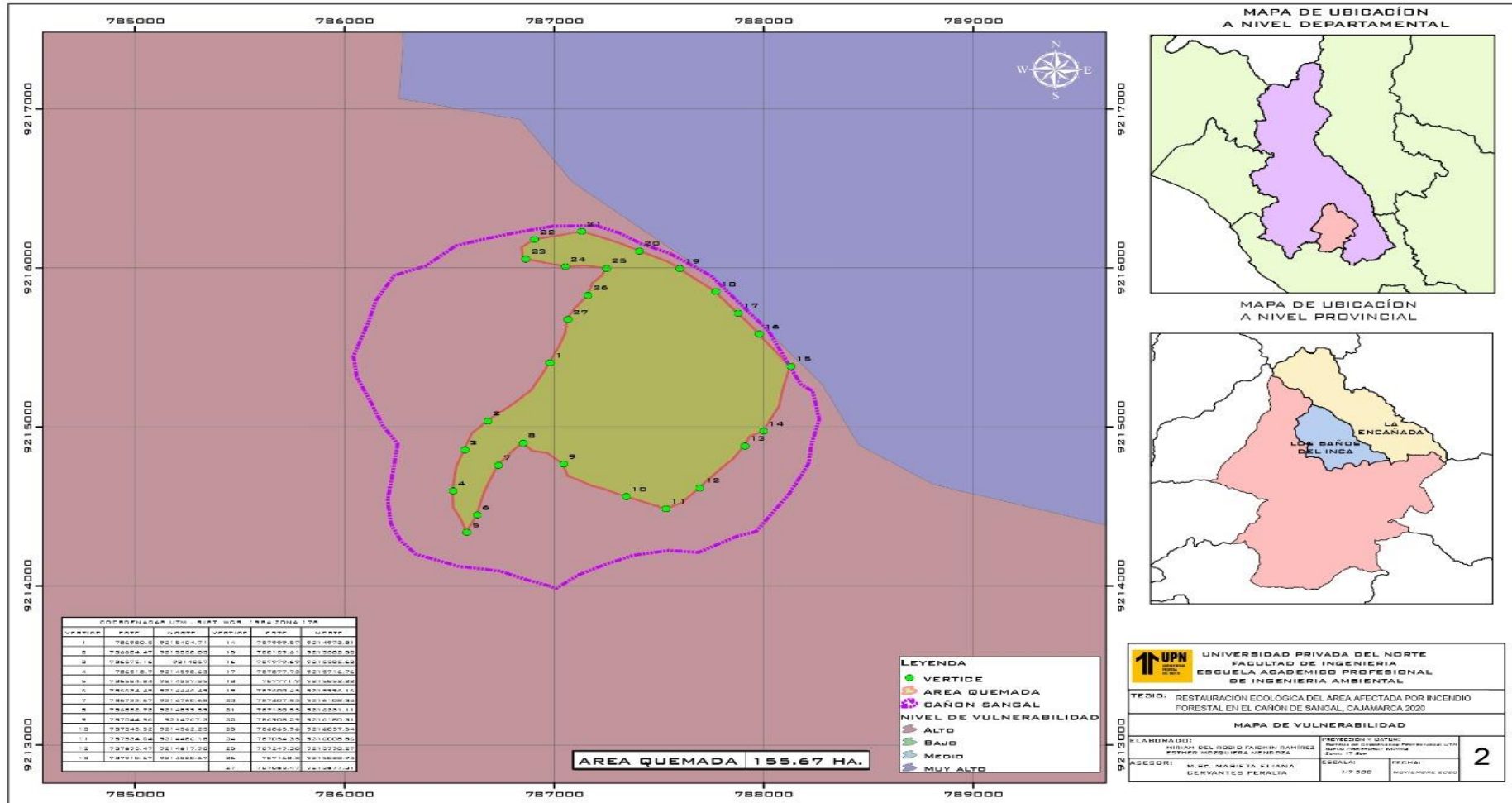
propiedades fisicoquímicas del suelo y afectaciones, en términos económicos y de salud.

El incendio afectó significativamente 155.67 ha del área total del cañón de Sangal; siendo, la erosión del suelo, la vegetación y el paisaje, los componentes más afectados por el fuego, dejando impactos complejos sobre los procesos ecológicos, debido a la variabilidad del paisaje; asimismo, ha ocasionado disminución en la distribución espacial y el peligro de extinción del cometa ventrigris (*Taphrolesbia griseiventris*). Los efectos de los incendios se asocian con la intensidad, recurrencia y duración del incendio forestal que implica pérdida de la vegetación y degradación del suelo (ver tabla 9).

Tabla 9

Componentes afectados según el espacio

	1	2	3	4
	En todo el tramo	En muchos puntos	En pocos puntos	No se encuentra
1 Signos de erosión	X			
2 Restos de vegetación quemada		X		
6 Paisaje alterado	X			



Fuente: ArcGis

Figura 7 Mapa de vulnerabilidad del cañón de Sangal

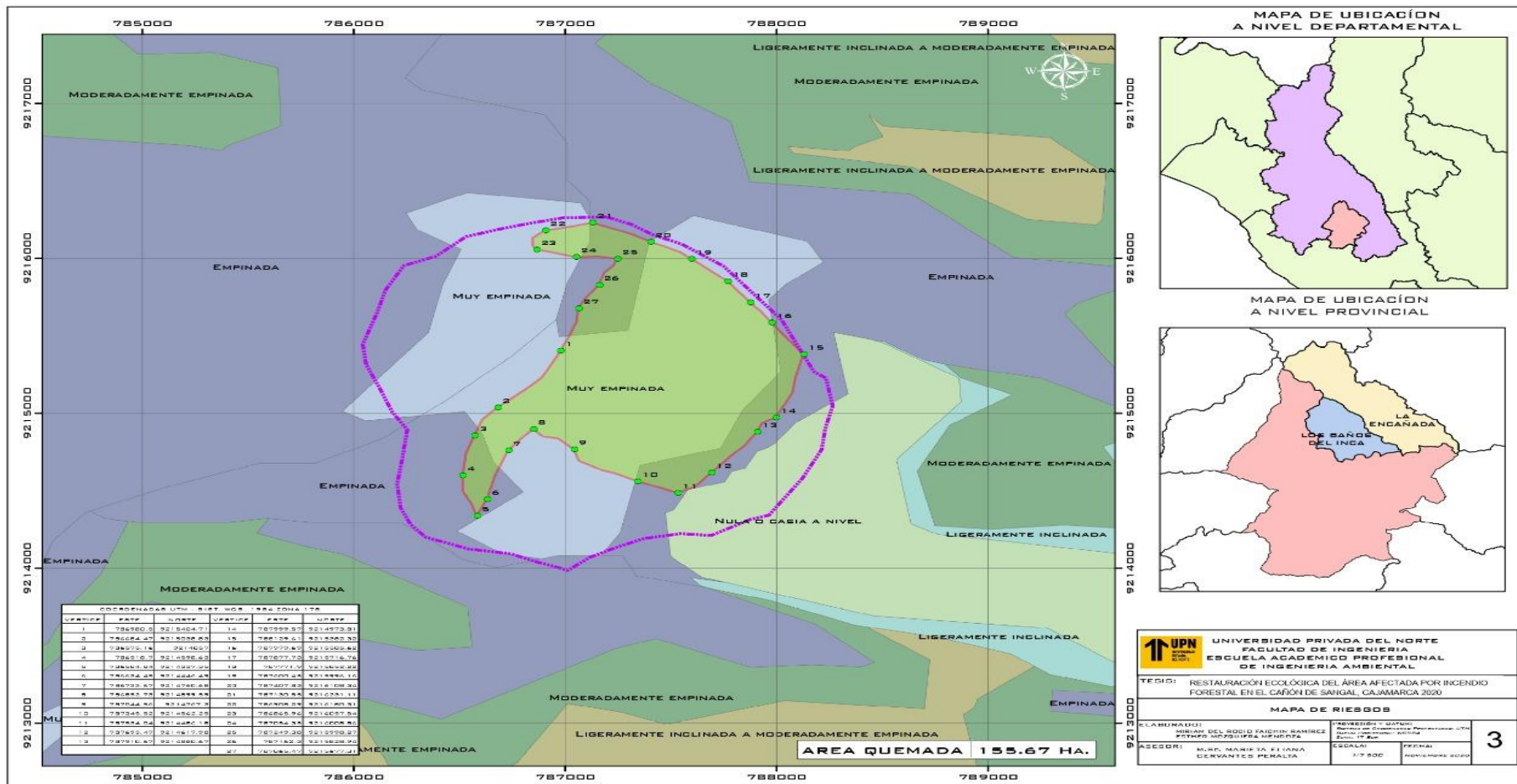
4. El ecosistema de referencia, vendría a ser la parte del área del cañón que no ha sido afectada por el incendio forestal, la cual en su mayoría está libre de contaminación y especies invasoras, presenta aceptables condiciones físicas y la presencia de algunas plantas nativas, tanto arbustivas como arbóreas (*Delostoma integrifolium*, *Tecoma sambucifolia* y *Myrcianthes discolor*).
5. La iniciativa de restauración ecológica debe comprender un objetivo general que tenga como soporte los objetivos específicos pertinentes, para su intervención o medida con sus respectivos indicadores, personal y fuentes de verificación y condicionantes externos, mismos que se organizan en la siguiente matriz de marco lógico para la restauración ecológica (ver tabla 10). Asimismo, para determinar la pendiente se analiza desde la perspectiva de erosión del suelo. Cuanto mayor es la pendiente, mayor es el peligro a la erosión y pérdida del suelo. Para ellos, es importante establecer y comprender objetivos que será de utilidad para tener conocimiento sobre el grado de riesgo en cuanto a su formación natural del área de estudio (ver figura 8)

Tabla 10

Matriz de marco lógico

	Intervención/ medidas	Indicadores	Personal y fuentes de verificación	Condicionantes externos
Objetivo general	Objetivo específico 1.			
	Objetivo específico 2.			
	Objetivo específico 3.			
	Objetivo específico 4.			
	Objetivo específico n			

Fuente: Adaptado de la guía metodológica para la restauración ecológica (Mola, et al. 2018)



Fuente: ArcGis

Figura 8 Mapa de riesgos del cañon de Sangal

6. Para la ejecución de las medidas de restauración ecológica, considerar la posibilidad de aliarse con la ONG Ecoan, autoridades comunales y locales, grupos de voluntariado (ORCAA Cajamarca, PROA, Inca Finch, etc.), empresas de servicio turístico vivenciales (Greentours Cajamarca, Avistamiento de aves, etc.); así mismo, la municipalidad de Cajamarca. Todos los que se mencionan son actores que contribuirán a la sostenibilidad del proyecto de restauración ecológica en el cañón de Sangal.
7. El seguimiento, implica realizar un monitoreo a detalle en cada etapa de la iniciativa de restauración ecológica del cañón de Sangal (ver tabla 11).

Tabla 11

Indicadores de éxito de restauración ecológica en el cañón de Sangal

Periodo de evaluación	Etapas de evaluación	Parámetros indicadores
De 1 a 5 años	Establecimiento de la vegetación	Supervivencia de plantas probada en su adaptabilidad y velocidad de crecimiento Crecimiento y desarrollo de las plantas Estado nutricional de las plantas Cobertura vegetal en parcelas demostrativas o de estudio Riqueza vegetal con los diferentes individuos de especies arbustivas
De 5 a 15 años	Desarrollo de la vegetación y reacción de las interacciones planta-suelo	Capacidad reproductiva de las plantas Estructura de la comunidad vegetal Diversidad filogenética de las plantas Establecimiento de especies vegetales alternativas Aporte de hojarasca al suelo Nutrientes en el suelo Humedad en el suelo

Periodo de evaluación	Etapas de evaluación	Parámetros indicadores
Más de 15 años	Recuperación de la estructura y fertilidad del suelo superficial y restablecimiento de interacciones ecológicas	Estructura del suelo de acuerdo a su composición Materia orgánica del suelo Tasas de descomposición de materia orgánica en suelos Diversidad filogenética de plantas Conectividad del paisaje

Fuente: adaptado de la guía metodológica para la restauración ecológica (Mola, et al. 2018)

8. La evaluación final de la restauración ecológica del cañón de Sangal, se medible según el porcentaje de cumplimiento de los objetivos.

Objetivos básicos sugeridos para la medición:

- Contener especies que proporcionen una estructura de la comunidad adecuada, acorde con el ecosistema de referencia.
- Tener un entorno físico capaz de mantener poblaciones reproductoras.
- Estar integrado dentro de una matriz ecológica con la que interactúa a través de flujos de intercambios bióticos, abióticos, socioeconómicos y culturales.
- Haber eliminado o minimizado las amenazas potenciales externas para la salud e integridad del ecosistema restaurado derivadas de su entorno próximo.

3.3. Indicadores de la restauración ecológica del cañón de Sangal

Este apartado permite contar con información sobre el logro de objetivos de la restauración ecológica del cañón de Sangal; los indicadores para la restauración ecológica deben ser evaluados en los aspectos de diversidad, estructura y funcionalidad. Dicha

selección debe estar basada en experiencias previas ante diferentes estados de conservación del ecosistema. Es recomendable elegir más de uno dentro de cada aspecto, ya que un único indicador nos puede dar información errónea. De acuerdo al método de Mola, et al. (2018), establece los siguientes indicadores:

- Supervivencia de plantas
- Crecimiento de las plantas
- Estado nutricional de las plantas
- Cobertura vegetal
- Capacidad reproductiva de las plantas
- Diversidad filogenética de las plantas
- Aporte de hojarasca al suelo
- Nutrientes en el suelo
- Humedad en el suelo
- Estructura del suelo
- Materia orgánica del suelo
- Tasas de descomposición de materia orgánica en suelos
- Grado de interacción entre niveles tróficos
- Conectividad del paisaje

Por consiguiente, de acuerdo a los indicadores, se vincula con el aporte de Roncal (2020), quien expone que la caracterización de la composición y estructura del área que abarca el cañón de Sangal, favorece a la presencia de aves. Se ha registrado noventa especies de aves, entre las cuales se encuentran cuatro especies endémicas; cometa ventrigris (*Taphrolesbia griseiventris*) de esta especie hay cinco variedades en Sangal, colibrí de cola larga negra (*Lesbian victoriae*), colibrí de cola larga verde (*Lesbia nuna*), colibrí tirió (*Metallura tyrianthina*) del Perú. El detalle de las especies se especifica en la tabla 12.

Tabla 12

Aves del cañón de Sangal

Nombre común	Nombre científico	Familia
Paloma doméstica, Rock Pigeon	<i>Columbia livia</i>	Columbidae
Paloma de nuca blanca	<i>Patagioenas fasciata</i>	Columbidae (JG)
Paloma de Puntas Blancas	<i>Leptotila verreauxi</i>	Columbidae
Tórtola Orejuda	<i>Zenaida auriculata</i>	columbidae (EG)
Tortolita Peruana	<i>Columbina cruziana</i>	columbidae
Tortolita Moteada	<i>Metriopelia ceciliae</i>	columbidae
Vencejo de Cuello Castaño	<i>Streptoprocne rutila</i>	Apodidae (LF)
Vencejo de Collar Blanco	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Apodidae (IM)
Vencejo Andino	<i>Aeronautes andecolus</i>	Apodidae (CC)
Oreja-Violeta de vientre Azul	<i>Colibrí coruscans</i>	Trochilidae
Colibrí cometa ventrigris	<i>Taphrolesia griseiventris</i>	Trochilidae
Colibrí de cola larga negra	<i>Lesbian victoriae</i>	Trochilidae (CC)
Colibrí de cola larga verde	<i>Lesbia nuna</i>	Trochilidae
Colibrí Tirio	<i>Metallura tyrianthina</i>	Trochilidae
Colibrí negro	<i>Metallura phoebe</i>	Trochilidae
Rayo de sol Brillante	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Trochilidae
Inca Arcoiris	<i>Coeligena iris</i>	Trochilidae
Colibrí Gigante	<i>Patagona gigas</i>	Trochilidae (JG)
Estrellita de collar púrpura	<i>Myrtis Fanny</i>	Trochilidae
Colibrí de Taczanowski	<i>Thaumasius taczanowskii</i>	Trochilidae
Rascón Plomizo	<i>Pardirallus sanguinolentus</i>	Rallidae
Gallinazo de cabeza negra	<i>Coragyps atratus</i>	Cathartidae
Aguilucho Variable	<i>Geranoaetus</i>	Accipitridae (EG)
Aguilucho de pecho negro	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Accipitridae
Lechucita peruana	<i>Glaucidium peruanum</i>	Strigidae
Carpintero pardo	<i>Dryobates fumigatus</i>	Picidae

Nombre común	Nombre científico	Familia
Carpintero de cuello negro	<i>Colaptes atricollis</i>	Picidae (JG)
Carpintero Andino	<i>Colaptes rupicola</i>	Picidae
Caracara Cordillerano	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	Falconidae
Cernícalo Americano	<i>Falco sparverius</i>	Falconidae
Halcón aplomado	<i>Falco femoralis</i>	Falconidae (EG)
Perico andino	<i>Bolborhynchus orbynesius</i>	Psittacidae
Bandurrita Peruana	<i>Geocerthia serrana</i>	Furnariidae
Churrete de ala crema	<i>Cinclodes albiventris</i>	Furnariidae
Churreta de ala blanca	<i>Cinclodes atacamensis</i>	Furnariidae (JG)
Tijeral de corona castaña	<i>Leptasthenura pileata</i>	Furnariidae
Canastero Multilistado	<i>Asthenes flammulata</i>	Furnariidae
Cola Espina de mejilla lineada	<i>Cranioleuca antisiensis</i>	Furnariidae
Cola espina de azara	<i>Synallaxis azarae</i>	Furnariidae (JG)
Fío-Fío de vientre amarillo	<i>Elaenia flavogaster</i>	Tyrannidae (JM)
Fío-Fío serrano	<i>Elaenia pallatangae</i>	Tyrannidae
Fío-Fío de cresta blanca	<i>Elaenia albiceps</i>	Tyrannidae (JG)
Tiranillo de ala bandeada	<i>Mecocerculus stictopterus</i>	Tyrannidae (JG)
Torito de cresta negra	<i>Anairetes nigrocristatus</i>	Tyrannidae (JG)
Torito de Pico Amarillo	<i>Anairetes flavirostris</i>	Tyrannidae (CC)
Torito copetón	<i>Anairetes parulus</i>	Tyrannidae
Moscareta de los Torrentes	<i>Serpophaga cinerea</i>	Tyrannidae
Pibí Tropical	<i>Contopus cinereus</i>	Tyrannidae
Mosquero de agua	<i>Sayornis nigricans</i>	Tyrannidae (JV)
Dormilona Chica	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Tyrannidae (JG)
Dormilona de nuca rojiza	<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	Tyrannidae (JG)
Arriero de Pico Negro	<i>Agriornis montanus</i>	Tyrannidae (JG)
Ala rufa de garganta rayada	<i>Myiotheretes striaticollis</i>	Tyrannidae
Pitajo de ceja blanca	<i>Ochthoeca leucophrys</i>	Tyrannidae
Tirano Tropical	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tyrannidae

Nombre común	Nombre científico	Familia
Copetón de Cresta Oscura	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Tyrannidae
Cotinga de cresta roja	<i>Ampelion rubrocristatus</i>	Cotingidae
Vireón de ceja rufa	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireonidae
Golondrina azul y blanca	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Hirundinidae
Golondrina de vientre pardo	<i>Orochelidon murina</i>	Hirundinidae (JV)
Cucarachero Común	<i>Troglodytes aedon</i>	Troglodytidae
Zorzal grande	<i>Turdus fuscater</i>	Turdidae
Zorzal chiguanco	<i>Turdus chiguanco</i>	Turdidae (JG)
Pico de cono Cinéreo	<i>Conirostrum cinereum</i>	Thraupidae
Fringilo Peruano	<i>Phrygilus punensis</i>	Thraupidae (JG)
Fringilo de pecho negro	<i>Phrygilus fruticeti</i>	Thraupidae
Fringilo Plumizo	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Thraupidae
Fringilo de pecho cenizo	<i>Geospizopsis plebejus</i>	Thraupidae
Fringilo de cola bandeada	<i>Porphyrospiza alaudina</i>	Thraupidae
Semillero de cola bandeada	<i>Catamenia analis</i>	Thraupidae (EG)
Semillero simple	<i>Catamenia inornata</i>	Thraupidae
Pincha Flor de Garganta Negra	<i>Diglossa brunneiventris</i>	Thraupidae
Pincha Flor de Pecho Canela	<i>Diglossa sittoides</i>	Thraupidae
Espingero Negro y Blanco	<i>Sporophila luctuosa</i>	Thraupidae
Espiguero de vientre amarillo	<i>Sporophila nigricollis</i>	Thraupidae (JG)
Saltador de pico dorado	<i>Saltador aurantirostris</i>	Thraupidae (JV)
Monterita de pecho rufo	<i>Poospiza rubecula</i>	Thraupidae
Hemispingo de Oreja Negra	<i>Sphenopsis melanotis</i>	Thraupidae (JG)
Tangara de pecho Rufo	<i>Thlypsopsis ornata</i>	Thraupidae
Monterita de cola simple	<i>Microspingus alticola</i>	Thraupidae
Tangara azul y amarilla	<i>Pipraeidea bonariensis</i>	Thraupidae (JV)
Tangara de Gorro Agul Amarillo	<i>Sporathaupis cyanocephala</i>	Thraupidae
Gorrión de collar rufo	<i>Zonotrichia capensis</i>	Passerellidae
Matorralero de Pecho Amarillo	<i>Atlapetes latinuchus</i>	Passerellidae

Nombre común	Nombre científico	Familia
Piranga Bermeja	<i>Piranga flava</i>	Cardinalidae
Picogrueso Dorado	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Cardinalidae
Reinita de Cresta Negra	<i>Myiothlypis nigrocristata</i>	Parulidae
Pastorero Peruano	<i>Leistes bellicosus</i>	Icteridae
Tordo de Matorral	<i>Dives waczewiczi</i>	Icteridae (JL)
Jilguero Encapuchado	<i>Spinus Magellanicus</i>	Fringillidae (EG)
Eufonía de lomo dorado	<i>Euphonia cyanocephala</i>	Fringillidae (EG)

Fuente: Guía de identificación de Aves del cañón del río Chonta (Roncal, 2020)

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

El estudio presenta tres métodos de restauración ecológica, los cuales están compuestos por una serie de pasos que coinciden que pueden ser aplicadas para restaurar el cañón de Sangal, tal como lo manifiestan los siguientes especialistas:

Tabla 13

Cuadro comparativo de los métodos de restauración ecológica

Pasos	Tipos de métodos		
	Vargas	Mola	SERFOR
1	Evaluar el estado actual del ecosistema.	Procesos participativos	Mapeo e identificación de áreas.
2	Definir las escalas y niveles de organización.	Tareas preliminares	Diagnóstico de la degradación.
3	Establecer escalas y jerarquías de disturbios.	Diagnóstico ecológico	Identificación del ecosistema de referencia.
4	Considerar la participación comunitaria.	Selección del ecosistema de referencia.	Concertación con actores involucrados.
5	Evaluar el potencial de regeneración.	Identificación de objetivos	Diseño e implementación de la iniciativa de la restauración.
6	Establecer los tensionantes para la restauración.	Ejecución de las medidas de la RE	Indicadores de éxito en el proceso de restauración.
7	Seleccionar las especies adecuadas para la restauración	Seguimiento	Monitoreo del proceso de restauración.
8	Propagar y manejar las especies.	Gestión adaptativa.	Sistematización y difusión de la iniciativa de restauración
9	Seleccionar los sitios.	Evaluación final.	Sostenibilidad de la iniciativa de restauración.
10	Diseñar estrategias de superación de barreras.		
11	Monitorear el proceso de restauración.		
12	Consolidar el proceso de restauración.		

De acuerdo a los resultados del primer objetivo, se obtienen tres métodos de diferentes autores, Vargas (2011) establece doce pasos para realizar una restauración ecológica, de los cuales seis pasos coinciden con los otros dos métodos; por otro lado, SERFOR considera nueve pasos dentro de sus lineamientos para llevar a cabo una correcta restauración ecológica, de los cuales siete son similares a los otros dos métodos; finalmente, Mola, et al. (2018), expone nueve pasos que simplifican las acciones de restauración ecológica, tanto de Vargas (2011), como de Mola, et al. (2018).

Con respecto a la selección de un método de restauración ecológica, por las características que describe cada uno de los pasos, es pertinente seleccionar el método de Mola, et al. (2018), ya que el cañón de Sangal puede ser restaurado siguiendo cada uno de los pasos establecidos por el autor, en este orden: porque determina los procesos de manera explícita sobre cómo realizar al inicio el diagnóstico ecológico del área afectada, la descripción precisa sobre la selección del ecosistema de referencia, que permite la identificación de objetivos, medidas y acciones que servirán para el desarrollo del plan o proyecto de restauración ecológica, que ello ayudará a la adecuada implementación de las medidas y acciones de dicha restauración, realizando minucioso seguimiento y evaluación, todos estos procesos participativos se logran realizando una gestión adaptativa, conjuntamente con la difusión de resultados, logrando una exitosa restauración ecológica del cañón de Sangal.

En cuanto a los indicadores de restauración ecológica planteados por Mola, et al. (2018), éstos pueden ser cualitativos o cuantitativos, según la evolución del ecosistema a restaurar, ya que éstos deben ser específicos, medibles, alcanzables y oportunos en el tiempo; para determinar la supervivencia, crecimiento y estado nutricional de las plantas, formando una rica cobertura vegetal, con gran capacidad y diversidad reproductiva, recuperando de esta manera, la estructura del suelo con composición de materia orgánica y nutrientes,

logrando el restablecimiento de la interacción ecológica y conectividad de paisajes. En base a lo mencionado, lo que afirma Carrascal (2018) guarda similitud con Roncal (2020), quien afirma que, al restaurar la flora, se forma la base para la recuperación de las aves, principalmente al ave endémica *Taphrolesia griseiventris*, ya que ésta responde a las diferencias en estructura de la vegetación, siendo menos abundantes en los ecosistemas con una menor disponibilidad de follaje en altura, además responden a la composición florística del cañón de Sangal, siendo menos abundantes en los sitios que presentan una menor abundancia y riqueza de especies arbóreas productoras de flores. La estructura de la vegetación determina la distribución de aves al estar asociadas con recursos críticos tales como alimento, sitios de refugio, resguardo contra depredadores y sitios para el anidamiento. La disponibilidad de recursos alimenticios en un ecosistema se ha propuesto como uno de los factores más importantes en la conformación de las comunidades de aves.

Las limitaciones a las que nos hemos visto expuestas en esta investigación, son de carácter teórico, ya que además de que el cañón de Sangal es un ecosistema poco conocido, no cuenta con muchos estudios que se hayan realizado con fines similares a lo nuestro. La siguiente limitación está relacionada a las comunidades aledañas, a la municipalidad local, gobierno regional; quienes presentan escasa preocupación por recuperar, forestar, preservar y conservar la biodiversidad del cañón de Sangal. Además, durante el desarrollo de la investigación se suscitó la de declaración de emergencia nacional a causa de la pandemia, COVID 19, es por eso que fue difícil visitar el lugar de estudio para realizar análisis de suelo, inventario de flora y aves, encuestas in situ, fotografías actuales.

Adicionalmente, se debería practicar y fomentar los servicios ecosistémicos, como: aviturismo y ecoturismo, que ofrecería el área restaurada. Además, promover acciones para lograr la conservación y protección del cañón de Sangal, teniendo en cuenta éste estudio de investigación.

4.2 Conclusiones

De acuerdo al desarrollo de la investigación, se logró proponer un método de restauración ecológica que ayuda a recuperar el área afectada por incendio forestal para el cañón de Sangal en Cajamarca; que se basa en realizar procesos participativos, tareas preliminares, diagnóstico ecológico, selección del ecosistema de referencia, identificación de objetivos, ejecución de las medidas de restauración, seguimiento, gestión adaptativa y evaluación, los mismos que servirán para elaborar un proyecto o plan de restauración ecológica.

De acuerdo a las investigaciones realizadas, se logró identificar métodos de restauración ecológica, los cuales son de Vargas (2011), quien, en su guía para la restauración ecológica, especifica doce pasos para llevar una correcta restauración ecológica. Por su parte Mola, et al. (2018), también en su guía práctica de restauración ecológica especifica nueve pasos para un exitoso proyecto. Finalmente, SERFOR, establece lineamientos en los que plantea nueve pasos con secuencia metodológica para la restauración ecológica.

Según las características del área afectada y zona de estudio, se ha seleccionado el método de Mola, et al. (2018) como el más apropiado para la restauración ecológica del cañón de Sangal, puesto que con el uso del software ArcGis, hemos elaborado un mapa que identifica la capacidad de uso mayor del suelo (CUM), del cañón de Sangal, mismo que ayuda a iniciar con el diagnóstico de la restauración ecológica, ya que el mapa indica como resultado que el 60% del área total comprende: tierras para producción forestal, con calidad agrológica media, con limitaciones de suelo y erosión; el 19 % a tierras aptas para producción forestal, calidad agrológica media, con limitaciones de suelo y erosión – tierras de protección con limitaciones de suelo y erosión; y el 21 % pertenece a tierras aptas para pastos, calidad agrológica media, con

limitaciones de suelo, erosión y pastoreo temporal – tierras de protección con limitaciones de suelo y erosión.

REFERENCIAS

- Alayo, E. (2011). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/160848715/El-Colibri>
- Alva, D. y Manosalva, H. (2019). *Efecto del fuego en las propiedades químicas del suelo en el cañón de Sangal, Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Carrascal, A. (2018). *Distribución espacio - temporal del colibrí taphrolesbia griseiventris, las actividades extractivas y el desarrollo del aviturismo, en el cañón de Sangal - El Chicche, distrito de Los Baños del Inca, Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- De Groot, R., Wilson, M., & Boumans, R. (2002). *Ecological Economics. Typology for description, classification and valuation of ecosystem functions, goods and services*. USA. Obtenido de Ecological Economics.
- Díaz, S., Fargione, J., Chapin, F., & Tillman, D. (2006). Biodiversity Loss Threatens Human Well-Being. *PLoS Biol*. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040277>
- Ehrlich, R., & Mooney, H. (1983). Extinction, Substitution and Ecosystem Mooney Source. *BioScience*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092015000200011
- F, P. (2011). *Geographicalia*. Obtenido de Geographicalia: <http://es.Geographicalia,2011;59-60:295-308>. DOI: 10.26754/ojs_geoph/geoph.201159-60839
- Hernández et al (2003). *Metodología de la investigación*. Obtenido de Metodología de la investigación: http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/blanco_s_nl/capitulo3.pdf
- Jordan III, W., & Lubick, G. (2011). Making Nature Whole: A history of Ecological Restoration. *Island Press*, 272.
- López, M. (2017). *Mongabay*. Obtenido de Mongabay: <https://es.mongabay.com/2017/08/biodiversidad-areas-naturales-protégidas-peru/>
- McDonald, T., Gann, J., Jonson, J., & Dixon, K. (2016). International Standards for the Practice of Ecological Restoration - Including Principles and key concepts for Ecological Restoration (SER). *SER*, 48.
- MINAGRI (2016). *Serfor*. Obtenido de Serfor: <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/DS-N004Especiesamenazadas-de-fauna-silvestre.pdf>

Mola, et al. (2018). *Guía práctica de restauración ecológica*. Fundación Biodiversidad para la Transición Ecológica. Madrid 77 pp

Roncal, M. (2017). *Aves de Cajamarca*. Obtenido de Aves de Cajamarca:
<http://avesdecajamarca.blogspot.com/2017/02/>

SERFOR (2018) *Lineamientos para la restauración de ecosistemas forestales y otros ecosistemas vegetales silvestres*. Lima, Perú.

Vargas, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Revista Biológica Colombiana*, 221-246.

ANEXOS

Anexo 1: Ficha bibliográfica 1

<p>Autores: Denis Alva y Héctor Manosalva</p> <p>Título: “Efecto del fuego en las propiedades químicas del suelo en el cañón de Sangal, Cajamarca”</p> <p>Año: 2019</p>	<p>Editorial:</p> <p>Ciudad/ País: Cajamarca, Perú</p>
<p>Resumen del contenido: La investigación tuvo por objetivo analizar el efecto del fuego en las propiedades químicas del suelo en el cañón de Sangal, Cajamarca, tres meses después de un incendio forestal. La evaluación se realizó en seis condiciones de estudio generadas por la combinación de parcelas sin quemar, parcialmente quemadas y completamente quemadas y las profundidades de muestreo de 0 - 10 cm y de 10 - 20 cm. Se observó un mayor efecto del fuego en los 10 cm superiores del suelo, registrándose una alta significación estadística en la conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total, magnesio cambiante; significación estadística en el potasio disponible y capacidad de intercambio catiónico, concentraciones que se incrementaron en las parcelas quemadas. No se registraron diferencias significativas en el pH, textura y en disponibilidad de calcio total, fósforo disponible, calcio, potasio y sodio cambiante entre las condiciones de estudio.</p>	
<p>Número de edición o impresión: 1</p>	

Anexo 2: Ficha bibliográfica 2

<p>Autor: Carrascal, G.</p> <p>Título: “Caracterización ecológica y poblacional del colibrí cometa ventrigris, <i>Trapholesbia griseiventris</i> (WLAYFAW TACZANOWSKI), en el cañón de Sangal, Cajamarca”</p> <p>Año: 2018</p>	<p>Editorial:</p> <p>Ciudad/ País: Cajamarca, Perú</p>
<p>Ha determinado las características ecológicas y la poblacional estacional de esta ave en un área geográfica con una biodiversidad grande en comparación con otras regiones, con un clima que hace posible la existencia del hábitat de una diversidad de especies de aves, como es el caso del colibrí “cometa ventrigris”. Esta especie, además de ser endémica del Perú, se encuentra en la lista de especies amenazadas de fauna silvestre protegidas por el estado peruano según Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI, en la categoría de en peligro crítico; y en la lista de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN, por el impacto negativo de la actividad humana. De ahí la importancia de registrar las características de este colibrí en el cañón de Sangal- Cajamarca, hoy considerado como la única zona geográfica de la región Cajamarca en donde subsiste esta ave. Se ha hecho una caracterización del área estudiada y se demostró la población del <i>Taphrolesbia griseiventris</i> en la misma, así como de otras aves que comparten el hábitat del colibrí “cometa ventrigris”. La transformación del hábitat por expansión de actividades agrícolas, ganaderas y urbanas amenaza la supervivencia de la especie.</p>	

Número de edición o impresión: 1

Anexo 3: Cuestionario de la entrevista

1. ¿Qué opinión tiene sobre el cañón de Sangal antes, durante y después del incendio forestal ocurrido el 2018?
2. ¿Cómo podemos restaurar el cañón de Sangal, degradado por el incendio forestal del 2018, para que cumplir con los objetivos de conservación de la biodiversidad, funcionamiento y resiliencia del ecosistema y sostenibilidad de los medios de vida rurales?
3. ¿Cuál es la mejor forma de garantizar que los proyectos de restauración forestal o del paisaje agreguen valor al paisaje en términos de conectividad entre poblaciones y hábitats, facilitando el flujo de genes, la migración de especies, así como la complementariedad de los usos del suelo y los medios de vida de la población local?
4. En el cañón de Sangal ¿Cómo podemos seleccionar mejor las especies que proporcionan simultáneamente beneficios ecológicos y económicos?
5. ¿Cómo podemos garantizar una eficaz protección y conservación de los servicios ambientales en una sociedad despreocupada por preservar la biodiversidad de un ecosistema poco conocido, como lo es el cañón de Sangal?
6. ¿Podemos realmente utilizar el valor de los servicios ambientales como un método para valorar todo un paisaje?
7. ¿Cómo podemos mantener, restaurar y formar paisajes amigables con el agua, incluidos bosques y árboles, y abordar al mismo tiempo las necesidades contrapuestas de agua y uso del suelo de todos los actores involucrados?
8. ¿Cuáles serían los posibles impactos si no se realiza ninguna acción en favor de su restauración?

9. ¿Podría resaltar algunas claves para tener en cuenta en la selección de estrategias de restauración?
10. Sabemos de su interés que tiene por las aves endémicas del cañón de Sangal; ¿Sabe de alguna entidad que esté trabajando en la recuperación de la zona afectada?

Entrevista al ing. Manuel Roberto Roncal Rabanal: Ingeniero Agrónomo; Magister Scientiae en Ciencias Ambientales, doctor en Ingeniería Ambiental y Ciencias Ambientales en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Realiza investigaciones sobre diversidad biológica y ecología con énfasis en estudios ornitológicos en la Región Cajamarca especialmente en el Bosque Tropical Estacionalmente Seco del Marañón, Jalca y Bosque Montano.

Él plantea, estudiar la capacidad de regeneración de las plantas herbáceas en la zona y se puede ver que éstas se recuperan después de un periodo de seis meses, estas plantas tienen una enorme capacidad de resiliencia; pero en cuanto a las plantas arbustivas y arbóreas los incendios generan muchos problemas y la restauración va a tomar mucho más tiempo.

Fortalecer las políticas educativas respecto al cuidado del medio ambiente y es complicado; entonces necesitamos políticas educativas que ayuden a involucrar a la gente de las comunidades con sus recursos naturales para tratar de aprovecharlos de manera sostenible y eso implica realizar trabajos de investigación que nos brinden información de los beneficios ambientales.

Precisar la conectividad y esta se refiere a qué tan conectados están los ecosistemas y para eso se necesita hacer trabajos de investigación a través de imágenes satelitales que ayuden a identificar a cuáles pueden ser esas zonas de conectividad y qué tan deterioradas están, una vez identificadas tenemos que hacer un inventario de flora para poder utilizar y propagar esas especies en esos espacios que no están conectados,

de esa manera crear esos puentes de conectividad, la conectividad es sumamente importante para este intercambio de genes y que no haya el tema de entropía, de que los individuos se estén apareando entre ellos; conversar con a las comunidades para que dejen realizar estas investigaciones es una buena opción SERFOR, RENAMA y Rondas Campesinas del lugar, a través de reuniones se puede establecer algún tipo de trabajo para hacer esta investigación.

Trabajar en los usos de suelo y los medios de vida de la población local, es bien complejo cambiar el estilo de vida, las costumbres de la sociedad, vamos a tener que hacer un trabajo sociológico y aplicar el OT y ZEE, es necesario convencer a la población y tratar de gestionar un área de conservación privada.

Selección de especies y conocer los beneficios ecológicos y económicos, pues tenemos que hacer estudios etnobotánicos para saber las propiedades que tienen las plantas, estudios de la población de las especies endémicas de las aves en la zona y saber con qué recurrencia están ahí.

Entrevista a la ing. Denisse Alva Mendoza: Ingeniera ambiental de la Universidad Privada del Norte, autora de la tesis: Efecto del fuego en las propiedades químicas del suelo en el cañón de Sangal, Cajamarca.

Señala que se debería priorizar la instalación inmediata de vegetación nativa herbácea y luego seguir el proceso de restauración de vegetación más complejo para conservar el suelo, facilitando la reinstalación de la vegetación nativa, todo ello va a evitar que el suelo se erosione, permitiendo que las propiedades químicas se conserven en el suelo así incrementar la resiliencia del ecosistema.

Instalar proyectos de restauración forestal en coordinación con la población, así garantizar la sostenibilidad de los mismos, para que las acciones a tomar sean sostenibles y evitar su fracaso, la población debe ser un actor muy activo. Potenciar

las investigaciones, para poder evaluar estrategias de restauración y conservación y aportar lo que se priorice tanto para flora y aves de la zona.

La población necesita saber qué hay y cuál es su importancia, con ello van a tomar mayor conciencia y van a contribuir a conservar los ecosistemas. Se necesita estrategias para generar ingresos económicos que garanticen el aprovechamiento sostenible de los recursos; como alternativa, el ecoturismo, con lo que vamos a disminuir la presión del ecosistema en el cañón de Sangal y finalmente, planificar el aprovechamiento sostenible de los recursos y disminuir los impactos ambientales.

Enfocar no solo desde una perspectiva técnica sino también involucrando a la población local, a guías de ecoturismo y siempre en coordinación con los entes involucrados en la gestión de los recursos naturales.