



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
INGENIERÍA FORESTAL

**PLAN DE AUTOPROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS FORESTALES DE
PEQUEÑOS Y MEDIANOS PROPIETARIOS EN LA MICROCUENCA RAQUI
ALTO, COMUNA DE ARAUCO.**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de
Concepción para otorgar título profesional de Ingeniero Forestal

POR: Gonzalo Dimitri Salgado Jahnsen

Profesor Guía: Rolando Rodríguez Leiva

Junio, 2024

Concepción, Chile

© 2024, Gonzalo Dimitri Salgado Jahnsen

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

**PLAN DE AUTOPROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS FORESTALES DE
PEQUEÑOS Y MEDIANOS PROPIETARIOS EN LA MICROCUENCA RAQUI
ALTO, COMUNA DE ARAUCO.**



Profesor Guía

Rolando Rodríguez Leiva

Profesor Asociado

Ingeniero Forestal, Dr.



Profesor Guía

Eduardo Arturo Peña Fernández

Profesor Asociado

Ingeniero Forestal, Dr.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo y el esfuerzo a mis padres, a mis abuelos y mi hermano, quienes han sido mi mayor apoyo durante estos años.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento al Proyecto FIC Mitigación de Cambio Climático en Microcuencas por la oportunidad de poder realizar este trabajo de titulación, a todos los profesores y auxiliares de la Facultad de Ciencias Forestales de la universidad por el apoyo y la buena disposición en todo momento. Destaco también el papel fundamental que han tenido mis amigos y compañeros, por las palabras de apoyo, aliento y motivación en los momentos difíciles a lo largo de este trayecto.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA.....	8
2.1. Área de estudio.....	8
2.2. Evaluación del riesgo en incendios forestales a escala de microcuenca	9
2.2.1. Caracterización y ponderación de la variable amenaza a escala de microcuenca.....	11
2.2.2. Caracterización y ponderación de la variable vulnerabilidad a escala de microcuenca.....	15
2.2.3. Evaluación del mapa de riesgo de incendios forestales a escala de microcuenca.....	22
2.3. Evaluación del riesgo de las viviendas rurales por incendios forestales.....	25
2.4. Incendios históricos	25
2.5. Medidas de prevención y mitigación de incendios forestales	26
2.6. Evaluación de la percepción de riesgo y de medidas de prevención y mitigación en incendios forestales en la microcuenca	27
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
3.1. Evaluación del riesgo en incendios forestales a escala de microcuenca	28
3.1.1. Evaluación de la amenaza de incendios forestales a escala de microcuenca	28
3.1.2. Evaluación de la vulnerabilidad de incendios forestales a escala de microcuenca.....	31
3.1.3. Evaluación del mapa de riesgo de incendios forestales a escala de microcuenca.....	34
3.2. Evaluación del riesgo de las viviendas rurales por incendios forestales.....	36
3.3. Incendios históricos	37
3.4. Medidas de prevención y mitigación de incendios forestales	39
3.4.1. Protección de viviendas rurales y delimitación de la zona de defensa	39
3.4.2. Protección predial	41

3.5. Evaluación de la percepción de riesgo y de medidas de prevención y mitigación en incendios forestales en la microcuenca	45
IV. CONCLUSIONES	54
V. GLOSARIO.....	55
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	60
VII. ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Esquema metodológico propuesto para la elaboración de mapas de amenaza y vulnerabilidad para la caracterización del mapa de riego.	11
Tabla 2.2. Valores de la variable exposición para caracterizar el riesgo de incendios en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.	12
Tabla 2.3. Valores de la variable pendiente para caracterizar el riesgo de incendios en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.	13
Tabla 2.4. Valores de la variable caminos para caracterizar la amenaza de incendios en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.	14
Tabla 2.5. Valores de la variable uso de la tierra para caracterizar la vulnerabilidad a incendios forestales en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.	18
Tabla 2.6. Valores de NDVI para caracterizar la vulnerabilidad a incendios forestales en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.	20
Tabla 2.7. Valores de NDII para caracterizar la vulnerabilidad a incendios forestales en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.	20
Tabla 2.8. Valores de NDVI para caracterizar la vulnerabilidad a incendios forestales en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.	21
Tabla 2.9. Nivel de inflamabilidad para caracterizar la vulnerabilidad a incendios forestales en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.	22

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1.1. Principales factores que condicionan los megaincendios. Adaptado de Stephen et al. 2014.....	5
Figura 2.1. Diagrama ombrotérmico de la comuna de Arauco. Fuente: Los datos fueron proporcionados por CR2.....	9
Figura 3.1. Reclasificación en 5 clases de amenaza de la variable exposición.....	29
Figura 3.2. Reclasificación en 5 clases de amenaza de la variable pendiente.....	30
Figura 3.3. Reclasificación en 5 clases de amenaza de la variable distancia a caminos.....	31
Figura 3.4. Reclasificación en 5 clases de amenaza de la variable uso de la tierra.....	32
Figura 3.5. Reclasificación en 5 clases de amenaza de la variable Inflamabilidad.....	34
Figura 3.6. Mapa de evaluación de riesgo de incendios forestales en la microcuenca Raqui Alto, comuna de Arauco.....	36
Figura 3.7. Gráfico representativo de la encuesta Pauta Recomendada para Interfaz Rural Forestal.....	37
Figura 3.8. Incendios forestales registrados en la comuna de Arauco y microcuenca Raqui-Alto, entre los años 2002-2022. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por CONAF.....	38
Figura 3.9. Ejemplo de vivienda rural en la microcuenca de Raqui-Alto antes de la intervención.....	40
Figura 3.10. Ejemplo de vivienda rural en la microcuenca de Raqui-Alto después de la intervención.....	41
Figura 3.11. Ejemplo de camino rural en la microcuenca de Raqui-Alto antes de la intervención.....	43
Figura 3.12. Ejemplo de camino rural en la microcuenca de Raqui-Alto después de la intervención.....	43
Figura 3.13. Ejemplo de plantación forestal en la microcuenca de Raqui-Alto antes de la intervención.....	44
Figura 3.14. Ejemplo de plantación forestal en la microcuenca de Raqui-Alto después de la intervención.....	45
Figura 3.15. Gráfico representativo para la pregunta 2 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.....	47
Figura 3.16. Gráfico representativo para la pregunta 3 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.....	48
Figura 3.17. Gráfico representativo para la pregunta 4 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.....	49
Figura 3.18. Gráfico representativo para la pregunta 6 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.....	50
Figura 3.19. Gráfico representativo para la pregunta 7 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.....	50

Figura 3.20. Gráfico representativo para la pregunta 8 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.....	51
Figura 3.21. Gráfico representativo para la pregunta 9 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.....	52
Figura 3.22. Gráfico representativo para la pregunta 10 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.	53

RESUMEN

El continuo aumento en la ocurrencia y expansión de los incendios forestales se explica por condiciones climáticas, especialmente sequías prolongadas. Estas condiciones han aumentado la sequedad del combustible, junto con el aumento en su carga. Muchos de los incendios que afectan a nuestro país tienen características catastróficas, siendo muy difíciles de controlar y con graves consecuencias para la población, por lo que se denominan megaincendios. La ocurrencia de incendios catastróficos en la comuna de Arauco, Región del Biobío motivó el presente trabajo, cuyo objetivo principal es estudiar los riesgos a escala de microcuenca y proponer prácticas de prevención de incendios forestales. De igual forma se desarrollaron pilotos, con la colaboración de la Corporación Nacional Forestal y agricultores, en que se proponen prácticas preventivas para la defensa de casas y a nivel predial. Los análisis de las encuestas aplicadas informan que los agricultores tienen una alta percepción de riesgo y considera que las medidas de defensa de casas son adecuadas; sin embargo, las medidas de silvicultura preventiva en plantaciones forestales son insuficientes. Los principales problemas son falta de recursos, para ejecutar medidas de prevención de incendios forestales.

ABSTRACT

The continuous increase in the occurrence and spread of forest fires is explained by climatic conditions, especially extended droughts. These conditions have increased the dryness of the fuel, along with the increase in its charge. Many of the fires affecting our country have catastrophic characteristics, being very difficult to control and with serious consequences for the population, which is why they are called mega-fires. The occurrence of catastrophic fires in the community of Arauco, Biobío Region, motivated the present work, whose main objective is to study the risks at the micro-watershed scale and to propose forest fire prevention practices. Pilots were also developed, with the collaboration of the National Forestry Corporation (Chilean Forest Service) and farmers, in which preventive practices were proposed for the protection of houses and at the farm level. Analyses of the applied surveys report that farmers have a high-risk perception and consider house protection measures to be adequate; however, preventive forestry measures in forest plantations are insufficient. The main problems are lack of resources to implement forest fire prevention measures.

I. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, los incendios forestales han sido una preocupación en distintas regiones del mundo; especialmente, por el incremento en su ocurrencia debido a actividades humanas y cambios en el clima (Westerling et al. 2006).

Son eventos de desastre socio natural recurrente especialmente en regiones mediterráneas de todo el mundo, son cada vez, más frecuentes y severos, con impactos negativos para los ecosistemas asociados y la población (Montenegro et al. 2004).

Los incendios forestales afectan los recursos naturales y los servicios de los ecosistemas (p. ej., turismo, protección, producción de biomasa, conservación de la biodiversidad), pero también impiden el desarrollo de políticas relativas a la mejora de los paisajes forestales (Laforteza et al. 2008).

El continuo aumento en la ocurrencia y expansión de los incendios forestales se debe al aumento de las cargas de combustible y condiciones atmosféricas más secas, aumentando la intensidad del fuego. Muchos de los incendios que afectan a nuestro país tienen características catastróficas, que son muy difíciles de

controlar y tienen graves consecuencias para la población (Peña-Fernández and Valenzuela-Palma 2008).

Debido a prácticas humanas tales como el abandono de tierras agrícolas, la fragmentación y tala de bosques, el pastoreo extensivo de ganado y la conversión de la cobertura terrestre en plantaciones exóticas de rápido crecimiento, la distribución espacial del combustible ha cambiado drásticamente en todo el paisaje, alterando el patrón de los regímenes de incendios forestales (Moreira et al. 2011).

La ocurrencia de incendios en el centro y centro-sur de Chile ha aumentado alrededor de un 50% en los últimos 40 años (González et al. 2011), debido a una sequía ininterrumpida desde 2010 hasta el verano del 2023, conocida como mega sequía de Chile (Garreaud et al. 2017).

Los incendios forestales severos y de gran escala cubren amplias áreas y tienen consecuencias significativas para la tierra y el territorio (Salis et al. 2014). De hecho, los megaincendios pueden alterar el clima local, los procesos de los ecosistemas, el ciclo de nutrientes y las tasas de emisión de gases y partículas, en el corto y mediano plazo, dependiendo de la extensión y la severidad de los incendios (Rocca et al. 2014). Los impactos directos de los incendios forestales a gran escala (> 10.000 ha) y megaincendios (> 40.000 ha) son diversos y van

desde pérdidas humanas trágicas, viviendas dañadas, pérdida de ecosistemas y cambios fundamentales en sus características (Moritz et al. 2014).

En el verano austral de 2017, se registró en la región centro-sur de Chile uno de los mayores incendios forestales en la historia del país. La intensidad de algunos de estos incendios llevó a las autoridades a denominarlos "tormentas de fuego", ya que establecieron el récord mundial de la mayor cantidad de energía liberada por un incendio forestal y elevaron la escala utilizada para clasificar los incendios a un nivel completamente nuevo (CONAF 2017).

Los megaincendios son fenómenos poco frecuentes, pero han afectado no solo a Chile, también impactaron a otros países durante las últimas décadas, por ejemplo: Portugal (2003 y 2005), Grecia (2007), Australia (2009 y 2013) y EE. UU. (2007 y 2013) (San-Miguel-Ayanz et al. 2013).

Comprender el comportamiento de los incendios forestales, los factores que contribuyen a que un ambiente sea propenso al fuego y los factores que influyen en el comportamiento del fuego son fundamentales (Chuvieco and Congalton 1989).

En estos casos, el aumento dramático en el riesgo de incendios debido a la acumulación de biomasa, el abandono de muchas tradiciones silvícolas y la

ausencia de prácticas de manejo ha estimulado el interés público y privado en reducir las cargas de combustible y prevenir incendios en el entorno y en los paisajes dominados por humanos (Tanentzap et al. 2010). La evidencia respalda cómo los programas de manejo de incendios forestales que prevén tratamientos de manejar la carga de combustible pueden reducir el riesgo de propagación de incendios en la interfaz urbana-forestal, limitando así los impactos negativos de los incendios forestales en los humanos, los asentamientos y la vida silvestre (Xanthopoulos et al. 2006).

La justificación de la gestión del combustible radica en la sinergia de tres factores: clima, combustible (es decir, materiales combustibles de la planta de varios tamaños y tipos) y topografía (es decir, pendiente, exposición) (Graham and McCaffrey 2003). Por lo tanto, los megaincendios deben abordarse desde una perspectiva interdisciplinaria, dado que muchos de estos eventos tienen lugar en ecosistemas forestales que pueden definirse como sistemas humanos-naturales acoplados (Liu et al. 2007).

También, los factores abióticos y bióticos son las causas probables de los megaincendios actuales. Algunos factores que contribuyen a incendios operan a grandes escalas espaciales y alteran los procesos relacionados con la dinámica de los combustibles forestales (Stephens et al. 2014). Los tres factores que mejor se ajustan a este perfil son el cambio climático, las campañas de prevención de

incendios forestales y las perturbaciones previas. Estos factores conforman el "triángulo de los megaincendios", que se puede apreciar en la figura 1.1.

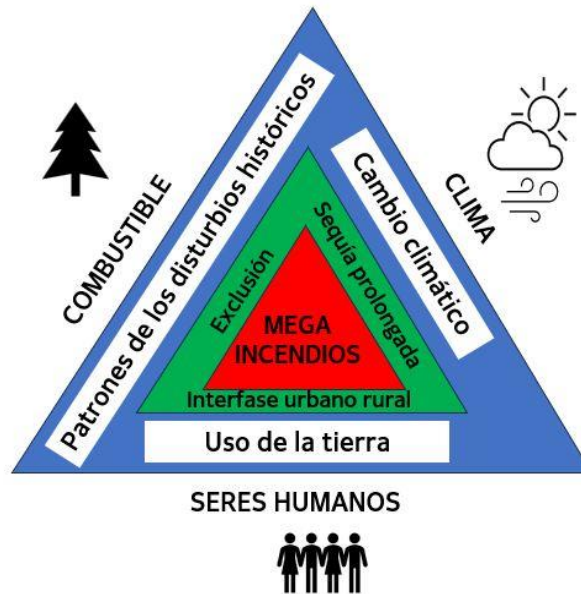


Figura 1.1. Principales factores que condicionan los megaincendios. Adaptado de Stephen et al. 2014.

El triángulo azul identifica los principales factores que definen los regímenes de incendios contemporáneos, el triángulo verde indica los procesos o condiciones claves que condicionan los regímenes de incendios y el triángulo rojo identifica las causas, anidadas bajo los factores, que influyen y predisponen los paisajes a los megaincendios (Stephens et al. 2014).

De acuerdo con (Cristovao 2019), la zona Interfaz Rural Forestal (IRF), corresponde a la zona en la que el terreno forestal entra en contacto con zonas

edificadas, con interacciones múltiples e intercambios que se desarrollan entre los dos subsistemas territoriales (el social/rural y el natural/forestal).

La prevención contra incendios tiene como objetivo gestionar las condiciones del combustible, es decir, la inflamabilidad de un incendio y la dificultad de extinguirlo, reduciendo el riesgo de incendio en un área determinada. Por tanto, la prevención de incendios tiene directa relación con la severidad del fuego y la magnitud de los impactos negativos significativos de los incendios forestales en los sistemas silvestres, forestales o interfaz (Keeley 2002).

Por tanto, el presente trabajo se enfoca en definir el riesgo asociado a megaincendios en la microcuenca Raqui-Alto en la comuna de Arauco y las medidas preventivas pertinentes para los pequeños y medianos propietarios que se encuentran expuestos a la ocurrencia de incendios forestales en la zona.

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la amenaza, vulnerabilidad y riesgo asociado a incendios forestales en la microcuenca Raqui-Alto y desarrollar una propuesta de silvicultura preventiva para pequeños y medianos propietarios de la comuna de Arauco.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un levantamiento de información detallado para la evaluación de las variables de estudio considerando el riesgo de incendios forestales y vulnerabilidad de las viviendas rurales.
- Elaborar una propuesta de silvicultura preventiva que reduzca la ocurrencia y dispersión de incendios forestales a escala de microcuenca corroborada mediante un piloto demostrativo.
- Elaborar una propuesta de mitigación de los efectos de incendios forestales en propiedades de pequeños agricultores.
- Evaluar la percepción de riesgo y propuesta de mitigación por parte de los agricultores.

II. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

La zona de estudio corresponde a la microcuenca de Raqui-Alto, la cual, se encuentra ubicada en la región del Biobío y comprende desde la comuna de Curanilahue abarcando un 27% de la superficie, hasta la comuna de Arauco con un 73% de superficie.

La microcuenca tiene una superficie de 83,27 km² (8327 ha) y un perímetro de 64,00 km, la elevación media de la cuenca alcanza los 134,47 m, mientras que la pendiente media corresponde al 17,99%, y la exposición a 169,89° (SE). La comuna de Arauco tiene una superficie de 151726,09 ha; y corresponde a una cuenca costera limitando al Oeste con el océano pacífico y al norte con el Golfo de Arauco en la región del Biobío (Proyecto FIC-mitigación de cambio climático en microcuencas 40036106, 2023).

Los datos meteorológicos reflejan que, en los últimos 20 años se ha observado una pluviometría anual media próxima a los 1200 mm. El mayor registro de precipitación se observa desde mayo hasta agosto, superando los 200 mm mensuales en junio y julio. Por el contrario, los meses más secos corresponden a enero y febrero con un promedio de 8 y 20 mm mensuales respectivamente. Con respecto a la temperatura, Arauco alcanza en promedio los 16°C en los

meses más cálidos (diciembre-febrero), mientras que en los meses más fríos la temperatura desciende a una media observada de 9°C (junio-agosto), tal como se aprecia en la figura 2.1.

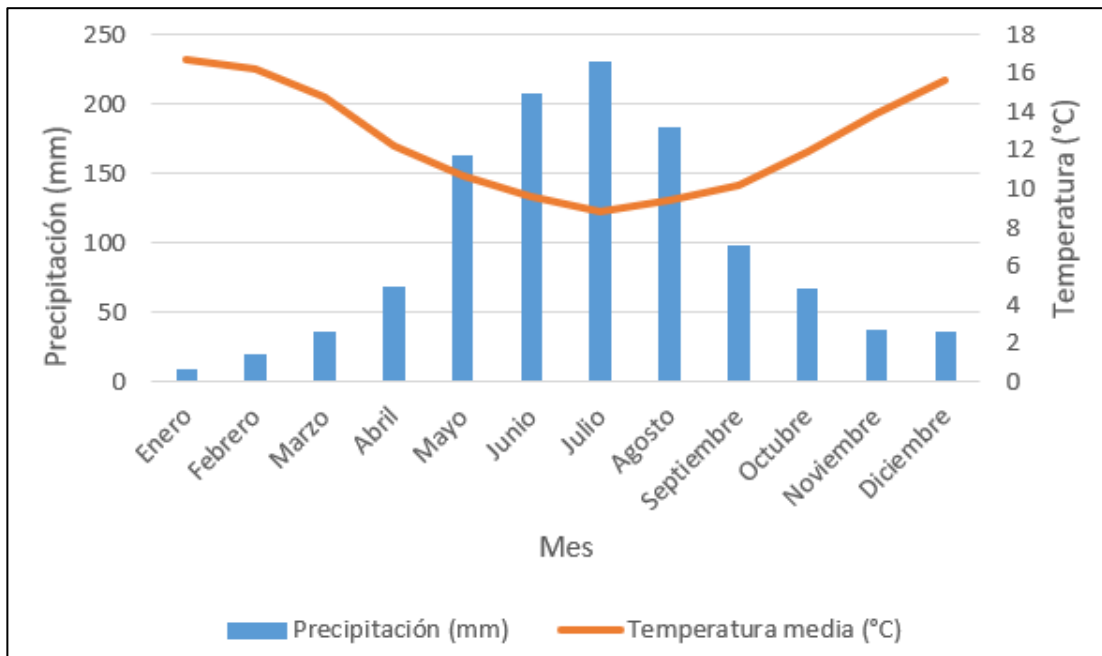


Figura 2.1. Diagrama ombrotérmico de la comuna de Arauco. Fuente: Los datos fueron proporcionados por CR2.

2.2. Evaluación del riesgo en incendios forestales a escala de microcuenca

El proceso de gestión de riesgo implica enfocarse en la prevención y mitigación. Ambos conceptos, implican, por una parte, caracterizar el riesgo y con esta información definir estrategias y medidas específicas que permitan reducir el riesgo.

Dentro de los elementos que conforman el riesgo, se encuentran la amenaza y la vulnerabilidad (Lavell 2007). Las amenazas en los incendios forestales corresponden a la condición propia del material vegetal combustible y que, en un escenario de cambio climático, se encuentra cada vez más susceptible a la ignición e inflamabilidad, y con ello las condiciones ambientales, especialmente la topografía y el clima, necesarios para la propagación del fuego (CONAF, 2017).

Al mismo tiempo, para la gestión del riesgo es útil adoptar conceptos de prevención y mitigación. De acuerdo con Urzúa (2017), el enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales abarca la evaluación y análisis del riesgo, al igual que la ejecución de estrategias y acciones específicas para controlar, reducir y transferir el riesgo.

Desde el punto de vista de utilizar la escala de microcuenca y focalizar el esfuerzo en la pequeña y mediana propiedad rural, la metodología propuesta contempla variables de amenaza y vulnerabilidad ante incendios forestales, entendiendo que el riesgo se gesta desde la mezcla de dinámicas socio-territoriales y son múltiples los factores que influyen en la materialización del desastre. Es así como se evaluaron variables físicas y antrópicas que se pueden apreciar en la tabla número 2.1, para la determinación de las zonas de amenaza y vulnerabilidad.

Tabla 2.1. Esquema metodológico propuesto para la elaboración de mapas de amenaza y vulnerabilidad para la caracterización del mapa de riego.

Variables	RIESGO DE			
	AMENAZA	X	VULNERABILIDAD	= INCENDIOS FORESTALES
	• Exposición • Pendiente • Caminos rurales • Eventos históricos		• Uso de la tierra • Inflamabilidad • Materialidad de la vivienda	

2.2.1. Caracterización y ponderación de la variable amenaza a escala de microcuenca

Para delimitar la microcuenca Raqui-Alto se utilizó la extensión ArcHydro 1.4, así como la herramienta Terrain Preprocessing ejecutada en el programa ArcGIS. De la misma forma, se empleó un modelo de elevación digital del terreno (DEM) correspondiente a la provincia de Arauco, Región del Biobío, Chile. Además de la información altimétrica y las clasificaciones por pendiente, exposición y

caminos rurales para lo cual se utilizaron los mismos DEM y las imágenes del satélite Sentinel.

2.2.1.1. Exposición

La exposición o posición de laderas de las montañas respecto al ángulo de incidencia de los rayos solares, tiene un efecto importante sobre la temperatura y humedad relativa. Las laderas de solana tienen mayor temperatura y la vegetación asociada tiene menor contenido de agua, por lo tanto, más combustible. Por otra parte, las laderas de umbría tienen menos temperatura y su vegetación más humedad (Alegría Tardón 2020). Dado lo anterior, se adoptó la siguiente valoración que se puede apreciar en la tabla número 2.2.

Tabla 1.2. Valores de la variable exposición para caracterizar el riesgo de incendios en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.

Exposición	Valor
Plano	3
Norte	5
Sur	3
Este	3
Oeste	3

2.2.1.2. Pendiente

La variable pendiente se utiliza comúnmente como factor de amenaza (González et al. 2008). La pendiente del terreno afecta la velocidad y el patrón de propagación del fuego. En general, en pendientes pronunciadas, el fuego tiende a propagarse más rápido debido a la mayor disponibilidad de oxígeno y la influencia del viento. La pendiente también puede influir en la carga de combustible, ya que los materiales vegetales tienden a acumularse en las zonas más bajas, lo que aumenta el riesgo de combustión. Así, a medida que aumenta la pendiente, también aumenta la facilidad de propagación del fuego (Abarca and Quiroz 2005), lo cual justifica los valores adoptados.

Tabla 2.3. Valores de la variable pendiente para caracterizar el riesgo de incendios en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.

Rango (%)	Valor
0-5	3
5-15	4
15-30	4
30-45	5
45-60	5
>60	5

2.2.1.3. Caminos

La variable caminos, es contemplada como un factor de amenaza bajo la premisa de que su cercanía y conexión dentro de zonas forestales mediante caminos pavimentados, no pavimentados, huellas y senderos permiten la presencia y flujo de personas por distintas zonas.

Los caminos y la red vial pueden actuar como corredores para la propagación del fuego. Si un incendio se inicia cerca de un camino o una carretera, es más probable que el fuego se propague rápidamente a lo largo de estas vías, debido a la mayor disponibilidad de combustible o vegetación (Alegría Tardón 2020).

Tabla 2.4. Valores de la variable caminos para caracterizar la amenaza de incendios en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.

Distancia a caminos (m)	Valor
< 10	5
10-40	4
40-60	3
60-80	2
>80	2

2.2.2. Caracterización y ponderación de la variable vulnerabilidad a escala de microcuenca

A continuación, se detalla la caracterización de la variable vulnerabilidad utilizando el uso de la tierra y la inflamabilidad.

2.2.2.1. Uso de la tierra

Para caracterizar la vulnerabilidad como uso de la tierra, se utilizó un método de clasificación supervisada que integra las imágenes del satélite Sentinel-2 a las que se le añadieron a la clasificación los datos como los índices espectrales, calculados a partir de las bandas de Sentinel-2 (NDVI, NDWI, SAVI y EVI).

Para caracterizar el uso de la tierra se hizo uso de imágenes satelitales donde se puede generar una relación de la información fisiológica de la planta o del medio que se analiza respecto a la energía reflejada por los mismos, los que tienen una diferente longitud de onda, de esta manera, se logra apreciar las diferentes coberturas presentes en la escena.

Dado lo anterior, los índices utilizados fueron NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDWI (Normalized Difference Water Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index).

El Índice de vegetación de diferencia normalizada, es también conocido como NDVI por sus siglas en inglés, es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación presente en un área determinada.

La fórmula 1 representa el índice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

$$NDVI = ((NIR - RED)) / ((NIR + RED)) \quad (1)$$

El Índice NDII (Normalized Difference Water Index) de agua de diferencia normalizada tiene como una de sus principales funciones el monitorear cambios relacionados con el contenido de agua en cuerpos de agua, haciéndolo ideal para la detección de los cursos de agua y sus cambios en el tiempo.

La fórmula 2 representa el índice NDII (Normalized Difference Water Index).

$$NDII = ((GREEN - NIR)) / ((GREEN + NIR)) \quad (2)$$

Los resultados del NDVI según muchos investigadores son inestables y varían en base a los cambios de color del suelo, la humedad del suelo y los efectos de saturación de la vegetación de alta densidad. Es por ello, que nace como un intento de mejorar el NDVI, el índice de vegetación ajustado al suelo, el que mediante una técnica de transformación que minimiza las influencias del brillo del suelo de los índices espectrales de vegetación que involucran longitudes de onda rojas e infrarrojas cercanas obtener un mejor resultado, siendo este un resultado

muy limpio en términos de ruidos generados por el suelo. SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index).

La fórmula 3 representa el índice SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index).

$$SAVI = ((1+L)(NIR-RED)) / ((NIR+RED+L)) \quad (3)$$

El índice de vegetación mejorado EVI (Enhanced Vegetation Index), es un índice de vegetación "optimizado" diseñado para mejorar la señal de vegetación con una sensibilidad mejorada en regiones de alta biomasa y un mejor monitoreo de la vegetación a través de un desacoplamiento de la señal de fondo del dosel y una reducción de las influencias atmosféricas.

La fórmula 4 representa el índice EVI (Enhanced Vegetation Index).

$$EVI = G * ((NIR-RED)) / ((NIR+C1*RED-C2*BLUE+L)) \quad (4)$$

El cambio del uso de la tierra modifica la composición y la estructura de la vegetación o potencial combustible, alterando el régimen de incendios (González et al. 2020).

Tabla 2.5. Valores de la variable uso de la tierra para caracterizar la vulnerabilidad a incendios forestales en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.

Uso de la tierra	Valor
Plantaciones forestales	5
Bosques nativos	3
Bosque mixto	4
Bosques de Acacias	5
Matorral	4
Rotación cultivo-pradera	3
Suelos desnudos	1
Humedales	1

2.2.2.2. Inflamabilidad

La inflamabilidad es la capacidad de la vegetación para desencadenar el fuego y favorecer su extensión. Este concepto, está siendo ampliamente utilizado como variable de vulnerabilidad (Varner et al. 2015). Para ello, se caracterizó y valoró la inflamabilidad, a partir de la obtención y procesamiento digital de la imagen Landsat-8 OLI del 13 de marzo de 2022 sobre la microcuenca Raqui-Alto. Esta imagen satelital fue descargada mediante la plataforma del USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). La inflamabilidad se calculó conociendo el estrés vegetacional, a través de técnicas como el NDVI (Normalized difference vegetation index) (Fórmula 1) y NDII (Normalized difference infrared index) (Fórmula 2). Ambos índices se miden en escala de -1 a +1, donde los valores

negativos discriminan aquellos elementos del territorio que no corresponden a vegetación. Es importante destacar que las imágenes deben ser corregidas atmosféricamente para trabajar en valores de reflectancia. Los algoritmos aplicados fueron el NDVI y el NDII, puesto que ambos entregan buenas referencias en cuanto a los valores de estrés en la vegetación y son sensibles al índice de área foliar (IAF). Estos cálculos se generaron en el software ENVI 5.3© con la herramienta Band Math, donde se introdujeron las fórmulas para calcular ambos índices.

En las figuras 3.4 y 3.5 se observan los mapas generados de ambos índices. A su vez, el cálculo de NDII fue obtenido con la ecuación que se presenta en la siguiente fórmula.

La fórmula 5 representa el cálculo de NDII.

$$NDII = \frac{(NIR_{\rho} - SWIR_{\rho})}{(NIR_{\rho} + SWIR_{\rho})} \quad (5)$$

Dónde: SWIR es la banda infrarroja de onda corta.

Los valores de NDVI y NDII para caracterizar la vulnerabilidad a incendios forestales en la microcuenca Raqui Alto se presentan en la tabla 2.6 y 2.7.

Tabla 2.6. Valores de NDVI para caracterizar la vulnerabilidad a incendios forestales en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.

Valor NDVI	Valor de vulnerabilidad
-0,025509311 - 0	1- Muy baja vulnerabilidad
0 - 0,164066128	2- Baja vulnerabilidad
0,164066128 - 0,258853848	3- Amenaza media de vulnerabilidad
0,258853848 - 0,353641567	4- Alta vulnerabilidad
0,353641567 - 0,448429287	5- Muy alta vulnerabilidad

Fuente: Proyecto FIC-mitigación de cambio climático en microcuencas 40036106, 2023.

Tabla 2.7. Valores de NDII para caracterizar la vulnerabilidad a incendios forestales en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.

Valor NDII	Valor de peligro
-0,182004303 - 0	1- Muy baja vulnerabilidad
0 - 0,013447613	2- Baja vulnerabilidad
0,013447613 - 0,11117357	3- Amenaza media de vulnerabilidad
0,11117357 - 0,208899528	4- Alta vulnerabilidad
0,208899528 - 0,306625485	5- Muy alta vulnerabilidad

Fuente: Proyecto FIC-mitigación de cambio climático en microcuencas 40036106, 2023.

Para obtener el resultado final se generó una multiplicación de ambas capas raster en ArcGIS 10.4 (implementando la herramienta raster calculator), de este

modo los valores que se obtienen son los que se muestran en la tabla 2.8, determinando el valor final de la inflamabilidad, mientras que, los niveles se muestran en la tabla 2.9.

Tabla 2.8. Valores de NDVI para caracterizar la vulnerabilidad a incendios forestales en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.

Valores de Inflamabilidad	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

Fuente: Proyecto FIC-mitigación de cambio climático en microcuencas 40036106, 2023.

Tabla 2.9. Nivel de inflamabilidad para caracterizar la vulnerabilidad a incendios forestales en la microcuenca Raqui-Alto, comuna de Arauco.

Nivel de Inflamabilidad	Valor de vulnerabilidad
Muy baja vulnerabilidad (1-4)	1
Baja amenaza (5-9)	2
Amenaza media (10-12)	3
Alta amenaza (15-16)	4
Muy alta amenaza (20-25)	5

Fuente: Proyecto FIC-mitigación de cambio climático en microcuencas 40036106, 2023.

2.2.3. Evaluación del mapa de riesgo de incendios forestales a escala de microcuenca

Para obtener resultados precisos, se realizaron operaciones matemáticas a partir de un análisis multicriterio de superposición ponderada dentro de un ambiente SIG. Los factores de amenaza y vulnerabilidad se analizaron en el siguiente orden de importancia: exposición, pendiente, caminos, uso de la tierra e inflamabilidad. Las primeras clases representan lugares de alto riesgo y las últimas clases representan el lugar de menor riesgo. Cada clase tiene un peso diferente. El uso de la tierra se clasificó en función de la biomasa de la vegetación que influye en la propagación de incendios forestales. La inflamabilidad indica la sequedad de la vegetación; si está muy seco es más inflamable que el tipo de

vegetación con humedad, que es menos inflamable. Considerando que los incendios forestales en el área son por efectos antrópicos, la distancia a caminos reciben un peso similar a la inflamabilidad. El comportamiento de la influencia de la pendiente en el incendio se evaluó con la tercera variable de mayor peso, ya que el incendio se desplaza más rápidamente ladera arriba y más lentamente hacia abajo. La exposición tiene un peso ligeramente menor que la pendiente, dado que la radiación se refleja mucho más en las laderas del norte, en que el incendio se propaga rápidamente hacia las laderas sur. Las zonas de masas de agua no afectan al riesgo de incendio forestal al igual que áreas desnudas y humedales. Estas zonas no tienen peso en la determinación de la clase de clasificación de incendios.

La herramienta de superposición ponderada combina los siguientes pasos:

- Reclasifica los valores en los rásteres de entrada en una escala de evaluación común de adecuación o preferencia, riesgo, o algo similar a una escala unificadora (1 a 5).
- Multiplica los valores de las celdas de cada ráster de entrada por el peso de importancia del ráster.
- Suma los valores de celda resultantes para producir el ráster de salida.

- La herramienta sólo acepta rásteres enteros como entrada, como un ráster de uso del suelo o tipos de suelo. Los rásteres continuos (punto flotante) se deben reclasificar a enteros antes de poder utilizarlos.

En general, los valores de rásteres continuos están agrupados en rangos, como para la pendiente, o salidas de distancia euclidiana. Cada rango debe tener asignado un valor único para que se pueda usar en la herramienta Superposición Ponderada. La herramienta Reclasificar permite que esos rásteres se reclasifiquen. Puede dejar el valor asignado a cada rango (pero tomar nota del rango de valores al que corresponde el nuevo valor) y asignar pesos a los valores de las celdas en la herramienta superposición ponderada más tarde o puede asignar pesos en el momento de la reclasificación. Una vez elegida la escala de evaluación correcta, se agregan los rásteres a la herramienta superposición ponderada. Las celdas en el ráster ya estarán establecidas de acuerdo con la adecuación o preferencia, riesgo o algo similar a una escala unificadora. Los rásteres de salida se pueden ponderar según la importancia y sumar para producir un ráster de salida.

El resultado en el caso de la Microcuenca Raqui Alto, arrojó un rango numérico de las zonas de riesgo de incendio forestal donde UT indica el uso de la tierra con 5 clases, IN es el factor inflamabilidad con 5 clases, C es el factor distancia a caminos con cinco clases, S es el factor de pendiente con 5 clases, y EX es la

variable de exposición con 5 clases. Finalmente, a partir de este resultado, se elaboró un mapa de zonas de riesgo de incendio con 5 niveles (Proyecto FIC-mitigación de cambio climático en microcuencas 40036106, 2023).

2.3. Evaluación del riesgo de las viviendas rurales por incendios forestales

Para caracterizar la vulnerabilidad de las viviendas rurales, se llevaron a cabo en terreno 26 encuestas a pequeños y medianos propietarios de la zona de estudio. La encuesta utilizada se denomina Pauta Recomendada para Interfaz Rural Forestal y se puede encontrar en Anexo I. La pauta fue Elaborada y validada por la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción (Cristovao 2019). La encuesta fue aplicada a 26 personas y consiste en 11 preguntas de carácter dicotómicas, es decir, 2 alternativas, “Si” y “No” respectivamente. Dado lo anterior, se realizó el gráfico presente en la figura 3.7, para determinar si tienen alta, media o baja probabilidad de quemarse.

2.4. Incendios históricos

La historia de los incendios proporciona información valiosa sobre los patrones de ignición en un área determinada. Puede revelar las causas comunes de los incendios, como actividades humanas, tormentas eléctricas o erupciones volcánicas. Estos patrones de ignición pueden ayudar a identificar las áreas y los

momentos más propensos a la ocurrencia de incendios forestales, lo que permite una mejor planificación y respuesta (Cerano-Paredes et al. 2015). Estos eventos pueden ofrecer información sobre el comportamiento del fuego en un área específica (Fernández-García et al. 2019). La forma en que se propagaron los incendios pasados, la velocidad de propagación, la intensidad del fuego y la dirección del viento son datos cruciales para comprender cómo un incendio puede comportarse en el futuro. Esta información puede guiar la estrategia de supresión y la toma de decisiones en la gestión de incendios forestales. Para caracterizar la variable de eventos históricos, la información se obtuvo del Departamento Protección contra Incendios Forestales de la Región del Biobío.

2.5. Medidas de prevención y mitigación de incendios forestales

Para definir las medidas más específicas de prevención y mitigación que fueran pertinentes a escala de microcuenca y aplicables a pequeños y medianos propietarios, se desarrollaron en base a 2 criterios. Por una parte, la protección de viviendas rurales y sus zonas de defensa. Otro aspecto para considerar fue la protección a nivel predial, definiendo actividades de reducción de combustible en caminos como uso de cortafuego y medidas de silvicultura preventiva. Para ello se tuvo la colaboración de una brigada de prevención de incendios forestales de CONAF, profesionales de PRODESAL Arauco y pequeños y medianos propietarios.

2.6. Evaluación de la percepción de riesgo y de medidas de prevención y mitigación en incendios forestales en la microcuenca

Para evaluar la percepción de riesgo y las propuestas de prevención de viviendas rurales y de protección predial, se aplicó una encuesta (Anexo II) en terreno con la participación de 15 vecinos de viviendas rurales de los alrededores de la microcuenca de Raqui-Alto. La encuesta tiene 10 preguntas, de las cuales, 8 corresponden a selección múltiple y 2 corresponden a preguntas de desarrollo. Las preguntas de selección múltiple corresponden a las preguntas 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 y 10, mientras que, las preguntas de desarrollo corresponden a la 1 y 5.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación del riesgo en incendios forestales a escala de microcuenca

3.1.1. Evaluación de la amenaza de incendios forestales a escala de microcuenca

Las variables para caracterizar la amenaza definidas en la metodología se presentan con sus respectivos resultados.

3.1.1.1. Exposición

La figura 3.1 indica que la exposición de la ladera más representativa corresponde a la exposición norte o ladera de solana, presentando así una mayor amenaza para la cuenca debido a la mayor temperatura y menor contenido de agua que dispone la vegetación establecida por las horas diarias de sol y radiación que reciben, generando un sector de secado rápido y material combustible que contribuye eventualmente a la ocurrencia y rápida propagación de un incendio forestal en la zona.

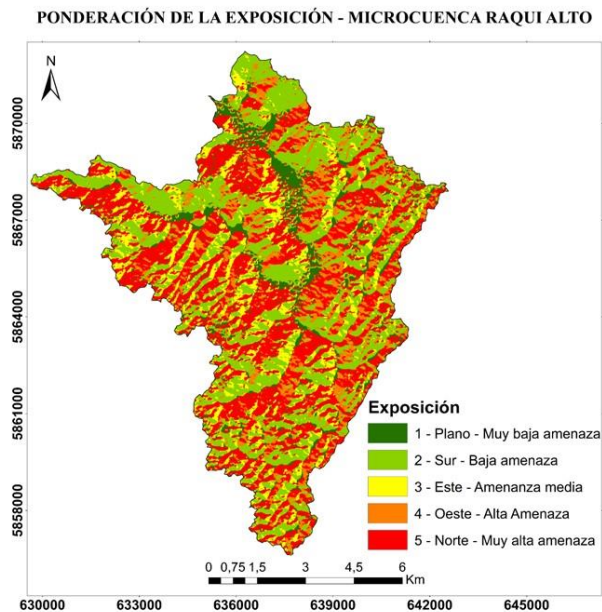


Figura 3.1. Reclasificación en 5 clases de amenaza de la variable exposición.

3.1.1.2. Pendiente

Con respecto al mapa de pendiente como variable de factor de riesgo, de acuerdo con (Abarca y Quiroz 2005), se puede considerar que la presencia de mayor pendiente aumenta la susceptibilidad de propagación de incendios forestales. En este caso la zona de estudio se caracteriza por tener zonas con pendientes muy variables, tal como se aprecia en la figura 3.2, la pendiente que supera el 45% correspondiente a la pendiente que representa una mayor amenaza, se encuentra mayoritariamente en el lado este de la cuenca representando una mayor amenaza hacia ese sector.

Existen superficies que presentan terrenos con inclinación entre el 15% y 30% al sur y al oeste de la cuenca representando zonas de amenaza media y también presencia de zonas que no superan el 5% de pendiente mayoritariamente desde el interior hacia el norte de la cuenca.

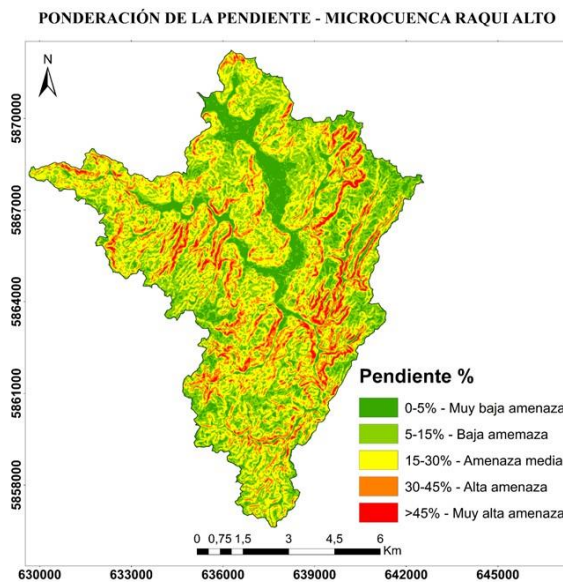


Figura 3.2. Reclasificación en 5 clases de amenaza de la variable pendiente.

3.1.1.3. Caminos

En la figura 3.3 se puede apreciar la presencia de caminos en la microcuenca de Raqui-Alto visualizando como resultado de la reclasificación de la variable, una muy alta amenaza, en la mayoría de los caminos establecidos en la zona, independiente del tipo de carpeta que presentan y la ubicación. Es decir, la mayoría de los caminos pertenecientes a la superficie de la zona de estudio, se encuentran a una distancia no mayor a 40 metros de zonas susceptibles a la ocurrencia y propagación de un incendio forestal.

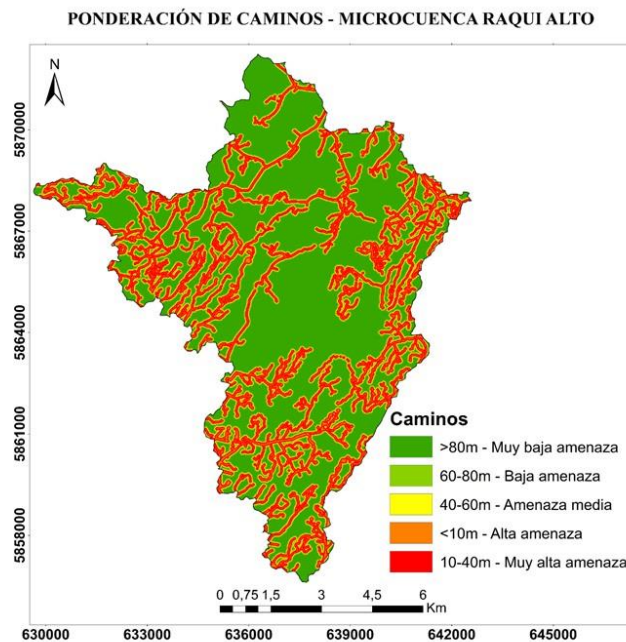


Figura 3.3. Reclasificación en 5 clases de amenaza de la variable distancia a caminos.

3.1.2. Evaluación de la vulnerabilidad de incendios forestales a escala de microcuenca

Las variables para caracterizar la vulnerabilidad definidas en la metodología se presentan con sus respectivos resultados.

3.1.2.1. Uso de la tierra

El mapa de ponderación de uso de la tierra es dominado por una muy alta amenaza en los límites sur, este y oeste de la microcuenca de Raqui-Alto, por lo tanto, se puede inferir que la composición y la estructura de la vegetación constituyen el potencial combustible, alterando el régimen de incendios. Tal como

se aprecia en la figura 3.4, la mayor parte de la microcuenca se encuentra con una alta probabilidad de amenaza de incendios forestales. Dado lo anterior, la presencia de monocultivos en la zona, es decir, plantaciones, tanto de pino como de eucaliptus incrementan la probabilidad de propagación de un incendio y aumentan la situación de peligro y las oportunidades de combatir un incendio forestal.

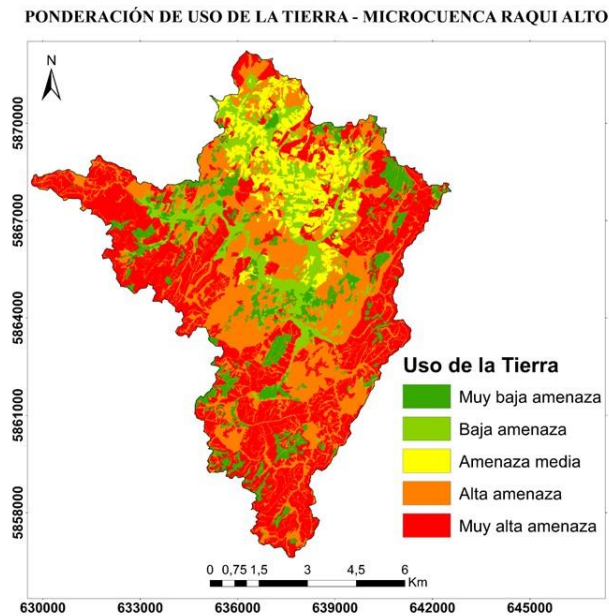


Figura 3.4. Reclasificación en 5 clases de amenaza de la variable uso de la tierra.

3.1.2.2. Inflamabilidad

El resultado de la ponderación de inflamabilidad indica que la zona de mayor vulnerabilidad se encuentra al lado oeste de la microcuenca, mientras que, el lado este y sur presentan considerables índices de vulnerabilidad media, a

diferencia del interior de la microcuenca hacia el norte, en donde, se aprecia una baja y muy baja vulnerabilidad.

En la figura 3.5 se puede apreciar la superficie mayoritariamente vulnerable, la cual, tiene una extensión considerable, indicando un alto estrés vegetacional. El nivel de alta y muy alta vulnerabilidad caracteriza principalmente especies de plantaciones forestales como, por ejemplo, *Pinus radiata* y *Eucalyptus spp.* El nivel medio de inflamabilidad se encuentra determinado por la presencia de relictos de vegetación correspondiente a bosque nativo y praderas bien definidos en la cartografía de coberturas de suelo. Mientras que, el nivel más bajo de inflamabilidad se encuentra en las coberturas de suelo correspondiente a los centros poblados y de los esteros presentes en la zona.

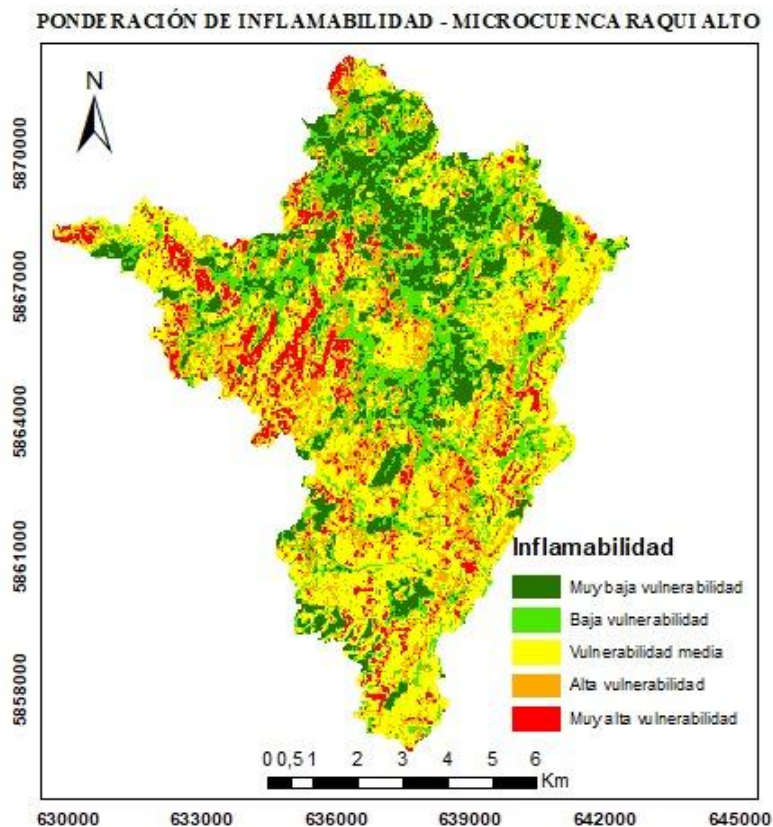


Figura 3.5. Reclasificación en 5 clases de amenaza de la variable Inflamabilidad.

3.1.3. Evaluación del mapa de riesgo de incendios forestales a escala de microcuenca

Respecto a la evaluación de riesgo, se presenta en la figura 3.6, el mapa de evaluación de riesgo generado para la microcuenca de Raqui-Alto con los 5 niveles correspondientes, además, se realizó una encuesta a los vecinos de viviendas rurales de la zona, con la finalidad de obtener la percepción del riesgo que existe en la zona según los propios habitantes.

En el mapa de evaluación de riesgo, las zonas de muy bajo riesgo son muy pocas y corresponden a pequeñas superficies ubicadas en diversas ubicaciones mayoritariamente entre la zona centro y norte de la microcuenca definidas con un color de tonalidad verde oscuro. Mientras que, las zonas de bajo riesgo se presentan también entre el interior y el norte de la microcuenca abarcando una mayor superficie que la zona de muy bajo riesgo, esta superficie está definida con color verde claro, representando zonas de bosque nativo y praderas principalmente. Por otro lado, la superficie de color amarillo, correspondiente a las zonas de riesgo medio, se presentan de manera proporcionada a lo largo de toda la microcuenca, principalmente en los alrededores, al igual que, las zonas de alto riesgo determinadas por un color naranja, y las zonas de muy alto riesgo definida con color rojo.

De esta forma, se puede inferir que, la microcuenca presenta un alto riesgo en los límites sur, este y oeste manteniendo la posibilidad latente de la ocurrencia de un incendio forestal y, por ende, la rápida propagación.

EVALUACIÓN DE RIESGO DE INCENDIOS FORESTAL - MICROCUENCA RAQUI ALTO

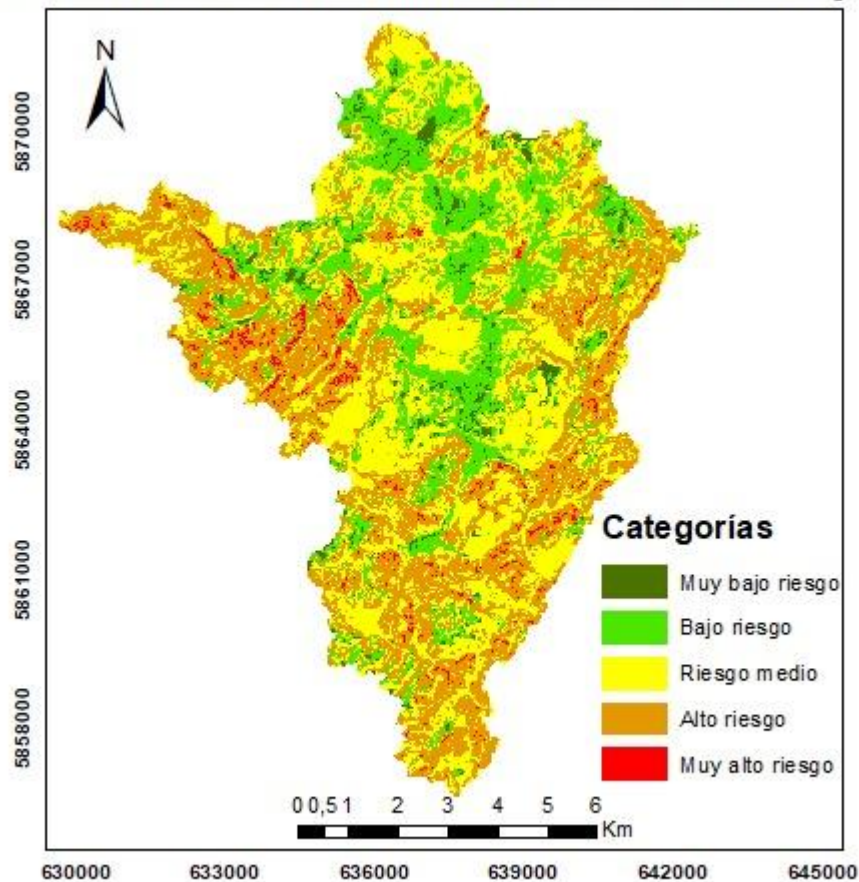


Figura 3.6. Mapa de evaluación de riesgo de incendios forestales en la microcuenca Raqui Alto, comuna de Arauco.

3.2. Evaluación del riesgo de las viviendas rurales por incendios forestales

Las respuestas indican que la mayoría de las viviendas presentan una probabilidad media de quemarse ante la ocurrencia de un incendio forestal con un 62%, mientras que, un 38% de las viviendas rurales tiene una probabilidad alta de quemarse en la microcuenca de Raqui-Alto. Por otro lado, según las

respuestas de los pequeños y medianos propietarios, no existen viviendas rurales con baja probabilidad de quemarse para la encuesta Pauta Recomendada para Interfaz Rural Forestal.

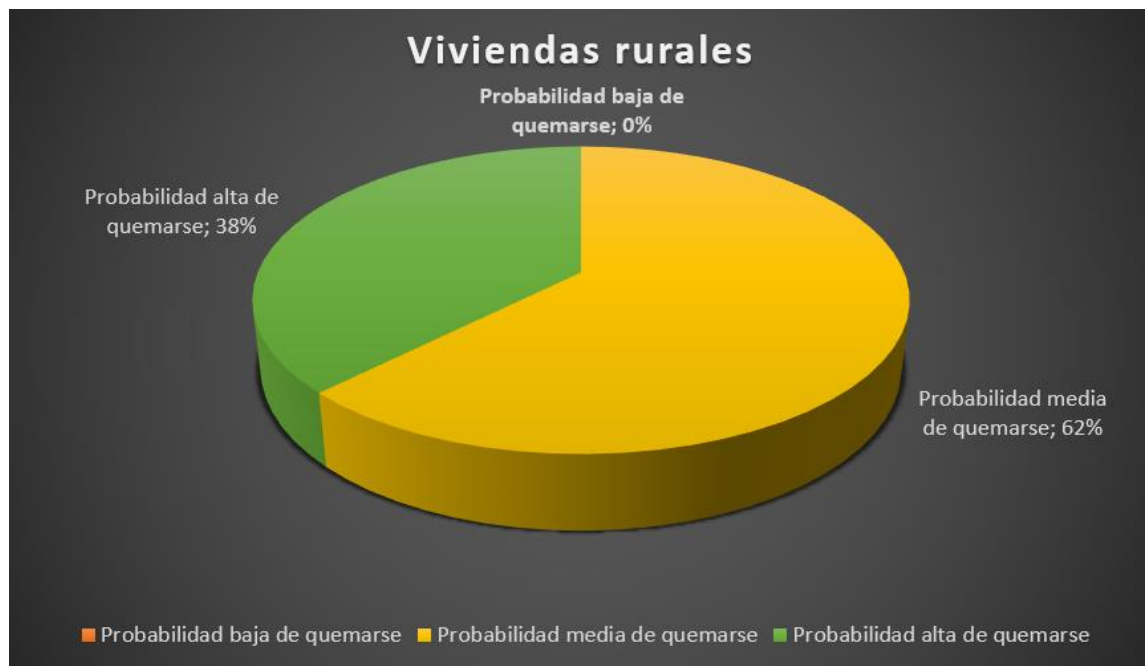


Figura 3.7. Gráfico representativo de la encuesta Pauta Recomendada para Interfaz Rural Forestal.

3.3. Incendios históricos

Es extraordinariamente útil observar el comportamiento de los incendios forestales en la comuna de Arauco, en el período 2002 al verano del 2022. Para ello, se observa la distribución espacial de los incendios forestales en esta comuna en la figura 3.8, la cual indica que, la comuna de Arauco registró un total de 21 eventos en los últimos 20 años, siendo marzo del 2015 y diciembre del

2013 los que afectaron una mayor cantidad de superficie (2118 y 3579 ha respectivamente).

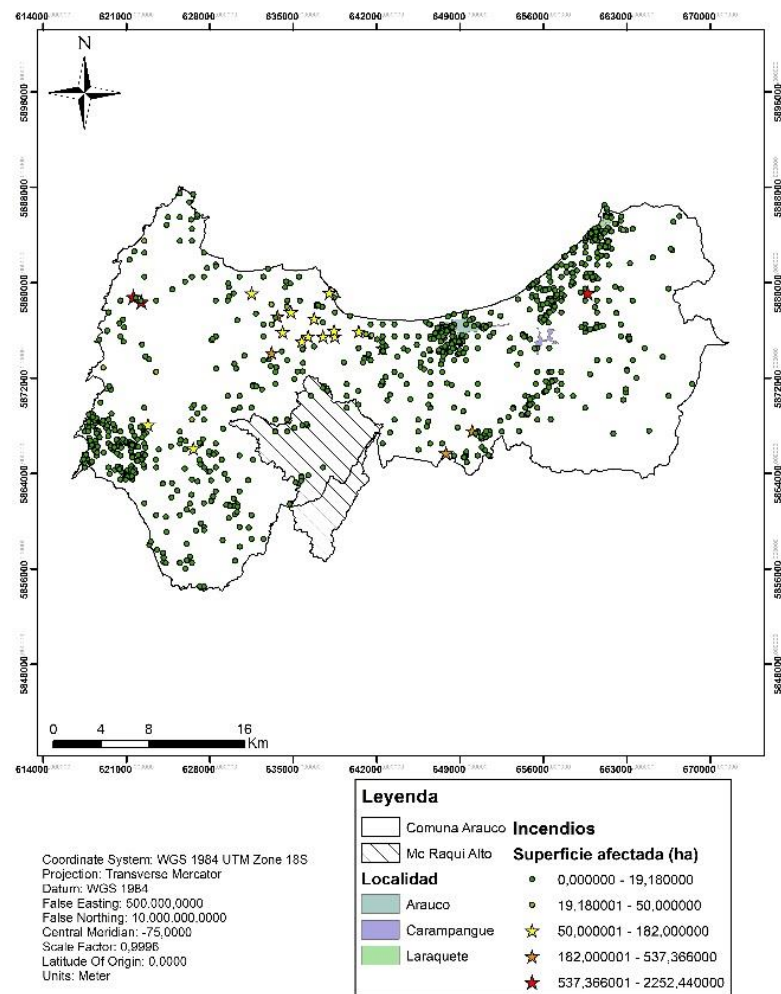


Figura 3.8. Incendios forestales registrados en la comuna de Arauco y microcuenca Raqui-Alto, entre los años 2002-2022. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por CONAF.

3.4. Medidas de prevención y mitigación de incendios forestales

Se realizó una visita de campo, en conjunto con, personal del PRODESAL (Programa de desarrollo de acción local) de Arauco y personal de la CONAF, para evaluar las condiciones en las que se encuentran los pequeños y medianos propietarios de la zona de estudio y realizar 3 tipos de intervenciones con la finalidad de obtener un modelo ideal de una vivienda rural en la microcuenca de Raqui-Alto. Los 3 tipos de intervenciones que se realizaron consistieron en medidas de interrupción de la continuidad horizontal y vertical de la vegetación para viviendas, interrupción de la continuidad horizontal y vertical del combustible en caminos y silvicultura preventiva en el manejo de plantaciones forestales.

3.4.1. Protección de viviendas rurales y delimitación de la zona de defensa

Se desarrollo un piloto demostrativo para definir la zona de defensa de la vivienda rural se trabajó en una vivienda rural de la zona, con la finalidad de mostrar y analizar las medidas de autoprotección de viviendas rurales, ante 3 causas probables por las cuales se quema una casa, las cuales son; la entrada de pavesas, la entrada de brasas y el calor radiante. Dado lo anterior se realizó una intervención que permitió interrumpir la continuidad horizontal y vertical de la vegetación creando zonas de defensa alrededor de la vivienda mediante la eliminación de la vegetación inflamable y la creación de espacios libres de combustible. Esto implicó el retiro de arbustos densos, ramas bajas de árboles,

hojas secas y otros materiales inflamables que podrían servir como combustible para el fuego. El objetivo fue obtener una zona libre de vegetación en los 8 m alrededor de la vivienda y una zona de defensa libre de vegetación arbórea en un radio de 22 m, pero, manteniendo vegetación arbustiva en baja densidad tal como se observa en las figuras 3.9 y 3.10. Además, la disminución del riesgo también se logra con la mantención adecuada del techo y canales, es decir, manteniendo limpio de la acumulación de ramas u hojas.



Figura 3.9. Ejemplo de vivienda rural en la microcuenca de Raqui-Alto antes de la intervención.



Figura 34.10. Ejemplo de vivienda rural en la microcuenca de Raqui-Alto después de la intervención.

3.4.2. Protección predial

Para el pequeño propietario, la protección de los recursos productivos es indispensable el desarrollo de actividades que contribuyan a la mitigación de incendios forestales a escala predial. Para ello se implementaron pilotos demostrativos de cortafuego utilizando caminos rurales y silvicultura preventiva para reducir la continuidad horizontal y vertical del combustible en plantaciones.

3.4.2.1. Uso de caminos rurales como cortafuego

Para definir la habilitación de caminos para ser utilizado como cortafuego, se utilizó un camino rural de carácter común en Arauco, mediante la interrupción en la continuidad de carga de combustibles, tanto en un plano vertical como horizontal, para lo cual se proponen intervenciones desde caminos hacia el interior de las unidades en forma de “cuña”, en un ancho variable, donde se pueden realizar diferentes intervenciones.

Se eliminó la vegetación desde la orilla del camino hacia el interior del bosque, empezando desde intervenciones fuertes, donde se elimine un alto porcentaje de vegetación, hasta intervenciones suaves donde se realicen actividades menores o de bajo impacto. Las figuras 3.11 y 3.12, muestran el trabajo realizado por personal de la CONAF para la intervención de continuidad de carga de combustible en un plano vertical y horizontal de caminos rurales en la microcuenca de Raqui-Alto.



Figura 5.11. Ejemplo de camino rural en la microcuenca de Raqui-Alto antes de la intervención.



Figura 3.12. Ejemplo de camino rural en la microcuenca de Raqui-Alto después de la intervención.

3.4.2.2. Silvicultura preventiva para la protección predial

La tercera intervención realizada se llevó a cabo en una plantación forestal, la cual, se puede apreciar en las figuras 3.13 y 3.14. Se realizó una disminución en la carga de combustible, principalmente su continuidad vertical expresada en la altura de los individuos con la finalidad de evitar los incendios de copa. De esta manera, se impide o ralentiza la propagación tanto horizontal como vertical de incendios forestales.

Además, mediante las intervenciones de raleos, podas y extracción de vegetación seca y muerta, se reduce la posibilidad de ascenso de los focos de incendios.



Figura 3.13. Ejemplo de plantación forestal en la microcuenca de Raqui-Alto antes de la intervención.



Figura 3.14. Ejemplo de plantación forestal en la microcuenca de Raqui-Alto después de la intervención.

3.5. Evaluación de la percepción de riesgo y de medidas de prevención y mitigación en incendios forestales en la microcuenca

La encuesta de percepción de riesgo aplicada en terreno tuvo la participación de 15 vecinos de viviendas rurales de los alrededores de la microcuenca de Raqui-Alto.

La respuesta más repetida por los vecinos para la pregunta número 1 asociada a la primera impresión por parte de los habitantes de la microcuenca Raqui-Alto fue percepción de pena, pánico, destrucción, angustia, reflejando la poca

preparación y recursos que existen tanto para prevenir como para evitar la rápida propagación de los incendios forestales.

Entre las respuestas de la pregunta 5, asociada a la prevención de los incendios forestales y de qué manera se pueden prevenir, los habitantes respondieron que, generando conciencia a través de charlas educativas, con la finalidad de evitar acciones como, por ejemplo, hacer fogatas. Además, protegiendo los alrededores de las viviendas realizando constantes limpiezas, control de malezas y creación de cortafuegos.

El resultado de la pregunta 2, se presenta a continuación el gráfico representativo, en donde, la respuesta más frecuente por los vecinos está asociada a que los incendios forestales se originan tras quemas para eliminar desechos agrícolas y/o forestales. En segunda instancia la alternativa correspondiente a colillas de cigarrillo mal apagadas y en tercer lugar por fogatas mal apagadas.



Figura 3.15. Gráfico representativo para la pregunta 2 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.

La respuesta 3 mas representativa fue la alternativa B, expresando que la gente que quema desechos, tales como trabajadores agrícolas o forestales son los que tienen mayor relación en la ocurrencia de los incendios forestales, tal como se ve en la figura 3.16.



Figura 3.16. Gráfico representativo para la pregunta 3 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.

En cuanto a la respuesta número 4, la alternativa con mayor representación de la población es la C indicando que la gente está poco preparada para combatir los incendios forestales en la microcuenca de Raqui-Alto. En la figura 3.17 se presenta el grafico correspondiente.

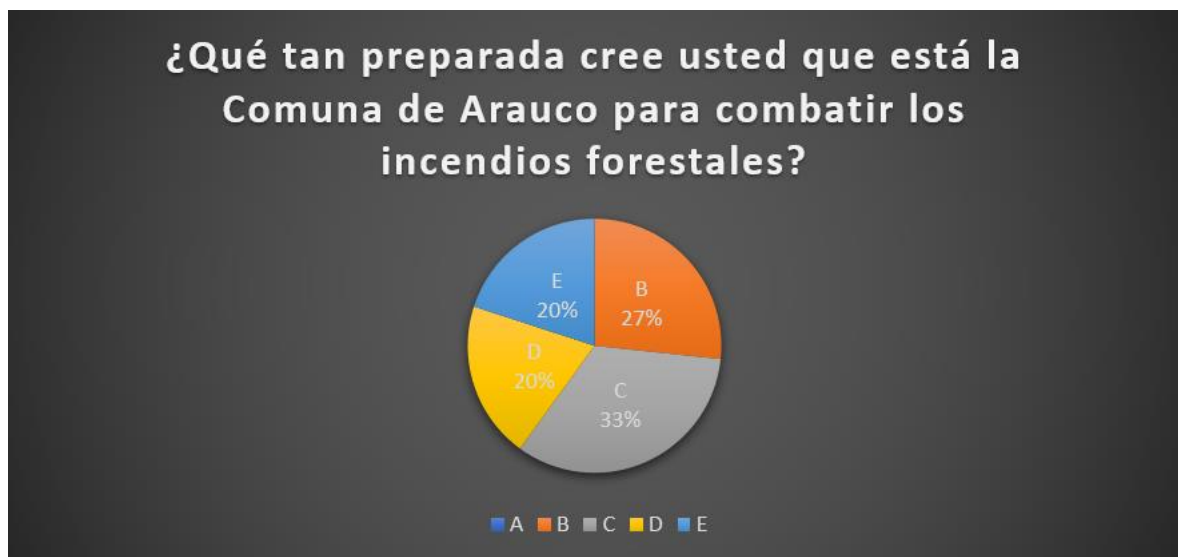


Figura 3.17. Gráfico representativo para la pregunta 4 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.

La respuesta 6 se encuentra reflejada en la figura 3.18, enfocada en el conocimiento de la población sobre las instituciones que realizan las actividades de prevención de incendios forestales y cuales son estas instituciones. El 67% de los encuestado expresó que si se encuentra en conocimiento de las instituciones que realizan esta labor y las respuestas fueron; Brigadas forestales, CONAF, Bomberos, Carabineros.

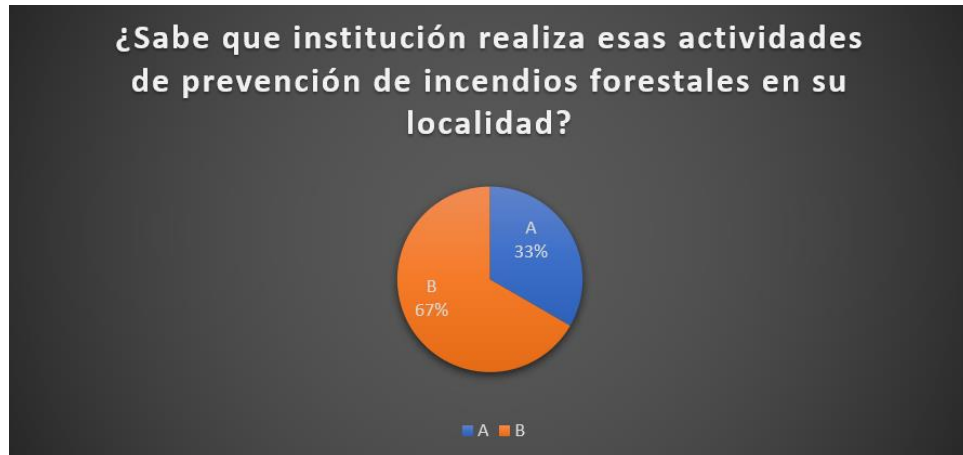


Figura 3.18. Gráfico representativo para la pregunta 6 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.

La figura 3.19, representa la respuesta número 7, dando como resultado una igualdad entre las alternativas B, C y E, siendo las respuestas; “Adecuadas”, “Insuficientes” y “No sirven”, respectivamente.



Figura 3.19. Gráfico representativo para la pregunta 7 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.

En la respuesta 8, relacionada con las medidas de limpiezas de caminos para mitigar los incendios forestales existe una igualdad entre las alternativas B y C, siendo estas, medidas de carácter adecuadas e insuficientes respectivamente. La figura 3.20, representa el gráfico correspondiente a la respuesta número 8.



Figura 3.20. Gráfico representativo para la pregunta 8 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.

Con respecto a las medidas de manejo de plantaciones para mitigar incendios forestales, la figura 3.21 señala que la percepción de los vecinos de Raqui-Alto, es que, son medidas insuficientes.



Figura 6.21. Gráfico representativo para la pregunta 9 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.

Finalmente, en la respuesta número 10, en la figura 3.22, la opinión que más identifica a los vecinos de la microcuenca de Raqui-Alto, es la falta de recursos para tomar medidas de prevención de incendios forestales definida como la alternativa E.

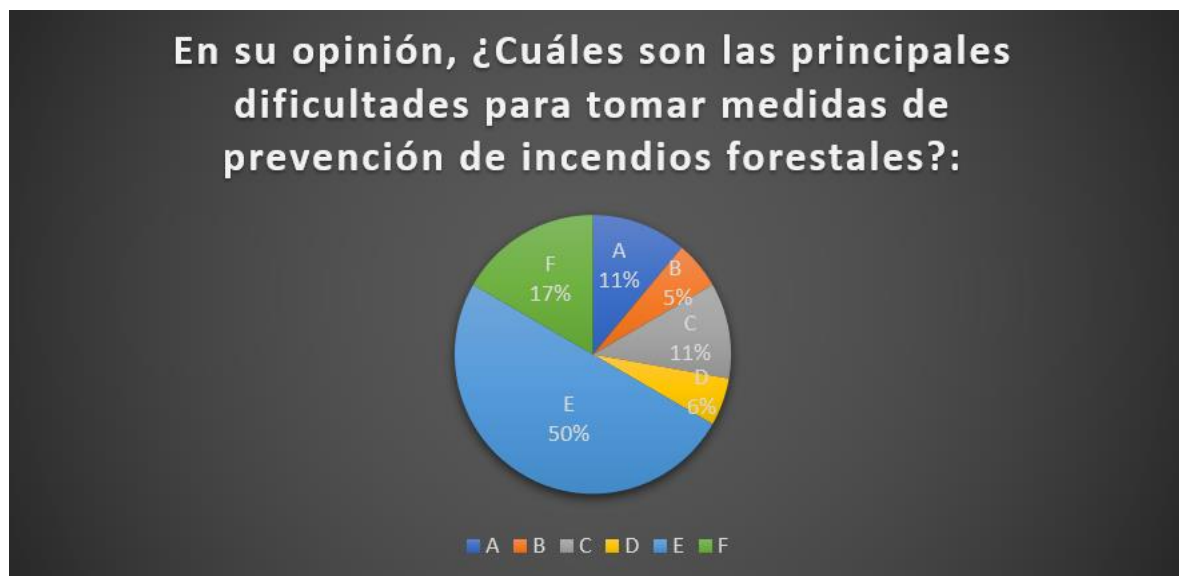


Figura 3.22. Gráfico representativo para la pregunta 10 de la encuesta de percepción de riesgo sobre los incendios forestales para los vecinos de Raqui-Alto.

IV. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta todo el trabajado realizado, se deduce que los mapas de riesgo son una opción viable y muy útil para priorizar y orientar a la población de la microcuenca Raqui-Alto hacia un enfoque de autoprotección ante los incendios forestales. El estudio permitió comprender la percepción de acuerdo con la realidad de los pequeños y medianos propietarios ante el enfoque de prevención y mitigación de los incendios forestales en la zona y de esta forma generar conciencia sobre la importancia de los planes de prevención y mitigación.

Presentadas las percepciones de riesgo por vecinos de la comuna, se puede afirmar que existe un alto riesgo ante los incendios forestales y que pueden generar una alta destrucción para los habitantes de la microcuenca Raqui-Alto. La falta de recursos es notoria y es indispensable para utilizar las medidas propuestas principalmente disminuir la carga de combustible en la zona de defensa de las viviendas rurales ante las causas probables de ocurrencia de incendio forestal y la protección de los recursos productivos mediante el uso de caminos rurales como cortafuego y el manejo de las plantaciones por medio de la silvicultura preventiva. De esta forma, se puede lograr una mayor preparación y disminución de riesgo para los habitantes ante la ocurrencia de un incendio forestal.

V. GLOSARIO

- Amenaza o Peligro: Concepto de la Prioridad de Protección que considera variables específicas relacionadas con la supresión del fuego una vez iniciado el Incendio Forestal. Es la probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, ambientales y económicos, en un lugar dado y durante un tiempo de exposición determinado. La determinación del Riesgo de incendios forestales está dada por la siguiente ecuación genérica:

$$\text{Riesgo} = \text{amenaza} \times \text{vulnerabilidad}.$$

Donde la amenaza es entendida como la probabilidad de ocurrencia de un incendio forestal, condicionada por la presencia y actividad de un agente causal.

- Área de influencia: Proyección en el territorio de una variable que posee una ubicación específica en el espacio. Por ejemplo: Acciones humanas en el entorno a ciudades.
- Área Buffer: Distancia a elementos lineales o puntuales utilizadas en los análisis espaciales de proximidad.

- Área homogénea (AH): Área del territorio con características homogéneas resultante del análisis de múltiples variables que inciden en el riesgo de incendios forestales y que entrega información para diseñar medidas de prevención.
- Combustible: Vegetación viva o muerta (seca) disponible para el inicio y propagación del fuego.
- CONAF: Corporación Nacional Forestal.
- Daño Potencial: Concepto de la Prioridad de Protección que considera variables específicas sobre la importancia del daño que causar un Incendio Forestal.
- Desechos (agrícolas y forestales): Material vegetal combustible que queda como residuo de las actividades agrícolas y forestales. Por ejemplo: rastrojo de trigo.
- Mitigación: Intervenir previamente la vegetación para impedir o retardar la propagación del fuego, en el caso que se produzca un incendio.

- Incendio forestal: Un incendio forestal es un fuego que, cualquiera sea su origen y con peligro o daño a las personas, la propiedad o el ambiente, se propaga sin control en terrenos rurales, a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta. Es decir, es un fuego injustificado y descontrolado en el cual los combustibles son vegetales y que, en su propagación, puede destruir todo lo que encuentre a su paso.
- Inflamabilidad: es la capacidad de la vegetación para desencadenar el fuego y favorecer su extensión.
- Probabilidad de ocurrencia: Concepto de la Prioridad de Protección que considera la Predicción mediante Regresión Logística de la probabilidad de que se inicie un Incendio dada las condiciones meteorológicas imperantes en un día determinado. La predicción se realiza a nivel de microcuenca.
- Prevención: evitar que, por acción u omisión de las personas, se originen incendios forestales.
- Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres: se entiende como la probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedades, medios de subsistencia,

interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) posterior a interacciones entre amenazas de origen natural o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad.

- Propagación: Expansión del fuego a una velocidad dada, en forma lineal, en superficie o en perímetro.
- Protección contra incendios forestales: Conjunto de acciones destinada a prevenir, detectar y combatir los incendios forestales.
- Silvicultura preventiva: Intervención humana para eliminar o modificar la vegetación combustible de un bosque o plantación, con el fin de evitar el inicio de un fuego o de dificultar su propagación. Por ejemplo: construcción de cortafuego mineral en una plantación.
- Quema controlada: Es la acción de usar el fuego para eliminar vegetación en forma dirigida, circunscrita o limitada a un área previamente determinada, conforme a normas técnicas preestablecidas, con el fin de mantener el fuego bajo control.
- Temporada de incendios forestales: Período de mayor probabilidad de ocurrencia de incendios forestales, comprendido entre octubre de un año

y mayo del siguiente. Cada temporada se denomina por los años que considera, por ejemplo, temporada 2004-2005.

- Vulnerabilidad: es propensión de los sistemas expuestos (asentamientos humanos, infraestructura) a ser dañados por el efecto de un fenómeno perturbador.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Abarca, O. I. and J. G. Quiroz (2005). "Modelado cartográfico de riesgo de incendios en el parque nacional Henri Pittier. Estudio de caso: Vertiente sur, área colindante con la ciudad de Maracay." *Agronomía Tropical*, 55(1), 35-62.

Alegría Tardón, R. E. (2020). "Estudio y evaluación del riesgo de incendios forestales en la interfaz urbano-forestal de las comunas que componen el Área Metropolitana de Valparaíso: periodo 2000-2017." Universidad de Chile, Santiago. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/178619>.

Alvarado Ojeda, A., Haltenhoff Duarte, H., Katelman Villirillo, T., Rojo Almarza, A. (2015). ¿Cómo preparo mi casa y entorno frente a los incendios forestales?: Manual de Prevención de Incendios Forestales, CONAF.

Casas Pérez, A. (2018). "Proyecto de gestión selvícola enfocado a la prevención de incendios forestales ya la producción micológica de matorrales mediterráneos en el término municipal de Rabanales (Zamora)." Universidad de Valladolid, Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/35323>.

Castillo Soto, M. E. (2013). "Integración de variables y criterios territoriales como apoyo a la protección contra incendios forestales. Área piloto: Valparaíso-Chile Central." Universidad de Córdoba, Córdoba.
<https://helvia.uco.es/handle/10396/9284>.

Cerano-Paredes et al. (2015). "Historia de incendios en un bosque de pino de la sierra de Manantlán, Jalisco, México." *Bosque*, 36(1), 41-52.

Chuvieco, E. and R. G. Congalton (1989). "Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping." *Remote sensing of Environment*, 29(2), 147-159.

Conaf (2017). *Análisis de la Afectación y Severidad de los Incendios Forestales Ocurredos en Enero y Febrero de 2017 Sobre los Usos de Suelo y los Ecosistemas Naturales Presentes Entre las Regiones de Coquimbo y Los Ríos de Chile*, Corporación Nacional Forestal Santiago, Chile.

Fernández-García, V., Beltrán-Marcos, D., Pinto-Prieto, R., Fernández-Guisuraga, J.M., Calvo, L., (2019). "Uso de técnicas de teledetección para determinar la relación entre la historia de incendios y la severidad del fuego."

Teledetección. Hacia Una Visión Global del Cambio Climático; Fernández, LÁR, Cremades, JE, Montes, AC, Sánchez, JCA, Eds: Pp. 135-138.

Garreaud et al. (2017). "The 2010–2015 megadrought in central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation." *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(12), 6307-6327.

González-Calvo, A., Hernández-Leal, P. A., Alonso-Benito, A., Arbelo, M., Arvelo-Valencia, L., (2008). "Modelado del riesgo de incendios forestales en las Islas Canarias usando datos de satélite y aplicaciones SIG." *Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial*'.(Eds L Hernández, JM Parreño) Pp. 588-596.

González, M., Lara, A., Urrutia, R., Bosnich, J., (2011). "Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33°-42° S)." *Bosque*, 32(3), 215-219.

González, M.E., Sapiains, R., Gómez-González, S., Garreaud, R., Miranda, A., Galleguillos et al. 2020. Incendios forestales en Chile: causas, impactos y

resiliencia. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, Universidad de Chile, Universidad de Concepción y Universidad Austral de Chile.

Graham, R. T. and S. McCaffrey (2003). "Influence of forest structure on wildfire behavior and the severity of its effects." https://www.fs.usda.gov/projects-policies/hfi/docs/forest_structure_wildfire.pdf.

Cristovao, H. (2019). "Condiciones de riesgo de incendio de las viviendas asociadas a las áreas de interfaz rural forestal de las comunas de Quillón y Florida (Región de Ñuble y del Biobío, Chile)." Tesis de magister, UdeC, Facultad Ciencias Forestales, Concepción. <http://repositorio.udec.cl/handle/11594/1125>.

Keeley, J. E. (2002). "Fire management of California shrubland landscapes." *Environmental Management*, 29, 395-408.

Laforteza, R., Corry, R. C., Sanesi, G., Brown, R. D., (2008). Cultural determinants of spatial heterogeneity in forest landscapes. *Patterns and processes in forest landscapes: multiple use and sustainable management*, Springer: Pp.17-32.

Lavell, A. (2007). "Apuntes para una reflexión institucional en países de la Subregión Andina sobre el enfoque de la Gestión del Riesgo." Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina. https://www.researchgate.net/publication/44899059_Apuntes_para_una_reflexion_institucional_en_paises_de_la_Subregion_Andina_sobre_el_enfoque_de_la_gestion_del_riesgo.

Liu et al. (2007). "Complexity of coupled human and natural systems." *Science*, 317(5844), 1513-1516.

Martínez Saavedra, M. A. (2022). "Diseño de patrones espaciales de cortafuegos para prevenir incendios forestales." Universidad de Chile, Santiago. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/184747>.

Montenegro, G., Ginocchio, R., Segura, A., Keely, J., E., Gómez, M., (2004). "Fire regimes and vegetation responses in two Mediterranean-climate regions." *Revista Chilena de Historia Natural*, 77(3), 455-464.

Moreira et al. (2011). "Landscape–wildfire interactions in southern Europe: implications for landscape management." *Journal of Environmental Management*, 92(10), 2389-2402.

Moritz et al. (2014). "Learning to coexist with wildfire." *Nature*, 515(7525), 58-66.

Peña-Fernández, E. and L. Valenzuela-Palma (2008). Incremento de los incendios forestales en bosques naturales y plantaciones forestales en Chile. Memorias del segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: Una visión global.

Ramírez Cisneros *et al.* "Propuesta metodológica para el análisis de la fragmentación del combustible y valoración de la selvicultura preventiva." VI Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales.

Rocca, M. E., Brown, P, M., Mac Donald, L., H., Carrico, C., M., (2014). "Climate change impacts on fire regimes and key ecosystem services in Rocky Mountain forests." *Forest Ecology and Management*, 327, 290-305.

Salis M., Ager, A., Finney, M., Arca, B., Spano, D., (2014). "Analyzing spatiotemporal changes in wildfire regime and exposure across a Mediterranean fire-prone area." *Natural Hazards*, 71, 1389-1418.

San-Miguel-Ayanz, J., Moreno, J., M., Camia, A., (2013). "Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives." *Forest Ecology and Management*, 294, 11-22.

Serrada R., Montero, G., Reque, J., A., (2008). "Selvicultura preventiva de incendios." *Compendio de Selvicultura Aplicada en España* (Serrada R, Montero G, Reque JA eds). FUCOVASA, Madrid, Spain: Pp. 949-979.

Stephens et al. (2014). "Temperate and boreal forest mega-fires: characteristics and challenges." *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(2), 115-122.

Urzúa Moraga, D. (2017). Evaluación de la vulnerabilidad social prevalente frente a la ocurrencia de eventos extremos: un análisis comparativo entre las ciudades de Puerto Montt y Puerto Varas, Chile.

Tanentzap, A., Bazely, D., Laforteza, R., (2010). "Diversity–invasibility relationships across multiple scales in disturbed forest understoreys." *Biological Invasions*, 12, 2105-2116.

Varner, J., M., Kane, J., M., Kreye, J., K., Engber, E., (2015). "The flammability of forest and woodland litter: a synthesis." *Current Forestry Reports* 1: 91-99.

Villers Ruíz, M. d. L. (2006). "Incendios forestales." *Ciencias*(081).

Westerling, A., L., Hidalgo, H., G., Cayan, D., R., Swetnam, T., W., (2006). "Warming and earlier spring increase western US forest wildfire activity." *Science*, 313(5789), 940-943.

Xanthopoulos, G., Caballero., D., Galante, M., Alexandrian., D., Rigolot., E., Marzano., R., (2006). Forest fuels management in Europe. Fuels management-how to measure success: Conference proceedings. USDA Forest Service, Portland, OR.

VII. ANEXOS

Anexo 1a. Pauta Recomendada para Interfaz Rural Forestal, primera parte.

		PROYECTO DE TESIS			
		PROGRAMA MAGISTER EN CIENCIAS FORESTALES			
		Pauta C		/ / 2019	
Esta encuesta es el resultado del diagnóstico de cultura preventiva contra incendio de viviendas en Interfaz Rural Forestal (IRF) de las comunas de Florida y Quillón de la Región Biobío de Chile, realizado el año 2019.					
Esta es una autoevaluación preventiva contra incendio, aplicable para personas que habitan en viviendas ubicadas en IRF, con el propósito que el propietario evalúe el nivel de seguridad contra incendio y conozca la probabilidad que tiene su vivienda de quemarse y conozca algunas recomendaciones.					
I. AUTOEVALUACIÓN					
(Las 8 primeras preguntas tienen importancia alta, pues se tratan de aspectos fundamentales para protección de la vivienda)					
1. ¿La vivienda tiene un perímetro de seguridad establecido por una franja de a lo menos 25 m libre de vegetación?		SI	NO		
2. ¿La vivienda tiene el techo y canaletas completamente libres de acumulación de desechos y materiales combustibles?		SI	NO		
3. ¿Los árboles, ramas y arbustos próximo no están en contacto directo con la vivienda?		SI	NO		
4. ¿La línea eléctrica es subterránea?		SI	NO		
5. ¿La línea eléctrica es aérea, pero no hace contacto directo con la vegetación?		SI	NO		
6. ¿Existe disponibilidad de agua con presión suficiente para humedecer la vivienda y sus alrededores?		SI	NO		
7. ¿La vivienda no está ubicado en un terreno con pendiente superior a 15%?		SI	NO		
8. ¿No hay acumulación de madera, materiales y productos combustibles a menos de 3 m de la vivienda?		SI	NO		

Anexo 1b. Pauta Recomendada para Interfaz Rural Forestal, segunda parte.



PROYECTO DE TESIS

PROGRAMA MAGISTER EN CIENCIAS FORESTALES



9. ¿El acceso hacia y desde la vivienda es expedito y permite la circulación de vehículos pesados?

10. ¿No existe bosque a menos de 10 m de la vivienda?

11. ¿Los bomberos están ubicados a una distancia no superior a 20km de la vivienda?

SI NO

SI NO

SI NO

III. DIAGNÓSTICO

Cantidad de "SI"		
0 - 3	Probabilidad Alta de quemarse	
4 - 8	Probabilidad Media de quemarse	
9 - 11	Probabilidad Baja de quemarse	

II. RECOMENDACIONES

(Las recomendaciones están conectadas con las preguntas hechas anteriormente en la autoevaluación, ejemplo, recomendación número 1 vale por la pregunta número 1)

1. El manual de medida para prevención de incendio recomienda tener un perímetro de seguridad establecido por una franja de a lo menos 25 m libre de vegetación, ya que está demostrado que a esta distancia el fuego tiene baja probabilidades de afectar la vivienda.
2. Es necesario mantener siempre el techo y canaletas de la vivienda completamente libres de acumulación de desechos y materiales combustibles, ya que la acumulación de ellos genera la condición propicia para ser afectado por chispas y calor durante el incendio forestal.
3. Se debe mantener los árboles, ramas y arbustos próximo sin contacto directo con la estructura, evitando así la propagación rápida del fuego para la vivienda.
4. Se debe priorizar tener la línea eléctrica en sistema subterránea, pero si es aérea, debe asegurarse que la misma no haga contacto directo con la vegetación, ya que los cables eléctricos pueden generar incendio durante un corto circuito y también pueden servir como conductores de fuego del bosque hacia la vivienda o de la vivienda hacia el bosque.
8. Debe mantener los materiales y productos inflamables protegidos y a una distancia segura de la vivienda.

Tu eres el primer y el último responsable en proteger tu vivienda.

Anexo 2a. Encuesta de percepción de riesgo, primera parte.

Proyecto FIC: MITIGACIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO EN MICROCUENCAS (40036106)

ENCUESTA SOBRE LOS INCENDIOS FORESTALES.

Pregunta 1. Indique en una palabra que se le viene a la mente cuando le hablan de "incendios forestales".

Pregunta 2. ¿Cómo cree usted que se inicia un incendio forestal? (Elija 3 opciones)

☐ Por quemas para eliminar desechos agrícolas y/o forestales

☐ A consecuencia de un rayo

☐ Porque la vegetación se descompone, y se produce combustión espontánea

☐ Por fogatas mal apagadas

☐ Por colillas de cigarrillo mal apagadas

☐ Por vidrios de botellas en el suelo

☐ Otras razones (describa): _____

☐ No lo sé

Pregunta 3. ¿Quiénes cree usted que inician los incendios forestales? (Elija sólo una opción)

☐ Los turistas

☐ Trabajadores agrícolas y forestales, cuando queman desechos.

☐ Los niños

☐ La gente que quema basura.

☐ Las personas con problemas mentales como los pirómanos () NS/NR

☐ Otros (describa): _____

Pregunta 4. - ¿Qué tan preparada cree usted que está la Comuna de Arauco para combatir los incendios forestales?

☐ Muy preparada

☐ Preparada

☐ Está poco preparada

☐ No está preparada

☐ No lo sé

Anexo 2b. Encuesta de percepción de riesgo, segunda parte.

Pregunta 5. ¿Cómo cree Usted que los incendios forestales se pueden prevenir? (De un ejemplo)

Ejemplo _____

Pregunta 6. - ¿Sabe qué institución realiza esas actividades de prevención de incendios forestales en su localidad?

☐ NO ☐ SI

Nombre de la Institución: _____

Pregunta 7. ¿Cómo considera Usted las medidas de protección de viviendas para prevenir incendios forestales?

- | | |
|--|--|
| ☐ Muy adecuadas | ☐ No sirven |
| ☐ Adecuadas | ☐ No tengo conocimiento de esas medidas |
| ☐ Insuficientes | |

Pregunta 8. ¿Cómo considera Usted que son las medidas de limpieza de caminos para mitigar incendios forestales?

- | | |
|--|--|
| ☐ Muy adecuadas | ☐ No sirven |
| ☐ Adecuadas | ☐ No tengo conocimiento de esas medidas |
| ☐ Insuficientes | |

Pregunta 9. ¿Cómo considera Usted que son las medidas de manejo de plantaciones para mitigar incendios forestales?

- | | |
|--|--|
| ☐ Muy adecuadas | ☐ No sirven |
| ☐ Adecuadas | ☐ No tengo conocimiento de esas medidas |
| ☐ Insuficientes | |

Pregunta 10. En su opinión, ¿Cuáles son las principales dificultades para tomar medidas de prevención de incendios forestales?:

- ☐ Falta de capacitación
- ☐ Falta de coordinación de los Municipios
- ☐ Falta de coordinación de CONAF
- ☐ Insuficiente organización de los habitantes de zonas rurales
- ☐ Falta de recursos
- ☐ Otra dificultad (describa): _____