



Universidad de Concepción
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía
Departamento de Geografía
Magister en Análisis Geográfico



Evaluación de riesgo de desastre asociado a incendios forestales
en la comuna de Hualqui:

*Un aporte a la planificación territorial en el contexto de la
implementación de la circular MINVU 269.*

Autora:

Alejandra Contreras Elgueta

Profesora de Historia y Geografía

Estudiante Magister en Análisis Geográfico.

Profesora guía: Dra. Edilia Jaque Castillo

Dra. en Ciencias Ambientales

Concepción, ciudad universitaria, Diciembre de 2015.

AGRADECIMIENTOS

En este punto de mi vida agradezco sinceramente a mi profesora guía Dra. Edilia Jaque Castillo no solo por creer en mis capacidades, sino que además ofrecerme la oportunidad de acompañarnos mutuamente en este proyecto de finalización de magister, así como cuantos otros proyectos que hemos emprendido juntas, los cuales han moldeado nuestra amistad.

También agradecer a mi colega y amigo Patricio Díaz por su apoyo incondicional y por su ayuda en la resolución de problemas, fundamentalmente los que traen consigo los SIG.

Aprovecho de agradecer a mi familia que me ha dado muchas alegrías y me ha motivado para terminar esta bella etapa de mi vida.

No puedo dejar de agradecer a mi compañero de vida Francisco Cortez por su infinita paciencia durante la elaboración de esta tesis y por su ayuda en la aplicación de las encuestas.

Finalmente agradezco al proyecto VRID N° 14.603017-1 Construcción de riesgo de incendios forestales en el interfaz urbano - forestal de las comunas del Área Metropolitana de Concepción (AMC): Un aporte metodológico a la planificación territorial en el contexto de la implementación de nuevas políticas públicas de gestión de riesgo de incendio, que hizo posible el desarrollo de esta investigación.

Contenido

I. RESUMEN	5
II. INTRODUCCIÓN	5
III. METODOLOGÍA	10
3.1 Área de estudio	10
3.2 Hipótesis	11
3.3 Objetivos	11
3.4 Diseños metodológicos	11
3.4.1. Diseño metodológico para evaluar la amenaza de incendio forestal	11
3.4.2 Diseño metodológico para la evaluación de la vulnerabilidad	14
3.4.3 Diseño metodológico para la evaluación del riesgo de incendio forestal	23
IV. MARCO REFERENCIAL	24
<i>Riesgos de Incendio Forestal</i>	29
VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS	32
6.1 Evaluación ante la amenaza de incendio forestal en la comuna de Hualqui	32
6.1.1 Variable natural.....	32
6.1.2 Variable antrópica.....	39
6.1.3 Peligro de incendio forestal.....	45
6.2 Evaluación de la vulnerabilidad ante incendio forestal en la comuna de Hualqui	48
6.2.1 Características de la población encuestada en la comuna de Hualqui.	48
6.2.2 Vulnerabilidad estructural de la vivienda.....	48
6.2.3 Vulnerabilidad socio-económica	53
6.2.4 Vulnerabilidad educativa	56
6.2.5 Vulnerabilidad cultural.....	60
6.2.6 Vulnerabilidad ambiental	62
6.2.7 Vulnerabilidad institucional / política	66

6.2.8	<i>Vulnerabilidad social</i>	69
6.2.9	<i>Matriz de vulnerabilidad global</i>	71
6.3	Evaluación del riesgo de incendio forestal.....	73
VII	CONCLUSIONES	74
VIII	DISCUSIÓN	75
IX	BIBLIOGRAFÍA	76

I. RESUMEN

Se evalúa el grado de amenaza de incendio forestal de la comuna de Hualqui, comuna que históricamente ha sido afectada por incendios forestales y está considerada una de las comunas críticas de la región del Biobío por la Corporación Nacional Forestal (Conaf). Para la evaluación de la amenaza de incendio se cuantificaron factores antrópicos (coberturas de suelo, red vial, puntos de quemas controladas, camping entre otros) como por factores naturales (topografía, inflamabilidad, insolación, altitud, entre otros). Se les asignó un peso a cada variable de análisis que permitió realizar una zonificación de peligro de incendio forestal con miras su utilización para la planificación territorial. Los resultados indican que el 37% (196 km²) de la superficie comunal tiene un alto grado de amenaza de incendio forestal, el 40% (214 km²) de la comuna tiene un grado medio de amenaza y solo un 23% (120 km²) tiene un grado bajo de amenaza.

Dentro de la comuna de Hualqui se presenta una vulnerabilidad global diferenciada: vulnerabilidad media en las localidades de Quilacoya, Unihue y Talcamávida; y vulnerabilidad alta en la localidad de Hualqui.

Finalmente se evaluó el riesgo de incendio forestal, como el resultado de la amenaza y la vulnerabilidad global. Los resultados indican que el 60% de la superficie de la comuna de Hualqui posee un grado medio a alto (medio 36% y alto 24%). En esta área se encuentran las áreas más densamente pobladas del PRC Hualqui. Mientras que el 40% de la superficie restante tiene un grado bajo de riesgo de incendio forestal, concentrada en las áreas fuera del límite urbano-rural del PRC.

II. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los asentamientos humanos se han establecido en zonas donde la población se ve expuesta a los impactos generados por los procesos ambientales, lo que despertado un interés por identificar las formas de establecer un desarrollo sustentable, de tal modo que la sociedad pueda coexistir con entorno potencialmente peligroso. Esto encuentra sus orígenes en el crecimiento poblacional y los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, el creciente empobrecimiento de importantes segmentos de la población, la utilización de inadecuados sistemas tecnológicos en la construcción de viviendas y en la dotación de la infraestructura básica, e inadecuados sistemas organizacionales, entre otros, lo que han hecho

augmentar continuamente la vulnerabilidad de la población frente a una amplia diversidad de eventos físico naturales (Maskrey, 1993).

El peligro de incendio forestal se define como “el resultado, a veces expresado mediante un índice, de los factores constantes y variables que afectan a la ignición, a la propagación y a la dificultad de controlar los fuegos y los daños que éstos generan” (Chuvienco *et al*, 2004). El incipiente desarrollo de las técnicas de detección de incendios forestales en Chile no se encuentra acorde con el grado de ocurrencia de éstos, a diferencia de aquello, solo se desarrollaron por largo tiempo medidas de prevención de incendios, mientras que la investigación se ha desarrollado dentro de universidades sin que las autoridades las incluyeran en sus estrategias; así también se encuentran variados aportes que apuntan principalmente a la predicción de estos eventos, mediante modelos meteorológicos y también centrados en simuladores de expansión de incendios, los cuales van en directa ayuda a la gestión del riesgo de desastre, específicamente el combate del fuego por las brigadas de incendios.

Las zonas montañosas son afectadas por los incendios forestales principalmente por la acción de tormentas y caídas de rayos sobre la vegetación. El fuego es un regulador natural de algunos ecosistemas, por lo cual la ocurrencia de incendios forestales en muchas partes del mundo responde a comportamientos climáticos y a la susceptibilidad natural o adaptación de la vegetación a la ignición y la inflamabilidad, especialmente en períodos de sequedad (Castillo, M, *et al* 2003). Mientras que otro número de incendios es adjudicado a la utilización del fuego como herramienta de rotación agrícola, quemando la vegetación leñosa y la vegetación natural para luego poder cultivar siembras de subsistencia. Muchas veces en este tipo de quemas se produce un descontrol del fuego y esto significa la pérdida especies nativas (flora y fauna) y de vidas humanas cuando los incendios alcanzan las zonas urbanizadas o semi urbanizadas.

Diversos autores proponen que los incendios forestales, producto del crecimiento demográfico mundial seguirán en aumento, e incluso se han realizado estimaciones mediante medios computacionales que indican que “*en el futuro, los incendios forestales serán cada vez más frecuentes y agresivos, dado que las condiciones climáticas cambiantes favorecen cada vez más la iniciación y propagación del fuego*” (Castillo, M, *et al* 2003).

De acuerdo con bases de datos internacionales del Centro para la Investigación de la Epidemiología de los Desastres (CRED), en Chile se registra un aumento exponencial en el

número de desastres y se puede pronosticar que en los años venideros nuestro país tendrá al menos un desastre por trimestre¹. De los cuales las mayores pérdidas económicas y de vidas se están dando por fenómenos hidrometeorológicos y climáticos.

En las últimas décadas se ha constatado un aumento de los fenómenos de incendios forestales en contextos rural y urbano en Chile. Sin embargo esta tendencia comenzó a masificarse luego de la implementación del modelo forestal. Se observa un aumento en el número de incendios forestales a mediados de la década del 1970 coincidiendo con la implementación de la Ley de fomento forestal (DL 701) en el año 1974.

Con la implementación del Modelo forestal chileno mediante el Decreto de Ley 701 de fomento forestal se presentó como la solución al problema de la erosión de los suelos de la Cordillera de la Costa en las regiones del centro sur del país. Este nuevo orden ha generado un evidente cambio en la distribución socio-espacial de los centros urbanos, de los servicios disponible en ellos, de las redes de transporte que lo sustenta. Además ha generado una serie de conflictos medio ambientales que se han desencadenado a una escala mayor, la cual ha gatillado el cambio de vida de las localidades cercanas a los centros de extracción de recursos madereros. Además de ello se observa un aumento de la recurrencia y magnitud de los incendios en zonas de interfaz urbano-forestal (Castillo, 2003) producto del difuso límite entre coberturas de suelo.

El modelo forestal y su dinámica extensiva aportan en la construcción de una amenaza de incendio forestal latente en centros urbanos del territorio. Claro ejemplo de esta dinámica es el mega-incendio forestal en la ciudad de Valparaíso sucedido en abril de 2014. A pesar del escenario de amenaza latente por incendio forestal en que se encuentra el territorio, no existen estudios de riesgos de incendio forestales suficientes que aborden esta problemática desde una perspectiva distinta a la utilizada desde el sistema productivo forestal.

Según datos de la Corporación Nacional Forestal, Chile posee 35 millones de hectáreas de vegetación vulnerable a los incendios, entre praderas y matorrales (20 millones), bosque nativo

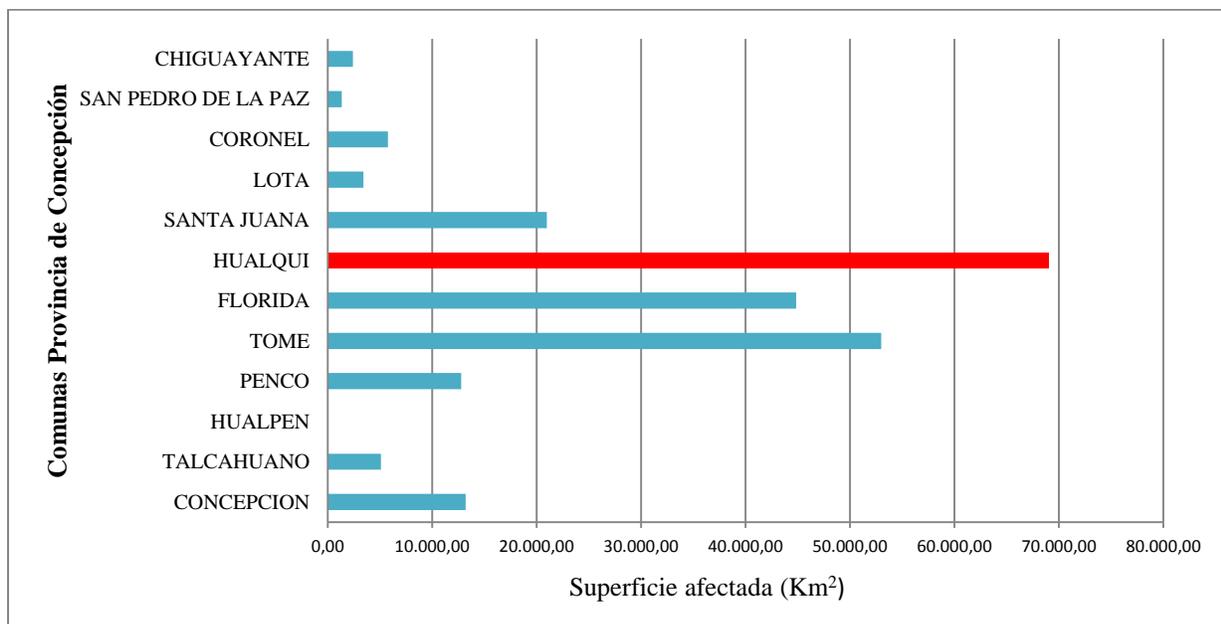
¹EM-DAT. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED (Actualizada: 2014). Recuperado: 12 de Diciembre 2014, desde <http://www.emdat.be/explanatory-notes>.

(13 millones) y plantaciones (2,1 millones) (Castillo, M, et al 2003). De esta vegetación, una cifra superior a las 50 mil hectáreas se queman anualmente en alrededor de 5.900 incendios forestales, siendo las regiones más afectadas las región de Valparaíso y región del Biobío, ambas presentan altos porcentajes de incendios de Magnitud.

El usos de los Sistemas de Información Geográfica en el estudio de los incendios forestales supone un antes y un después en el tratamiento de la información. Trabajos realizados recientemente por Pedernera *et al* (2004) y Castillo *et al* (2003) abren un nuevo horizonte a la cuantificación de la amenaza, utilizando un Simulador de Incendio Forestales del Sistema Kitral, el cual recrea las condiciones de un evento en específico, cuyos escenarios son comparados posteriormente con los resultados empíricos de la catástrofe, de este modo se logra validar el modelo de simulación Kitral.

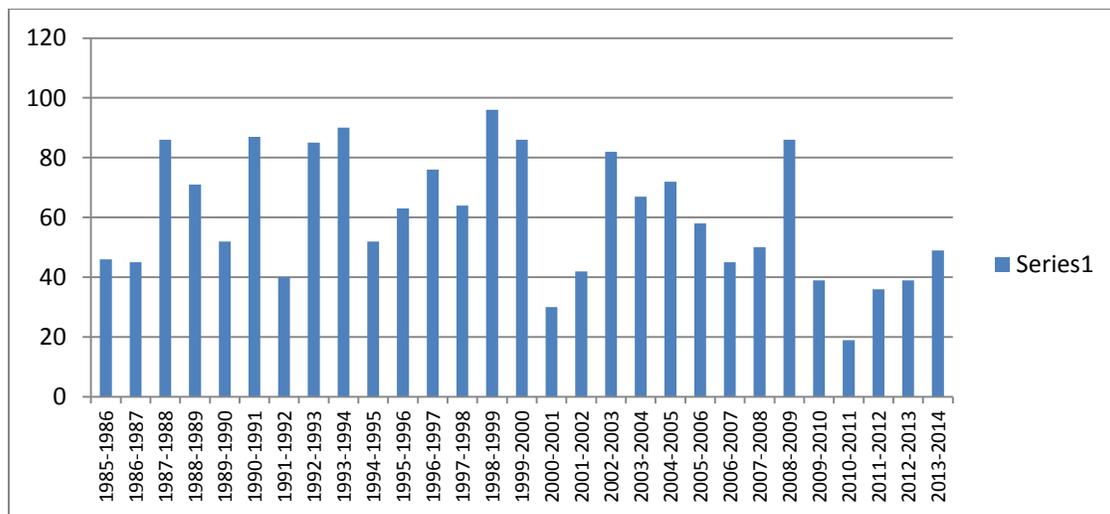
La comuna de Hualqui no está exenta a amenazas de incendio forestal, es la comuna más afectada por incendios forestales de la provincia de Concepción (Figura 1) y presenta un aumento del número de incendios desde el año 1985 en adelante (figura 2), alcanzando una superficie de 9.034 Km² desde el año 1985 a 2013 según cifras oficiales (Conaf, 2014).

Figura 1. Superficie afectada por incendios forestales en Chile, 1985-2014.



Fuente: Elaboración propia en base a datos Conaf.

Figura N° 2. Número de incendios comuna de Hualqui.



Fuente: Elaboración propia en base a datos Conaf.

Desde las políticas públicas no hay una política nacional de riesgos que incluya la evaluación de la amenaza o peligro de incendio forestal. Desde el Ministerio de Vivienda y Urbanismo surge la necesidad de incluir dentro de los Instrumentos de Planificación Territorial este tipo de amenazas y busca definir de áreas de riesgo por amenaza de incendio posterior a la catástrofe y emergencia vivida producto incendio de Valparaíso en abril de 2014, es así como nace la circular MINVU 269. Según artículo 2.1.17 de la OGUC, señala que en los Planes reguladores «podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un peligro para los asentamientos humanos»... estas áreas de restricción se denominarán «Zonas no edificables o bien áreas de riesgo» según sea el caso.

Áreas de riesgo entendido como «*aquellos territorios de los cuales, previo estudio fundado, se limite determinado tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejantes*» Esto se realizará mediante un Estudio fundados de Riesgos, se determinará las «zonas o terrenos con riesgos generados por actividad o intervención humana». Ahora bien, en la Circular antes mencionada no se presenta una metodología estandarizada para la aplicación de estudios de riesgo de incendio, sino más bien sólo se declara que deben ser incluidos en los Planes Reguladores Comunales (PRC). Es por esto que esta investigación busca validar una metodología para ser aplicada en los instrumentos de planificación territorial.

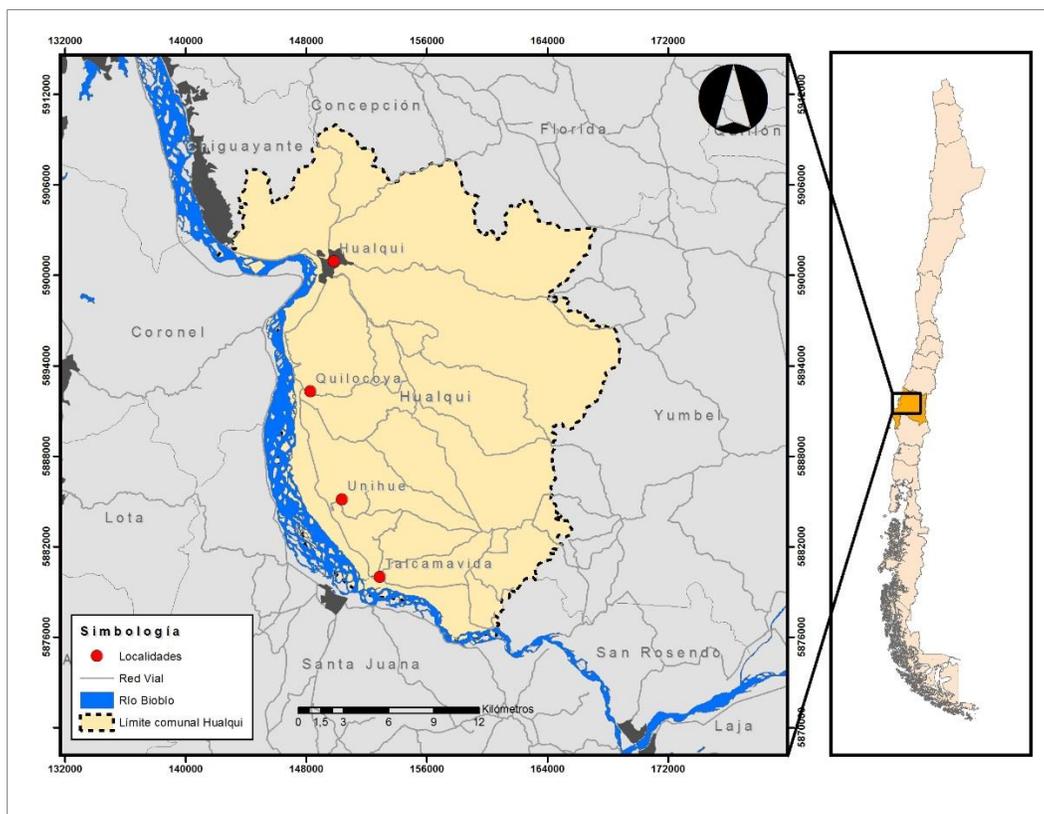
III. METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

La comuna de Hualqui se localiza en las coordenadas geográficas 37°00' y los 37°15' grados latitud Sur y los 72°45' y los 73°00' grados de longitud Oeste. Tiene una superficie de 530,5 km² (INE 2002) y se encuentra inserta en el Área Metropolitana de Concepción (figura 3). A pesar de ser una de las comunas más extensas en el AMC tiene una densidad de población 38,94 hab./km² concentrada en los centros poblados de Hualqui, Quilacoya, Unihue y Talcamávida.

Hualqui es una de las cincuenta y cuatro comunas que integran la Región del Biobío. Corresponde a la Provincia de Concepción, limita al Norte con las comunas de Concepción y Florida, al Oeste con las comunas de Chiguayante y Coronel, al Sur con las comunas de San Rosendo y Santa Juana y al Este con la comuna de Yumbel.

Figura 3. Mapa de localización comuna de Hualqui



Fuente: Elaboración propia.

3.2 Hipótesis

En los últimos 40 años existe un aumento de la amenaza de incendio forestal producto de la implementación del modelo forestal en Chile. Se ha intensificado la plantación de monocultivos, los cuales no solo han transformado el paisaje, sino que además contribuyen al aumento de la amenaza puesto que no hay un manejo adecuado que tienda a disminuir los eventos de incendio forestal. Por otra parte las políticas públicas no se han hecho cargo para incorporar la evaluación de peligro de incendio en los instrumentos de planificación territorial, lo que sin lugar a dudas incide en el aumento de la vulnerabilidad, entendiendo que el riesgo es construido socialmente.

3.3 Objetivos

- *Objetivo general:*

Proponer una metodología de evaluación del riesgo de Incendio forestal que aporte a la planificación territorial en el contexto de la implementación de la circular MINVU 269 aplicada en la comuna de Hualqui.

- *Objetivos específicos:*

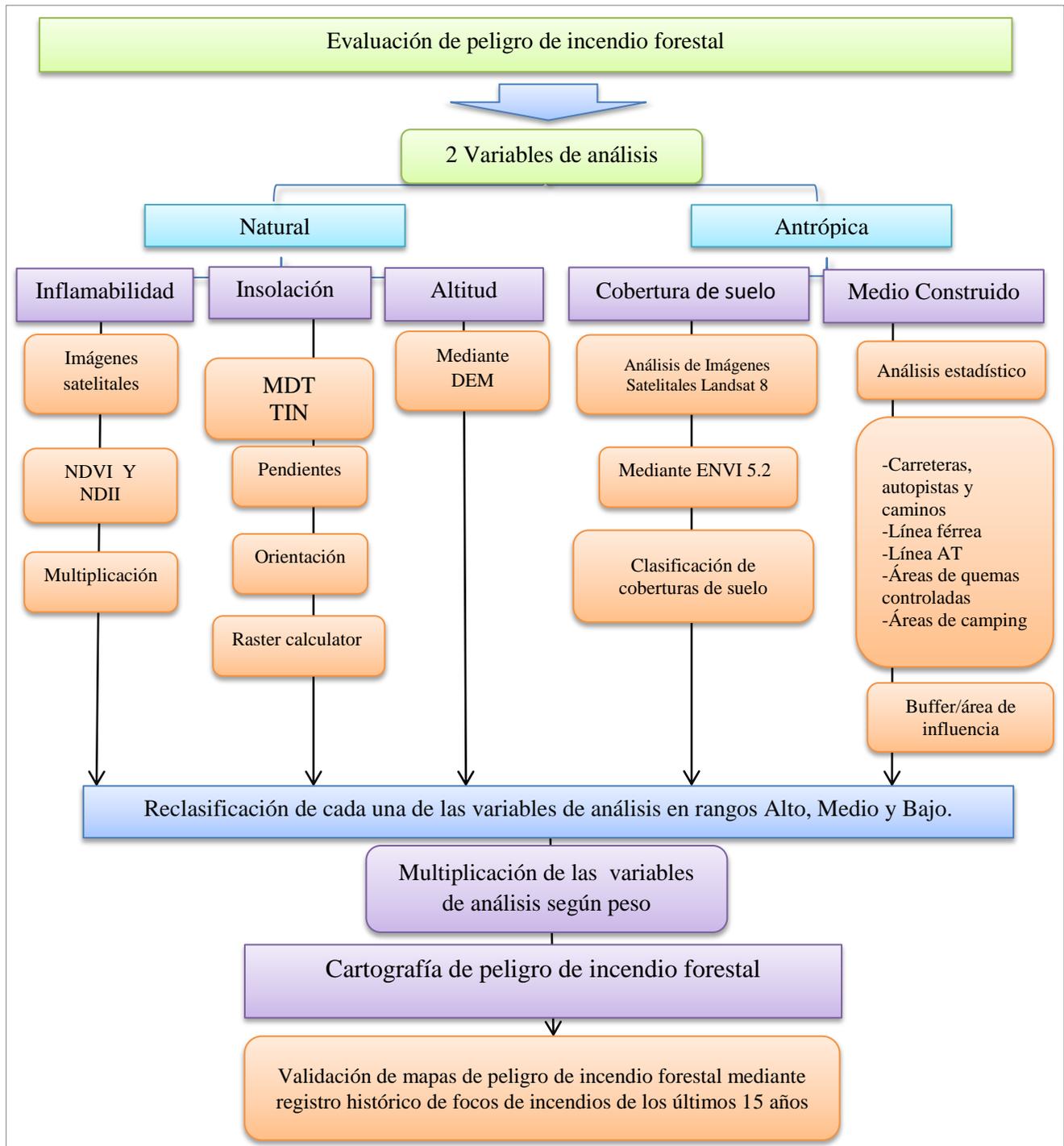
1. Evaluar los factores naturales como la inflamabilidad, insolación y altitud de la comuna de Hualqui e identificar las coberturas de suelo para el año 2015 en la comuna de Hualqui, así como otros elementos antrópicos.
2. Evaluar la Amenaza de incendio forestal en la comuna de Hualqui.
3. Evaluar la vulnerabilidad global ante incendios forestales en las localidades de Hualqui, Quilacoya, Unihue y Talcamávida.
4. Validar el mapa de peligro de incendio con el registro histórico de los últimos 15 años de focos de incendios forestales según Conaf.

3.4 Diseños metodológicos

3.4.1. Diseño metodológico para evaluar la amenaza de incendio forestal

El diseño metodológico propone la evaluación de la amenaza se utilizará el modelo de peligro de inicio forestal propuesto por Etxeberria (Etxeberria *et al*, 2002). Se trabaja con 2 variables de análisis: 1) Variable natural: esta a su vez contiene 3 elementos esenciales: inflamabilidad, insolación y altitud. 2) variables antrópica, esta variable dice relación con elementos como las diferentes coberturas de suelo para el año 2015 y medio construido.

Figura N°4. Diseño metodológico para la evaluación de Amenaza de incendio forestal.



Fuente: Elaboración propia

El primer proceso antes de comenzar con el análisis de variables fueron las correcciones básicas que se deben aplicar a las imágenes satelitales, tales como la transformación de DN a radiancia y la corrección atmosférica. Éstas se describen a continuación:

a) Transformación de DN a radiancia

Para la transformación de los DN de la imagen a radiancia se trabajó con los valores que aparecen en el metadata, estos son Lmax, Lmin y Qcalmax. Los valores calculados fueron Gain y Offset (Bias), que se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Gain} = \frac{L_{\max\lambda} - L_{\min\lambda}}{255}$$

$$\text{Offset} = L_{\min\lambda}$$

Luego, al tener calculados ambos índices fueron ingresados en el software ENVI 5.2, donde se aplicaron los nuevos valores.

b) Corrección atmosférica

Este método se utiliza con el fin de eliminar el efecto de la dispersión de la radiación electromagnética originada por parte de los gases y partículas en suspensión de la atmósfera. Esta corrección se generó con la siguiente fórmula:

$$P_p = \pi * L_\lambda * D^2 / E_{\text{sun}\lambda} * \text{Cos } \vartheta_s$$

Dónde: ρ : reflectancia (%) π : 3,141529 L_λ : radiancia corregida por el efecto atmosférico

D: distancia Tierra-Sol medida en tanto por uno. El valor D varía en función del año y se calcula

$$D = \{1 + 0,0167[\sin(2\pi(j-93,5)/365)]\}^2$$

J: día juliano

$E_{\text{sun}\lambda}$: es la irradiancia solar equivalente [Wm⁻²/(umstr)]

θ : ángulo de elevación solar.

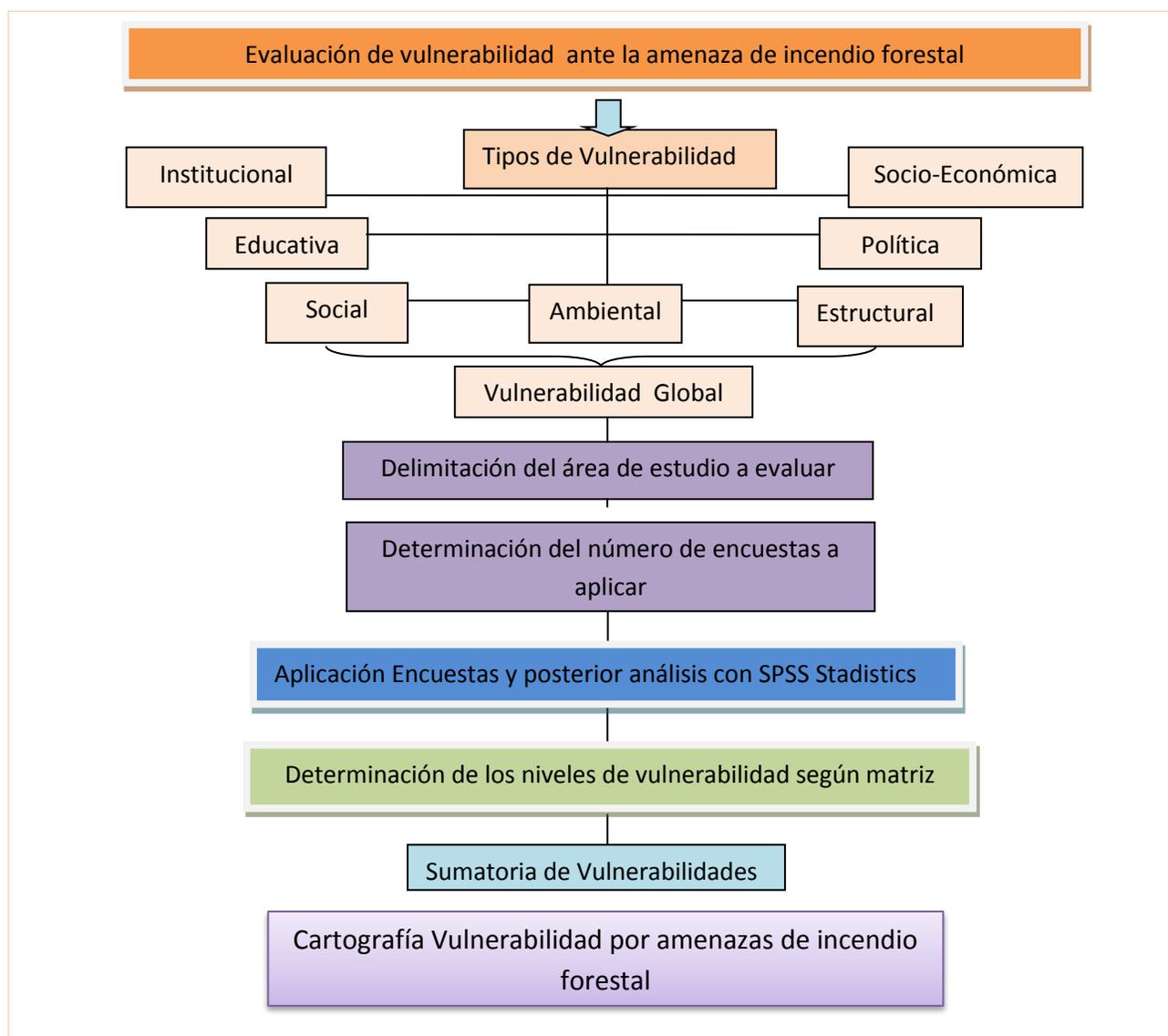
El valor D se aplica a cada una de las bandas, junto con el valor “Solar Irradiance” de la imagen.

Se utilizó diferentes herramientas SIG para el procesamiento de datos y generación de cartografías como: ArcGis 10.2©; Indrisi Selva©; Envi 5.2©. Además de la utilización de plataformas gratuitas como Global Mapper 15 © y USGS Explorer para la obtención de Modelos Digital de Terreno (DEM) e imágenes satelitales de enero de 2015 respectivamente.

3.4.2 Diseño metodológico para la evaluación de la vulnerabilidad

Para el logro de este objetivo se utilizó el siguiente modelo.

Figura 5. Evaluación de vulnerabilidad ante la amenaza de incendio forestal



Fuente: Elaboración propia

Determinación de la muestra

La población de la comuna de Hualqui según Censo 2002 es de 15.661 habitantes, para calcular la muestra se utiliza la siguiente fórmula²:

$$n \geq \frac{Nz^2_{1-\alpha/2}PQ}{z^2_{1-\alpha/2}PQ+d^2(N-1)}$$

Donde

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población

z= Valor correspondiente a la distribución de Gauss

p= Probabilidad de éxito o proporción población esperada

q= Probabilidad de fracaso

d= Precisión o error máximo admisible en términos de proporción

El nivel de confianza es de 95% por lo tanto con una distribución de Gauss 1,96. La proporción esperada o la probabilidad de éxito fueron calculadas con un valor de 0,90, lo que resulta en la probabilidad de fracaso de 0,10. Para la precisión se calcula con un valor de 0,05.

La población posiblemente afectada por un incendio forestal en la comuna de Hualqui se calculó con *N*=15.661 Resultando en un tamaño de muestra de:

$$n \geq \frac{15661*1,96^2*0,90*0,10}{1,96^2*0,90*0,10+0,05^2(15661-1)}=137$$

Para ajustar el tamaño de la muestra *n* se consideró pérdidas posiblemente por encuestas defectuosas en un 20% y la fórmula siguiente:

$$n_a = n\left(\frac{1}{1-R}\right)$$

n_a= Tamaño de la muestra ajustada a las pérdidas

n= Tamaño de la muestra sin pérdidas

R= Proporción esperada de pérdidas

² aplicada en los estudios de Larrañaga, Herrera y Rojas et al. 2010

Lo que resulta en un tamaño de muestra $n=137$ y un tamaño de muestra ajustado a las pérdidas posibles de $n_a=171$:

$$n_a = 137\left(\frac{1}{1-0.20}\right)=171$$

Tabla N° 1: distribución de la muestra según población localidades comuna de Hualqui.

Localidad	Población Según INE 2002	Muestra
Hualqui	13.724	85
Talcamávida	1.032	35
Quilacoya	512	31
Unihue	353	20
Total área de estudio	15.661	171

Fuente: Elaboración propia en base Censo 2002

Se elaboró una encuesta que busca evaluar la vulnerabilidad global de los habitantes de la comuna de Hualqui. Está subdividida por ítems como vulnerabilidad estructural de la vivienda, socioeconómica, cultural, educacional, entre otras vulnerabilidades.

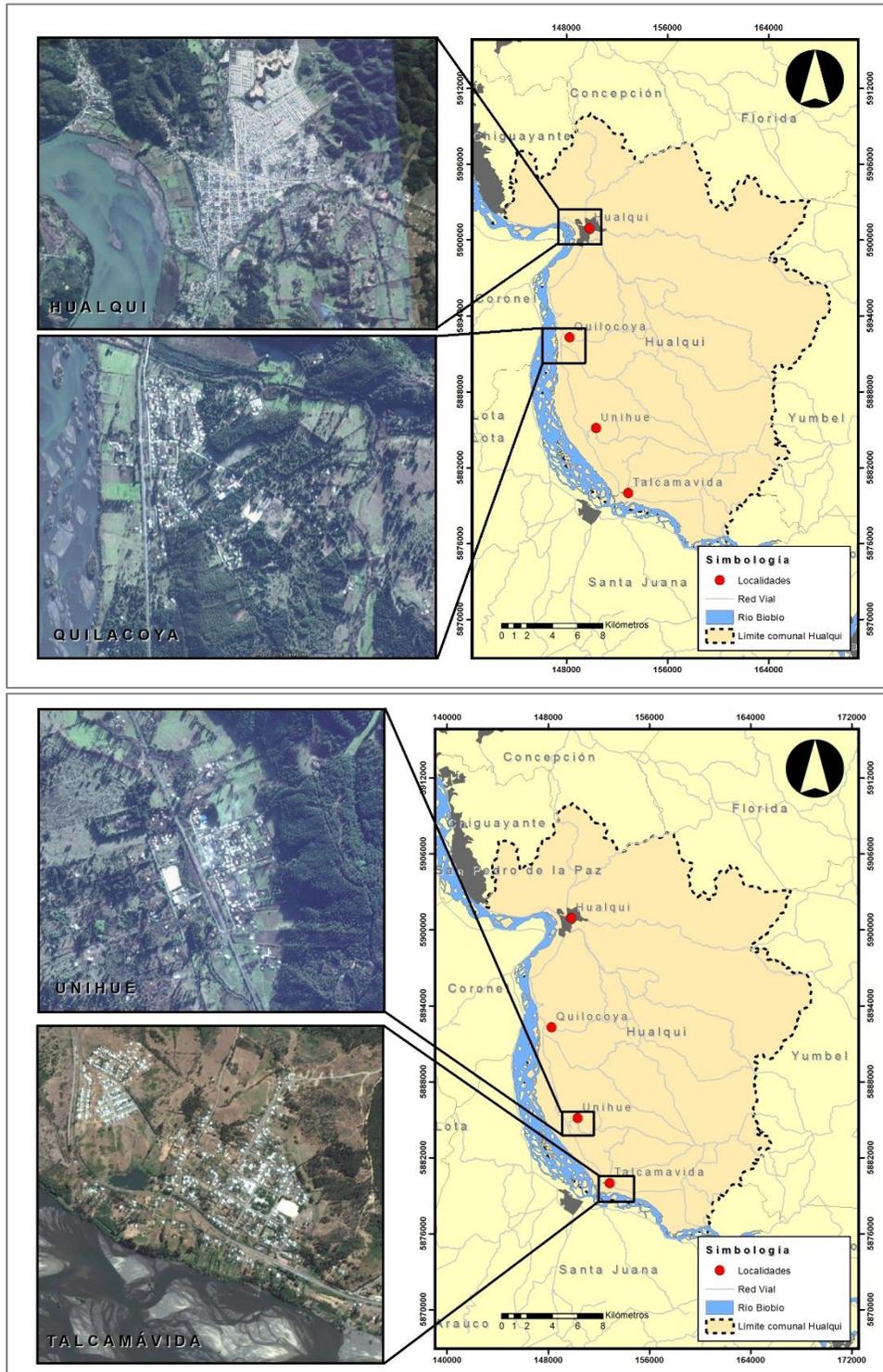
Las encuestas³ fueron aplicadas en las localidades de Hualqui y Quilacoya los días 5 y 6 de diciembre, mientras que las localidades de Talcamávida y Unihue se realizaron el 7 y 8 de diciembre de manera simultánea. Para el logro de este objetivo se trabajó con un grupo de alumnos de Pedagogía en Historia y Geografía de la universidad de Concepción⁴ para la aplicación de las encuestas. También contó con la colaboración del docente de la escuela básica Alejandro Varela Santa María de la localidad de Quilacoya, profesor Francisco Cortez quien ayudó en la recepción positiva de los habitantes para responder las encuestas.

Los resultados obtenidos de la aplicación de las encuestas que miden la vulnerabilidad ante la amenaza de incendio forestal han sido trabajados con el software SPSS Statistics versión 15.0 para saber si hay correlación entre los resultados de las variables de análisis aplicadas en dichas encuestas.

³ Ver Anexos

⁴ Javiera Seballos, Sebastián Monroy, Karim Decarat, Diego Bizama.

Figura 6. Cartografías localidades donde se aplicó encuesta de vulnerabilidad ante la amenaza de incendio forestal (Arriba Hualqui y Quilacoya, abajo Unihue y Talcamávida)



Fuente: Elaboración propia

Matrices de Evaluación de la Vulnerabilidad

Se formuló una matriz por cada tipo de vulnerabilidad considerando a expertos en la emergencia forestal⁵, con las cuales se pueden determinar si la localidad presenta vulnerabilidad alta, media o baja. Luego de ello se realiza una sumatoria de vulnerabilidades que va a determinar el valor de la vulnerabilidad global.

A continuación se presentan las vulnerabilidades utilizadas y sus respectivas matrices de evaluación.

1. VULNERABILIDAD TÉCNICA

Tabla N° 2. Matriz de Vulnerabilidad estructural de la vivienda

VARIABLES DE ANÁLISIS	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad alta
Número de pisos	1 piso	2 pisos	Con más de 3 pisos
Sistema estructural	Hormigón de acero o albañilería	Adobe, lata, internit.	Madera
Años de construcción	Menos de 10 años	Entre 10 y 30 años	Sobre 30 años
Estado físico de la vivienda	Bueno	Deteriorado	Muy deteriorado
Materialidad del Techo	Tejas de Barro	Lámina de Asbesto Pizarreño	Lámina de Zinc
Saneamiento básico	Posee Agua Potable, Alcantarillado y Electricidad	Posee agua potable, electricidad y el retiro de excretas en mediante fosa séptica	Ausencia de agua Potable, alcantarillado y electricidad

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por bomberos.

⁵ Segunda compañía de bomberos Talcamávida.

2. VULNERABILIDAD SOCIO-ECONÓMICA

Tabla N° 3. Matriz de Vulnerabilidad socio-económica

Variables de análisis	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad alta
Tipo de propiedad vivienda	Casa Propia	Arrendada	Allegado
Nivel de hacinamiento	Leve / No	Medio	Grave
Nivel socioeconómico de la población	Alto nivel de ingreso (450.000 o más)	Suficiente nivel de ingreso (\$182.000 – \$450.000)	Nivel de ingresos que cubre solo necesidades básicas. (Menos de \$182.000)
Sector laboral se desempeña	Población que residen en la localidad que se desempeña en alguna actividad de tipo comercial y que podría poseer más recursos económicos	Población que residen y desempeñan alguna actividad productiva en la localidad, ligadas al sector servicios	Población que reside y desempeñan alguna actividad productiva dentro del área Vulnerable, en actividades propias del sector de la industria forestal. Personas cuya única fuente de ingresos es mediante una pensión del Estado.

3. VULNERABILIDAD EDUCATIVA

Tabla N° 4. Matriz de Vulnerabilidad socio-económica

Variables de análisis	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad alta
Estudios formales y sistema educativo.	Posee estudios de nivel Superior incompletos o completos	Posee estudios de enseñanza media completa en sistemas educativos de tipo particular y/o particular/Subv.	Posee estudios de primarios o educación media otorgada en un establecimiento de tipo Municipal.
Nivel de información sobre el tema.	Población que comprende el evento de incendio forestal, los efectos	Población que comprende el evento de incendio forestal, pero que no se siente	Población que estima que su localidad no está expuesta a la ocurrencia de un

	<p>devastadores que pueden originar y que pueden ser generados por acción antrópica y natural.</p> <p>Considera que puede ocurrir un evento de incendio forestal durante el verano.</p>	<p>expuesta y que no conoce antecedentes históricos de eventos anteriores.</p> <p>Considera que es poco probable que ocurra un evento durante el verano.</p>	<p>incendio forestal y no conoce antecedentes históricos de eventos anteriores</p> <p>Considera que este verano no ocurrirá un incendio forestal.</p>
Identificación de zonas de seguridad	<p>Población que conoce las zonas de seguridad propuestas por el municipio frente a un evento de incendio forestal.</p>	<p>Población que tienen nociones de seguridad distintas a las propuestas por el municipio frente a un evento de incendio forestal.</p>	<p>Población que no conoce las zonas de seguridad propuestas por el municipio frente a un evento de incendio forestal.</p>
Reacción frente a la ocurrencia de un incendio forestal.	<p>Población que se dirige al lugar más lejano de la zona de emergencia o rápidamente se dirige a una zonas de seguridad propuestas por la municipalidad</p>	<p>Trato de salvar la mayor cantidad de bienes materiales y/o acude al lugar de la emergencia para detener el incendio y ayudar a sus vecinos.</p>	<p>Población que no sabe cómo enfrentar el evento, espera en su hogar tranquilamente.</p>

4. VULNERABILIDAD CULTURAL

Tabla N°5. Matriz de Vulnerabilidad socio-económica

VARIABLES DE ANÁLISIS	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad alta
<p>Conocimiento sobre las amenazas a la cuales se encuentra expuesta su comuna</p>	<p>Reconoce que la comuna de Hualqui está amenazada por una serie de otros fenómenos naturales como inundaciones fluviales, terremoto, fuertes lluvias, deslizamientos de tierra, entre otros.</p>	<p>Considera que la comuna de Hualqui solo está expuesta a fenómenos de incendio forestal</p>	<p>Considera que la comuna de Hualqui no está expuesta a fenómenos naturales.</p>

Información de los eventos de incendio forestal	Se informa sobre eventos naturales mediante diferentes medios (Tv, radio, internet, organizaciones locales, centros educativos) considera que la información entregada es muy importante para la gestión de la gestión del riesgo.	Se informa sobre eventos naturales mediante tv y radio, considera que la información entregada es importante para la gestión de la gestión del riesgo.	No se informa sobre los incendios forestales. Considera la información poco relevante para la gestión de la gestión del riesgo.
---	--	--	---

5. VULNERABILIDAD AMBIENTAL

Tabla N° 6. Matriz de Vulnerabilidad socio-económica

VARIABLES DE ANÁLISIS	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad alta
Explotación inadecuada de recursos naturales en la comuna y medidas de protección del medio ambiente.	Reconoce que el recurso hídrico está siendo afectado por la presencia de plantaciones forestales algún recurso natural que esté siendo explotado inadecuadamente.	Conoce algunas medidas de protección del ambiente que se estén aplicando en la comuna, pero considera que no hay recursos naturales explotados inadecuadamente.	Desconoce si existe algún recurso natural que esté siendo explotado inadecuadamente. No conoce medidas de protección del ambiente que se estén aplicando en la comuna.
Institución a la cual acudir si necesita un permiso para hacer una quema controlada	Conoce a que debe solicitar autorización a Conaf si necesitase hacer una quema controlada.	Sabe que debe solicitar autorización para hacer una quema controlada, pero desconoce que es en Conaf. (identifica a bomberos, municipio o carabinero)	Desconoce que debe solicitar autorización a Conaf si necesitase hacer una quema controlada.
Conocimiento de la distancia “segura” entre	Conoce la distancia segura entre sus vivienda y la una	Desconoce la distancia segura entre sus vivienda y la una plantación forestal o	Desconoce la distancia segura entre su vivienda y la una plantación

su vivienda de una plantación forestal o de un bosque nativo y actividades de limpieza /roce de maleza durante la temporada de incendios	plantación forestal o un bosque nativo y además realiza limpieza/roce de la maleza durante la temporada de incendios.	un bosque nativo, sin embargo no realiza limpieza/roce de la maleza durante la temporada de incendios.	forestal o un bosque nativo. No realiza limpieza/roce de la maleza durante la temporada de incendios.
--	---	--	--

6. VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL / POLÍTICA

Tabla N° 7. Matriz de Vulnerabilidad socio-económica

Variables de análisis	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad alta
Números de contactos de emergencia ante incendios forestales y pertenencia a junta de vecinos.	Conoce los números de emergencia en caso de incendios forestales (compañías de bomberos de Talcamávida y/o Hualqui) y es miembro activo de la junta de vecinos.	Conoce otros números de emergencias (carabineros). No pertenece a la junta de vecinos.	Desconoce los números de emergencia de incendios forestales. No pertenece a la junta de vecinos
Responsabilidad de la gestión del riesgo de desastre asociado a incendios forestales	Considera que en su localidad se han tomado medidas respecto a los problemas asociados incendios forestales. Considera que la responsabilidad recae en todos los actores (municipio, bomberos, Conaf y empresas forestales)	Considera que no se han tomado medidas respecto a los problemas asociados incendios forestales Considera que la responsabilidad recae en todos los actores (municipio, bomberos, Conaf y empresas forestales)	Considera que en la comuna no se han tomado medidas respecto de los problemas asociados a incendios forestales. Considera que solo los bomberos deben hacerse cargo de los problemas de incendios forestales.

Ordenamiento territorial	Conoce el PRC Hualqui, los usos de suelo propuestos y además considera que es efectivo en la tarea de disminuir los riesgos de incendio forestal	Desconoce el PRC Hualqui, los usos de suelo propuestos y sin embargo considera que puede ser efectivo en la tarea de disminuir los riesgos de incendio forestal	Desconoce el PRC Hualqui, los usos de suelo propuestos y además considera que no es efectivo en la tarea de disminuir los riesgos de incendio forestal
--------------------------	--	---	--

7. VULNERABILIDAD SOCIAL

Tabla N° 8. Matriz de Vulnerabilidad socio-económica

VARIABLES DE ANÁLISIS	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad alta
Organización dentro de la comunidad	Considera que su comunidad se encontrar unida al momento de ocurrir un incendio forestal, reconoce la figura de ciertos líderes para guiar a la comunidad en caso de emergencia forestal	Considera que su comunidad se encontrar unida al momento de ocurrir un incendio forestal, sin embargo no reconoce logra identificar a ciertos líderes para guiar a la comunidad en caso de emergencia forestal	Considera que su comunidad no se encontrar unida al momento de ocurrir un incendio forestal. Tampoco reconoce la figura de ciertos líderes para guiar a la comunidad en caso de emergencia forestal

3.4.3 Diseño metodológico para la evaluación del riesgo de incendio forestal

El diseño metodológico para evaluar el riesgo de incendio forestal se realizó mediante algebra de mapas gracias al SIG ArcGis 10.3. De este modo se realiza una multiplicación de capas de información en formato raster. Se utilizó los límites censales de la comuna de Hualqui y los mapas de amenaza de incendio forestal.

IV. MARCO REFERENCIAL

Los desastres no naturales (Maskrey, A. 1993), se construyen socialmente (Wilches-Chaux, 2008), bajo ésta premisa los riesgos de incendio forestal no existían antes de la expansión del modelo forestal. Riesgo es el resultado de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad (Cardona, 2001). Al ser un modelo centrado en lo social, se busca reducir la “vulnerabilidad”, lo que significa reducir el “riesgo”, y del mismo modo reducir las posibilidad de futuros desastres.

Aportes realizados recientemente por Wilches-Chaux (2008) y en la elaboración de una metodología para la evaluación de la *vulnerabilidad Global* parecen ser los más acertados para lograr una evaluación del Riesgo, y cómo ya se ha dicho, si se logra disminuir los niveles de vulnerabilidad se puede disminuir el riesgo de incendio forestal.

De este modo, la evaluación del riesgo de incendio forestal está determinada por la siguiente ecuación:


$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$$

Se define incendio forestal como aquel producido y desarrollado principalmente en zonas naturales con vegetación abundante (Mora et al 2008) sin embargo cada día estos fenómenos son más frecuente en la interfaz urbano-forestal. En Chile han sido abordados desde los modelos de predicción de estos eventos, mediante modelos meteorológicos y también centrados en simuladores de expansión de incendios, los cuales aportan fundamentalmente al manejo de la emergencia desde el sistema productivo forestal.

El origen del término riesgo es incierto, se cree que puede tener origen común con la palabra castellana ‘risco’: peñasco escarpado, escollo, promontorio, antiguamente ‘Riesco’, que se aplicaba también al peligro que corría el que transitaba por escollos o promontorios escarpados (rhizicare).

Desde un punto de vista geográfico- Riesgo es la “situación concreta en el tiempo de un determinado grupo humano frente a las condiciones de su medio, en cuanto este grupo es capaz de aprovecharlas para su supervivencia, o incapaz de dominarlas a partir de determinados

umbrales de variación de estas condiciones”. El contenido, por tanto, de la expresión "riesgo natural" es doble: por un lado abarca el esfuerzo continuo para hacer el sistema humano menos vulnerable a los llamados "caprichos" de la naturaleza; por otro la necesidad de afrontar en concreto aquellos acontecimientos naturales que exceden la capacidad de absorción del sistema de uso de su medio elaborado por cada sociedad (García-Tornel, 1984). Por lo tanto la percepción del Riesgo variará según el momento histórico que vive un determinado grupo humano y la relación humano-naturaleza que en dicho momento se establezca.

El estudio sobre el hombre y su entorno es de larga data y es crucial para la supervivencia del ser humano en una supuesta armonía con el ambiente que le rodea. La relación entre el Hombre y la Naturaleza se ha presentado a lo largo de la historia mediante diversas “visiones” de las cuales en primer lugar se distingue una visión tradicional (Valentí, V. 1984). Esta visión era considerada desde el punto de vista de la Naturaleza, que mediante sus influjos e influencias moldea al Hombre, y esta relación es unidireccional, pues el Hombre es presentado como un mero receptor de estos influjos. A pesar de muchísimos siglos que esta visión ha sido empleada se produce un fuerte cambio, donde se invierte el enfoque, y ahora “la capacidad de acción humana de hombre sobre el medio ambiente físico. En vez de un hombre receptivo se insiste en un hombre agente, <<creador>> y organizador del medio, un <<homo agens>>” (Valentí, V.1984).

El hombre actúa sobre el medio físico por dos tipos de razones: a, ocupación del medio por instalación de los recursos humanos (viviendas, caminos, etc.); b, utilización del medio como recurso económico (minería, pastoreo, agricultura, etc.) De esta forma el medio físico se transforma en medio Humanizado, transformados por el hombre. Esa poderosa acción humana se ve reflejada en la necesidad del ser humano por subsistir.

Debemos destacar que en la última década del siglo XX se produce un auge por saber cómo y de qué formas se produce esta interacción hombre-medio con un enfoque desde la geografía física y humana, buscando una explicación a los sucesos mundiales que en ese entonces asolaban al mundo y en especial a Europa. Es precisamente la naturaleza, tanto viviente como inanimada, la que proporciona los elementos necesarios para la existencia de las sociedades humanas, al tiempo que lleva consigo toda una gama de amenazas, dificultades e incluso peligros, contrarios al bienestar del hombre y, a veces, a su propia supervivencia (García-Tornel, 1984).

Existen numerosos estudios sobre riesgos naturales, cuyo principal exponente es el trabajo realizado por especialistas españoles producto de los acontecimientos acaecidos en la década del '90 en España, que germinaron estudios certeros y rigurosos que buscaban dar solución mediante la geografía a problemas que aquejaban a la sociedad. El crecimiento demográfico mundial y la tendencia de la población a concentrarse en las ciudades, intensifica la ocupación del espacio con fines habitacionales. Esta demanda creciente de suelo origina la ocupación de sitios poco aptos desde el punto de vista de los riesgos naturales, creando una relación inadecuada entre las personas y el sistema natural, resultado de la cual se presentan las catástrofes naturales (Larraín & Simpson-Housley, 1994).

Como resultado del explosivo crecimiento demográfico, de la concentración de la población en ciudades y de las condiciones caóticas del proceso de urbanización especialmente en los países subdesarrollados, se prevé a nivel mundial un incremento cada vez mayor de los niveles de riesgo natural y por lo tanto de la ocurrencia de desastres, debido a la desigualdad social, insuficiencia en los niveles de equipamiento e infraestructuras, mala calidad de las viviendas, ocupación de sectores poco aptos para ser habitados, todos factores que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad humana frente a un evento natural (Larraín & Simpson-Housley, 1994).

Con el transcurso de los años y de investigaciones atinentes al tema se puede afirmar que la acción modificadora del hombre sobre el medio natural ha provocado un aumento de la magnitud y frecuencia de los desastres naturales. Esto es una consecuencia del rápido desarrollo tecnológico y científico, de las altas tasas de incremento demográfico a nivel mundial, de la expansión de las ciudades debido a la concentración de la población en éstas, y de las bajas condiciones socioeconómicas de millones de habitantes. El proceso de urbanización ha sido acelerado, ya en 1994 el 45% de la población vivía en áreas urbanas (Mardones, 2001).

Esto es más acentuado en países en vías de desarrollo, causando una mayor presión sobre el medioambiente, como en Chile, en el que la población urbana supera considerablemente a la rural, alcanzando el 86,5% de la población según datos censales del año 2002. Estos factores han provocado una demanda de suelo y una ocupación de este, en áreas no aptas para ser habitadas, pues presentan riesgos para la población, aumentando la exposición y vulnerabilidad de esta.

Durante bastante tiempo, el estudio de los riesgos naturales y sus implicaciones catastróficas se ha cumplido en un reducido número de investigadores —fundamentalmente ingenieros y geólogos— aglutinados alrededor de los organismos administrativos con funciones de protección y defensa civil. Esta situación ha tenido como resultado un claro predominio de los análisis encaminados hacia el estudio de tecnologías de defensa, en relación con aquellos caracteres de los procesos naturales que se muestran como peligrosos para los asentamientos humanos, y la administración de éstas a través de la denominada Gestión del riesgo (traducción del inglés Risk management / Manejo de riesgos) o a veces, con más propiedad, Gestión de la Catástrofe.

La preocupación por los procesos que incorporan riesgo hace bastante tiempo que ha desbordado el campo puramente administrativo, ha dejado de ser preocupación de unos pocos y se muestra cada vez más como un campo interdisciplinario, donde muchas veces cuestionan las aproximaciones puramente tecnocráticas. A mediados de los años ochenta del siglo pasado, se ha calificado la nuestra como una Sociedad de Riesgo (Beck, 2000), y una auténtico aluvión de publicaciones, de diversa procedencia, declaran un notable desasosiego respecto a posibles calamidades futuras y a la eficacia de los actuales medios de previsión y defensa. Por primera vez en la historia, la valoración de diversas crisis con distinto origen, ha extendido un estado de opinión que demanda actitudes decididas de prevención, modificación de comportamientos e incluso cambios radicales en los marcos económicos y sociales establecidos.

La importancia progresiva de este tipo de análisis, circula esencialmente a lo largo de dos vías de desigual importancia. Por una parte están las reuniones científicas y los números monográficos colectivos de publicaciones periódicas, que convocan a grupos de especialistas, para reflexionar de forma conjunta. Parece éste el ámbito más interesante y sugestivo, donde puede advertirse la permeabilidad hacia la innovación y la aceptación o rechazo de nuevos puntos de vista. Una segunda línea de difusión son las publicaciones ocasionales en revistas especializadas, que reflejan con más propiedad intereses particulares del autor, pero cuyo impacto en lectores potenciales no es desdeñable, aunque matizado por el prestigio de la publicación y la amplitud de su aceptación en la comunidad científica.

Es posible, por último, advertir la importancia potencial de una tercera vía de difusión, concretada en la participación de geógrafos en investigaciones impulsadas desde la administración u otros organismos, que pueden servir de foro privilegiado para el intercambio de

ideas con otros especialistas. Sin embargo este es un campo muy difícilmente cuantificable y valorable, más que por escasez de datos por el desconocimiento del papel adjudicado al geógrafo de formación en este tipo de trabajos.

También podemos incluir los aportes realizados por Ferrando (2004) quien afirma que *“Los riesgos son un constructo social en la medida que es el hombre el que se instala o construye en lugares inadecuados y con formas inadecuadas, respecto de la dinámica de la naturaleza, de las amenazas más frecuentes”*.

También es relevante detenernos un momento para discutir brevemente los diferentes enfoques de distintas disciplinas respecto a la conceptualización y naturaleza del Riesgo (Tabla 9), pues bien no existe en realidad una concepción que unifique las diferentes aproximaciones o que recoja de manera consistente y coherente los distintos enfoques.

Tabla N° 9. Diferentes enfoques de la conceptualización y naturaleza del riesgo.

Enfoque	Descripciones
Ciencias naturales	Es una visión parcial o reduccionista, que sin duda ha contribuido al conocimiento paulatino de una parte fundamental del riesgo: la amenaza
Ciencias aplicadas	Su interés está dirigido hacia los efectos del suceso sobre el elemento expuesto y no hacia el suceso mismo
Planificación del territorio	Busca minimizar las áreas de exposición propensas a peligros, de este modo evitar las consecuencias de un potencial Desastre.
Enfoque holístico	El desastre como el resultado de un “problema del desarrollo aun no resuelto”: un fenómeno socio-ambiental. E inclusive como un constructo social.

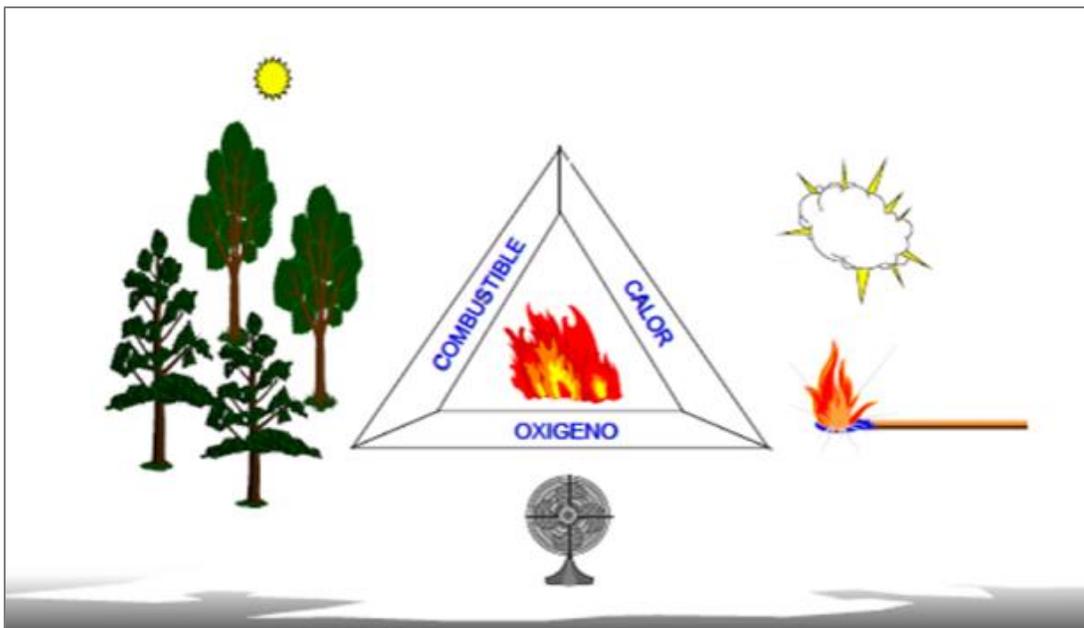
Fuente. Elaboración propia, adaptada Cardona, O. (2001).

Riesgos de Incendio Forestal

Un incendio forestal es un fuego que se propaga sin control en terrenos rurales cualquiera sea su origen y con peligro o daño a las personas, la propiedad o el ambiente, a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta. En Chile algunos incendios ocurren en primavera y la mayoría en verano, cuando las temperaturas son altas y las condiciones ambientales permiten que el fuego originado por el ser humano encuentre condiciones favorables para la propagación (Conaf, 2015).

Como una de las causas probables de los incendios forestales debemos recurrir al triángulo del fuego Triangulo (Ayala, V. et al, 2002) consiste en la conjugación de estos tres elementos para que se inicie un evento de incendio forestal, el que puede ser provocado por factores naturales (ejemplo: caída de un rayo) o también por factores antrópicos (colillas de cigarrillos mal apagadas, vidrios rotos, fogatas mal apagadas, intencionales)

Figura 7. Triangulo de fuego



Fuente: Ayala, V. et al, 2002

El fuego es probablemente el fenómeno destructivo más importante que afecta a las comunidades vegetales naturales o semi naturales, teniendo especial importancia en las áreas mediterráneas. Históricamente, el fuego ha sido uno de los instrumentos más utilizados en el manejo del terreno,

tanto para plantaciones de especies agrícolas, como en áreas forestales o ganaderas. En nuestro país se han habilitado grandes superficies para la agricultura, usando el fuego. Desde 1984 hasta 2011, la CONAF (2011), ha estimado en sus estadísticas que a lo largo del país han sido afectadas más de 1.453.570,22 hectáreas por incendios forestales en 152.284 casos reconocidos en el mismo periodo de tiempo. Esto da un promedio histórico de 5.640 por año y 53.835,93 hectáreas afectadas. El problema se hace más latente en regiones con una alta tasa de ocupación forestal industrial, como es la región del Biobío, por lo que las pérdidas que puede ocasionar un evento de estas características son altamente significativas.

La temporada estival, trae consigo una serie de cambios en los factores condicionantes de incendios forestales, los cuales conforman un escenario favorable para la ocurrencia de estos fenómenos. En este sentido, la elevación de las temperaturas favorece la pérdida de humedad del suelo y la vegetación, y con ello la probabilidad de ocurrencia de un incendio forestal; en la temporada estival 2012 en Chile arrasaron con casi 55.000 hectáreas, propagados por una intensa ola de calor y fuertes vientos.

Según datos de la Corporación Nacional Forestal, Chile posee 35 millones de hectáreas de vegetación vulnerable a los incendios, entre praderas y matorrales (20 millones), bosque nativo (13 millones) y plantaciones (2,1 millones) (Castillo, M, et al 2003). De esta vegetación, una cifra superior a las 50 mil hectáreas se queman anualmente en alrededor de 5.900 incendios forestales, siendo las regiones más afectadas las región de Valparaíso y región del Biobío, ambas presentan altos porcentajes de incendios de Magnitud (Figura 4).

Los incendios forestales son fenómenos frecuentes en climas como el de la zona central de nuestro país, donde los veranos suelen ser bastante secos y prolongados (Comisión Nacional de Riego, 2003), lo que genera la sequedad de los materiales combustibles. La frecuencia de los incendios forestales en el país está estrechamente relacionada con la superficie y suelos ocupados con plantaciones forestales a lo largo del país, y especialmente en las regiones de Valparaíso, del Biobío y de la Araucanía, donde se encuentra la mayor parte de los suelos forestales de Chile (CEPAL y GTZ, 2000). En los Censos Agropecuarios y Forestales realizados en el país se ve reflejado el fuerte aumento de este sector en la ocupación del suelo de la zona central del país, el cual no sólo ha crecido con fuerza propia, sino que también gracias a incentivos del Estado (DL 701). La Geografía como disciplina debiera tener un rol fundamental en el análisis de los Riesgos

de Incendio, si se considera por una parte el marcado carácter geográfico de algunos factores de riesgo (Chuvieco et al, 1998) y por otra parte los alcances socio territoriales de las consecuencias de estos tanto a escala rural como urbana; esta última de especial interés en esta investigación.

El Riesgo de Incendio Forestal en términos generales a nivel mundial está poco documentado si lo comparamos con los estudios de otros riesgos como terremotos y tsunamis, los aportes metodológicos realizados se centran en países como EE.UU, Canadá, Grecia, Portugal, España y por supuesto Australia, que tiene una larga tradición en la investigación de riesgo de incendio forestal.

El estudio de los riesgos de incendio forestal, a pesar que su génesis obedece más bien a causas antrópicas pero que sin embargo se han traducido en un riesgo latente producto del contexto en el cual se encuentra inserto. Los estudios que se pueden encontrar en Chile sobre incendios forestales se centran en la amenaza del fenómeno, más que en la vulnerabilidad ante el mismo; uno de los más clásicos es el realizado (Julio, G 1990) en el cual propone un sistema de índices de riesgo, construido en base a los factores que afectan a la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales en Chile. El uso de los Sistemas de Información Geográfica en el estudio de los incendios forestales supone un antes y un después en el tratamiento de la información. Trabajos realizados por recientemente por Pedrera *et al* (2004) y Castillo *et al* (2001) abren un nuevo horizonte a la cuantificación de la amenaza, utilizando un Simulador de Incendio Forestales del Sistema Kitral, el cual recrea las condiciones de un evento en específico, cuyos escenarios son comparados posteriormente con los resultados empíricos de la catástrofe, de este modo se logra validar el modelo de simulación Kitral. Todos estos estudios implican un gran avance en la evaluación del riesgo de incendio referidos a las amenazas del evento entendidas como la probabilidad de ocurrencia del fenómeno en un lugar y en un momento determinado. Sin embargo ninguno de estos estudios ha considerado la evaluación de la vulnerabilidad ante estos fenómenos.

VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 Evaluación ante la amenaza de incendio forestal en la comuna de Hualqui

6.1.1 Variable natural

Inflamabilidad

La inflamabilidad es la capacidad de la vegetación para desencadenar el fuego y favorecer su extensión (Alcaraz, 2012). En cuanto a ella, los valores de ésta se obtienen a través de la imagen Landsat L8 del 19 de enero de 2015 mediante la plataforma del USGS.

La inflamabilidad se calculó conociendo el estrés vegetacional a través de técnicas como el NDVI y NDII. Ambos índices se miden en escala de -1 a +1, donde los valores negativos discriminan aquellos elementos del territorio que no corresponden a vegetación.

Los algoritmos aplicados fueron el NDVI y el NDII, puesto que ambos entregan buenas referencias en cuanto a los valores de estrés de la vegetación. Estos cálculos se generaron en el software Envi 5.2 © con la herramienta Band Math, donde se introdujeron las siguientes fórmulas para calcular ambos índices:

$$NDVI = \rho NIR - \rho Red / \rho NIR + \rho Red$$

$$NDII = \rho IRC - \rho IRM / \rho IRC + \rho IRM$$

En las tablas N° 10 y 11 se muestra la clasificación para los resultados de cada algoritmo y en las figuras 8 y 9 se observan mapas de ambos índices.

Tabla 10: Valores de peligro para NDVI

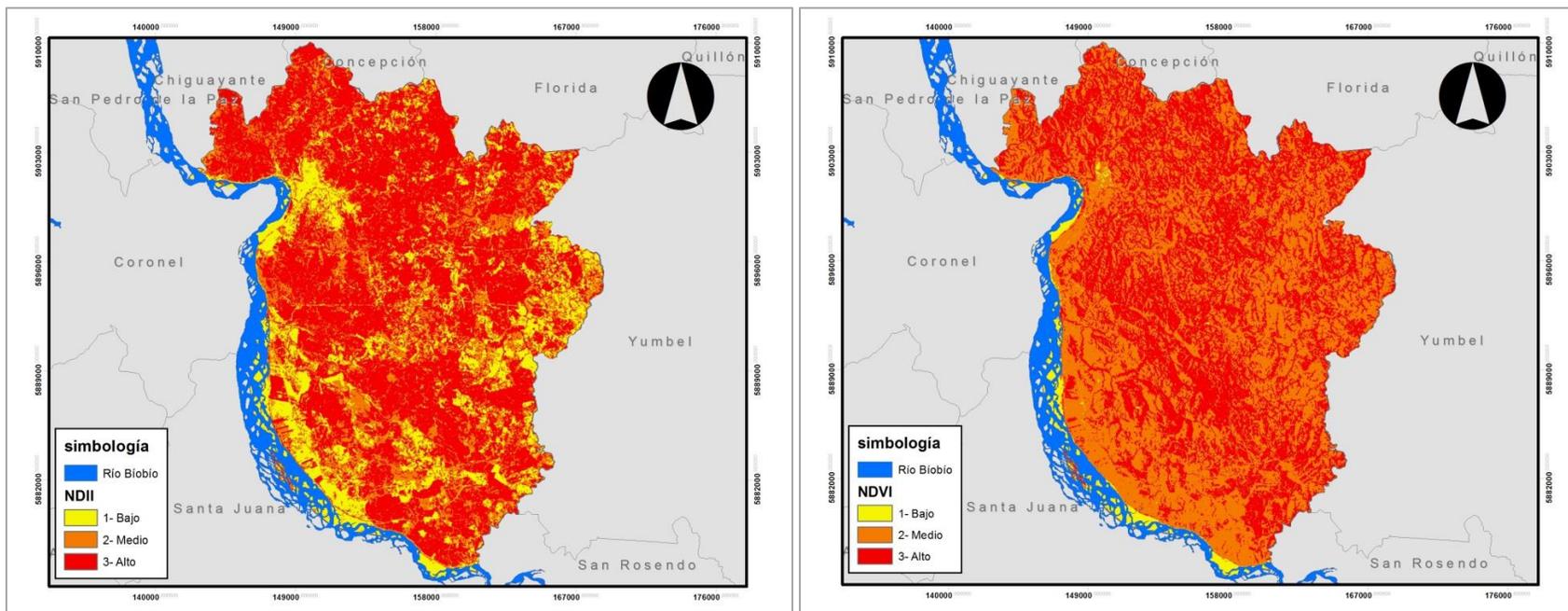
Valor NDVI	Valor de peligro
-0,5722 – - 0,2890	1 Bajo
-0,2892 – - 0,0676	2 Medio
-0,0677 – - 0,2579	3 Alto

Tabla 11: Valores de peligro para NDII

Valor NDII	Valor de peligro
0,4370 – 0,6631	1 Bajo
0,6632 – 0,7358	2 Medio
0,7359 – 0,8401	3 Alto

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 8 y 9: Índice NDVI e NDII



Fuente: Elaboración propia

Para obtener el resultado de ambos se generó una multiplicación de ellos en ArcGIS 10.3, de este modo los valores que se obtienen son los que se muestran en la Tabla N°12, determinando el valor final de la inflamabilidad (tabla 13).

Tabla 12: Valores de inflamabilidad

Valores de Inflamabilidad	1	2	3
1	1	2	3
2	2	4	6
3	3	6	9

Fuente: Elaboración propia

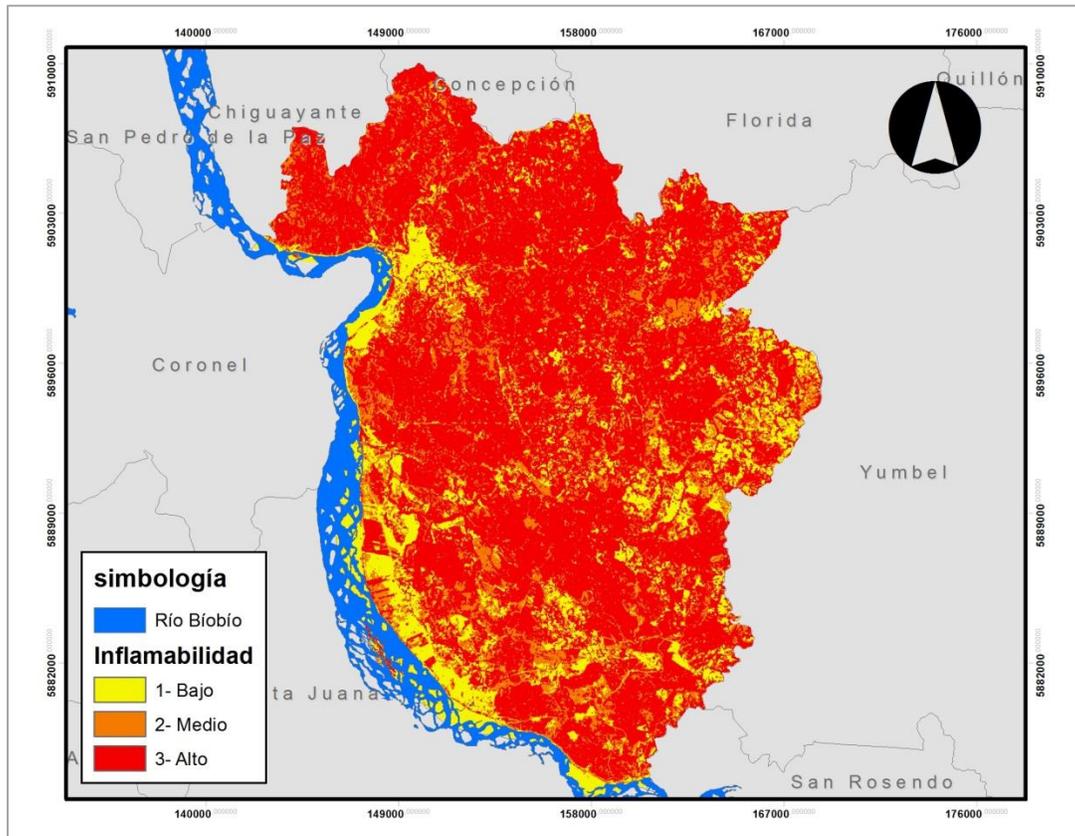
Tabla 13: Niveles de inflamabilidad

Nivel de inflamabilidad	Valor de peligro
Alta (6 – 9)	3
Media (3 – 4)	2
Baja (1 – 2)	1

Fuente: Elaboración propia

El resultado de inflamabilidad (Figura N° 10) indica que las superficies con alto estrés vegetacional, el cual tiene una extensión considerable y rodean a los centros poblados (Hualqui, Quilacoya, Unihue y Talcamávida) y la vialidad de la comuna. El nivel medio de inflamabilidad se encuentra determinado por la presencia de relictos de vegetación correspondiente a bosque nativo bien definidos en la cartografía de coberturas de suelo (figura 14). Finalmente el nivel más bajo de inflamabilidad se encuentra en las coberturas de suelo correspondiente a los centros poblados, suelos desnudos y el río Biobío.

Figura N°10: Inflamabilidad

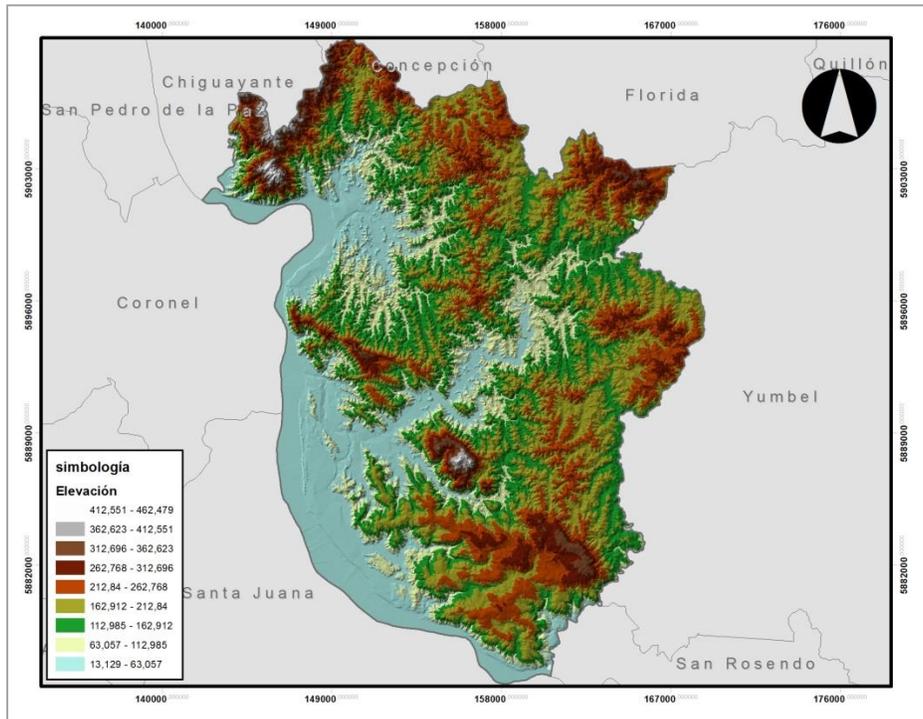


Fuente: Elaboración propia

Insolación

La insolación determina la facilidad para el inicio y la propagación del incendio (Manríquez *et al.*, 1999). También nos permite detectar cuáles son los lugares que reciben mayor energía del sol durante un período de tiempo (Ruiz, 2001). Mediante el software Global Mapper 16 se extrajo una imagen DEM (*Digital Elevation Model*) con la cual se generó un TIN (*Triangulated Irregular Network*) que muestra la morfología de la comuna (figura 11). Estos insumos son esenciales para la elaboración de los mapas de orientaciones y pendientes, a través de la extensión “*3D Analyst*” que son necesarios para el cálculo del factor de insolación de la comuna de Hualqui. Se crearon los mapas de orientaciones (Figura 12) y pendientes (Figura 13) de la comuna, las que aplicadas al correspondiente algoritmo dieron como resultado el factor insolación para el cálculo de peligrosidad. La primera aproximación del TIN muestra cuales son las principales alturas en la comuna.

Figura N° 11: Trianguled Irregular Network



Fuente: Elaboración propia

Se aplicó el algoritmo del factor de insolación, el cual se permite calcular en ArcGIS 10.3 a través de herramienta *Raster Calculator*, reemplazando con los mapas de orientación y pendientes ya creados.

$$\text{Factor} = \cos\omega (1 - \text{tg}\omega \cos\mu)$$

Dónde: ω = pendiente / μ = orientaciones

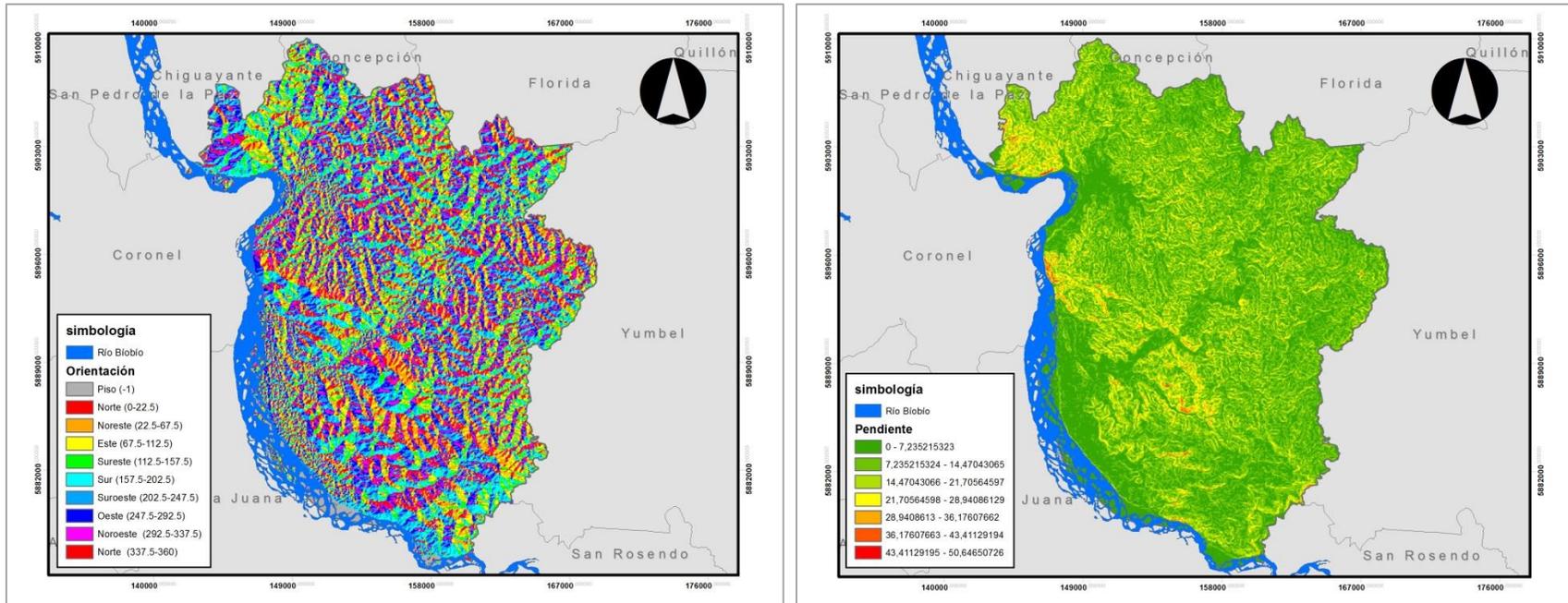
En última instancia, se reclasificaron los valores de insolación según la Tabla N°5, mediante la cual se genera el mapa de insolación (figura 11).

Tabla 14: Valor de peligro factor insolación

Intervalos factor insolación	Valor de peligro
Factor < -0,46	1
-0,46 - 0,49	2
> 0,49	3

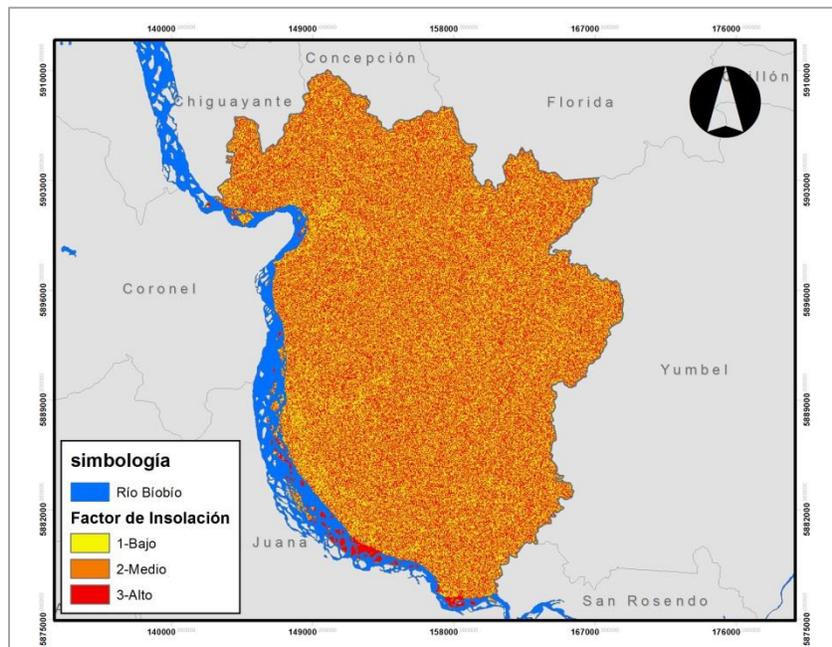
Fuente: Elaboración propia

Figura N°12 y 13: Mapas de Orientaciones y mapa de Pendientes



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 14: Resultado insolación



Fuente: Elaboración propia

Altitud

La última variable natural para el cálculo de peligro de incendio forestal es la altitud, la cual fue generada en el Modelo Digital de Elevaciones (MDE), luego fue reclasificada en los intervalos que se muestran en la Tabla N° 15.

Tabla 15: Valor de peligro altitud

Intervalo de altitud	Valor de peligro
25 – 175 msnm	1- Bajo
176 – 325 msnm	2- Medio
326 – 475 msnm	3- Alto

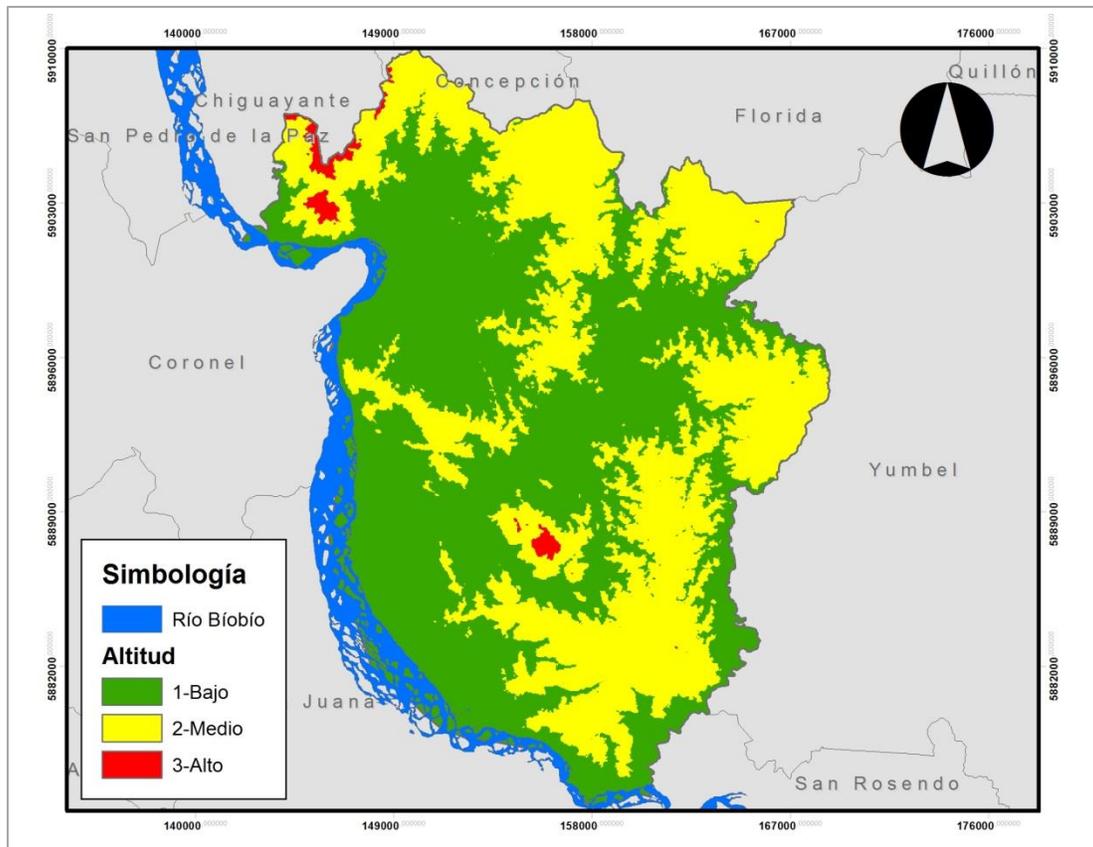
Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a la altitud, esta alcanza los mayores valores de la comuna con 475 msnm, en sector norte de la comuna que colinda con la reserva Nonguén y el centro sur de la comuna en el sector

rural de La Palma (Figura 15). La centros poblados de Hualqui, Quilacoya, Unihue y Talcamávida se concentran en las zonas de baja altitud (<175 msnm) a orillas del río Biobío.

De acuerdo a la reclasificación de altitud, la mayor parte de la comuna posee altitudes menores a los 325 msnm.

Figura N° 15: Altitud



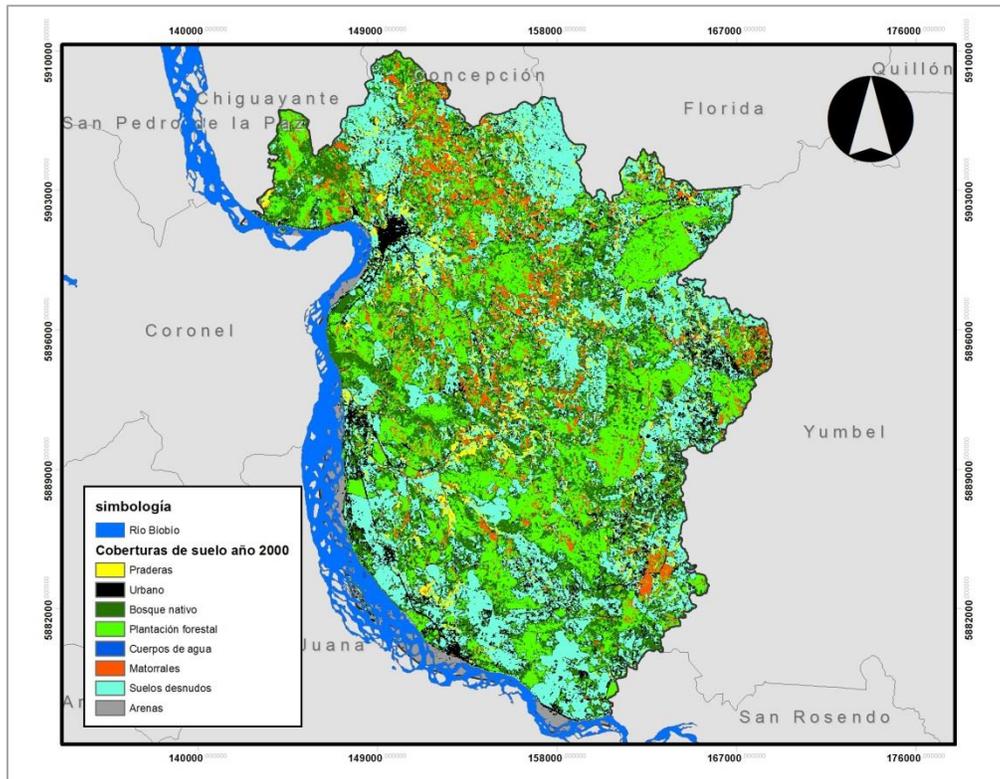
Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Variable antrópica

Análisis de cambios de usos de suelo

Se presenta a continuación una breve revisión de los cambios en las coberturas de suelo para los años 2000 (Figura 16) y 2015 en la comuna de Hualqui.

Figura N°16. Cobertura de suelo Año 2000

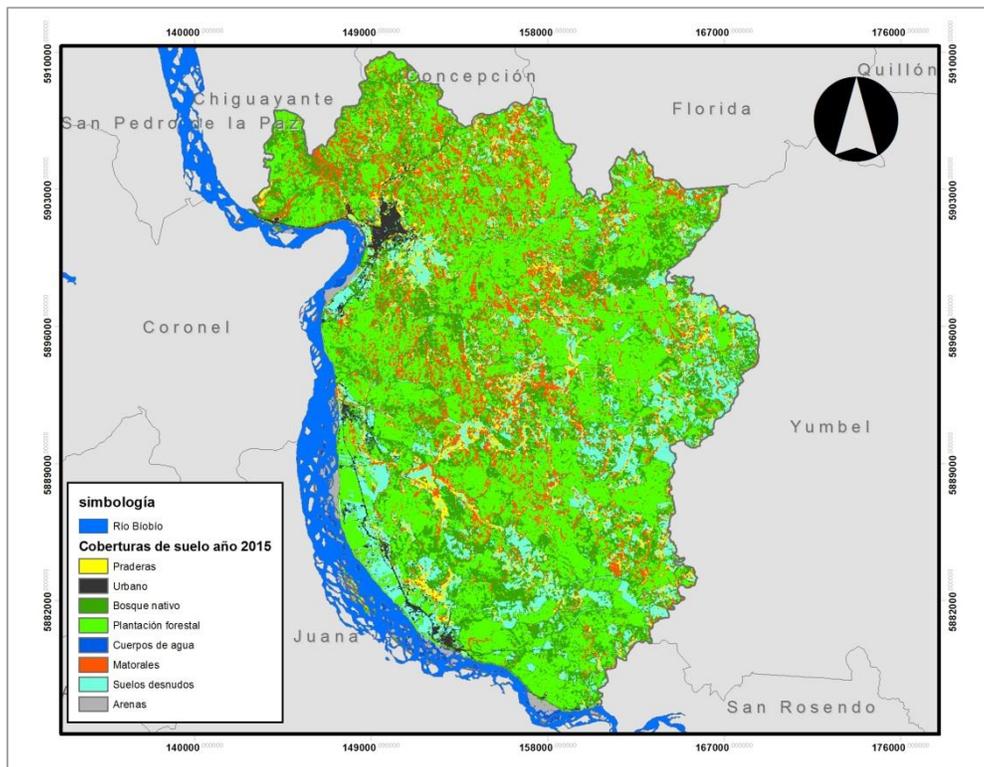


Fuente: Elaboración propia

Coberturas de suelo para el año 2015

El análisis e interpretación de imágenes satelitales Landsat L8 para el año 2015 a través del método de clasificación supervisada (Chuvieco, 2000) usando el software ENVI 5.2 © se reconocieron ocho categorías de coberturas de suelo: Praderas, urbano, bosque nativo, plantación forestal, cuerpos de agua, matorral, suelos desnudos y arenas (figura 17). La cobertura de suelo correspondiente a plantaciones forestales tienen una superficie de 210 km² (39% superficie comunal) siendo la cobertura de suelo con mayor extensión, seguida por el bosque nativo que cubre 120 km² (23%). Las coberturas de matorrales y suelos desnudos cubren el 13% de la comuna (67 y 71 km² respectivamente). Finalmente las coberturas de suelo correspondientes a praderas, cuerpos de agua, suelo urbano y arenas cada una de ellas poseen menos del 5% de la superficie comunal.

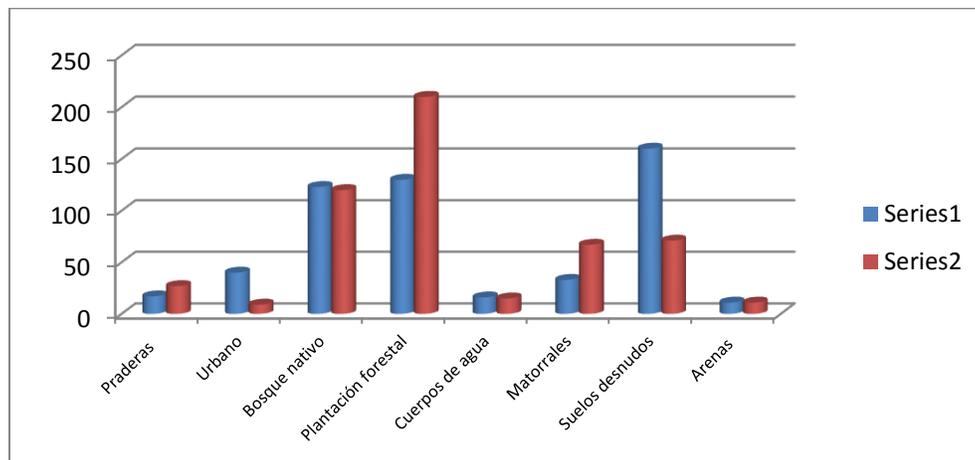
Figura N°17. Cobertura de suelo Año 2015



Fuente: Elaboración propia.

Se realizó una comparación de ambas coberturas de suelo y se observan las siguientes variaciones.

Figura N° 18. Coberturas de suelo años 2000 y 2015 (km²)



Fuente: Elaboración propia

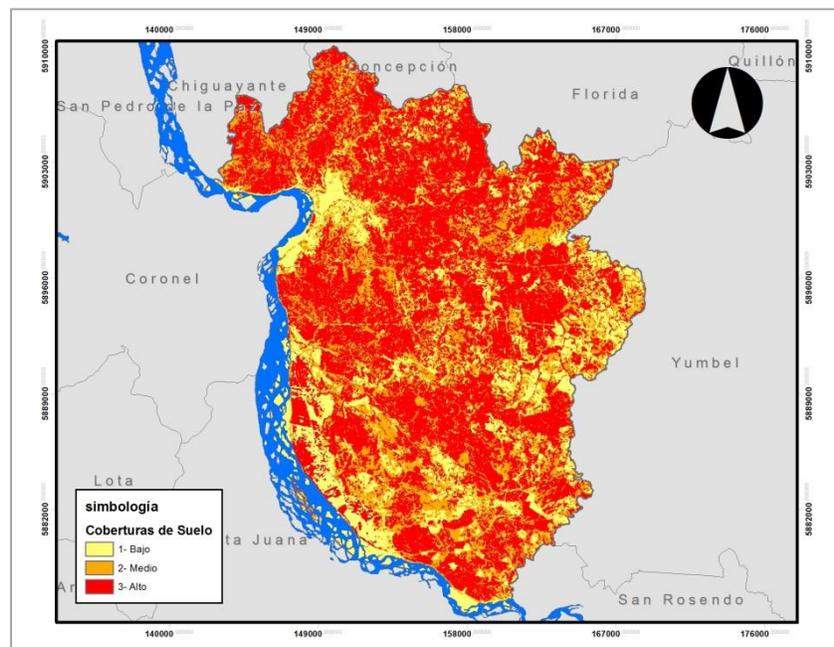
Las diferentes coberturas de suelos fueron categorizadas según el grado de peligro de incendio forestal que representan, donde los suelos desnudos representan menor amenaza que las plantaciones forestales de monocultivos según se indica en la tabla N° 16. Sobre la base de esta categorización se elaboró un mapa de peligro según las coberturas de suelo (Figura 19).

Tabla N° 16. Valor de peligro asignado a las coberturas de suelo año 2015

Cobertura de suelo	Valor de peligro
Suelos desnudos	1 Bajo
Cuerpos de agua	1 Bajo
Arenas	1 Bajo
Urbano	1 Bajo
Bosque nativo	2 Medio
Praderas	2 Medio
Matorrales	3 Alto
Plantación forestal	3 Alto

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 19. Peligro según las coberturas de suelo Año 2015



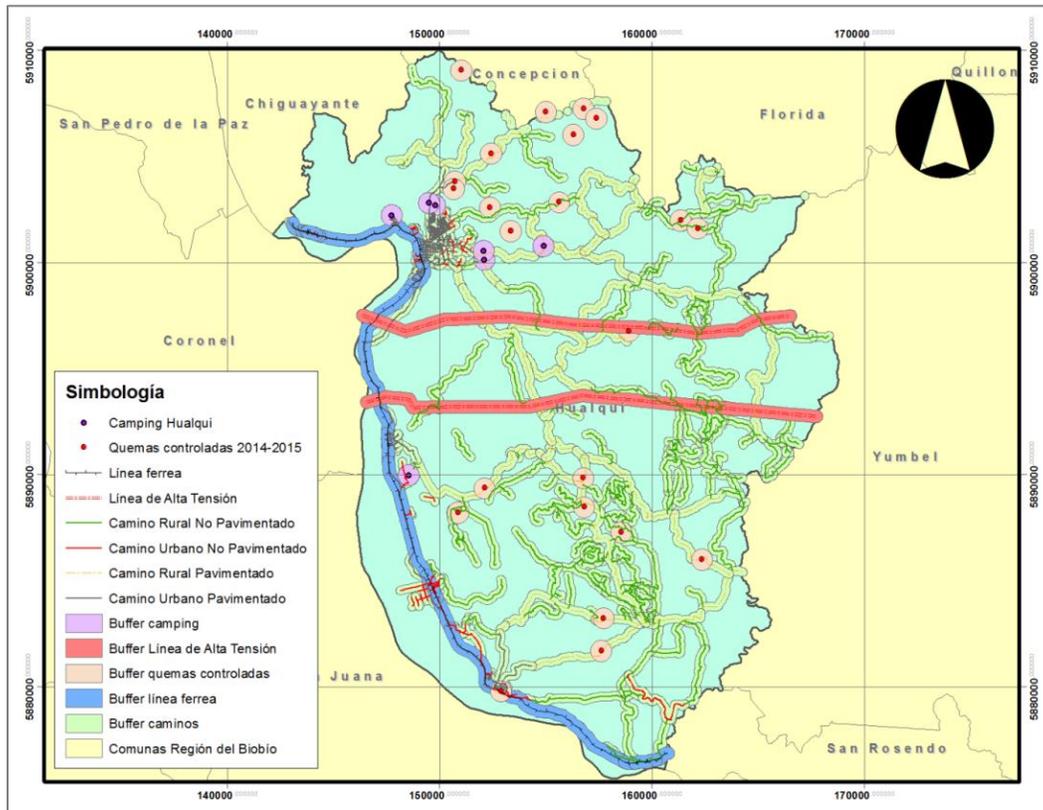
Fuente: Elaboración propia

Medio construido

Éste hace referencia a aquellos elementos del paisaje y del territorio que, según las estadísticas para cada localidad, son las que provocan la mayor cantidad de incendios forestales en la zona. Según las estadísticas que entrega la CONAF se generó una selección los lugares y/o actividades donde se han iniciado incendios forestales en el último período.

A aquellas áreas, tales como carreteras y ferrocarriles y se les aplicó un buffer que en este caso corresponderá a 300 metros, 200 metros para los caminos, en tanto para las áreas de quemas controladas, líneas de alta tensión y zonas de camping se estableció un buffer de 500 metros como se muestra en la figura 20.

Figura N° 20: Buffer medio construido comuna de Hualqui.



Fuente: Elaboración propia

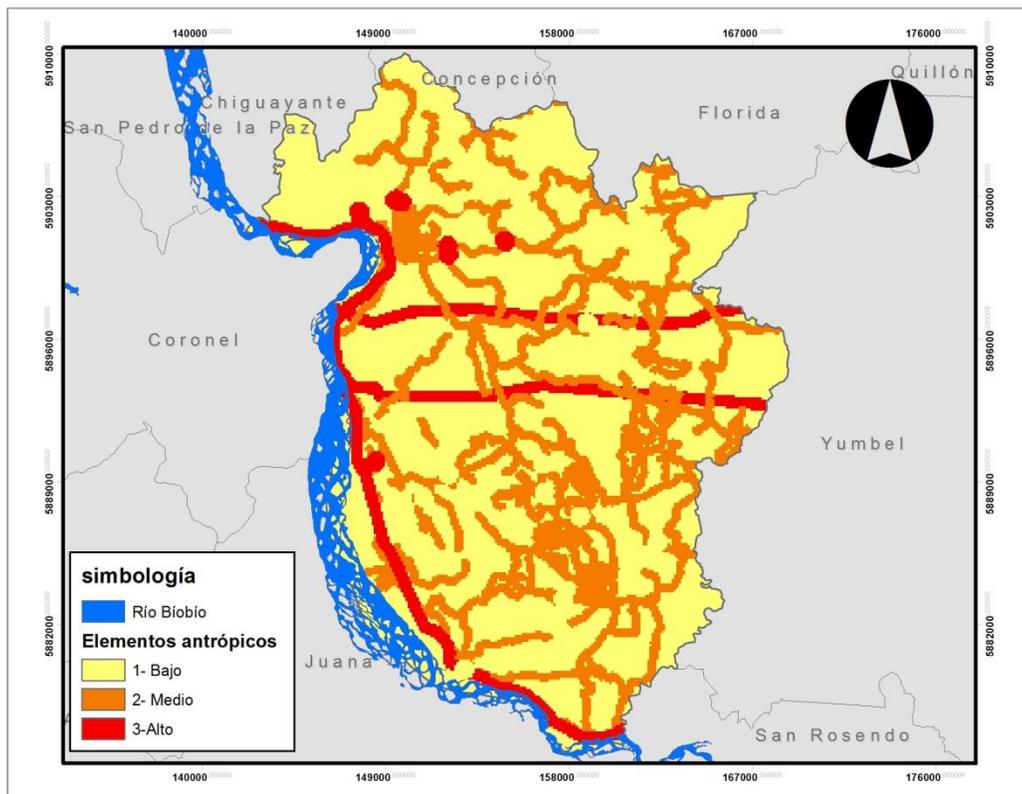
Etzeberria *et al.*, (2002) propone una categorización, la cual fue adaptada para el área de estudio (tabla N°17). La cual es esencial para la elaboración de la cartografía de peligro por elementos antrópicos (figura 21)

Tabla n°17. Valor de peligro elementos antrópicos comuna de Hualqui

Elementos antrópicos	Valor de peligro
Áreas de quemas controladas	1 Bajo
Caminos	2 Medio
Camping	3 Alto
Línea Alta Tensión (AT)	3 Alto
Línea férrea	3 Alto

Fuente: Elaboración Propia

Figura N°21. Peligrosidad de elementos antrópicos



Fuente: Elaboración propia

6.1.3 Peligro de incendio forestal

Para la generación de la cartografía de peligrosidad de incendio forestal se utilizaron cuatro índices, los que trabaja Etxeberría *et al.*, (2002), donde establece que cada una de las variables tiene una importancia distinta, por lo que se aplica el siguiente algoritmo:

$$PI = 4V + 3H + 2I - A$$

Dónde:

PI es el peligro de incendio

V, es el factor vegetación (inflamabilidad)

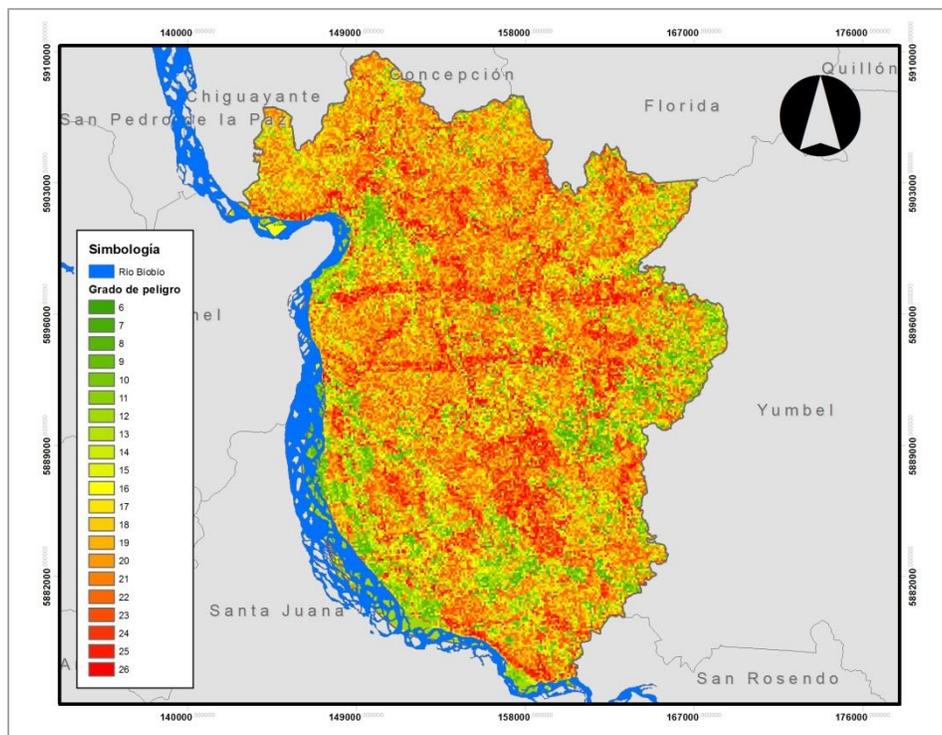
H, el factor humano (coberturas de suelo y medio antrópico)

I, factor insolación, y

A factor altitud

Finalmente, convirtiendo las capas de información a formato raster, en “Raster Calculator” se multiplicaron las variables según su valoración. Tras realizar las operaciones matemáticas en un *Raster calculator de Arcgis 10.3©* y se obtuvo el mapa de peligro de inicio del fuego (figura 22).

Figura n° 22. Mapa grado de peligro de incendio forestal en la comuna de Hualqui



Fuente: Elaboración propia

Este mapa tuvo que reclasificado para poder zonificar el territorio según niveles de peligrosidad más claros (tabla n° 18).

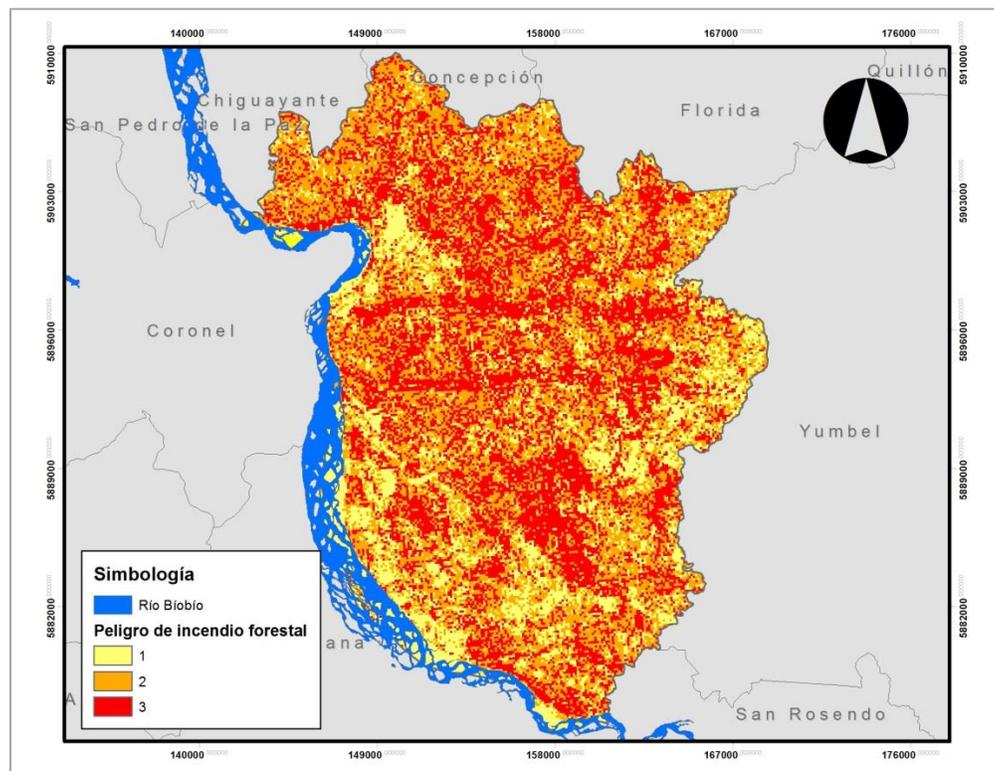
Tabla n°18 Rango de peligro de incendio forestal

Valores del Rango	Valor de peligro
6-14	1- Bajo
15-20	2- Medio
21-26	3- Alto

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que el 37% (196 km²) de la superficie comunal tiene un alto grado de amenaza de incendio forestal, el 40% (214 km²) de la comuna tiene un grado medio de amenaza y solo un 23% (120 km²) de la comuna tiene un riesgo bajo (figura n°23)

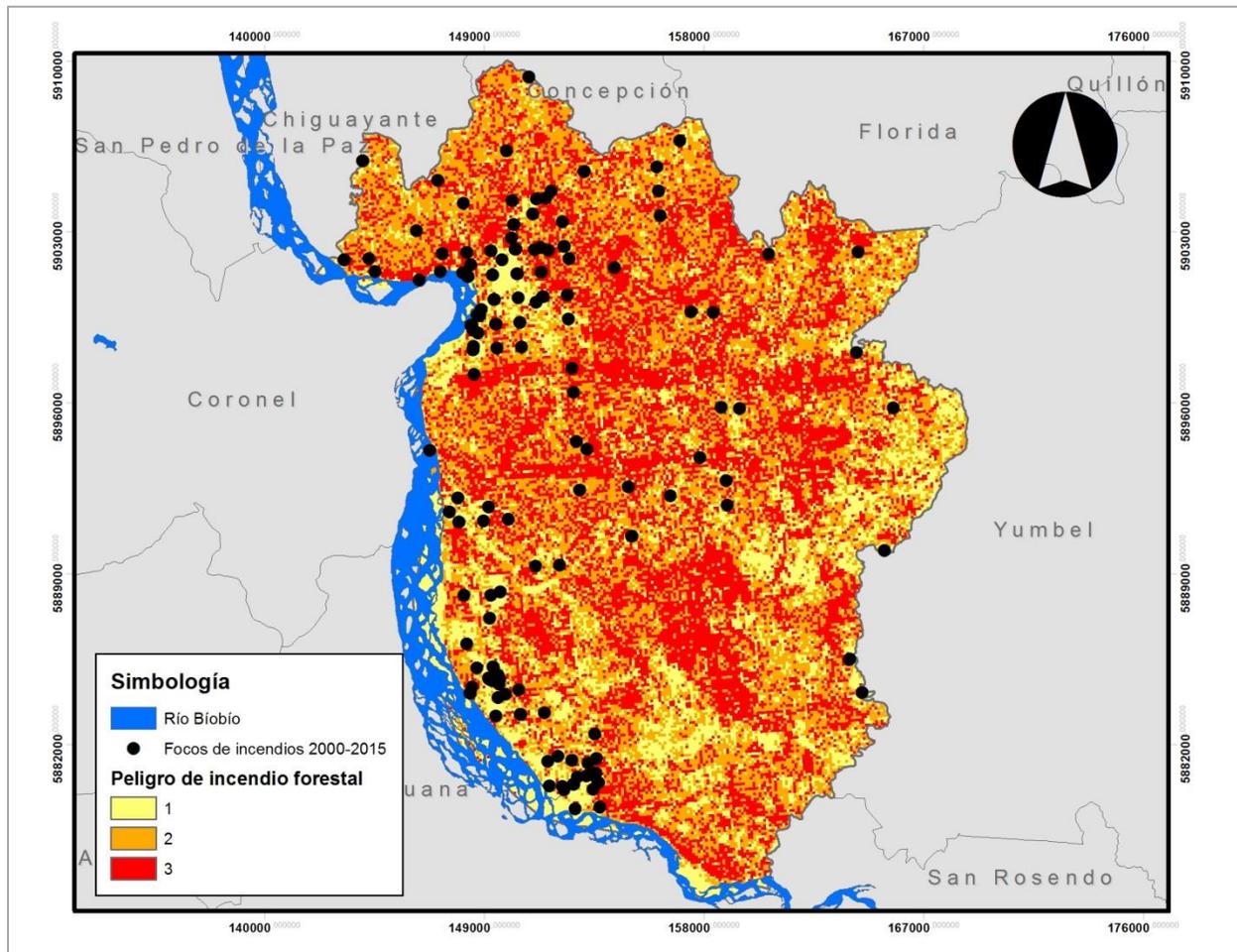
Figura N°23: Peligro de iniciación de incendio forestal comuna de Hualqui



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se realizó una validación de los resultados del modelo de Peligro de inicio de incendio forestal comparando los resultados de este estudio con la base de datos del registro histórico de los últimos 15 años (2000-2015) de focos de incendios forestales de gran magnitud según Conaf. Como se puede observar en la figura 24, estos focos de incendio coinciden con las zonas mediano y alto peligro.

Figura N°24: Peligro de iniciación de incendio forestal comuna de Hualqui

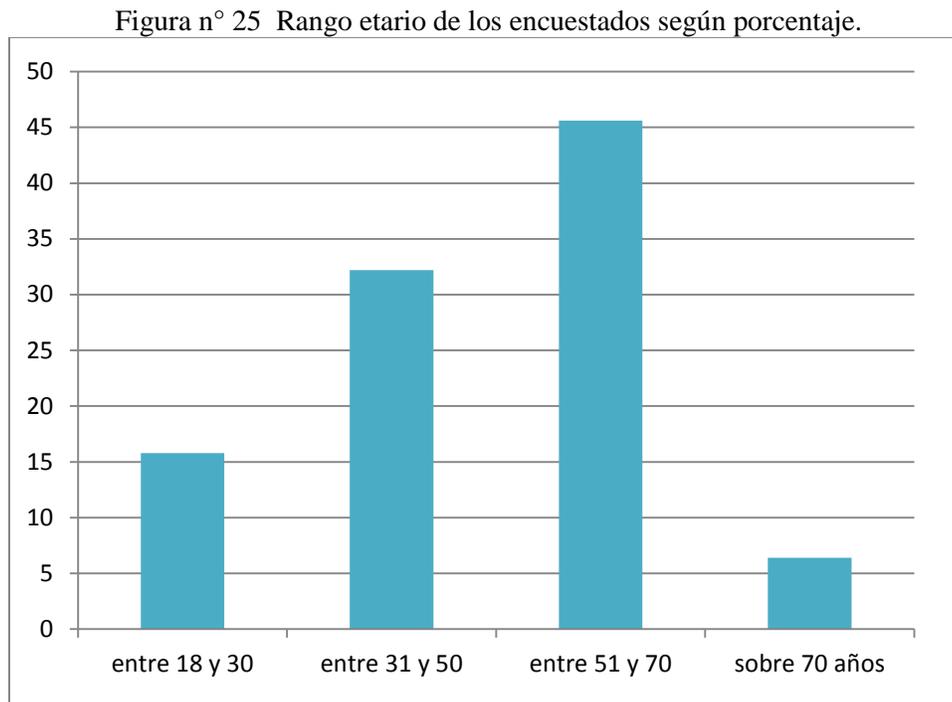


Fuente: Elaboración Propia en base a datos Conaf 2015

6.2 Evaluación de la vulnerabilidad ante incendio forestal en la comuna de Hualqui

6.2.1 Características de la población encuestada en la comuna de Hualqui.

De los 171 encuestados en el área de estudio 94 son del sexo femenino y 77 son de sexo masculino. Los rangos etarios se ven reflejados en el gráfico de la figura 25.

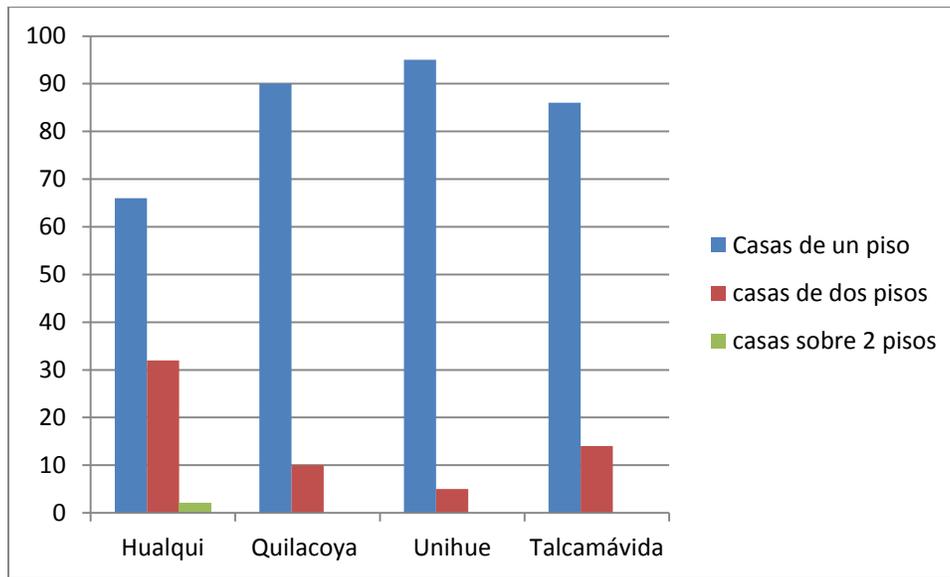


Fuente Elaboración propia

6.2.2 Vulnerabilidad estructural de la vivienda

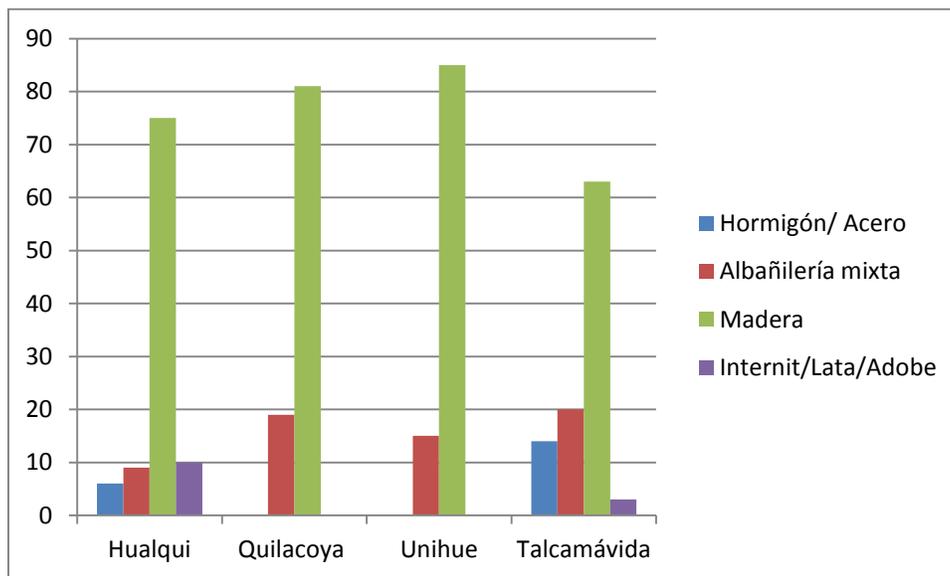
Para la evaluación de la vulnerabilidad estructural de la vivienda se consideraron las variables de: *Número de pisos, Sistema estructural, Años de construcción, Estado físico de la vivienda, materialidad del techo y sistema de saneamiento básico.*

Figura n° 26. Número de pisos de la vivienda



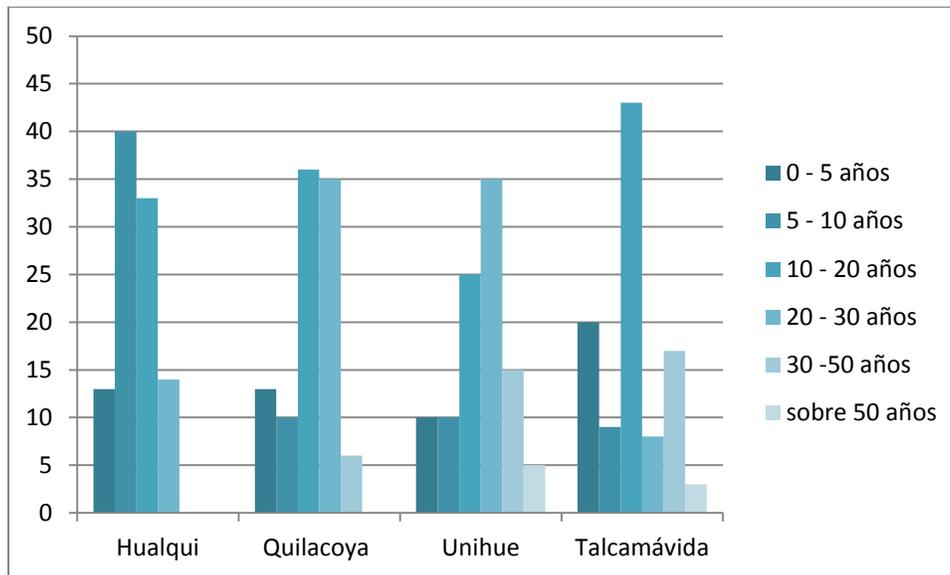
Fuente Elaboración propia

Figura n° 27. Sistema estructural de la vivienda



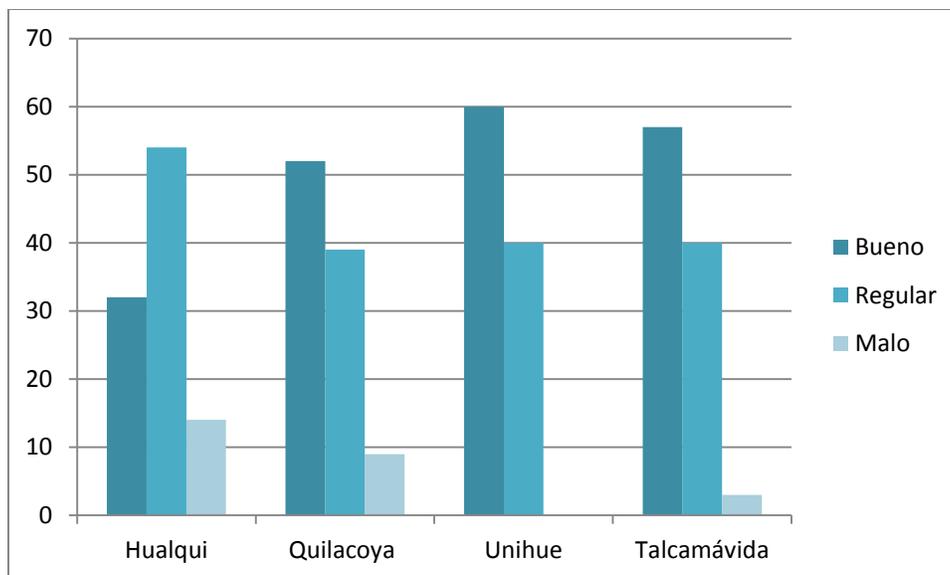
Fuente Elaboración propia

Figura n° 28. Años de construcción de la vivienda



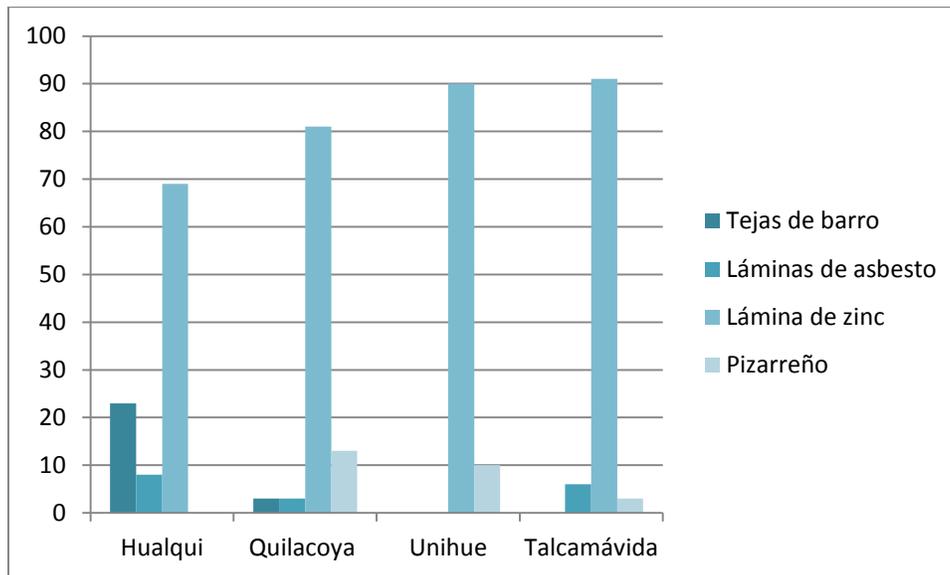
Fuente Elaboración propia

Figura n° 29. Estado físico de la vivienda



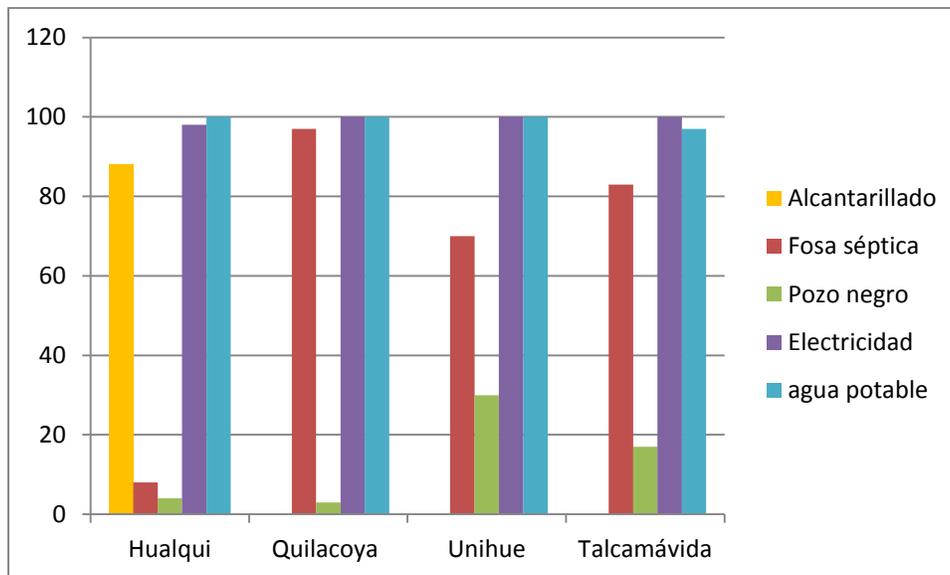
Fuente Elaboración propia

Figura n°30. Materialidad del techo de la vivienda



Fuente Elaboración propia

Figura n° 31. Saneamiento básico que posee la vivienda



Fuente Elaboración propia

Tabla n° 21. Matriz de ponderación para evaluar vulnerabilidad estructural de la vivienda de las localidades de la comuna de Hualqui

Variables	Hualqui	Quilacoya	Unihue	Talcamávida
Número de pisos	Alta (3)	Alta (3)	Alta (3)	Alta (3)
Sistema estructural	3 Alta (3)	Alta (3)	Alta (3)	Alta (3)
Años de construcción	Baja (1)	Media (2)	Media (2)	Media (2)
Estado físico de la vivienda	Media (2)	Baja (1)	Baja (1)	Baja (1)
Material del Techo	Alta (3)	Alta (3)	Alta (3)	Alta (3)
Saneamiento básico	Baja (1)	Media (2)	Media (2)	Baja (1)
Vulnerabilidad estructural (sumatoria)	13	14	14	13
Dónde: 6 a 10 puntos= Vulnerabilidad Baja 11 a 14 puntos = Vulnerabilidad Media 15 a 18 puntos = Vulnerabilidad Alta				

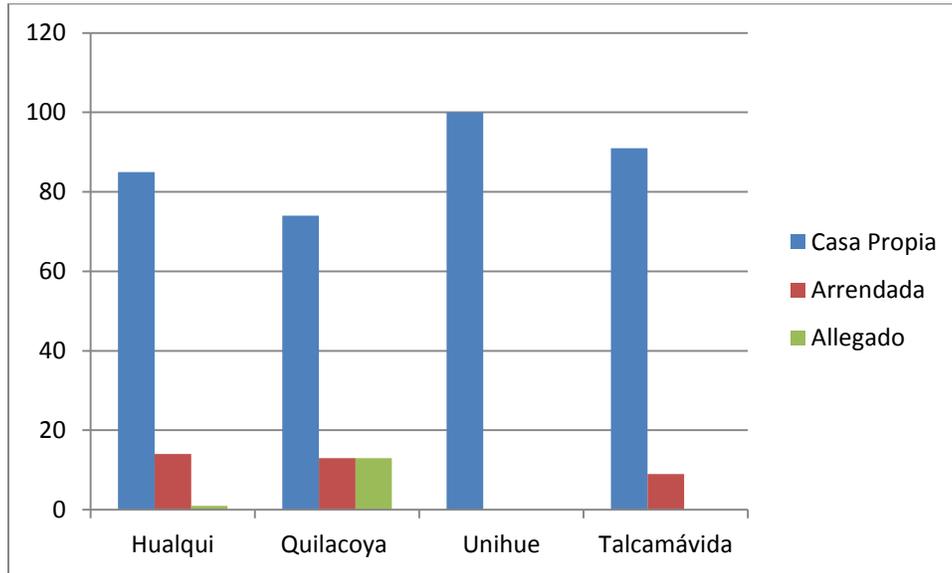
Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, todas las localidades de la comuna de Hualqui presentan una vulnerabilidad estructural media

6.2.3 Vulnerabilidad socio-económica

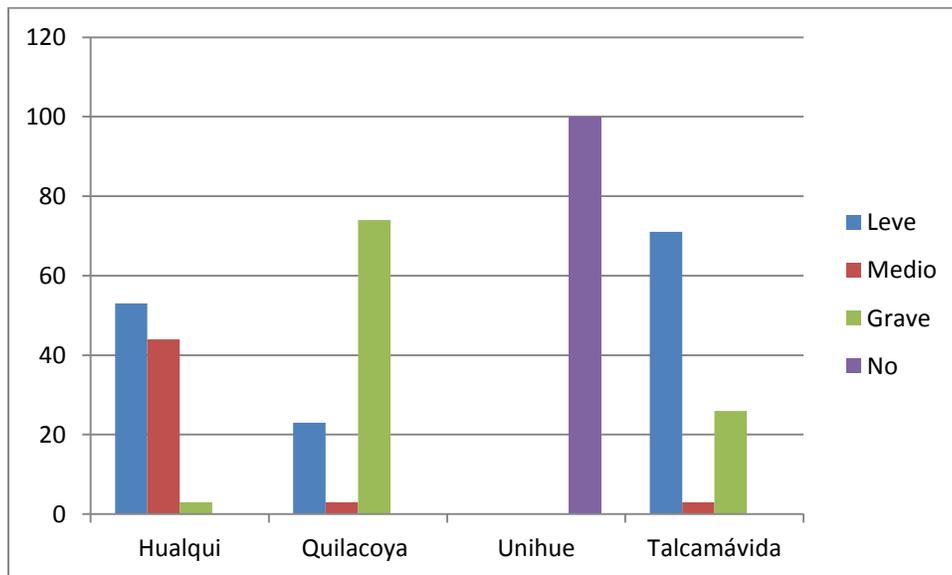
Para la evaluación de la vulnerabilidad socio-económica se consideraron las variables de análisis: *Tipo de propiedad vivienda, Nivel de hacinamiento, Nivel socioeconómico de la población y Sector laboral se desempeña.*

Figura n° 32. Tipo de propiedad vivienda



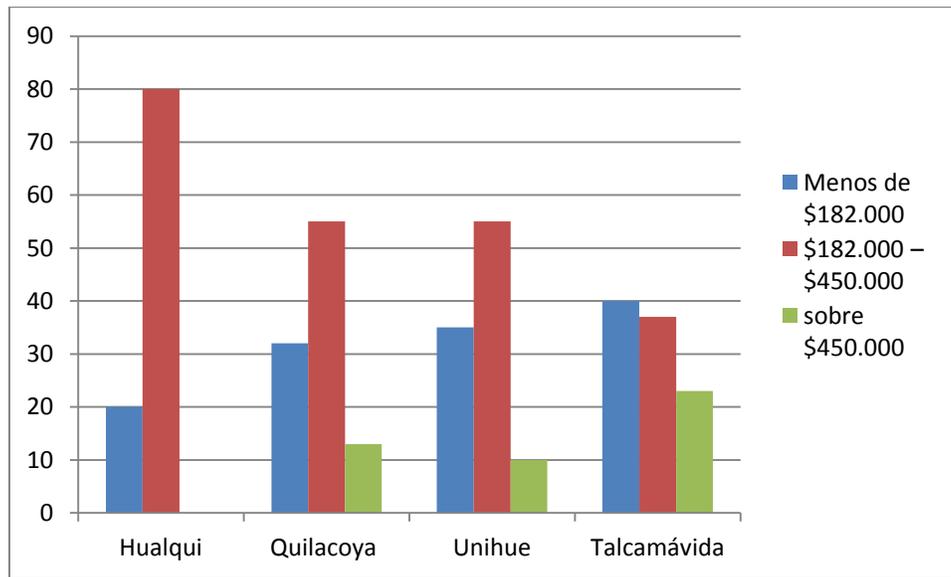
Fuente Elaboración propia

Figura n° 33. Nivel de hacinamiento



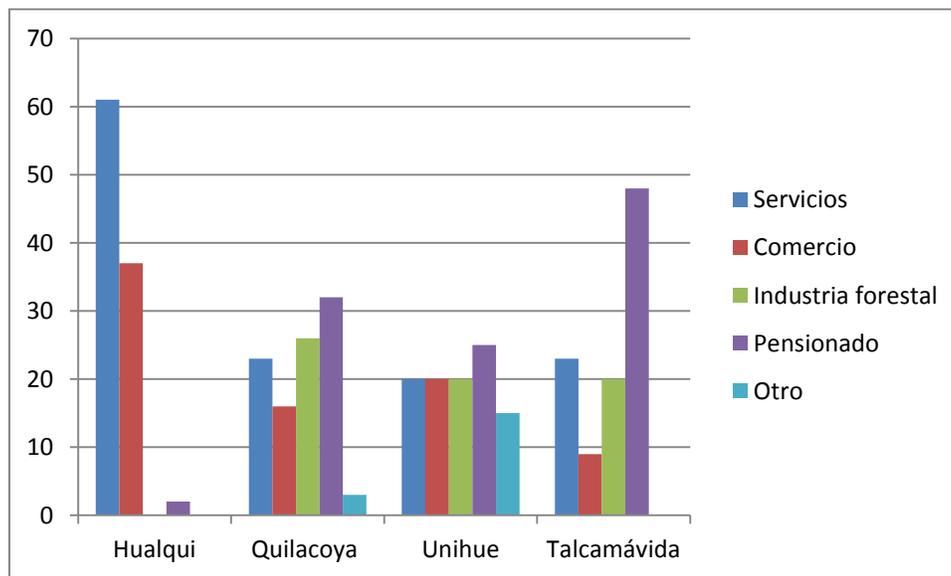
Fuente Elaboración propia

Figura n° 34. Nivel socioeconómico de la población



Fuente Elaboración propia

Figura n° 35. Sector laboral se desempeña



Fuente Elaboración propia

Tabla n°22. Matriz de ponderación para evaluar vulnerabilidad estructural de la vivienda de las localidades de la comuna de Hualqui

Variables	Hualqui	Quilacoya	Unihue	Talcamávida
Tipo de propiedad vivienda	Baja (1)	Baja (1)	Baja (1)	Baja (1)
Nivel de hacinamiento	Media (2)	Alta (3)	Baja (1)	Media (2)
Nivel socioeconómico de la población	Media (2)	Media (2)	Media (2)	Baja (1)
Sector laboral se desempeña	Media (2)	Baja (1)	Baja (1)	Baja (1)
Vulnerabilidad socio-económica	7	7	5	5
Dónde: 4 a 6 puntos= Vulnerabilidad Baja 7 a 9 puntos = Vulnerabilidad Media 9 a 12 puntos = Vulnerabilidad Alta				

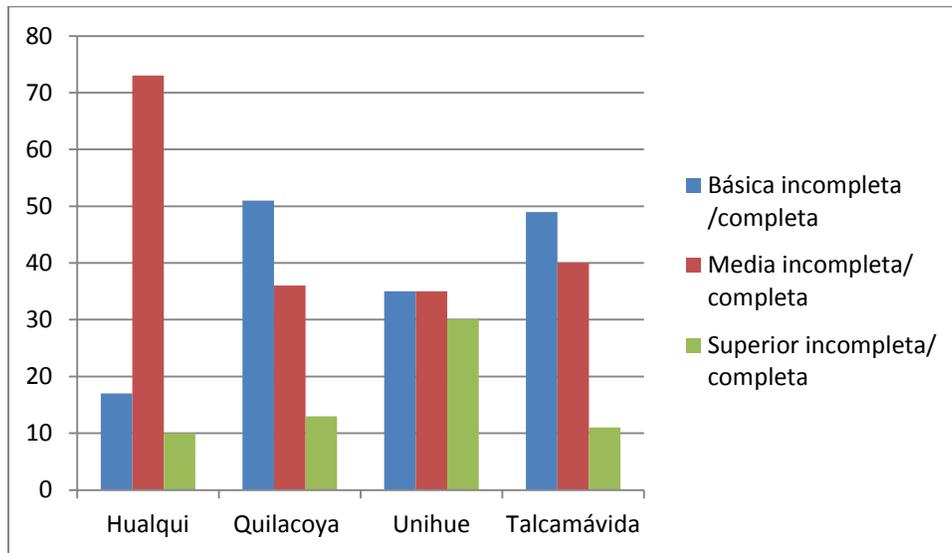
Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, dentro de la comuna de Hualqui se presenta una vulnerabilidad socioeconómica diferenciada: vulnerabilidad media para las localidades de Hualqui y Quilacoya; y vulnerabilidad baja en las localidades de Unihue y Talcamávida.

6.2.4 Vulnerabilidad educativa

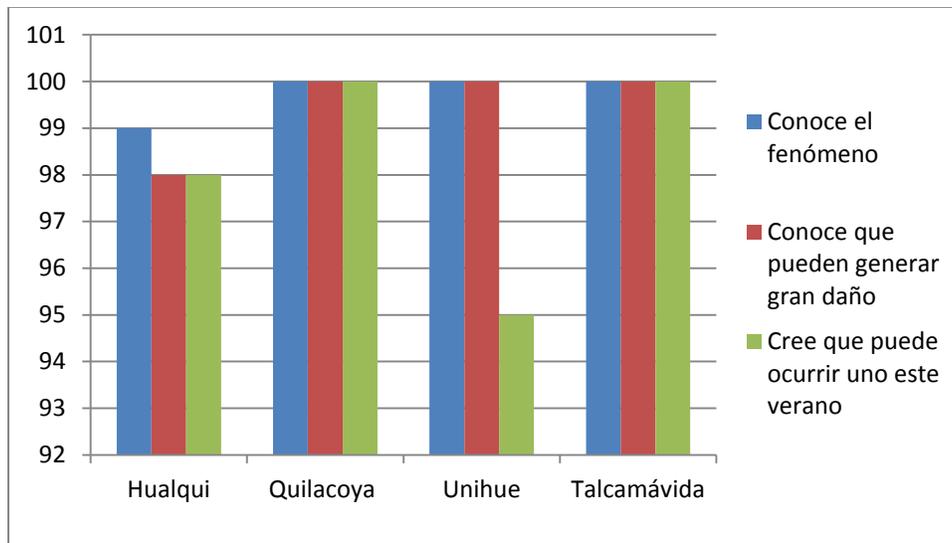
Para la evaluación de la vulnerabilidad educativa se consideraron las variables de análisis: *Estudios formales*, *Nivel de información sobre el tema*, *Identificación de zonas de seguridad y planes de evacuación* y *Reacción frente a la ocurrencia de un incendio forestal*.

Figura n° 36. Estudios formales y sistema educativo.



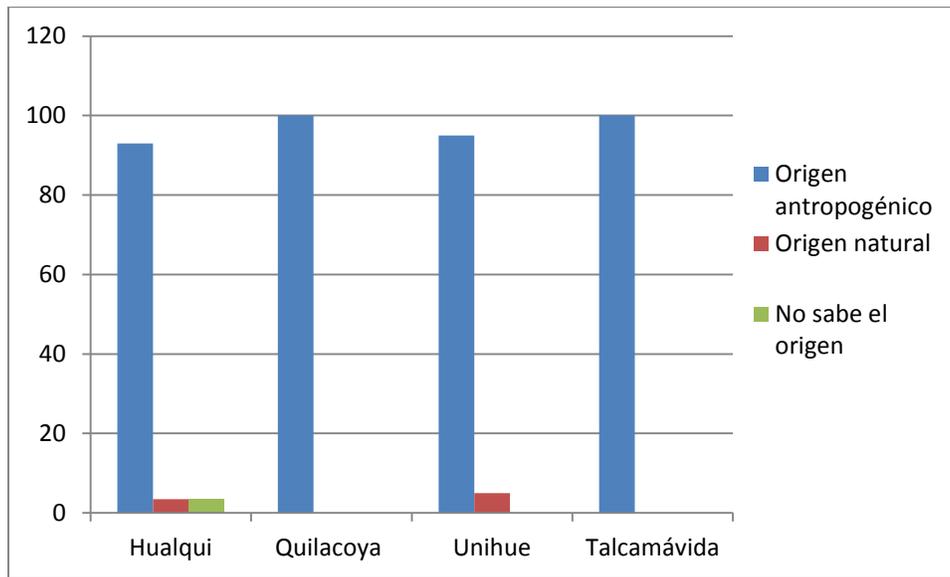
Fuente Elaboración propia

Figura n° 37. Nivel de información sobre el tema.



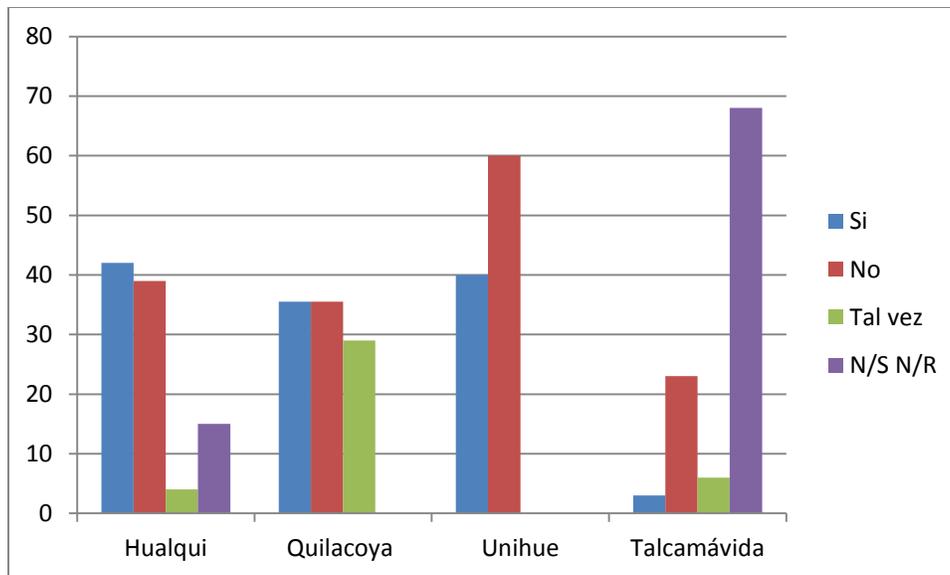
Fuente Elaboración propia

Figura n° 38. Origen del fenómeno



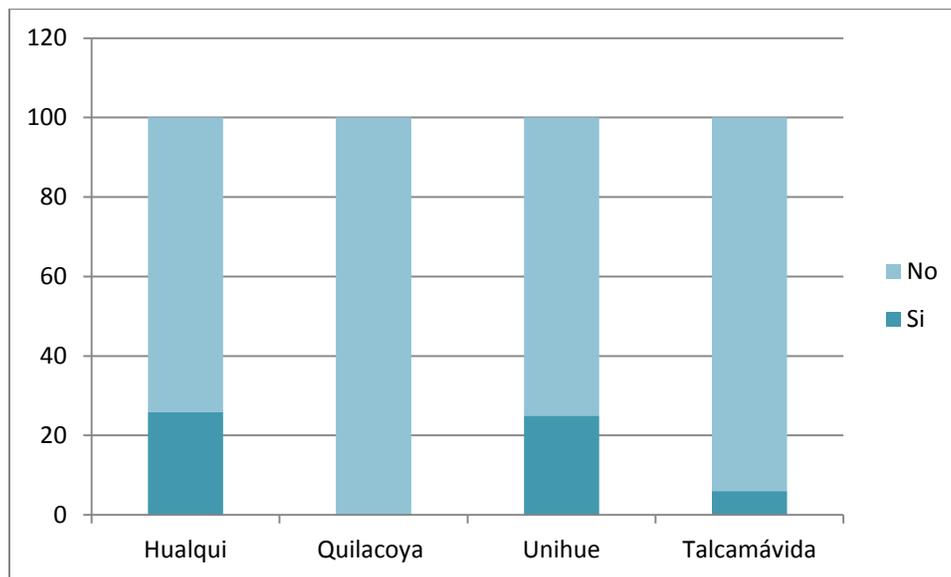
Fuente Elaboración propia

Figura n° 39. Identificación de zonas de seguridad



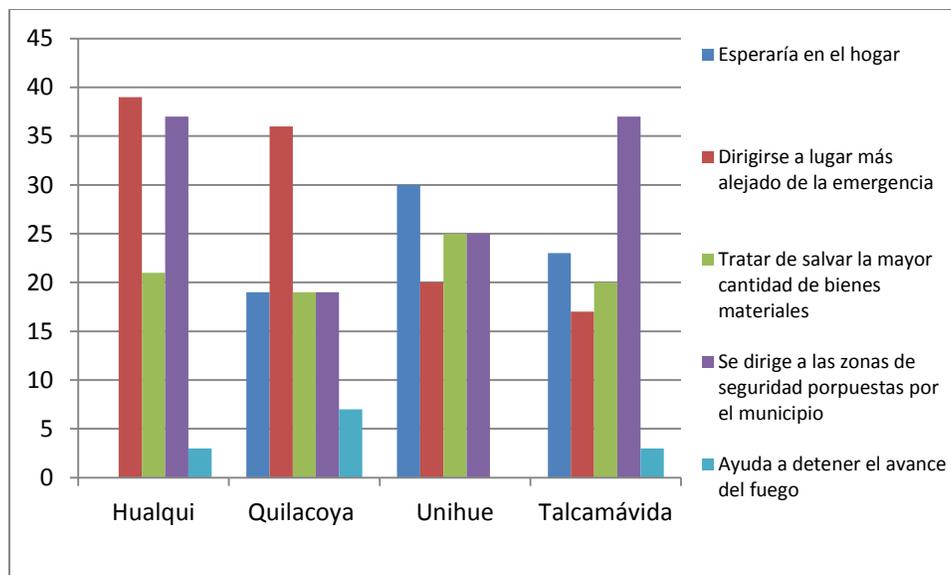
Fuente Elaboración propia

Figura n° 40. Conoce planes de evacuación ante incendio forestal



Fuente Elaboración propia

Figura n° 41. Reacción frente a la ocurrencia de un incendio forestal.



Fuente Elaboración propia

Tabla n° 23. Matriz de ponderación para evaluar vulnerabilidad educativa en las localidades de la comuna de Hualqui

Variables	Hualqui	Quilacoya	Unihue	Talcamávida
Estudios formales y sistema educativo.	Media (2)	Alta (3)	Alta (3)	Alta (3)
Nivel de información sobre el tema.	Baja (1)	Baja (1)	Media (2)	Baja (1)
Identificación de zonas de seguridad	Alta (3)	Alta (3)	Alta (3)	Alta (3)
Reacción frente a la ocurrencia de un incendio forestal.	Baja (1)	Baja (1)	Alta (3)	Baja (1)
Vulnerabilidad educativa	7	8	11	8
Dónde: 4 a 6 puntos= Vulnerabilidad Baja 7 a 9 puntos = Vulnerabilidad Media 9 a 12 puntos = Vulnerabilidad Alta				

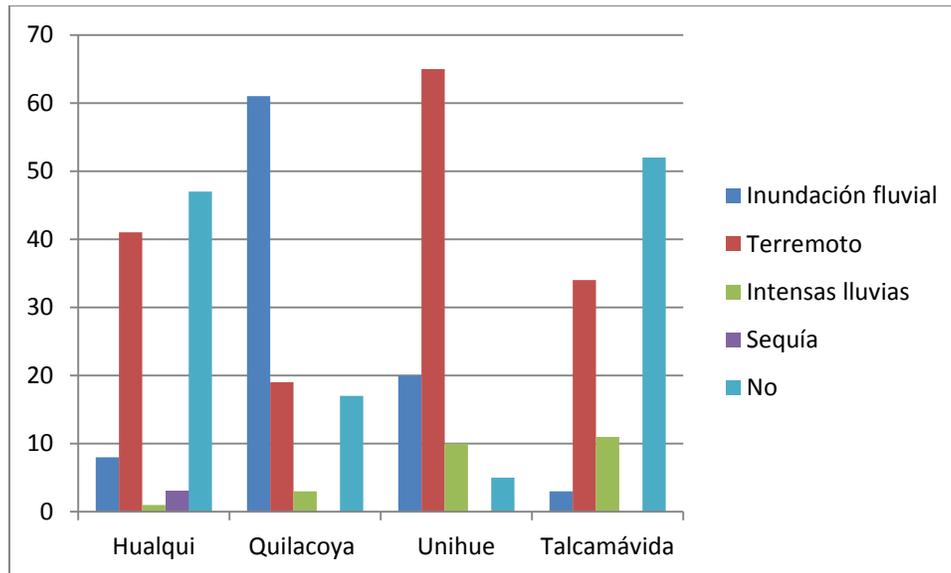
Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, dentro de la comuna de Hualqui se presenta una vulnerabilidad educativa diferenciada: vulnerabilidad media para las localidades de Hualqui, Quilacoya y Talcamávida; y vulnerabilidad Alta en la localidad de Unihue.

6.2.5 Vulnerabilidad cultural

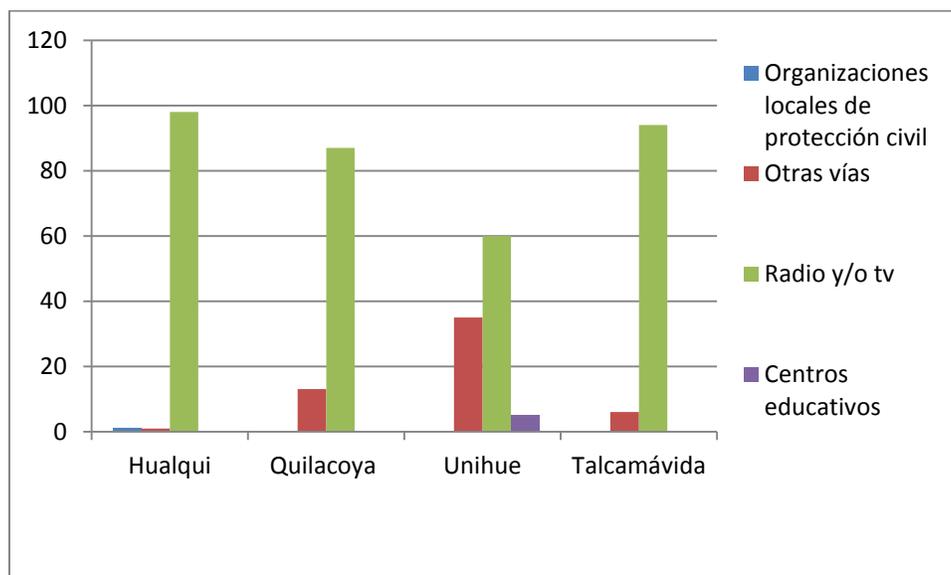
Para la evaluación de la vulnerabilidad cultural se consideraron las variables de análisis: *Conocimiento sobre las amenazas a la cuales se encuentra expuesta su comuna e información de los eventos de incendio forestal.*

Figura n° 42. Conocimiento sobre las amenazas a la cuales se encuentra expuesta su comuna



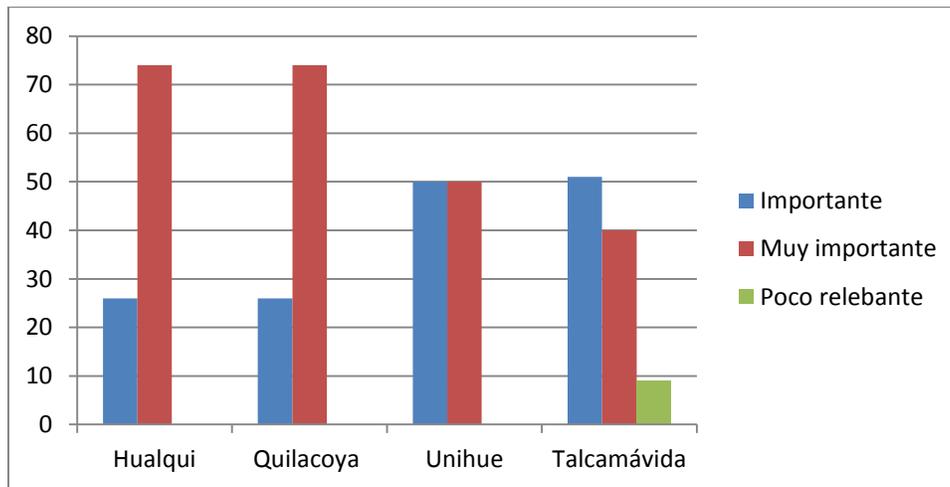
Fuente Elaboración propia

Figura n° 43. Medios de información utilizados en eventos de incendio forestal



Fuente Elaboración propia

Figura n° 44. Nivel de importancia de la información entregada para la gestión del riesgo.



Fuente Elaboración propia

Figura n° 24. Matriz de ponderación para evaluar vulnerabilidad cultural en las localidades de la comuna de Hualqui

Variables	Hualqui	Quilacoya	Unihue	Talcamávida
Conocimiento sobre las amenazas a la cuales se encuentra expuesta su comuna	Alta (3)	Baja (1)	Baja (1)	Alta (3)
Información de los eventos de incendio forestal	Media (2)	Media (2)	Media (2)	Media (2)
Vulnerabilidad cultural	5	3	3	5
Dónde:				
2 puntos= Vulnerabilidad Baja				
3 a 4 puntos = Vulnerabilidad Media				
5 a 6 puntos = Vulnerabilidad Alta				

Fuente: Elaboración propia

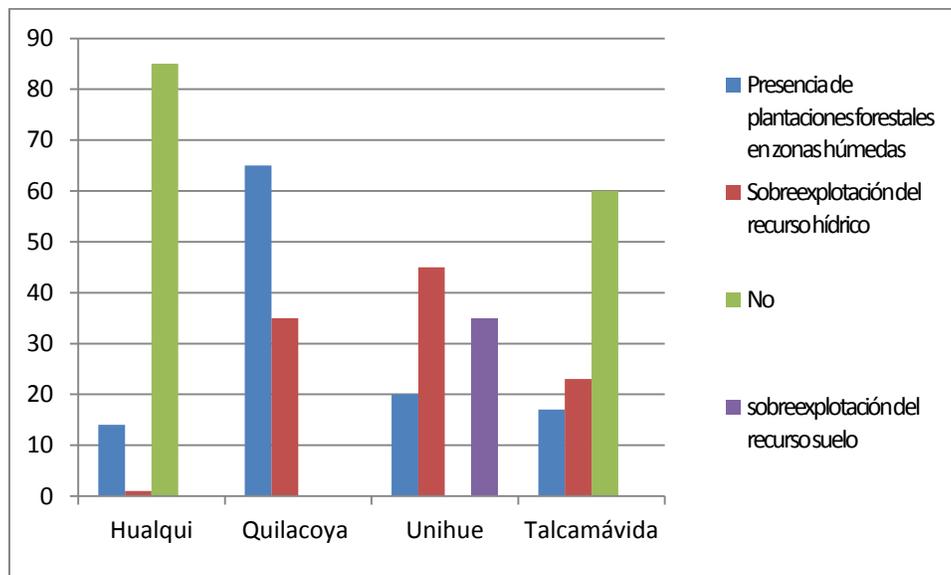
Por lo tanto, dentro de la comuna de Hualqui se presenta una vulnerabilidad cultural diferenciada: vulnerabilidad media para las localidades de Quilacoya y Unihue; y vulnerabilidad Alta en la localidad de Hualqui y Talcamávida.

6.2.6 Vulnerabilidad ambiental

Para la evaluación de la vulnerabilidad ambiental se consideraron las variables de análisis:

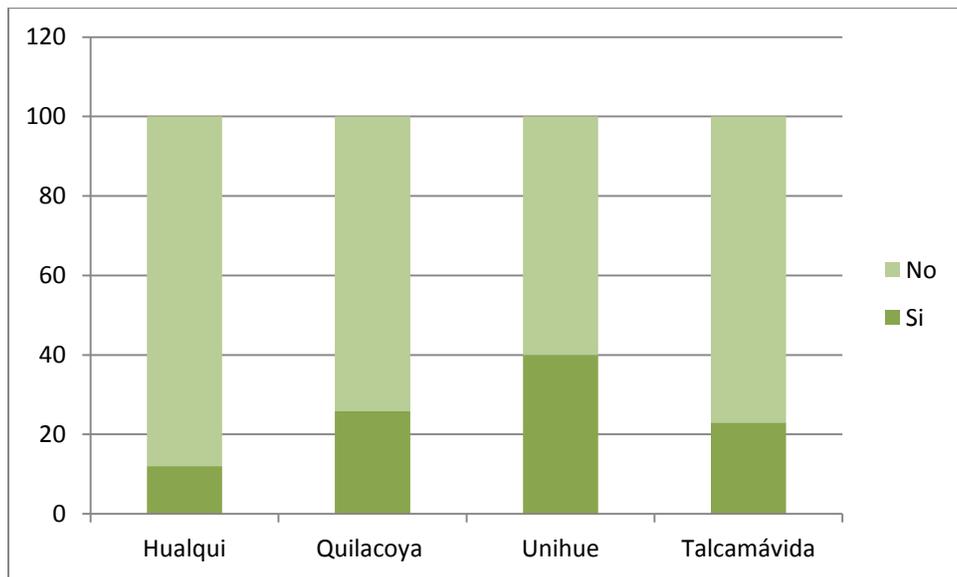
- *Explotación inadecuada de recursos naturales en la comuna y medidas de protección del medio ambiente.*
- *Institución a la cual acudir si necesita un permiso para hacer una quema controlada*
- *Conocimiento de la distancia “segura” entre su vivienda de una plantación forestal o de un bosque nativo y actividades de limpieza /roce de maleza durante la temporada de incendios*

Figura n° 45. Explotación inadecuada de recursos naturales en la comuna



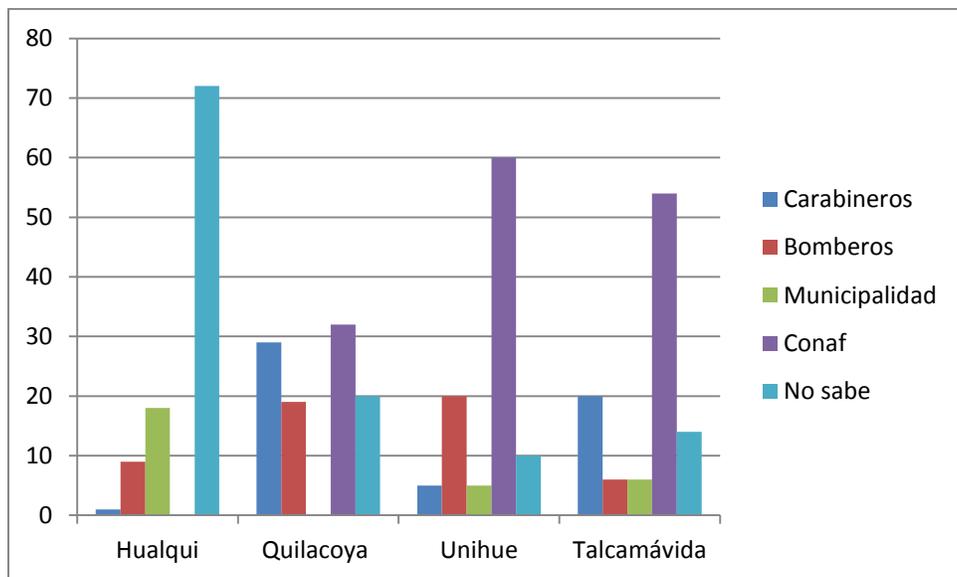
Fuente Elaboración propia

Figura n° 46. Conoce medidas de protección del medio ambiente aplicadas en la comuna



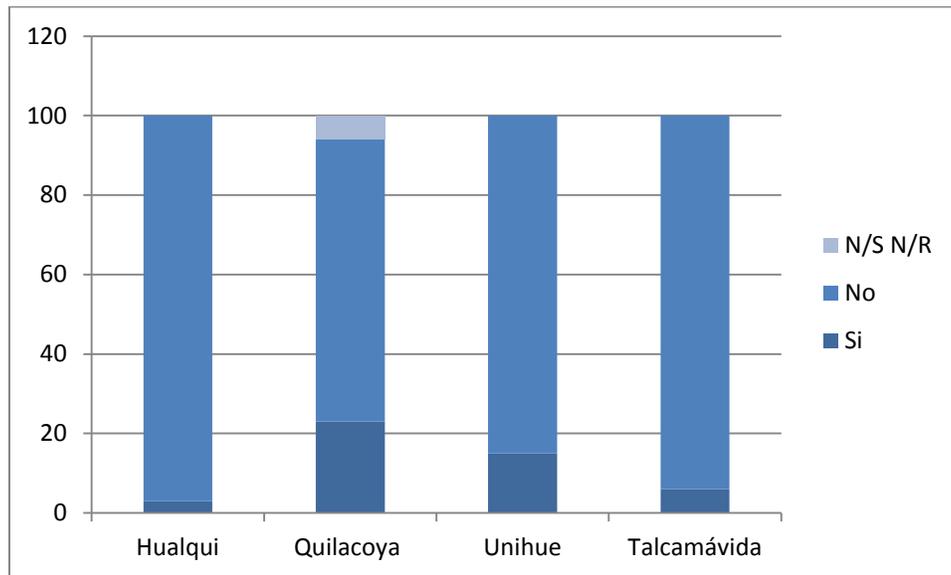
Fuente Elaboración propia

Figura n°47. Institución a la cual acudir si necesita un permiso para hacer una quema controlada



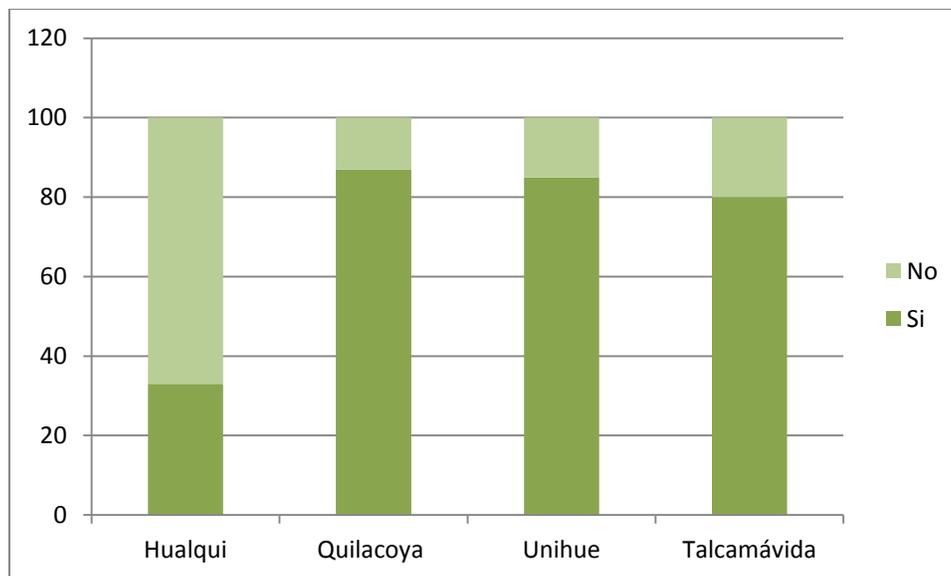
Fuente Elaboración propia

Figura n° 48. Conocimiento de la distancia “segura” entre su vivienda de una plantación forestal o de un bosque nativo



Fuente Elaboración propia

Figura n° 49. Realiza actividades de limpieza /roce de maleza durante la temporada de incendios



Fuente Elaboración propia

Tabla n° 25. Matriz de ponderación para evaluar vulnerabilidad ambiental en las localidades de la comuna de Hualqui

Variables	Hualqui	Quilacoya	Unihue	Talcamávida
Explotación inadecuada de recursos naturales en la comuna y medidas de protección del medio ambiente.	Alta (3)	Media (2)	Media (2)	Alta (3)
Institución a la cual acudir si necesita un permiso para hacer una quema controlada	Alta (3)	Media (2)	Baja (1)	Baja (1)
Conocimiento de la distancia “segura” entre su vivienda de una plantación forestal o de un bosque nativo y actividades de limpieza /roce de maleza durante la temporada de incendios	Alta (3)	Media (2)	Media (2)	Baja (1)
Vulnerabilidad ambiental	9	6	5	5
Dónde: 3 a 4 puntos= Vulnerabilidad Baja 5 a 7 puntos = Vulnerabilidad Media 8 a 9 puntos = Vulnerabilidad Alta				

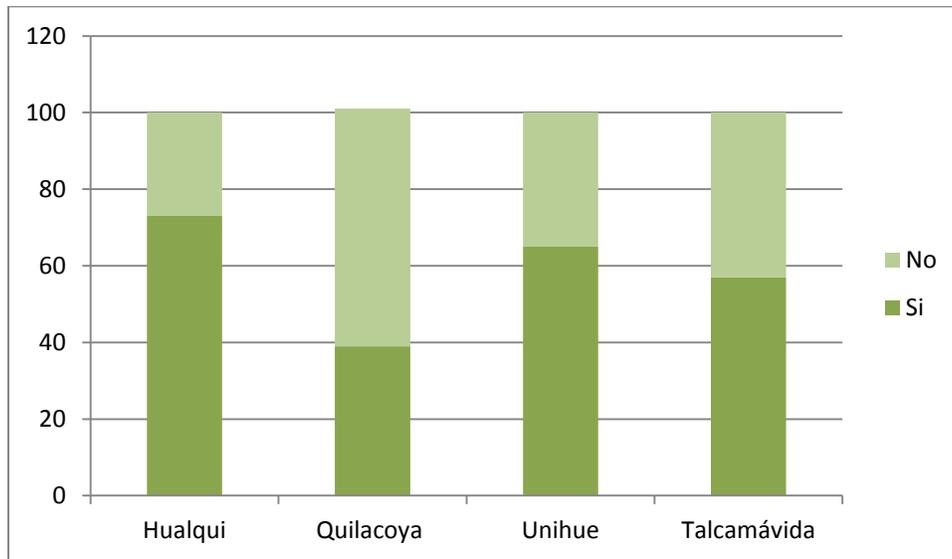
Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, dentro de la comuna de Hualqui se presenta una vulnerabilidad ambiental diferenciada: vulnerabilidad alta para la localidad de Hualqui; y vulnerabilidad Media en las localidades de Quilacoya, Unihue y Talcamávida.

6.2.7 Vulnerabilidad institucional / política

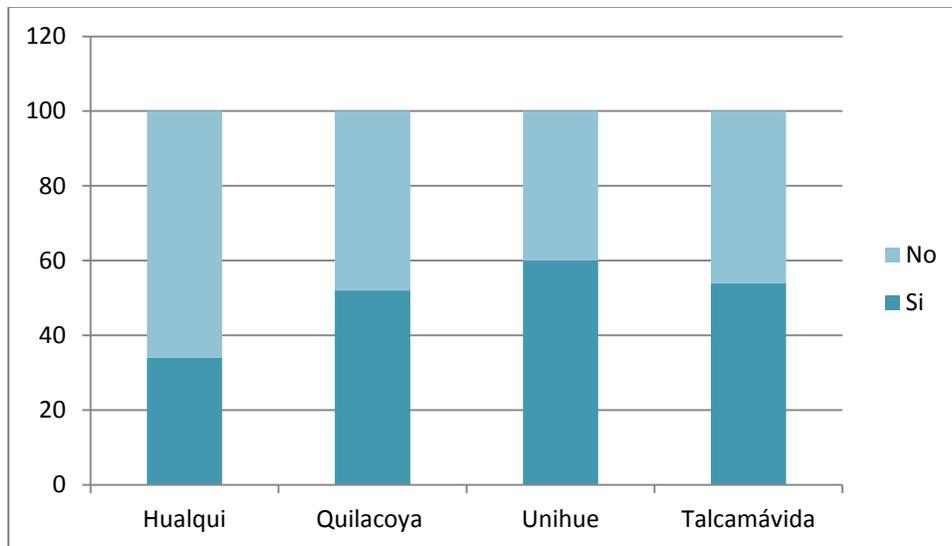
Para la evaluación de la vulnerabilidad institucional/política se consideraron las variables de análisis: *Números de contactos de emergencia ante incendios forestales y pertenencia a junta de vecinos; Responsabilidad de la gestión del riesgo de desastre asociado a incendios forestales; y Ordenamiento territorial (PRC)*

Figura n° 50. Conoce Números de contactos de emergencia ante incendios forestales



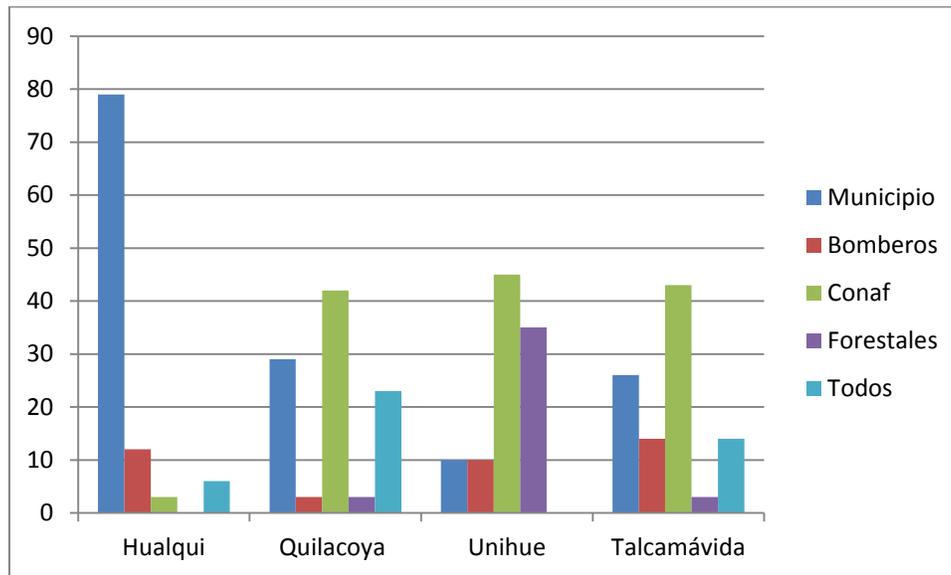
Fuente Elaboración propia

Gráfico n° 51. Pertenecer a junta de vecinos



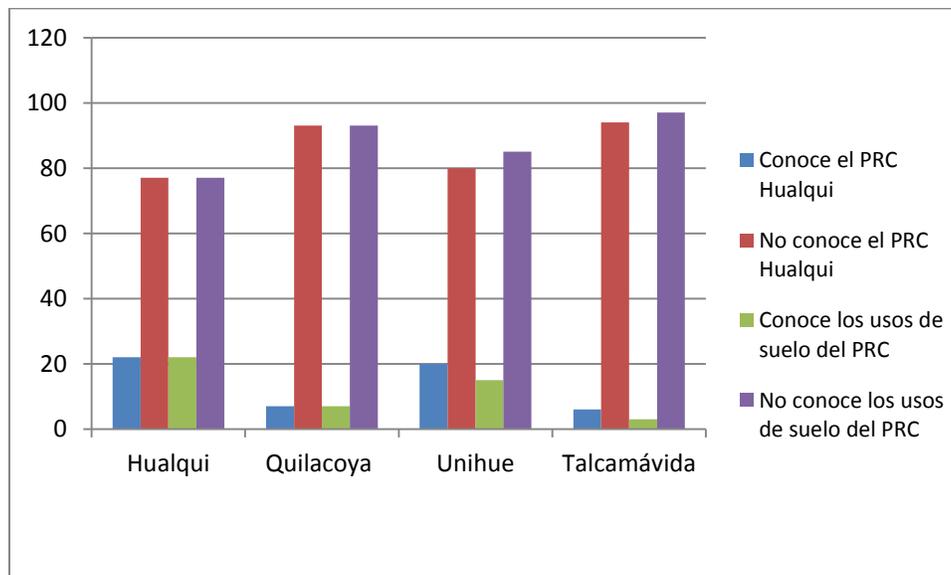
Fuente Elaboración propia

Figura n° 52. Responsabilidad de la gestión del riesgo de desastre asociado a incendios forestales



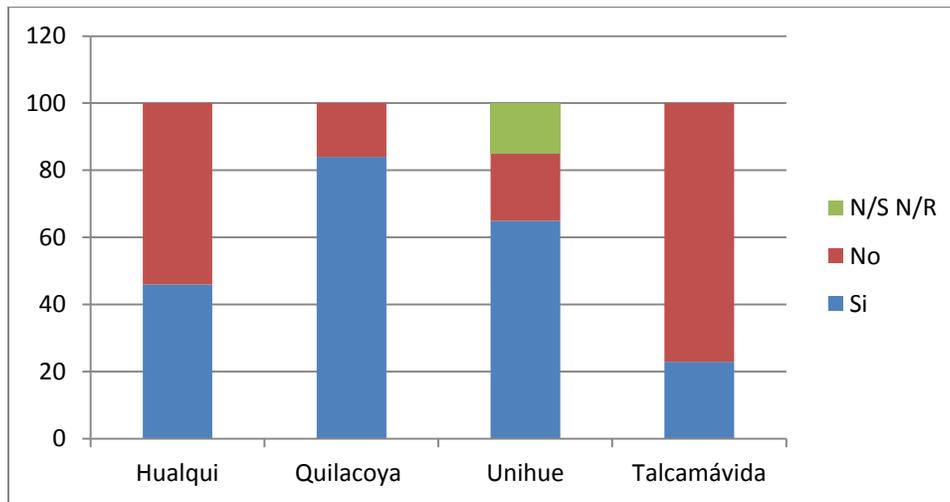
Fuente Elaboración propia

Figura n° 53. Conocimiento del PRC Hualqui y los usos de suelo propuestos



Fuente Elaboración propia

Figura n° 54. Considera que el PRC Hualqui puede reducir los incendios forestales



Fuente Elaboración propia

Tabla n°26. Matriz de ponderación para evaluar vulnerabilidad político/institucional en las localidades de la comuna de Hualqui

Variables	Hualqui	Quilacoya	Unihue	Talcamávida
Números de contactos de emergencia ante incendios forestales y pertenencia a junta de vecinos.	Media (2)	Alta (3)	Media (2)	Media (2)
Responsabilidad de la gestión del riesgo de desastre asociado a incendios forestales	Media (2)	Media (2)	Media (2)	Media (2)
Ordenamiento territorial	Alta (3)	Alta (3)	Alta (3)	Alta (3)
Vulnerabilidad Político/institucional	7	8	7	7
Dónde: 3 a 4 puntos= Vulnerabilidad Baja 5 a 7 puntos = Vulnerabilidad Media 8 a 9 puntos = Vulnerabilidad Alta				

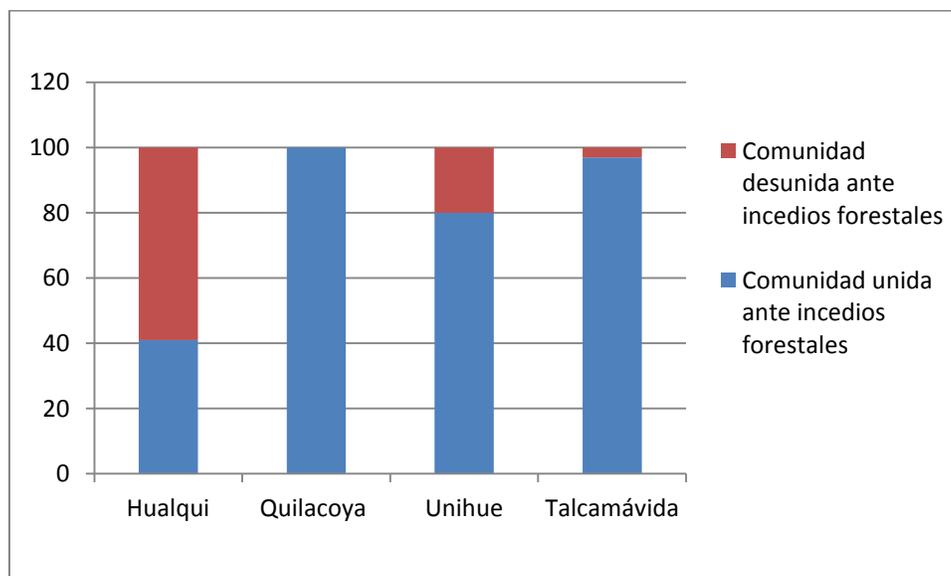
Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, dentro de la comuna de Hualqui se presenta una vulnerabilidad político/institucional diferenciada: vulnerabilidad media para la localidad de Hualqui, Unihue y Talcamávida; y vulnerabilidad alta en la localidad de Quilacoya.

6.2.8 Vulnerabilidad social

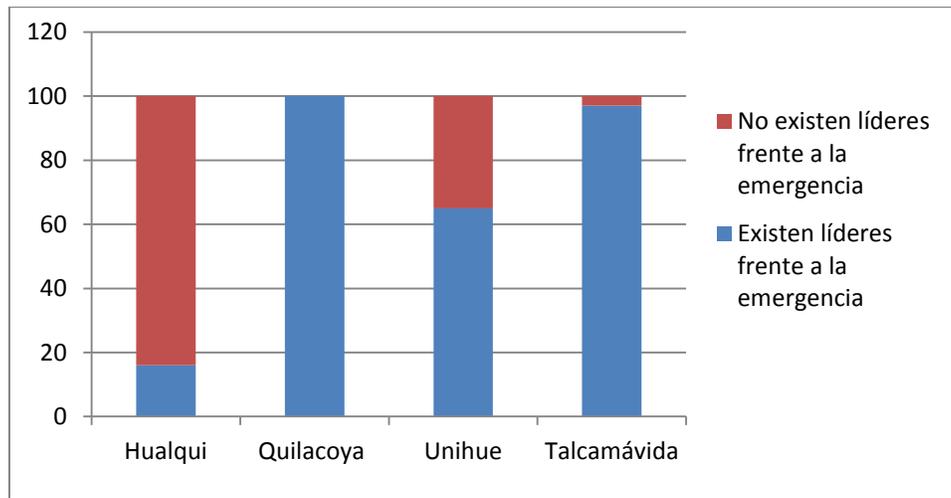
Para la evaluación de la vulnerabilidad ambiental se consideraron las variables de análisis:
Organización dentro de la comunidad.

Figura n° 55. Unidad de la comunidad ante incendios forestales



Fuente Elaboración propia

Figura n° 56. Existencia de líderes frente a la emergencia forestal



Fuente Elaboración propia

Tabla n° 27. Matriz de ponderación para evaluar vulnerabilidad social en las localidades de la comuna de Hualqui

Variables	Hualqui	Quilacoya	Unihue	Talcamávida
Unidad de la comunidad ante incendios forestales	Alta (3)	Baja (1)	Media (2)	Baja (1)
Existencia de líderes frente a la emergencia forestal	Alta (3)	Baja (1)	Media (2)	Baja (1)
Vulnerabilidad Político/institucional	6	2	4	2
Dónde:				
2 a 3 puntos= Vulnerabilidad Baja				
4- 5 puntos = Vulnerabilidad Media				
6 puntos = Vulnerabilidad Alta				

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, dentro de la comuna de Hualqui se presenta una vulnerabilidad social diferenciada: vulnerabilidad baja Quilacoya y Talcamávida; vulnerabilidad media en Unihue; y vulnerabilidad alta en la localidad de Hualqui.

6.2.9 Matriz de vulnerabilidad global

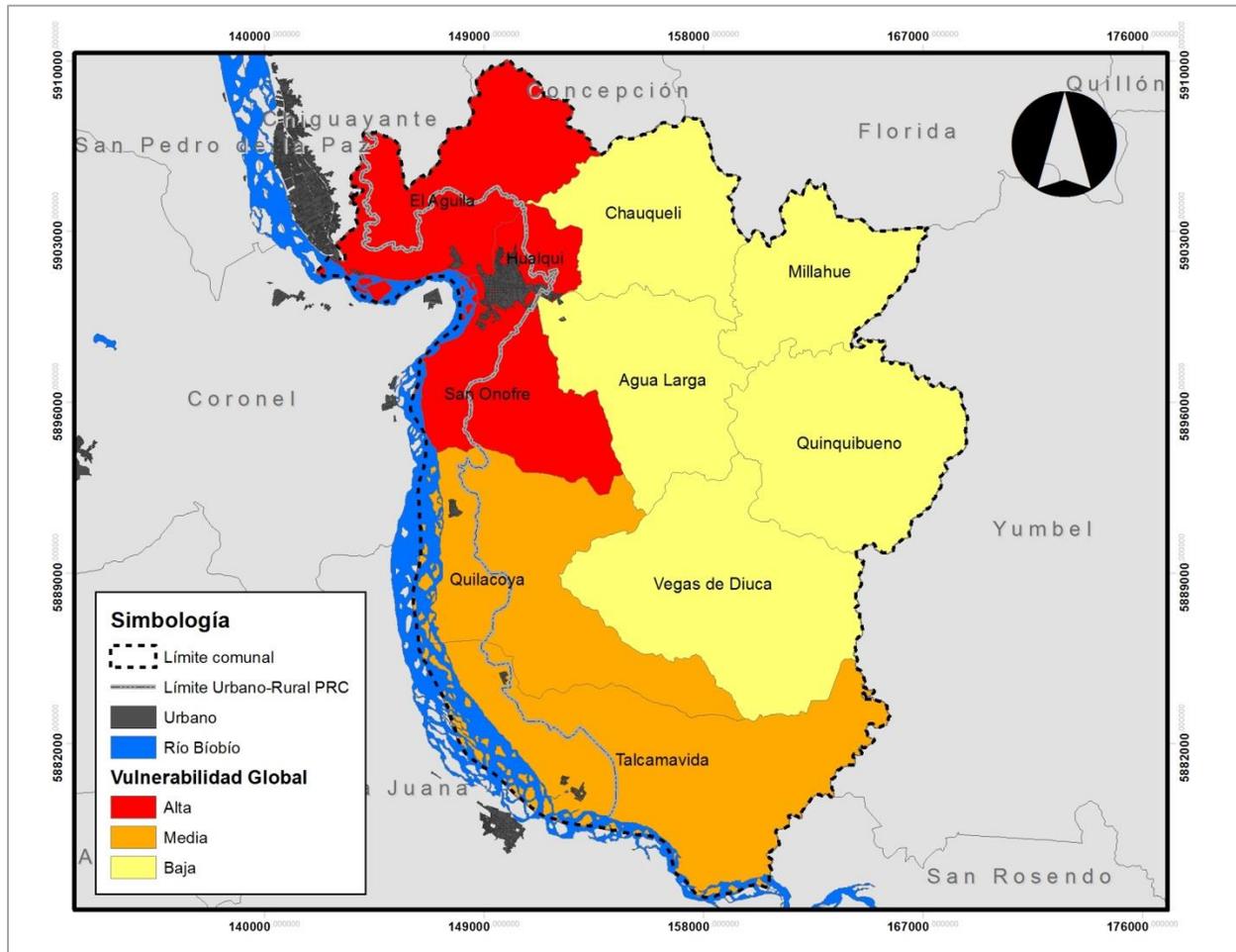
Para la evaluación de la vulnerabilidad global se realizó una sumatoria de vulnerabilidades las cuales tienen igual peso.

Tabla n°28. Matriz de ponderación para evaluar vulnerabilidad global en las localidades de la comuna de Hualqui

Localidad Vulnerabilidad	Hualqui	Quilacoya	Unihue	Talcamávida
Estructural de la vivienda	Media (2)	Media (2)	Media (2)	Media (2)
Socio-Económica	Media (2)	Media (2)	Baja (1)	Baja (1)
Educativa	Media (2)	Media (2)	Alta (3)	Media (2)
Cultural	Alta (3)	Media (2)	Media (2)	Alta (3)
Ambiental	Alta (3)	Media (2)	Media (2)	Media (2)
Institucional/Política	Media (2)	Alta (3)	Media (2)	Media (2)
Social	Alta (3)	Baja (1)	Media (2)	Baja (1)
Vulnerabilidad Global	17	16	14	13
Dónde:				
7 a 11 puntos = Vulnerabilidad Baja				
12- 16 puntos = Vulnerabilidad Media				
17- 21 puntos = Vulnerabilidad Alta				

Por lo tanto, dentro de la comuna de Hualqui se presenta una vulnerabilidad global diferenciada: vulnerabilidad media en las localidades de Quilacoya, Unihue y Talcamávida; vulnerabilidad alta en la localidad de Hualqui. (Figura n° 57)

Figura n° 57. Mapa vulnerabilidad global comuna de Hualqui, según distritos censales

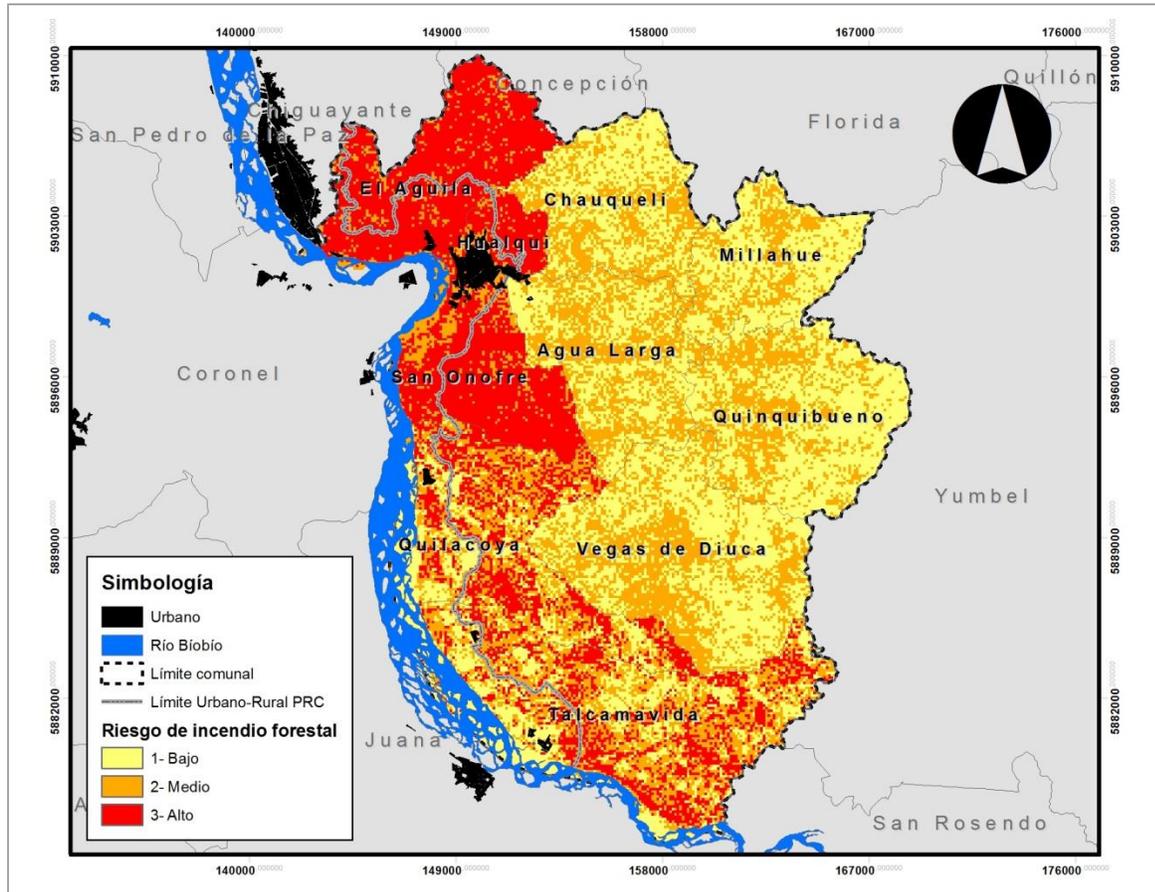


Fuente: Elaboración propia

6.3 Evaluación del riesgo de incendio forestal

Para la evaluación del riesgo de incendio forestal se realizó una multiplicación de los resultados de amenaza versus vulnerabilidad global antes descritos.

Figura n° 58. Mapa vulnerabilidad global comuna de Hualqui, según distritos censales



Fuente: Elaboración propia

Tabla n°29. Resultados superficie en riesgo de incendio forestal

Riesgo	Superficie (Km ²)	% de la superficie comunal
Bajo	210	40%
Medio	190	36%
Alto	130	24%

Fuente: Elaboración propia

VII CONCLUSIONES

Los resultados indican que el 37% (196 km²) de la superficie comunal tiene un alto grado de amenaza de incendio forestal, el 40% (214 km²) de la comuna tiene un grado medio de amenaza y solo un 23% (120 km²) tiene un grado bajo de amenaza.

Dentro de la comuna de Hualqui se presenta una vulnerabilidad global diferenciada: vulnerabilidad media en las localidades de Quilacoya, Unihue y Talcamávida; y vulnerabilidad alta en la localidad de Hualqui.

Finalmente se evaluó el riesgo de incendio forestal, como el resultado de la amenaza y la vulnerabilidad global. Los resultados indican que el 60% de la superficie de la comuna de Hualqui posee un grado medio a alto (medio 36% y alto 24%). En esta área se encuentran las áreas más densamente pobladas del PRC Hualqui. Mientras que el 40% de la superficie restante tiene un grado bajo de riesgo de incendio forestal, concentrada en las áreas fuera del límite urbano-rural del PRC.

Parte de las limitaciones de este estudio es la dificultad mostrar los resultados de esta investigación a la comunidad de las localidades de Hualqui, Quilacoya, Unihue y Talcamávida que mostraron un interés en saber cuál es el grado de riesgo de incendio forestal, una especie de diagnóstico que les indique las potenciales y las debilidades de habitar sus territorios.

Una de las potencialidades más evidentes en la presencia de comunidades unidas, con figuras de líderes con los cuales pueden contar frente a emergencias forestales.

Otras medidas que le municipio y la comunidad en general deben potenciar son:

- Facilitar la creación de una propia compañía de bomberos para acortar los tiempos de espera ante emergencias forestales
- Difundir los números de emergencias forestales
- Crear y difundir planes de evacuación de incendios forestales
- Velar por una mayor participación de la comunidad en la elaboración del PRC

VIII DISCUSIÓN

En los últimos 40 años existe un aumento de la amenaza de incendio forestal producto de la implementación del modelo forestal en Chile. Se ha intensificado la plantación de monocultivos, los cuales no solo han transformado el paisaje, sino que además contribuyen al aumento de la amenaza puesto que no hay un manejo adecuado que tienda a disminuir los eventos de incendio forestal. Por otra parte las políticas públicas no se han hecho cargo para incorporar la evaluación de peligro de incendio en los instrumentos de planificación territorial, lo que sin lugar a dudas incide en el aumento de la vulnerabilidad, entendiendo que el riesgo es construido socialmente.

La falta de estudios de riesgo, el caso particular de Chile, es la gran responsable de la incapacidad de poder prevenir y paliar los efectos de los eventos de incendios forestales, que al desencadenarse llegan a producir verdaderos desastres naturales, aumentado por las malas políticas de las administraciones públicas, que pese a contar con experiencia y recursos para actuar con carácter preventivo, no se consigue que en planeamientos urbanísticos integren estudios de riesgos de tipo forestal. En Chile existe una dicotomía en cuanto a la ocupación territorial y los registros incendios forestales en Chile, por lo tanto se hace necesario conocer las áreas potencialmente vulnerables a sufrir daños productos de estos fenómenos.

Particularmente en Chile, considerando el contexto de forestal en el cual se encuentra inserto la amenaza de incendio forestal, donde se presenta una superficie extensa de material susceptible de ser quemado.

El MINVU ha propuesto un abordaje sectorial de este fenómeno en la Circular MINVU 269 intentando hacerse cargo de esta amenaza en los IPT comunal. En este contexto la comuna de Hualqui se encuentra desarrollando su PRC y por sus condiciones de interfaz urbano-forestal, este estudio aporta mediante la validación de una metodología para la evaluación de la amenaza de incendio forestal que esté en sintonía con lo propuesto por los planificadores.

IX BIBLIOGRAFÍA

ALCARAZ, F. (2012). El factor fuego. En F. Alcaraz, Geobotánica. Ciudad de Murcia.

BECK, U. (2000). Retorno a la teoría de la sociedad del riesgo. Boletín de la A.G.E N° 30, 9-20.

CARDONA, O, (2001) Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Taller regional de capacitación para la administración de Desastres Naturales. Informe Técnico.

CASTILLO S., MIGUEL; JULIO A., GUILLERMO; PEDERNERA A., PATRICIO. (2001) procedimiento de validación para simulador de expansión de incendios forestales del sistema Kitral. Revista Geográfica de Chile Terra Australis. N°46. Página 163-180.

CASTILLO, M. (2003) Incendios forestales y medio ambiente: Una síntesis global. Laboratorio de incendios forestales, Universidad de Chile. Chile.

CASTILLO, M; PEDERNERA, P & PEÑA, E. (2003) Revista ambiente y desarrollo de CIPMA. Vol XIX, N° 3 y 4. 44-53 pp.

CHUVIECO, E. M. (1998). Geografía e incendios forestales. Serie Geográfica, 11-17.

CHUVIECO, E. Y MARTÍN, M. (2004). Métodos para la integración de variables de riesgo: el papel de los sistemas de información geográfica. En E. y. Chuvieco, Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales (págs. 143-176). Madrid.

CONAF (2014) *Estadísticas históricas de incendio forestales en Chile*. Disponible en: <http://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/>

ETXEVERRIA, P. (2002) cartografía de peligro de incendios forestales mediante sistemas de información geográfica y modelo de propagación. XIV Congreso internacional de ingeniería gráfica. Santander, España.

FERRANDO (2004). Los riesgos geográficos y su impacto en la sociedad: amenazas y desastres.” En: Revista de Urbanismo, N° 10, Santiago de Chile, publicación electrónica editada por el Departamento de Urbanismo, F.A.U. de la Universidad de Chile, junio 2004, I.S.S.N. 0717-5051.

CEPAL y GTZ. (2000). Sistematización Ránquil, Chile: una experiencia sobre la generación de condiciones para el desarrollo económico local. Santiago de Chile.

GARCÍA-TORNEL, F. (1984). La Geografía de los riesgos. Cuadernos críticos de Geografía Humana, Universidad de Barcelona.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. (2003). Censo 2002. Síntesis de resultados. Santiago de Chile: Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.

JAQUE Y BARRERA (2014) Evaluación de un modelo de peligro de incendio forestal: comuna de Ránquil, región del Biobío. Memoria para optar al título de geógrafo, Universidad de Concepción, 2012.

JULIO, G. (1990) Diseño de índices de riesgo de incendios forestales para Chile. Revista BOSQUE 11(2): 59-72.

MANRIQUE, E. (1999). Índice de vegetación. Aplicación del NDVI. VIII Congreso nacional de teledetección., (págs. 217-219). Albacete, España.

MARDONES, M., & CLAUDIA, V. (2001). La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana de la ciudad de Concepción. Revista EURE, Santiago, Chile.

MASKREY, A. (1993). *Los Desastres no son naturales*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

MORA, J., GARCÍA, L., SOL, L. (2008). Ciencias de la Tierra para la Sociedad, Año Internacional del Planeta Tierra, México.

LARRAÍN, P., & SIMPSON-HOUSLEY, R. (1994). Percepción y prevención de catástrofes naturales en Chile. Santiago: Universidad Católica de Chile.

LARRAÑAGA, O. Y HERRERA, R. (2010). Encuesta Post Terremoto 2010: Principales resultados. Efectos en la calidad de vida de la población afectada por el terremoto/tsunami. Ministerio de Planificación y PNUD, Santiago.

PEDERNERA, P; CASTILLO, M; JULIO, G. (2004) *Uso de los SIGs para el seguimiento y evaluación de grandes incendios forestales en Chile*. Revista Geográfica de Chile Terra Australis. N° 49 Página 141-155.

RUIZ, L. A.-S. (2001). Mejora de la eficiencia en la segmentación de imágenes por texturas mediante filtros de energía. Teledetección: Medio Ambiente y Cambio Global. Proceedings del IX Congreso. Lleida.

WILCHES-CHAUX, G. (1989). Desastres, ecologismo y formación profesional: herramientas para la crisis. Popayán, Servicio Nacional de Aprendizaje.

VALENTÍ, V. (1984). Las distintas visiones geográficas de las relaciones entre naturaleza y Hombre. Revistas de Geografías, volumen XVIII, Barcelona, 5.

ANEXOS

 ENCUESTA VULNERABILIDAD ANTE AMENAZA DE INCENDIO FORESTAL COMUNA DE HUALQUI CHILE 			
IDENTIFICACIÓN DEL ENCUESTADO			
Edad:		N° de encuesta:	
Sexo:	F - M	Coordenadas UTM	
Sector/Localidad:		X:	Y:
PERCEPCIÓN DEL RIESGO			
1. ¿Se considera su vivienda expuesta a la amenaza de incendio forestal?		2. ¿Reconoce su comuna como expuesta a incendios forestales?	
3. ¿Considera que el tipo de vegetación cercana influye en la exposición al riesgo?			
a) Sí		a) Sí	
b) No		b) No	
VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA			
1. Tipo de Estructura:		2. Función:	
3. Edad de la Construcción			
a) Casa		a) Residencial	
b) Edificio		b) Comercial	
c) Iglesia		c) Industrial	
d) Lote Baldío		d) Educativa	
e) Tugurio		e) Servicio Público	
f) Instalación/fábrica		f) Centro de Salud	
		g) Recreación	
		h) Agricultura	
4. Estado Físico		5. Número de pisos	
6. Paredes / Sistema Estructural			
a) Bueno		a) 1 piso	
b) Deteriorado		b) 2 pisos	
c) Muy Deteriorado		c) 2 pisos	
		d) 3-5 pisos	
		e) Más de 5 pisos	
			g) Adobe
7. Cimientos		8. Tipos de Techo	
9. Saneamiento Básico			
a) Sí		a) Tejas de Barro	
b) No		b) Lámina de Asbesto	
		c) Lámina de Zinc	
		d) Concreto	
			e) Pozo negro
			f) Gas
VULNERABILIDAD SOCIO-ECONÓMICA			
1. Tipo de propiedad vivienda		3. La persona que más aporta en el hogar, ¿En qué sector laboral se desempeña?	
4. ¿En qué rango de ingreso familiar se ubica su hogar?			
Casa Propia		a) Sector Servicios	
Arrendada		c) Sector Comercio	
			a) <90.000
			b) 90.000-182.000

Allegado		e) Sector Industrial		c) 182.00-340.000	
2. Hacinamiento		b) Sector Pesquero		d) 340.000-450.000	
Leve		d) Pensionado		e) 450.000-600.000	
Medio		f) Otro Sector. Especificar cuál:		f) 600.000-750.000	
Grave				g) 750.000-900.000	
				h) > 900.000	
VULNERABILIDAD EDUCATIVA					
1. ¿Qué nivel de estudios posee usted?		2. ¿A cuál Sistema Educativo pertenecía su institución educacional?		3. ¿Usted sabe lo que es un incendio forestal?	
a) Básica Incompleta		a) Municipal		a) Sí	
c) Básica Completa		b) Particular		b) No	
e) Media incompleta		c) Particular/Subv.			
b) Media Completa		d) Otro (s)			
d) Superior incompleta					
f) Superior Completa					
4. ¿Conoce las causas de la generación de este fenómeno?		5. ¿Usted cree que puede ocurrir un evento de incendio forestal en su localidad?		6. ¿Usted sabe si los incendios forestal pueden generar destrucciones de magnitudes?	
a) Sí		a) Sí		a) Si	
b) No		b) No		c) No	
Si la respuesta es Sí, responder como ve este tipo de peligro		Si la respuesta es Sí, responder cuáles causas conoce		Si la respuesta es sí, responder por qué	
7. ¿Piensa usted que su comuna está amenazada por eventos de incendio forestal?		8. ¿Cuál de las siguientes alternativas utilizó o utilizaría usted al verse enfrentado(a) a un fenómeno incendio forestal?		9. Al llegar a un lugar alejado de la zona de peligrosidad ¿Usted sabía que era un lugar seguro?	
a) Sí		a) Espero en su hogar tranquilamente		a) Sí	
b) Tal vez		b) Dirigirse al lugar más lejano de la zona de emergencia		b) No	
c) No		c) Trato de salvar la mayor cantidad de bienes materiales		c) Tal vez	
d) N/S, N/R		d) Rápidamente se dirigió a una zonas de seguridad propuestas por la municipalidad		d) N/S, N/R	
		e) Otra. Indicar cuál:			
10. ¿Usted conoce el actual plan regulador de la comuna?		11. ¿Usted maneja algún conocimiento acerca del uso de suelos de la ciudad?		12. ¿Usted conoce algún plan de evacuación frente a los riesgos de incendio forestales?	
a) Sí		a) Si		a) Sí	
b) No		b) No		b) No	

VULNERABILIDAD CULTURAL			
1. ¿Se siente amenazado por algún tipo de riesgo natural?		2. Conoce bajo qué amenaza natural se encuentra su comunidad	
a) Sí		a) Sí	
b) No		b) No	
Si la respuesta es Sí especificar cuál(es) elementos del plan regulador conoce		Si la respuesta es Sí especificar cuál(es)	
4. Usted se informa sobre eventos naturales como incendios forestales a través de:		5. La información entregada por los medios de comunicación sobre eventos naturales (en especial incendios forestales), para usted:	
a) Radio		a) Es importante	
b) TV		b) Es muy importante	
c) Organizaciones locales de protección civil		c) Poco relevante	
d) Campañas informativas del gobierno			
e) Centros educativos			
f) Otras vías			
VULNERABILIDAD AMBIENTAL			
1. ¿Usted sabe de algún recurso natural en la comuna que esté siendo explotado inadecuadamente?		2. ¿Usted conoce alguna medida de protección del medio ambiente en la comuna?	
a) Si		a) Sí	
b) No		b) No	
		Si la respuesta es Sí indicar una o dos medidas:	Si la respuesta es Sí indicar la institución:
4. ¿Conoce cuál es la distancia "segura" entre su vivienda de una plantación forestal o de un bosque nativo?		5. ¿Realiza periódicamente una limpieza /roce de maleza durante la temporada de incendios?	
a) Sí		a) Sí	
b) No		b) No	
Si la respuesta es Sí indicar la distancia en metros:		Si la respuesta es Sí indicar los meses del año:	
VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL / POLÍTICA			
1. ¿Sabe si alguna institución ha puesto en práctica o propuesto alguna medida para reducir el riesgo de incendio forestal?		2. ¿Conoce los números de contactos de emergencia ante incendios forestales?	
a) Sí		a) Sí	
b) No		b) No	
		3. ¿Usted pertenece a alguna junta de vecinos?	
		a) Sí	
		b) No	

Evaluación de riesgo de desastre asociado a incendios forestales en la comuna de Hualqui:
Un aporte a la planificación territorial en el contexto de la implementación de la circular MINVU 269.

Si la respuesta es Sí, especificar el nombre de la institución:				
4. ¿En su localidad se han tomado medidas respecto a los problemas derivados de los fenómenos de incendio forestal?		5. ¿Quién cree usted que debe hacerse responsable de estos problemas?		6. ¿Usted considera que el plan regulador es efectivo en la tarea de disminuir los riesgos de incendio forestal?
a) Sí		a) Municipio		a) Sí
b) No		b) Bomberos		b) No
c) N/S, N/R		c) Institucion/Autoridad		
		d) ONG, etc.		
VULNERABILIDAD SOCIAL				
1. ¿Su comunidad se encontrar unida al momento de ocurrir un incendio forestal?		2. Al ocurrir el fenómeno de incendio forestal ¿hubo alguien que tomó el cargo de líder (innato) para guiar a la comunidad (vecinos) por una vía de evacuación o de rescate?		
a) Si		a) Sí		
b) No		b) No		