



Universidad de Concepción

Dirección de Postgrado

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía

Programa de Magíster en Análisis Geográfico

Análisis de las variables que influyen en el proceso de evacuación ante incendio forestal en la zona de interfaz de la comuna de Penco.

Trabajo Final para optar al grado de Magíster en Análisis Geográfico



Natalia Isabel Jara Jaramillo

CONCEPCIÓN-CHILE

2021

Profesor Guía: Octavio Rojas Vilches

Profesora Co-guía: Katia Sáez Carillo

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía

Universidad de Concepción

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a mi profesor guía Dr. Octavio Rojas por su paciencia, dedicación y preocupación para guiar el trabajo final y que yo terminara de la mejor manera, como también por ayudarme a crecer como profesional al considerarme en sus proyectos. A la Dra. Katia Sáez, mi profesora Co-guía por su buena disposición en ayudarme en la parte estadística de este trabajo. También quisiera agradecer a todos a quienes me han brindado apoyo cuando sentía que no terminaba nunca este trabajo, familia y amigos. Y también, y no menos importante a las personas que tuvieron la buena disposición de colaborar con mi tesis en estos tiempos de pandemia.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo general.....	5
2.2. Objetivos específicos.....	5
3. MARCO DE REFERENCIA	6
3.1. Riesgos naturales.....	6
3.1.1. Riesgo	6
3.1.2. Peligro	7
3.1.3. Exposición	8
3.2. Incendios forestales	8
3.3. Zona de Interfaz	9
3.3.1. Zona de interfaz urbano-rural	9
3.3.2. Zona de Interfaz urbano-forestal	10
3.4. Evacuación.....	11
3.4.1. Tipos de evacuación	11
3.4.2. Pasos de una evacuación	12
3.4.3. Factores de evacuación	13
3.5. Instrumentos de Gestión del Riesgo en Chile	16
3.5.1. Instrumentos de gestión del riesgo en Penco.....	18
3.6. Incendios forestales en Chile y en Penco.....	20
4. MATERIALES Y MÉTODOS	23
4.1. Área de Estudio	23
4.1.1. Subsistema físico-natural	24
4.1.2. Subsistema humano.....	26
4.2. Metodología	27
4.1.1. Primera parte	27
4.1.2. Segunda parte.....	29
4.1.3. Tercera parte.....	31
5. RESULTADOS.....	33
5.1. Caracterización población expuesta a incendios forestales en zona de interfaz	33
5.2. Determinación factores predominantes en un proceso de evacuación	39

5.2.1.	Caracterización de la muestra	39
5.2.2.	Factores de evacuación	40
5.3.	Propuesta de variables de evacuación en los Instrumentos de Gestión del riesgo comunal.....	44
6.	DISCUSIÓN.....	47
6.1.	Caracterización exposición	47
6.2.	Factores de evacuación	48
7.	CONCLUSIONES.....	50
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
9.	ANEXOS	63

Índice de tablas

Tabla 1. Enfoque de riesgo	6
Tabla 2. Fenómenos naturales eventualmente peligrosos	7
Tabla 3. Factores que determinan el comportamiento de evacuación	14
Tabla 4. Falencias de los instrumentos de gestión del riesgo.	18
Tabla 5. Normas sobre riesgo de incendios forestales.....	18
Tabla 6. Distribución superficie sistema de drenaje	24
Tabla 7. Usos de suelos, comuna de Penco	25
Tabla 8. Tasa de pobreza según ingresos	26
Tabla 9. Elementos exposición	28
Tabla 10. Factores de evacuación	30
Tabla 11. Reclasificación resultados factores de evacuación.....	30
Tabla 12. Prueba de Chi ²	35
Tabla 13. Nivel de percepción del riesgo de incendio forestal	40
Tabla 14. Nivel de preparación de autoridades	41
Tabla 15. Nivel de preparación de comunidad.....	42
Tabla 16. Credibilidad de la información ante aviso de evacuación	43
Tabla 17. Propuesta integración de variables de evacuación en los ITP	44

Índice de figuras

Figura 1. Triángulo de fuego	9
Figura 2. Evolución del espacio Interfaz urbano-rural (I-UR).....	10
Figura 3. Cronología proceso de evacuación	12
Figura 4. Modelo de advertencia y comunicación del peligro	13
Figura 5. Ocurrencia y superficie afectada a nivel nacional	20
Figura 6. Ocurrencia y superficie afectada a nivel regional	21
Figura 7. Ocurrencia y superficie afectada Penco.....	22
Figura 8. Área de estudio	23
Figura 9. Sistema de drenaje	25
Figura 10. Porcentaje población femenina y masculino	33
Figura 11. Porcentaje por sexo según distrito censal.....	33
Figura 12. Porcentaje población según rangos de edad.....	34
Figura 13. Total de población inmigrante según distrito censal.	34
Figura 14.A) Porcentaje población perteneciente a etnia y B) Porcentaje población perteneciente a etnia según distrito censal	35
Figura 15. Variables de exposición por niveles. A) Pobl. total; B) Pobl. femenina; C) Pobl. menor a 5 años; D) Pobl. Mayor a 65 años; E) Pobl.Inmigrante y D) Pobl. Indígena.....	37
Figura 16. Exposición zona de interfaz	38
Figura 17. Sexo (A) y edad (B)	39
Figura 18. Nivel de estudios (A) y religión (B)	40
Figura 19. ¿En su población se han organizado en quienes trasladarán a?	42
Figura 20. Obstáculos de evacuación	44

SIGLAS

- **CRED:** Centro de Investigaciones sobre la Epidemiología de los Desastres
- **CONAF:** Corporación Nacional Forestal
- **INE:** Instituto Nacional de Estadística
- **GORE:** Gobierno Regional Biobío, Chile
- **MDS:** Ministerio de Desarrollo Social
- **OEA:** Organización de los Estados Americanos
- **ONEMI:** Oficina Nacional de Emergencia, Chile.

RESUMEN

Un incendio forestal es un fuego que se propaga sin control, en terrenos rurales o cerca de viviendas, a través de árboles, matorrales y pastizales. Estos se ven incrementados en su frecuencia y afectación, por el cambio climático, cambios en el uso de suelo y la expansión urbano-forestal, causando impactos ambientales como daños a la propiedad o pérdidas de vidas humanas, obligando así a la evacuación de la población. La evacuación tiende a ser desordenada, y en su desarrollo existen factores que influyen a nivel individual, social, situacional y organizacional. Por ello, estudiar las variables de evacuación permitirá que se puedan elaborar estrategias de mitigación eficaz y eficientes, contribuyendo a disminuir los tiempos de respuestas y las pérdidas de vidas humanas.

Para lograr dicho objetivo, en primer lugar, se realizó una caracterización de la exposición, de acuerdo con la información proporcionada por el Censo 2017. Una segunda etapa, determinó los factores de evacuación, mediante una encuesta telefónica y por correo electrónico a los actores claves que participaron de un estudio desarrollado por el EULA el año 2018. Se consultó sobre la percepción del riesgo, la preparación y la credibilidad de la información. La tercera etapa se desarrolló, revisando los instrumentos de gestión del riesgo tanto a nivel comunal, como regional y nacional, con el fin de establecer medidas que involucren las variables de evacuación.

Se determinó que el 41% de la superficie presentó una exposición baja, un 15% una exposición media y una alta exposición el 24%, concentrado en los sectores de Lirquén, Fábrica y Penco. Además, se reportó que el 20% de la superficie no se encontró expuesto a incendio forestal. Respecto a los factores de evacuación, la población femenina tuvo una mayor percepción del riesgo y afirmó que los habitantes se encuentran poco preparados. A su vez, para la variable credibilidad de la información, no se reportaron diferencias por sexo en la entrega de la información, a excepción cuando lo anunció el gobierno, donde la desconfianza de la información fue mayor para las mujeres (74%). Por último, el 40% de las iniciativas fueron para el Plan regulador, un 33% para un Plan de acción y un 27% para un Plan de emergencia.

Palabras claves: Riesgo natural, incendios forestales, zona de interfaz, factores de evacuación e instrumentos de gestión del riesgo.

ABSTRACT

A forest fire is a fire that spreads uncontrolled, in rural areas or near homes, through trees, bushes and grasslands. The frequency and incidence of these fires is increasing due to climate change, changes in land use and urban-forest expansion, causing environmental impacts such as damage to property or loss of human life, thus forcing the evacuation of the population. Evacuation tends to be disorderly, and its development is influenced by individual, social, situational and organizational factors. Therefore, studying the evacuation variables will allow the development of effective and efficient mitigation strategies, contributing to reduce response times and loss of human lives.

To achieve this objective, firstly, a characterization of the exposure was carried out, according to the information provided by the 2017 Census. A second stage, determined the evacuation factors, through a telephone and email survey of key stakeholders who participated in a study developed by the EULA in 2018. They were consulted on risk perception, preparedness and credibility of information. The third stage was developed, reviewing risk management instruments at the communal, regional and national levels, in order to establish measures involving evacuation variables

It was determined that 41% of the surface area had low exposure, 15% had medium exposure and 24% had high exposure, concentrated in the sectors of Lirquén, Fábrica and Penco. In addition, it was reported that 20% of the surface area was not exposed to forest fires. Regarding evacuation factors, the female population had a higher perception of risk and stated that the inhabitants are not very well prepared. In turn, for the information credibility variable, no differences were reported by sex in the delivery of information, except when it was announced by the government, where distrust of the information was greater for women (74%). Finally, 40% of the initiatives were for the Regulatory Plan, 33% for an Action Plan and 27% for an Emergency Plan.

Key words: Natural risk, forest fires, interface zone, evacuation factors and risk management instruments.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

En los últimos años, se ha producido un aumento en la frecuencia e intensidad de los desastres naturales, lo que se traduce en mayor población afectada y en pérdidas económicas significativas (Kunreuther y MichelKerjan, 2009; Cummins y Mahul, 2009). Entre los años 2000-2019, se produjeron 7.348 desastres naturales, los cuales provocaron 1,2 millones de fallecidos y pérdidas económicas de \$2,9 billones de dólares; siendo mayores en comparación a los periodos entre 1980 y 1999, con 4.212 desastres y cobrando la vida 1,2 millones de víctimas. Las pérdidas económicas alcanzaron los \$1,6 billones de dólares (CRED, 2020).

De acuerdo con CRED (2019a), 4.100 billones de personas estuvieron expuestas a diversas catástrofes. En primer lugar, las inundaciones y las tormentas afectando a 2.900 y 1.900 millones de personas en el mundo, mientras que los terremotos e incendios forestales han afectado a 142 y 91 millones de habitantes. Estos últimos generando efectos principalmente las zonas mediterráneas del planeta (Castillo, 2020).

Los incendios forestales, se han incrementado sustancialmente en ocurrencia y gravedad (Clarke *et al.*, 2013). Obedeciendo a una serie de factores de índole físico, climáticos, bióticos y humanos por la expansión urbana forestal (Carmona *et al.*, 2012; McWethy *et al.*, 2018; González *et al.*, 2018; Urrutia-Jalabert *et al.*, 2018; Gómez-González *et al.*, 2019). De acuerdo con Altamirano *et al.*, (2013) las mayores concentraciones de incendios se producen donde existe una alta exposición de población e infraestructuras, cercanos a caminos, exponiendo la vida de las personas y forzando a una evacuación a gran escala en áreas residenciales e instalaciones comerciales e industriales (Veeraswamy *et al.*, 2018).

En los procesos de evacuación ante incendio forestal, el comportamiento de las personas es considerado un factor clave, el cual depende en gran medida de la distribución espacio temporal de los eventos, así como de la ruta de evacuación (Beloglazov *et al.*, 2016). Por ende, tener claridad de la conducta a proceder generará planes efectivos de evacuación comunitaria (Fischer *et al.*, 1995).

En Chile, esta emergencia se empezó a extender a raíz de la implementación del modelo forestal, el cual comenzó en la década de 1970, coincidiendo con el

funcionamiento de la Ley de fomento forestal (Decreto N° 701) del año 1974 (Contreras, 2015). De acuerdo a CONAF, (2021c) entre las temporadas 1984-1985 a 2019-2020, el total de plantaciones forestales afectadas por incendios a nivel nacional ha sido de 87.287 hectáreas. Particularmente afectada ha resultado la comuna de Penco, ubicada en la costa de la región del Biobío, allí entre los periodos de 1984-1985 a 2019-2020, la superficie afectada correspondió a 9.365 hectáreas, principalmente en plantaciones de pino con el 71% (CONAF, 2021a).

Según la Ilustre Municipalidad de Penco, (2018) alrededor de 7.000 viviendas se encuentran ubicadas colindantes a plantaciones forestales, siendo una comuna que se encuentra conviviendo con este riesgo de forma permanente. Por lo tanto, el propósito de esta investigación es analizar las variables que influyen en un proceso de evacuación, con el fin de contribuir en medidas que sean eficaces y que permita a las autoridades generar procesos de evacuación eficientes.

1.2. Planteamiento del problema

En la última década, los incendios forestales se han convertido en una gran preocupación a nivel mundial, a raíz del significativo aumento en su frecuencia y afectación (North *et al.*, 2015). El cambio climático, así como los cambios en el uso del suelo y la expansión de la interfaz urbano-forestal (Westerling *et al.*, 2006; Keeley *et al.*, 1999), dada la continua presión de nuevas áreas residenciales en zonas aledañas a plantación forestal por el incremento de la población (Vásquez *et al.*, 2005; Castillo *et al.*, 2003), son señalados como los principales factores que estarían favoreciendo su mayor ocurrencia y propagación (Díaz-Hormazábal y González, 2018).

Los incendios en la zona de interfaz urbano-forestal se encuentran asociados eventos de gran envergadura, es decir, de alta intensidad e imposibles de controlar por los medios de extinción, en el que las viviendas y estructuras carecen de las protecciones necesarias frente a la magnitud y comportamiento de los incendios forestales, convirtiéndose en un problema en constante aumento (Caballero, 2004), principalmente por la falta de políticas públicas que regulen adecuadamente la construcción en territorios con un elevado riesgo de incendio forestal (Vélez, 2009).

El incremento de la expansión urbana en áreas con vegetación forestal ha contribuido a generar nuevos escenarios de conflicto, convirtiéndose en escenarios de emergencias para la protección civil (Montiel y Herrero 2010). De acuerdo a San Miguel-

Ayanz *et al.*, (2020) en Europa, entre los años 2000-2018 se han visto afectados 7,4 millones de hectáreas. A su vez, el año 2018 es un año destacado en cuanto incendios, siendo el evento de California considerado el más mortífero de la historia desde 1940, causando el fallecimiento de 88 personas y generando pérdidas económicas de 17 millones de dólares en daños (CREED, 2019b) generando grandes impactos ambientales y sociales (Castillo, 2011), los cuales se vieron reflejados en daños a la propiedad y pérdida de vidas humanas (Veeraswamy *et al.*, 2018), forzando a la evacuación a gran escala de áreas residenciales e instalaciones comerciales e industriales (Beloglazov *et al.*, 2016).

La evacuación es un proceso que conlleva facetas de comportamiento y gestión, la planificación de rutas y la ubicación de instalaciones de rescate temporales (Coutinho-Rodrigues *et al.*, 2012). Y la forma en que se lleva a cabo una evacuación influye en cómo se ven afectados los evacuados. En el caso de una evacuación por incendio forestal, tiende a ser una experiencia desordenada, ya que con frecuencia ocurren con poca o ninguna advertencia y en cualquier momento del día o de la noche (Mottershead *et al.*, 2020). Por lo tanto, es fundamental realizar estudios que midan los factores de evacuación ante incendio forestal, dado que existe poca literatura sobre esta amenaza en comparación con las inundaciones, terremotos, huracanes, que midan o analicen el comportamiento de la población ante un proceso de evacuación (MacGregor *et al.*, 2008; McCaffrey, 2004; Brenkert *et al.*, 2005; Martin *et al.*, 2007). Según Castillo *et al.*, (2020) entre los años 1964 a 2017, el promedio de incendios en Chile fue de 4.346 por año. Y las variables consideradas como impulsores en la ocurrencia y expansión, se encuentran: actores físicos, climáticos y bióticos como la elevación, pendiente, tipo de vegetación, así como factores humanos como la densidad de población, y la expansión de plantaciones de árboles exóticos, dado el dinamismo económico de la industria forestal en esta zona, con la explotación de especies no autóctonas como *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* (Heilmayr *et al.*, 2016; Aliste *et al.*, 2018; Manushevich *et al.*, 2019).

Los incendios forestales afectan principalmente a las regiones entre Valparaíso y Araucanía (Ubeda y Sarricolea, 2016; McWethy *et al.*, 2018; Bowman *et al.*, 2019), las zonas más densamente pobladas del país. De acuerdo a Sarricolea *et al.*, (2020) aproximadamente 3 millones de personas viven en sectores propensos a este evento. En este mismo sentido, las regiones que presentan la mayor cantidad de población expuesta a incendios forestales, en primer lugar, se encuentra el Biobío, con el 60% de sus

habitantes, le sigue la Araucanía (49%), Valparaíso y el Maule ambas con un 40% (Sarricolea *et al.*, 2020). En efecto, en enero y febrero de 2017 se desarrolló uno de los más grandes incendios registrados (Valencia *et al.*, 2018) con un costo asociado de \$333 millones de dólares, incluyendo fondos para el combate de emergencia y daños directos provocados a la salud e infraestructura (Laurenti, 2017) viéndose afectada una superficie de aproximadamente 594.783 hectáreas, entre las regiones de Valparaíso y el Biobío (De la Barrera y Ruiz 2017).

En cuanto a las comunas que se ven fuertemente afectadas a incendios forestales en la región del Biobío, se encuentra Penco, la cual es reconocida como “comuna critica” según el Plan Comunal de Protección de Incendios Forestales (CONAF, 2017). De acuerdo a EULA (2018a) las temporadas con mayor superficie afectada fueron 1998-1999 (4.193 hectáreas), 2008-2009 (2.054 hectáreas) y la temporada 2016-2017, con 3.118 hectáreas el cual correspondió al 29% de la superficie comunal.

Al respecto, de manera de combatir y prevenir los incendios forestales, el municipio cuenta con cinco instrumentos en la gestión del riesgo, como son el Plan Regulador Metropolitano de Concepción del año 2003 y el Plan Regulador Comunal del año 2007 donde se establecen las normativas urbanísticas frente a incendios forestales, como también con un Plan de evacuación desarrollado en verano del 2018, donde señalan los puntos de encuentros y albergues, finalmente, cuentan con un Plan de Acción el cual fue desarrollado el año 2018, el cual presenta iniciativas para la planificación y gestión del riesgo (EULA, 2018c). Por el contrario, no cuenta con un Plan Específico de Emergencia frente a Incendio Forestal, por lo tanto, resulta imperioso que los instrumentos presenten una mayor capacidad y eficiencia, de manera de generar medidas que no se vean restringidas por la falta de recursos contra la prevención y el combate (SEVEIF, 2010).

Así entonces, identificar los elementos que inciden o que dificultan un proceso de evacuación permitirá a los tomadores de decisiones puedan elaborar estrategias de mitigación eficaces y eficientes (Cid *et al.*, 2012) ayudando en la reducción de los costos de respuesta de emergencia, así como en la pérdida de vidas humanas (Mozumderm *et al.*, 2008).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Analizar las variables que influyen en el proceso de evacuación frente a incendios forestales en la zona de interfaz de la comuna de Penco.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la exposición frente a incendio forestal para los habitantes de la zona de interfaz.
- Determinar los factores predominantes al momento de evacuar ante incendio forestal.
- Establecer una propuesta para incorporar las variables de evacuación en los Instrumentos de Gestión del Riesgo Comunal.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Riesgos naturales

3.1.1. Riesgo

Según la ONU, riesgo es el producto de la probabilidad de ocurrencia de una amenaza o peligro natural, por la vulnerabilidad y la exposición (Ayala-Cardero, 1993 en Mardones y Vidal, 2001). En cambio, Lavell (2002), señala que el riesgo se produce entre la interrelación de las amenazas con las vulnerabilidades, las cuales son una construcción social, dinámica y cambiante en términos territoriales y sociales, siendo su expresión más nítida el nivel micro-social y territorial local. Riesgo se refiere a un contexto caracterizado por la probabilidad de pérdidas y daños en el futuro, las que van desde las físicas hasta las psicosociales y culturales. Es en consecuencia, una condición latente que capta una posibilidad de pérdidas hacia el futuro (Lavell, 2001).

Para Ayala-Cardero y Olcina (2003), se expresa como la probabilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita pueda verse afectado por un fenómeno natural de rango extraordinario. En cambio, Pagney, (1994) se refiere a riesgo como la antesala de la catástrofe.

Respecto a lo anterior, el concepto de riesgo no tiene una definición clara y precisa, cada autor le asignará una definición con diferentes enfoques. Ello genera que se confundan ciertos conceptos como desastre, catástrofe y riesgo, empleándose normalmente como sinónimos (Ayala-Cardero y Olcina, 2003). De esta manera, los autores (Tabla 1) lo definen de la siguiente manera:

Tabla 1. Enfoque de riesgo

	Enfoque naturaleza	Enfoque social	Enfoque territorial
Riesgo	Umbral de la dinámica natural de carácter extraordinario rebasado por el hombre en el desarrollo de sus actividades.	Grado de aceptación de la peligrosidad natural por un grupo humano.	Plasmación territorial de una actuación humana poco acorde con los rasgos extremos del medio donde tiene lugar.
Catástrofe	Efectos en una sociedad de un episodio natural de rango extraordinario.		
Desastre	Grado superior de una catástrofe que obliga a la puesta en marcha de ayuda extrema al territorio afectado.		

Fuente: Ayala-Cardero y Olcina, (2003).

3.1.2. Peligro

El Peligro se define como, elementos del medio físico y biológico que son perjudiciales para el hombre y causados por fuerzas ajenas a él (Burton y Kates, 1964).

A su vez, Andrade y Laporta (2009), indican que un fenómeno solo adquirirá la condición de peligro y formará parte del riesgo, cuando su ocurrencia se produzca en un territorio ocupado por una determinada comunidad. Es decir, un peligro se considera como tal, cuando puedan verse afectados los bienes o las vidas de las personas por un fenómeno natural o provocado por el hombre (Escobar-Gómez, 2007). A continuación, se presenta una clasificación que elaboró la OEA, (1993) de los fenómenos naturales potencialmente peligrosos (Tabla 2).

Tabla 2. Fenómenos naturales eventualmente peligrosos

Atmosféricos	Sísmicos
Tempestades de granizos Huracanes Rayos Tornados Tempestades tropicales	Ruptura de fallas Sacudimiento del terreno Esparcimiento lateral Licuefacción Tsunamis Seiches
Otros fenómenos geológicos	Hidrológicos
Avalanchas por derrubio Suelos expansivos Deslizamiento de tierras Caída de rocas Deslizamientos submarinos Hundimiento	Inundaciones costeras Desertificación Salinización Sequia Erosión y sedimentación Inundaciones de ríos Tempestades marinas y marejadas
Volcánicos	Incendios
Tetra (cenizas) Gases Flujos de lava Flujos de lodo Proyectiles y explosiones laterales Flujos piroclásticos	Chamarasca Bosques Pastos Sabana

Fuente: OEA, (1993).

3.1.3. Exposición

La exposición es definida como un estado de susceptibilidad que tiene el asentamiento humano de ser afectado por estar en el área de influencia de los fenómenos peligrosos y por su fragilidad física (Cardona,2001).

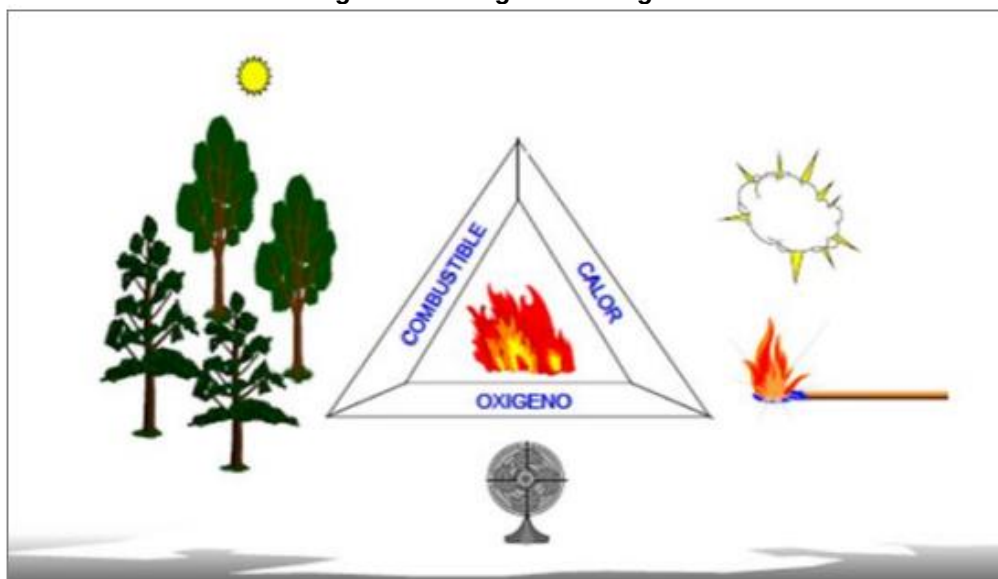
Por otra parte, Olcina (2006, p.65) lo define como “conjunto de bienes a preservar que pueden ser dañados por la acción de un peligro. Puede ser humana, económica, estructural o ecológica. La exposición en un mismo emplazamiento puede variar a lo largo del día o estacionalmente”. Es decir, se refiere a los materiales de las construcciones y a la distribución de la población, manifestándose en las precarias edificaciones, en la falta de servicios, edificaciones en áreas inestables, lo que en su conjunto constituyen la combinación de elementos materiales, infraestructura y población potencialmente afectadas ante un evento adverso (Caram y Pérez ,2006).

3.2. Incendios forestales

Un incendio forestal es un fuego que se propaga sin control, en un área forestal y cuya quema no cumple funciones ni objetivos de gestión, por lo que requiere trabajos de extinción. Es un evento no deseado, que genera una serie de consecuencias económicas y ecológicas calificadas como daños y perjuicios (Salas y Cocero 2004).

Los incendios forestales son producidos por 2 causas: naturales (ej. caída de un rayo) y antrópicos (ej. colillas de cigarrillos mal apagadas, vidrios rotos, fogatas mal apagadas, intencionales). Para definir como se producen los incendios forestales, se debe recurrir al “Triángulo del fuego” (Figura 1) el cual consiste en la unión de tres elementos; combustible, calor y oxígeno (Ayala y Olcina 2002 en Contreras, 2015).

Figura 1. Triángulo de fuego



Fuente: Ayala y Olcina 2002 en (Contreras, 2015).

Para Martínez, (2007) la propagación de incendios forestales depende de 2 factores: naturales y antrópicos. En el primero de ellos se encuentran: el clima y los cuadros atmosféricos (humedad, viento, temperatura y radiación solar). Y en el componente antrópico la disponibilidad de recursos para combatir el fuego y la accesibilidad al área que se encuentra en llamas (Moreira *et al.*, 2011; Viegas 2006).

3.3. Zona de Interfaz

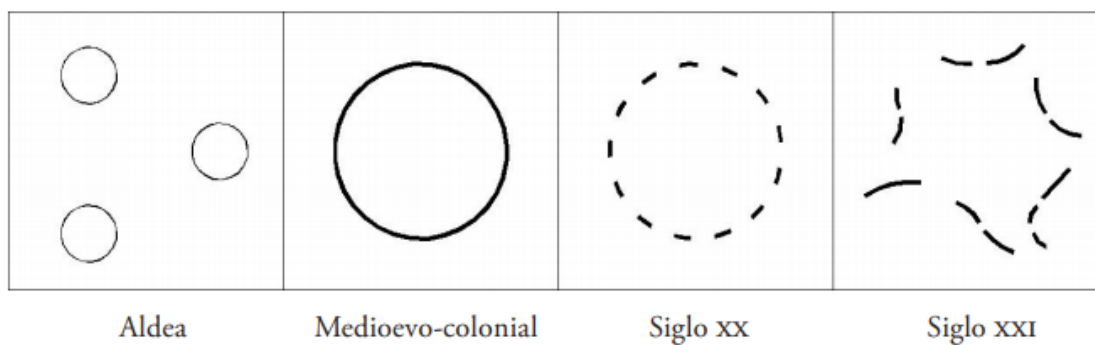
3.3.1. Zona de interfaz urbano-rural

El área interfaz urbano-rural, es definido como una zona de contacto entre el sistema urbano y rural; siendo un espacio en el cual las estructuras rurales se subruralizan y las estructuras urbanas se suburbanizan (Eizaguirre, 2001).

En un principio, las ciudades europeas preindustriales, se plasmaban a través de una muralla que dividía el área urbana del rural. Posteriormente, en las ciudades industriales, esta fragmentación era definida por cuñas o anillos verdes que buscaban el control de los vacíos, o por los planos de ensanche, cuyo objetivo era regular la expansión. A su vez, para las ciudades latinoamericanas, esta división era determinada la delimitación del uso de suelo urbano y rural. En la actualidad, las ciudades son dispersas, generando una urbanización disgregada que ha provocado la destrucción de las calidades ambientales, económicas y sociales del medio rural dando lugar a sistemas urbanos de

grandes dimensiones, discontinuos desde el punto de vista territorial, pero integrados en términos económicos y sociales (Figura 2). Se pasó de un espacio enclaustrado con límites definidos a uno fragmentado, es decir, los límites de las ciudades se encuentran rotos y no son claros, debido a su geométrica ambigüedad (López-Goyburu, 2017).

Figura 2. Evolución del espacio Interfaz urbano-rural (I-UR)



Fuente: López-Goyburu, (2017).

3.3.2. Zona de Interfaz urbano-forestal

El término “*wildland fire interface*” se empleó por primera vez en la década de los 70 en California para referirse a un tipo incendio era cada vez más frecuente en dicho Estado. La generalización del concepto se produjo a partir de 1985 como consecuencia de una serie de eventos, lo que motivó el año 1986 a la creación de un programa llamado “*National Wildland/Urban Interface Fire Protection Initiative*” (Pérez-Soba y Jiménez, 2019).

Una definición sencilla de interfaz urbano-forestal es la propuesta por Galiana, (2012) al denominarla como el área en el que el terreno forestal se une con las con zonas edificadas. Para Radeloff *et al.*, (2018) son el área donde las casas están cerca de la vegetación silvestre, es decir, el área donde los incendios forestales suponen el mayor riesgo para las personas debido a la proximidad de la vegetación inflamable

En cambio, para Caballero, (2004) corresponde a una línea, área donde las estructuras y otras construcciones humanas se encuentran o entremezclan con terrenos forestales no modificados o combustible de origen forestal.

De acuerdo con Davis, (1990) y Radeloff *et al.*, (2005) es posible distinguir 5 categorías de zonas de interfaz:

- **Anillo:** el cual se encuentra conformado por segmentos claramente demarcados que separan estructuras estrechamente unidas y consolidadas de otras que provisorias o de menor elaboración.
- **Intermix:** lo conforman estructuras dispersas, pero siempre manteniendo continuidad de combustible.
- **Área de oclusión:** se encuentra compuesto por islas o fragmentos cohesionados de combustibles, en general son pequeñas construcciones aisladas de material ligero.

Área de borde: coexisten asentamientos poblados y enclaves de vegetación combustible en sectores con topografía variable.

- **Vegetación:** el cual se encuentra rodeando en muchos casos, las áreas anteriormente descritas.

En conclusión, la interfaz urbano-rural y urbano forestal son áreas que no presentan un límite establecido, sino que se van adecuando de acuerdo con la continua expansión urbana de la población.

3.4. Evacuación

La evacuación, es un proceso en el que la población es transportada a un lugar más seguro (Shaw *et al.*, 2011).

3.4.1. Tipos de evacuación

La evacuación se divide en 2 tipos, a continuación, se describe cada uno.

a) Por su amplitud

Según la Universidad de Chile, (2019) la evacuación por amplitud es:

- **Evacuación parcial:** se desarrolla cuando el evento es detectado oportunamente y requiera la evacuación de un solo un sector (inundaciones y principio de incendio).

- **Evacuación total:** cuando la emergencia tiene un gran potencial de peligro para la población (incendio descontrolado, terremoto y tsunami).

b) Por sentido de desplazamiento

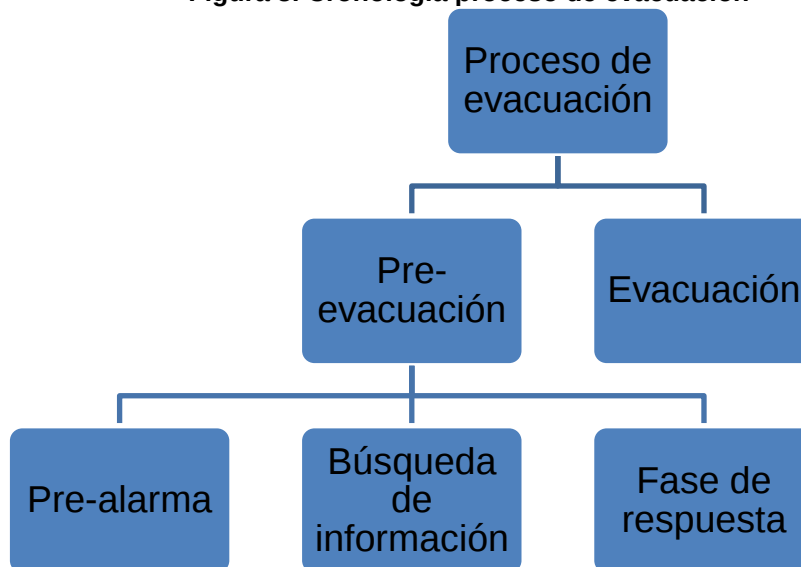
De acuerdo con ONEMI (2018), la evacuación por sentido de desplazamiento se divide en:

- **Evacuación horizontal:** es la acción de moverse de una habitación a otra o de una zona a otra. En el caso de tsunami debe ser siempre la primera opción el trasladarse a una zona de seguridad en terrenos altos.
- **Evacuación vertical:** es aquella que comprende el subir a los pisos superiores de los edificios.

3.4.2. Pasos de una evacuación

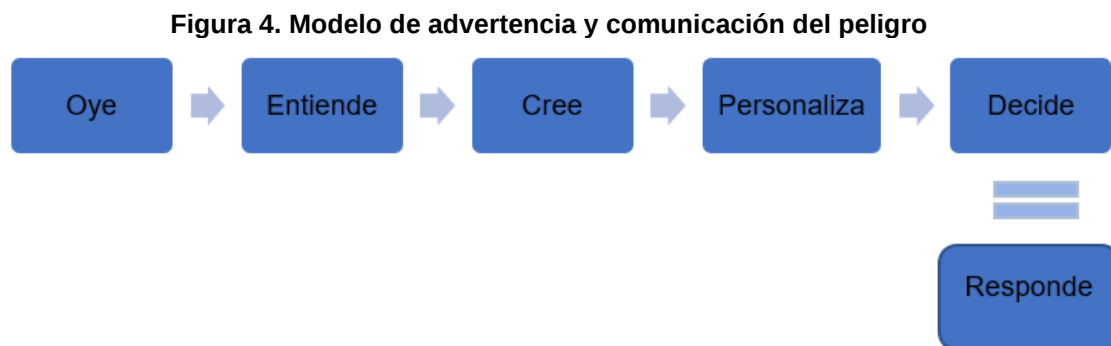
Un proceso de evacuación cuenta con dos periodos que son: el período de pre-evacuación y el de evacuación (Figura 3). El primero se divide en una fase de pre-alarma, búsqueda e interpretación de la información y una fase de respuesta (acción), el cual finaliza cuando se toma la decisión de evacuar. El instante más importante en el período de pre-evacuación es cuando las personas deciden si evacuar o no, la cual depende principalmente de la percepción que poseen sobre el riesgo y de otros factores (Kinatader *et al.*, 2015; Fridolf *et al.*, 2011).

Figura 3. Cronología proceso de evacuación



Fuente: Kinatader *et al.*, (2015).

Eso sí, antes de decidir si evacuar, los individuos reciben avisos y establecen su propia percepción del riesgo. Collin, (2004) señala que son cinco las etapas que se comunican y advierten del peligro. En primer lugar, la persona oye la advertencia (sirena) que lo conlleva a entender a que es un aviso de evacuación. Si la persona se ha visto afectada por experiencias pasadas tendrá una mayor receptividad de la altera, por lo tanto, creerá que la señal de alerta es real y la personalizará y la decisión que tomará será su respuesta (Figura 4).



Fuente: Collin, (2004).

3.4.3. Factores de evacuación

La decisión de evacuar depende exclusivamente de la percepción del riesgo que tenga la persona y la relación que existe entre la percepción y los factores individuales, sociales, situacionales y organizacionales (Kinatader *et al.*, 2015):

En primer lugar, se procederá a definir la percepción del riesgo, la cual es entendida como la evaluación subjetiva de que produzca un evento no deseado, la magnitud de sus consecuencias y las propias capacidades de afrontamiento (Michalsen 2003; Rayner y Cantor 1987; Wachinger *et al.*, 2013).

A continuación, se presenta los factores de evacuación, los cuales se encuentran clasificados en cuatro grandes grupos (Tabla 3) (Kinatader *et al.*, 2015).

- **Individual:** son las causas personales que pueden afectar el comportamiento de evacuación de una persona, las cuales pueden ser variables de estados de o características propias.

- **Sociales:** se refieren al efecto que producen otras personas sobre la propia percepción del riesgo y que influye en el comportamiento, tiene estrecha relación con la influencia social.
- **Situacional:** son todas las situaciones que en un momento dado influyen en la evacuación, las cuales se originan principalmente en el entorno físico de la persona.
- **Organizacional:** hace alusión a los efectos que tiene la estructura organizativa durante la evacuación.

Tabla 3. Factores que determinan el comportamiento de evacuación

Tipo de factor	Factores	Descripción
Individual	Genero	Hace alusión a las diferencias de comportamiento y de percepción del riesgo que tienen las personas respecto a su género.
	Edad	Se correlaciona con otras variables como la experiencia previa, habilidades cognitivas y físicas, el rol social, etc.
	Experiencia previa	Se refiere al el cómo haberse visto afectado en eventos anteriores estos pueden influir en su percepción, vigilancia y preparación.
	Etnia	Se ha insinuado que origen étnico influye en el comportamiento de evacuación, por sus creencias religiosas como también por su situación económica.
	Preparación	Tiene como objetivo transmitir conocimientos conductuales o teóricos a través de la práctica.
	Conocimiento	Se refiere a que cualquier idea que una persona con tipos específicos de peligros asociados con un incidente, incluidas las consecuencias del peligro y las respuestas apropiadas.
	Apego	Tiene relación con el apego a la propiedad y a sus bienes, como también al temor de que les roben.
	Rasgos de personalidad	Son los patrones de pensamientos, sentimientos y acciones en una amplia gama de fenómenos psicológicos, incluyendo motivos, deseos, percepciones y actitudes, así como los comportamientos en los que una persona procesa la información.
	Estados emocionales	Se refiere a los estados anímicos de las personas, ansiedad, excitación, temor, etc.
	Factores médicos	Los problemas de salud afectan la forma en que se perciben las señales de fuego y se procesa la información.

Tipo de factor	Factores	Descripción
	Habilidades cognitivas	Se refieren a la capacidad de comprender las señales relacionadas con el fuego.
	Confianza	Similar a la credibilidad de la información. también puede mediar en el camino entre el riesgo percibido y las acciones de protección
Social	Influencia social	Son los cambios en las actitudes, creencias, opiniones o comportamiento como resultado del hecho de que uno se enfrenta a las actitudes, creencias, opiniones o comportamiento de los demás
	Roles sociales	Afectan en la función de responsabilidad y el conocimiento percibido, dado que el comportamiento que tengan las autoridades de emergencia influye en el riesgo percibido por la comunidad.
	Grupos	Los ocupantes en grupos pueden experimentar un mayor riesgo percibido que los ocupantes que están solos durante una emergencia de incendio.
	Composición familiar	Tiene estrecha relación con el género, edad y factores médicos, quienes componen el hogar influirá claramente en la facilidad con que puedan evacuar.
Situacional	Proximidad del fuego	Proximidad espacial de los ocupantes a una amenaza. Es posible que otros factores, como la ubicación relativa de los ocupantes al peligro y las rutas de salida conocidas, modifiquen el efecto de la proximidad del peligro.
	Contexto	Las circunstancias donde se produjo el evento, afectan el comportamiento humano en el fuego de varias maneras. La preparación, la vigilancia y la interpretación de las señales de incendio pueden variar en diferentes contextos, siendo distinto en un espacio público, lugar de trabajo o el hogar.
	Credibilidad de la información	Se refiere al nivel percibido de credibilidad que una persona asigna a una pieza de información o fuente de información
Organizacional	Contexto organizacional	Depende de dónde ocurre el evento (trabajo, hogar, lugares públicos), el comportamiento de la población y la evacuación puede ser diferente.

Fuente: Elaboración propia en base a Drabek (1991); Kinatader *et al.*, (2015); Hewstone y Martin 2008; Brodie *et al.*, (2006); Riad y Norris (2000).

3.5. Instrumentos de Gestión del Riesgo en Chile

En Chile el ordenamiento territorial, es realizado a través de los Instrumentos de Planificación Territorial, llamados “IPT”, los cuales hasta antes de 2010 debían someterse a evaluación ambiental, tras la modificación de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente por la Ley N° 20.417, el cual introdujo un nuevo instrumento de gestión ambiental denominado “Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)” (Espinoza, 2019).

En los ITP, la definición de las áreas de riesgos se encuentra descritas en el capítulo N°1 del título N°2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC). Y en los artículos N°2.1.7 y N°2.1.10 de la OGUC, se establecen las potestades de los Planes reguladores intercomunales (PRI) y Planes reguladores comunales (PRC) junto con determinar áreas de riesgos, el cual debe realizarse en base al artículo N°2.1.17 (MINVU, 2014).

A continuación, se presenta lo descrito artículo N°2.1.17¹. En primer lugar, en los planes reguladores se definen las zonas restringidas al desarrollo humano, por construir un peligro para la población, las cuales se denominan: zonas no edificables o áreas de riesgos.

- **Zonas no edificables:** son áreas que por su especial naturaleza y ubicación no son susceptibles de edificación, de acuerdo con inciso primero del artículo N°60 de la OGUC, es decir, sólo se aceptan la ubicación de actividades transitorias, como, por ejemplo: aeropuertos, helipuertos, torres de alta tensión, embalses, acueductos, oleoductos, gasoductos etc.
- **Áreas de riesgo:** son aquellos territorios en los cuales, se restringe cierto tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales o antrópicos previo estudio fundado y se determinan en base a:

¹ MINVU (1992). DECRETO 47: Fija nuevo texto de la ordenanza general de la ley general de urbanismo y construcciones.
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=8201&idParte=10057448>

- Zonas inundables o potencialmente inundables, debido tsunamis, cercanía de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.
- Zonas propensas a avalanchas, rodadas, aluviones o erosiones acentuadas.
- Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.
- Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.

Respecto, a instrumentos en gestión del riesgo de desastre se encuentra los planes de emergencia que se describe a continuación (ONEMI, 2020).

- **Planes de emergencia:** son instrumentos complementarios con una perspectiva de multiamenaza, que determinan las acciones de respuesta frente una situación de emergencia, desastre o catástrofe, mediante la activación y coordinación de los organismos e instituciones del Sistema de protección civil, a nivel nacional, provincial y comunal.
- **Planes específicos por variable de riesgo:** se encargan de establecer las acciones de respuesta, frente a una situación de emergencia, desastre o catástrofe, derivada del riesgo en específico, a partir de antecedentes proporcionados por organismos técnicos competentes. Estos instrumentos establecer la activación y coordinación de los organismos e instituciones de protección civil, que tienen competencia legal y técnica en la variable de riesgo abordado a nivel nacional, regional y comunal. Su ejecución se encuentra vinculado a los planes de emergencia de los niveles respectivos.

Los instrumentos anteriormente mencionados, presentan falencias en un marco normativo y de acción. A continuación, se presenta las deficiencias de los instrumentos de gestión del riesgo (Tabla 4).

Tabla 4 Falencias de los instrumentos de gestión del riesgo.

Instrumentos	Limitaciones
Planes reguladores comunales e intercomunales	Son los encargados de definir zonas de riesgo y normas urbanísticas. No cuentan con un marco de referencia que defina sus alcances, la forma de ejecutarlos y las metodologías posibles de utilizar.
Planes de Emergencia y de Emergencia por variable	Falta incorporar criterios para establecer el potencial de evacuación: características físicas del terreno, la velocidad de evacuación de las personas según su edad, la configuración de las calles
PROT	La materialización de dichos planes aún se encuentra en desarrollo
Planes de evacuación	Se encuentran en un escenario normativo e institucional aún más débil, casi sin definiciones formales.

Fuente: Arenas *et al.*, (2010); Martínez *et al.*, (2017).

3.5.1. Instrumentos de gestión del riesgo en Penco

a) Plan regulador metropolitano de Concepción (PRMC)

El PRMC data del año 2003, por lo que no fue sometido a evaluación ambiental. A continuación, en la Tabla 5, se describe las “Normas sobre riesgo de incendios forestales” el cual se encuentra descrito en su capítulo VIII.³²

Tabla 5. Normas sobre riesgo de incendios forestales

Artículo	Descripción
Artículo N° 8.3.1	Las normas sobre riesgo de incendios forestales se aplicarán a la parte del área de planificación metropolitana que, por su condición de contacto entre las áreas habitadas y el bosque, presenta un alto riesgo de incendios forestales. Para tal efecto se definen las siguientes normas mínimas de edificación, urbanización, vialidad metropolitana y prevención de incendios forestales.
Artículo N° 8.3.2	Los planes reguladores comunales deberán identificar las áreas de riesgo de incendio forestal y establecer las normas urbanísticas aplicables a las edificaciones, que contribuyan a su prevención.
Artículo N° 8.3.3	Las urbanizaciones colindantes con áreas de bosques deberán distanciarse de éstos a lo menos 25 metros de ancho, conformando una faja de terreno, en la cual no se permitirán edificaciones. Dicha faja deberá considerar una accesibilidad adecuada y/o una vía de borde aptas para el tránsito vehicular, según lo permitan las condiciones topográficas, y una red hídrica que contemple grifos emplazados a no más de 100 m de esta faja.
Artículo N° 8.3.4	Los costados de las calzadas de las vías estructurantes de nivel metropolitano, colindantes con áreas de bosques, deberán contemplar tres fajas consecutivas de seguridad: - Berma o faja de a lo menos 3 metros de ancho, sin vegetación., - Faja cortafuego de a lo menos 5 metros de ancho, libre de bosque.

³² GORE (2003). RESOLUCION 171: PROMULGA "PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE CONCEPCION".
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=207103&idVersion=2012-01-07&idParte=7297106>

Artículo	Descripción
	- Faja de a lo menos 5 metros de ancho, de bosque podado y libre de residuos.
Artículo N° 8.3.5	Las Municipalidades, dentro del ámbito de sus atribuciones, establecerán normas de prevención de incendios forestales, a través de ordenanzas municipales. Mientras éstas no se dicten, se aplicarán las siguientes normas mínimas para el área urbana de contacto y para el área silvícola de interface: - En las áreas urbanas de contacto se deberá considerar una faja de 100 m. de ancho que contemple la reducción del combustible seco en áreas exteriores, la eliminación de fuentes generadoras de incendios forestales, y la implementación de planes vecinales de emergencia. - En las áreas silvícolas de interface, que corresponden a los primeros 4.000 metros de terreno medidos desde el límite con el área urbana, se deberán formular planes de protección predial contra incendios forestales, prohibir el uso de fuego para la eliminación de desechos agrícolas y forestales, implementar cortafuegos perimetrales y poda de vegetación circundante en todos los caminos y senderos comprendidos en esta área y formular planes especiales de protección de incendios forestales para aquellas áreas de mayor riesgo, definidas por CONAF.
Artículo N°8.3.6	Sin perjuicio de las normas mínimas establecidas precedentemente, las municipalidades en conjunto con la CONAF deberán establecer exigencias adicionales de edificación, urbanización y de cumplimiento de las disposiciones de manejo y resguardo de las áreas de mayor riesgo de incendio forestal. Estas normas deberán incluirse en las ordenanzas locales aludidas en el inciso primero del artículo anterior.

Fuente: GORE, (2003).

b) Plan regulador comunal (PRC Penco)

En el artículo N° 3.12 del PRC de Penco se establecen las normas sobre el riesgo de incendio forestal de acuerdo con lo establecido en el capítulo VIII.3 del PRMC (Ilustre Municipalidad de Penco, 2007).

c) Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT), región del Biobío

Este instrumento aún no se encuentra vigente. En su anteproyecto desarrolla la gestión del riesgo de incendios forestales en el punto N°6.1.3.3 referido al “Desarrollo sostenible del Sistema Regional de Asentamientos Humanos”, donde considera las condiciones mínimas básicas para todos los asentamientos humanos, especialmente para las “otras entidades urbanas relevantes” no incluidas en las jerarquías recién expuestas y que corresponden a capitales comunales (GORE, 2015).

d) Plan de Acción frente a incendio forestal de Penco

Este instrumento fue elaborado por el EULA-Chile, (2018c) el cual presenta las orientaciones necesarias para la adecuada reducción del riesgo. Con el fin de promover iniciativas específicas, de inversión, planificación y gestión del riesgo de desastre, orientadas a la coordinación y colaboración entre los diversos actores relevantes

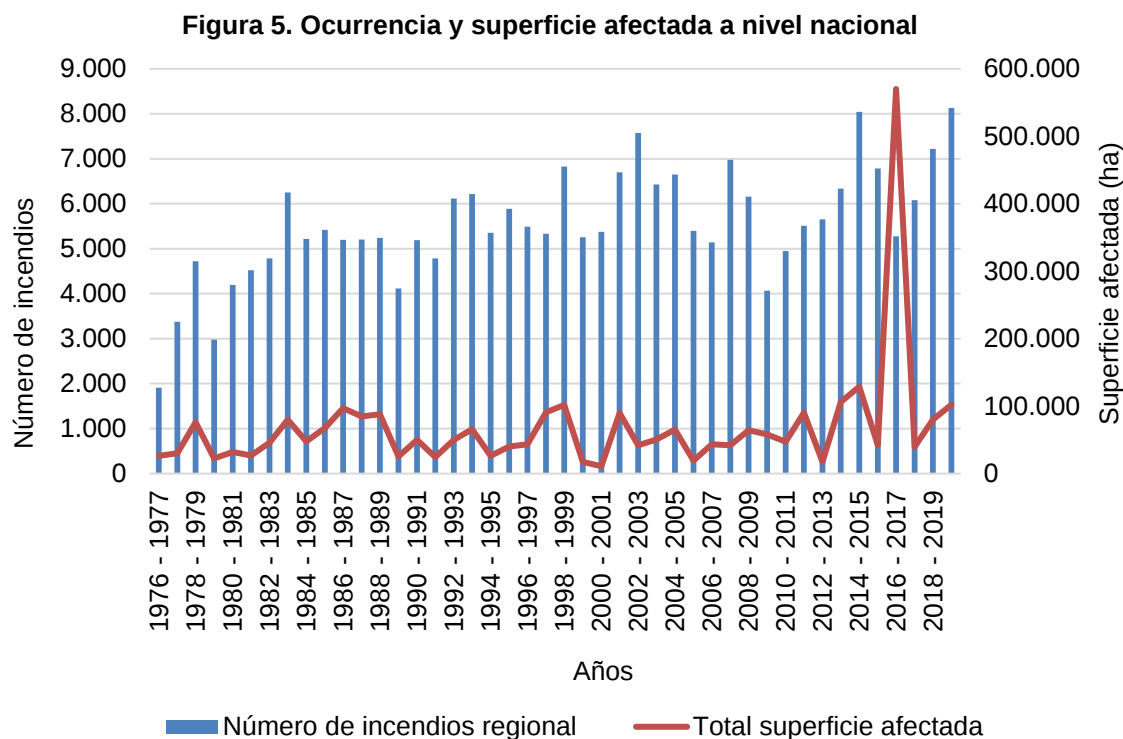
(ciudadanía, sector público y privado) de la comuna, poniendo énfasis en la población localizada en zonas expuestas al peligro de incendio forestal.

e) Plan de evacuación frente a incendios forestales de la comuna de Penco

Este instrumento fue elaborado por la Ilustre Municipalidad de Penco (2018), se definieron vías de evacuación, zonas de seguridad y albergues.

3.6. Incendios forestales en Chile y en Penco

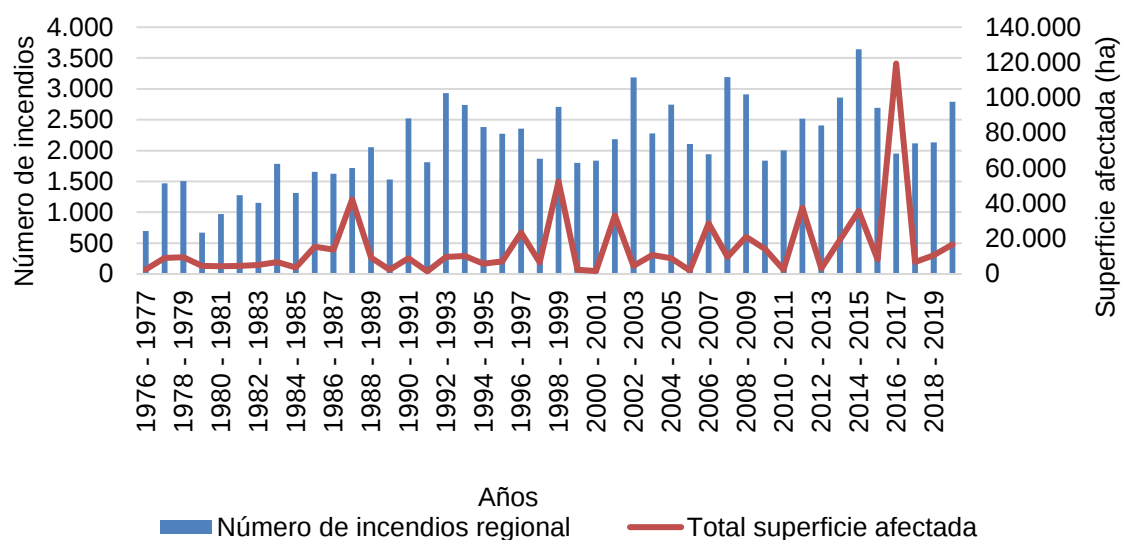
Según el registro histórico de la ocurrencia y áreas afectadas por incendios forestales de CONAF, (2021c) a nivel nacional entre los periodos de 1976-1977 a 2019-2020 se han reportado 244.047 eventos, viéndose afectadas 2.969.818 hectáreas (Figura 5). Las temporadas que registran la mayor ocurrencia fueron 2002-2003 (7.572 incendios), 2014-2015 (8.048 incendios), 2018-2019 (7.219 incendios) y 2019-2020 (8.127 incendios). En relación con la superficie afectada, los años que presentan las mayores áreas afectadas son 1998-1999 (101.691 hectáreas), 2013-2014 (105.992 hectáreas), 2014-2015 (128.654 hectáreas), 2016-2017 (570.197 hectáreas) y 2019-2020 (102.292 hectáreas).



Fuente: Elaboración propia en base a CONAF, (2021c).

Respecto a la región del Biobío (Figura 6), el total de incendios forestales ocurridos entre las temporadas de 1976-1977 a 2019-2020 fue de 92.151, afectando a 655.582 hectáreas. Los periodos con mayores números de incendios fueron: 2002-2003 con 3.185 eventos, 2007-2008 con 3.193 y 2014-2015 con 3.644 incendios. En cuanto a la superficie, las temporadas con mayor área afectada correspondieron a 1987-1988 (42.405 hectáreas), 1998-1999 (52.587 hectáreas), 2001-2001 (33.200 hectáreas), 2011-2012 (37.593 hectáreas), 2014-2015 (35.889 hectáreas) y 2016-2017- (1119.409 hectáreas).

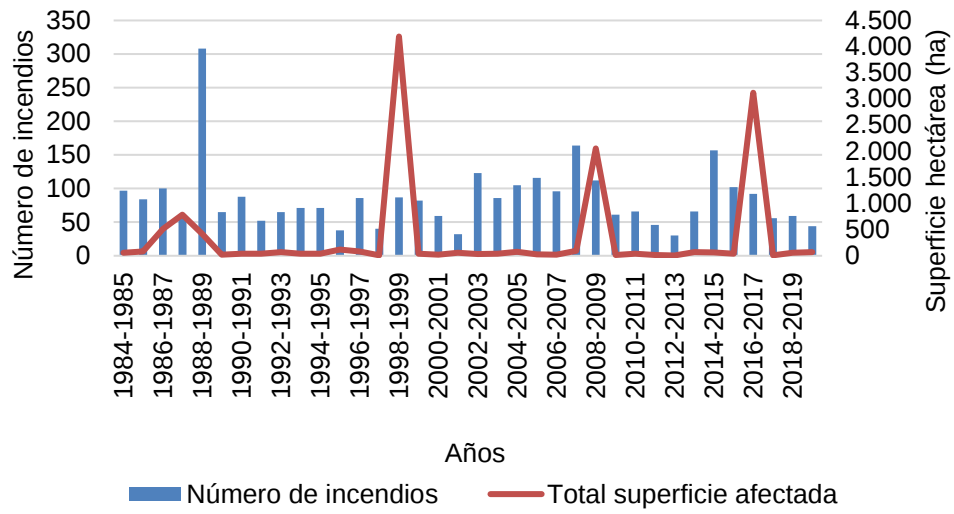
Figura 6. Ocurrencia y superficie afectada a nivel regional



Fuente: Elaboración propia en base a CONAF, (2021b).

En la comuna de Penco, el total de incendios entre los años 1984-1985 a 2019-2020 es de 3.063 eventos, dañando a 12.470 ha (Figura 7). Los periodos con mayor ocurrencia se presentaron 1988-1989 (308 incendios), 2002-2003 (164 incendios) y 2014-2015 (157 incendios). Las temporadas con mayor superficie afectada fueron 1998-1999 (4.193 hectáreas), 2008-2009 (2.054 hectáreas) y 2016-2017 (3.118 hectáreas).

Figura 7. Ocurrencia y superficie afectada Penco



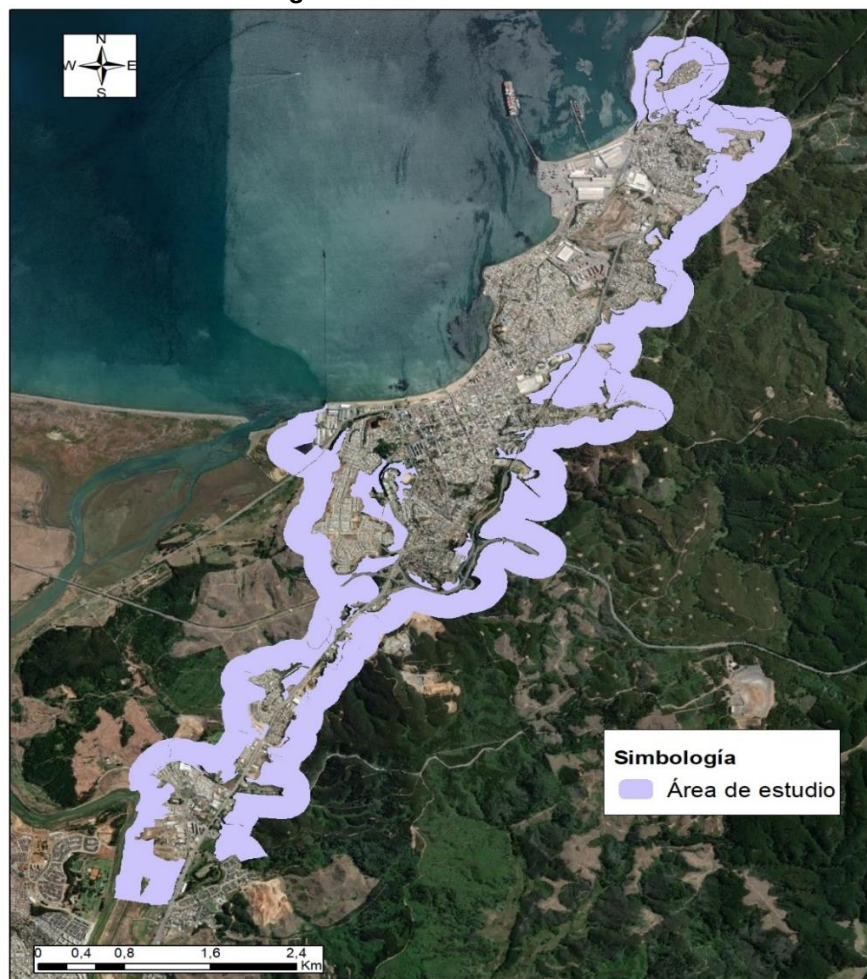
Fuente: Elaboración propia en base a CONAF, (2021a).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de Estudio

El área de estudio se encuentra inserta en la zona de interfaz de la comuna de Penco (36°44' S - 72°59' O), la cual fue definida según el Centro EULA el año 2018 en un estudio desarrollado en Penco, donde se determinó el área de interfaz según: la distancia euclidiana desde el límite de las zonas edificadas hacia el interior del área urbana, la cobertura vegetal presente en la zona urbana y la pendiente. Comprende una superficie 7 km², que representa el 7% de la comuna y una longitud del área de interfaz de 11 km (EULA, 2018a). Limita al norte con la comuna de Tomé y al sur con la comuna de Concepción (Figura 8).

Figura 8. Área de estudio



Fuente: Elaboración propia en base a EULA, (2018b).

4.1.1. Subsistema físico-natural

Penco presenta un clima mediterráneo oceánico, el cual se caracteriza por poseer inviernos fríos y lluviosos de tres meses (Jaque *et al.*, 2019;) las precipitaciones en promedio alcanzan los 1.250 mm (Guiñez, 2016) concentrando el 75% de las precipitaciones anuales en invierno (EULA, 2014). En cambio, los veranos tienden a ser secos y frescos, con una temperatura promedio de 22°C (Guiñez, 2016)

Geomorfológicamente, se encuentra inserto en el cordón occidental de la Cordillera de la Costa. Dentro de sus formaciones morfológicas se distinguen valles, cerros y la bahía de Concepción, que es el resultado de factores tectónicos y depositacionales, como consecuencia de fallas que han desarticulado la antigua terraza de erosión marina (Illabaca, 1989). Por lo general, el relieve es montañoso, sobre llanuras y terrazas recientes, geoformas dominantes y procesos de morfogénesis. Respecto a su topografía, la altitud promedio en los sectores altos es de 50 a 80m (Pladeco, 2015)

Desde el punto de vista hidrológico, el patrón de drenaje de la comuna está constituido por seis sectores hidrológicos definidos particularmente por la configuración topográfica, su clara delimitación entre uno y otro, y su vía principal de evacuación y cuerpo receptor (Pladeco, 2015). A continuación, en la Tabla 6 y Figura 9 se presentan los 6 sistemas de drenaje asociados a la comuna en orden de importancia. Del total de sistemas, 5 de ellos drenan hacia la bahía de Concepción, mientras que el estero Bellavista, drena hacia la comuna de Tomé. De acuerdo a la distribución por superficie, el río Andalién abarca la mayor cantidad con un 48%, le siguen los esteros Bellavista, Penco y Cabrito que en su conjunto representan el 47% y finalmente, se encuentran las quebradas Lo Marju y Honda con un 3% y un 2% respectivamente (EULA, 2018a).

Tabla 6. Distribución superficie sistema de drenaje

Sistema	Área (Ha)	% Superficie Comunal
Río Andalién	5.217	48
Esteros Bellavista	1.742	16
Esteros Penco	1.691	16
Esteros Cabrito	1.655	15
Quebrada Lo Marju	268	3
Quebrada Honda	209	2

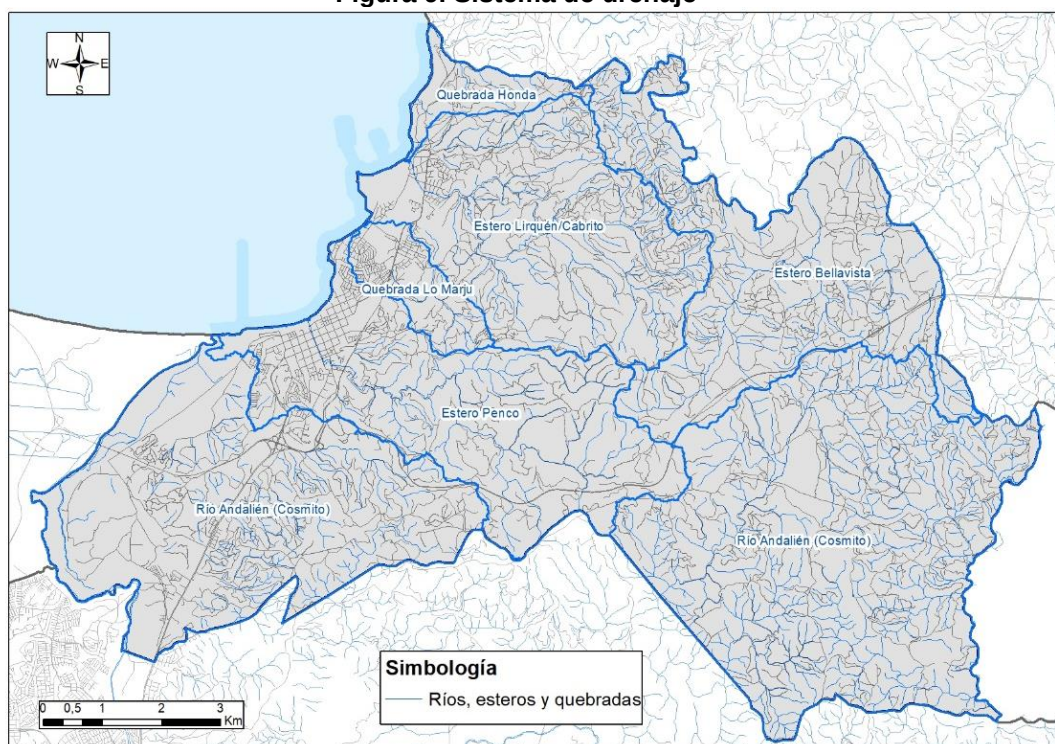
Fuente: EULA, (2018a).

Desde el punto de vista de la flora, posee una vegetación plantaciones forestales exóticas de pinos y eucaliptos (Zamora-Manzur *et al.*, 2011). En cambio, en sectores de

difícil acceso aún es posible encontrar bosque nativo de tipo esclerófilo. Dentro de estas se encuentran: *Nothofagus oblicua*, *Cryptocarya alba*, *Aristotelia chilensis*, *Chusquea quila*, *Luma apiculata*, *Boquila trifoliolata*, *Lardizabala biternata*, *Bomarea salsilla*, *Cessus striata*, *Lapageria rosea* y *Mullenbeckia hastulata* (EULA, 2014).

Respecto al uso de suelo, el 66% de la superficie comunal es de uso forestal, le siguen los matorrales con el 11%, el bosque nativo con un 6%, el bosque mixto con el 5%, rotación cultivo pradera con el 4%, las vegas con un 2%, finalmente, las praderas y los cuerpos de agua con un 1% cada uno (Tabla 7) (EULA,2018).

Figura 9. Sistema de drenaje



Fuente: Elaboración propia en base a EULA, (2018); MINVU, (2012).

Tabla 7. Usos de suelos, comuna de Penco

Uso	Área (Hectáreas)	%
Monocultivo forestal	6.459	66
Matorral	1.635	17
Bosque nativo	556	6
Bosque mixto	492	5
Rotación cultivo praderas	346	4
Vegas	162	2
Praderas	111	1
Cuerpos de agua	62	1

Fuente: EULA, (2018a).

4.1.2. Subsistema humano

Penco posee una población de 47.367 personas, equivalente al 2% de la región del Biobío (INE, 2017). El 99% de su población, se encuentra localizada en dos sectores costeros como es: Penco y Lirquén, que en su conjunto suman 7 km², representando el 6% de la superficie comunal (Pladeco, 2015).

De acuerdo con la encuesta Casen, la pobreza en Penco ha tenido una disminución progresiva con los años; para el año 2011 superaba el 40% siendo superior tanto a nivel regional como nacional. Lo anterior, se refleja en el aumento del empleo, entre los años 2013 y 2015, pasando de 21% a 17% respectivamente, cifras que corresponden a la mitad del año 2011 (Tabla 8). El mayor cambio se produjo el 2017 donde la pobreza alcanzó el 9% cifra inferior al nivel regional e igual a nivel nacional (MDS, 2011;2013;2015:2017).

Tabla 8. Tasa de pobreza según ingresos

Unidad territorial	2011 en %	2013 en %	2015 en %	2017 en %
Penco	42	22	17	9
Región del Biobío	32	22,	16	12
País	22	14	10	9

Fuente: Elaboración propia en base a MDS, (2011;2013;2015:2017).

Respecto al sector forestal, pese a que representan el 90% de la superficie comunal, el aporte a la generación de trabajo es mínima, dado que sólo su empleabilidad se produce en la etapa de siembra y cosecha del producto, según un estudio desarrollado por CONAF el año 2014, donde realizaron entrevistas a trabajadores del rubro (Vazquez,2015), que señalaron lo siguiente: *“No hay mucha pega, las mismas forestales traen contratistas, gente de afuera a trabajar en sus tierras dejando sin pega a la gente local, por lo cual tienen que irse a buscar pega en otros sectores. Anteriormente las forestales daban más pegas, aunque fuera arreglando los cercos o cualquier cosa, pero ahora no, son puros contratistas no más”* (Chofer, 35 años, Penco).

4.2. Metodología

Para analizar los factores que influyen en un proceso de evacuación, se desarrolló un esquema metodológico que constó de tres etapas, los cuales fueron concordantes con los objetivos específicos de la investigación.

4.1.1. Primera parte

La primera etapa, consistió en caracterizar la exposición de los habitantes del área de interfaz frente al riesgo de incendio forestal en la comuna de Penco. Para ello, se trabajó con el shape de área de interfaz elaborado por el Centro EULA el año 2018, en su estudio “Plan de acción municipal frente a incendio forestal” desarrollado para la comuna de Penco y datos proporcionados por el Censo 2017 a través del geo-proceso de “Join” (en el software ArcGis), considerando a la población total, la edad (habitantes menores a 5 años e igual o mayor a 65 años), el género, etnia, nacionalidad; variables que son considerados por diversos estudios de evacuación, como la población más vulnerable frente a una emergencia (CEPAL, 2001; Hewins-Maroney *et al.*, 2005; Petrolia *et al.*, 2011; Elder *et al.*, 2007; Gray-Graves *et al.*, 2011).

Los niveles de las variables fueron normalizados, clasificando la exposición en 3 niveles (1=bajo, 2=medio y 3=alto). Para el ingreso al SIG, el peso de cada uno se obtuvo mediante una encuesta a expertos, aplicando la Concordancia W de Kendall ($\alpha = 0.05$) para determinar el grado de asociación (Tabla 9). La fórmula siguiente, muestra la ponderación de cada variable:

$$\text{Exp: } (\text{Pob_tot} \times 0,25) + (\text{Muj} \times 0,15) + (\text{Pob_vul} \times 0,3) + (\text{Pob_inmi} \times 0,15) + (\text{Pob_indi} \times 0,15).$$

Donde:

- Exp: Exposición
- Pob_tot: Población total
- Muj: Mujeres
- Pob_vul: Población vulnerable
- Pob_inmi: Población inmigrante
- Pob_indi: Población indígena
-

Tabla 9. Elementos exposición

Variable		Niveles	Nivel de Exposición (clasificación)		Ponderación
Población total		1-50	1	Bajo	25
		50-100	2	Medio	
		≥ 100	3	Alto	
Mujeres		1-36	1	Bajo	15
		37-73	2	Medio	
		≥ 74	3	Alto	
Población Vulnerable	Población < 5 años por entidad rural o manzana	1-11	1	Bajo	30
		12-24	2	Medio	
		≥ 25	3	Alto	
	Población >65 años por entidad rural o manzana	1-11	1	Bajo	
		12-24	2	Medio	
		≥ 25	3	Alto	
Inmigrante		1-4	1	Bajo	15
		5-8	2	Medio	
		≥9	3	Alto	
Pueblos originarios		1-17	1	Bajo	15
		18-35	2	Medio	
		≥ 36	3	Alto	

Fuente: Elaboración propia en base a INE, (2017); CEPAL, 2001; Hewins-Maroney *et al.*, 2005; Petrolia *et al.*, 2011; Elder *et al.*, 2007; Gray-Graves *et al.*, (2011).

Finalmente, se realizó un análisis de conglomerados jerárquico, utilizando la distancia de Euclídea y el método de agrupamiento de Ward a través de la Prueba de Chi-cuadrado. Con el fin de determinar si la distribución de las categorías de las variables establecidas era la misma en los 3 grupos, mediante un nivel de significancia del 0,05.

4.1.2. Segunda parte

Para la segunda fase, se determinó los factores que inciden al momento de evacuar. En primer lugar, se encuestaría a la población de manera presencial, por lo cual, se calcularía el tamaño de la muestra para cada uno de los distritos (Andalién, Fábrica, Margarita, Lirquén y Penco) de manera que fuera proporcional con el número de habitantes de cada uno de los sectores. Debido a la situación de pandemia, no fue posible aplicar un muestro aleatorio, por lo tanto, se procedió a encuestar de manera telefónica y mediante correo electrónico a los actores claves que asistieron a los talleres de participación ciudadana del estudio anteriormente mencionado de incendio forestal desarrollado por el Centro EULA en Penco el año 2018. De los 52 participantes, 26 accedieron a participar en la investigación.

El instrumento aplicado se desarrolló en 5 secciones (Anexo): a) antecedentes generales del encuestado; b) la percepción del riesgo por parte de los entrevistados; c) preparación por parte de las autoridades y comunidad; d) credibilidad de quien imparte la información y e) obstáculos al momento de evacuar.

Para los antecedentes generales, se consultó por: edad, sexo, religión, último curso aprobado, número de integrantes del hogar, medio de transporte propio y persona en hogar con alguna discapacidad de acuerdo Reininger *et al.*, (2016); Smith y Mccarty, (2009) y Eisenman *et al.*, (2007) características que han sido estudiados para comprender sus posibles comportamientos de evacuación.

Respecto a los factores, dado que la encuesta fue por teléfono y por medio de correo electrónico sólo se consideraron tres factores de manera que fuese una encuesta corta, que no resultase tediosa para el encuestado y la dejaran a media. Por ello, se preguntó por: la percepción del riesgo, la preparación que han tenido las autoridades y los habitantes de su localidad (factores tipo individual) y el nivel de credibilidad de quien entrega la información (factor tipo situacional), estas preguntas fueron evaluadas en un rango de 1 a 7. A su vez, se midió mediante preguntas cerradas de Si/No, si como comunidad se han organizado en el traslado de la población adulto mayor que vive solo, discapacitada, con escasa movilidad o postrados y electrodependientes (Tabla 10). Aplicadas las encuestas se tabularon y se reclasificaron en tres categorías según los valores de notas 1,2 y 3 (Tabla 11).

Tabla 10. Factores de evacuación

Percepción del riesgo							
	1 (Muy)	2	3	4	5	6	7 (Muy)
Su población frente a incendios forestales se encuentra...	Expuesto						Poco expuesto
¿Qué tan grave puede ser el efecto de un incendio forestal en su localidad?	Alto						Bajo
En caso de que deba evacuar ¿Cuenta con tiempo suficiente?	Poco tiempo						Mucho tiempo
En relación con la preparación ante un proceso de evacuación, responda lo siguiente							
Las autoridades	1	2	3	4	5	6	7
Han tenido un buen manejo en la organización en eventos pasados	Mal manejo						Buen manejo
Han realizado talleres o charlas de capacitación	Poco						Muchos
¿Las autoridades se han preocupado de limpiar los basurales frecuentemente?	Poco						Frecuentemente
¿Las autoridades se han preocupado de recortar los matorrales cercanos a las viviendas?	Poco						Frecuentemente
Familia/ comunidad	1 (Poco)	2	3	4	5	6	7 (Mucha)
¿Tienen claridad de las zonas seguras?	Poca claridad						Mucha claridad
Reconocen las señales de alerta de emergencia	Poca claridad						Mucha claridad
En caso de que deban evacuar, ¿En su población se han organizado en quienes trasladarán a los siguientes habitantes...?							
	Si				No		
Población adulto mayor que vive solo							
Población discapacitada							
Población electrodependiente							
Población con escasa movilidad o postrados							
En caso de que le informen que debe evacuar, quien tiene una mayor credibilidad para usted							
	1	2	3	4	5	6	7
Gobierno	Muy poca credibilidad						Mucha credibilidad
Municipio	Muy poca credibilidad						Mucha credibilidad
Bomberos	Muy poca credibilidad						Mucha credibilidad
Medios de comunicación	Muy poca credibilidad						Mucha credibilidad

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Reclasificación resultados factores de evacuación

Percepción del riesgo							
	1 (Muy)	2	3	4	5	6	7 (Muy)
	1				2		
Su población frente a incendios forestales se encuentra...	Expuesto					3	
¿Qué tan grave puede ser el efecto de un incendio forestal en su localidad?	Alto					Bajo	
En caso que deba evacuar ¿Cuenta con tiempo suficiente?	Poco tiempo					Mucho tiempo	

En relación a la preparación ante un proceso de evacuación, responda lo siguiente							
	1	2	3	4	5	6	7
Las autoridades	1			2		3	
Han tenido un buen manejo en la organización en eventos pasados	Mal manejo					Buen manejo	
Han realizado talleres o charlas de capacitación	Poco					Muchos	
¿Las autoridades se han preocupado de limpiar los basurales frecuentemente?	Poco					Frecuentemente	
¿Las autoridades se han preocupado de recortar los matorrales cercanos a las viviendas?	Poco					Frecuentemente	
Familia/ comunidad	1 (Poco)			2		3	
¿Tienen claridad de las zonas seguras?	Poca claridad					Mucha claridad	
Reconocen las señales de alerta de emergencia	Poca claridad					Mucha claridad	
En caso que le informen que debe evacuar, quien tiene una mayor credibilidad para usted							
	1	2	3	4	5	6	7
Gobierno	Muy poca credibilidad			2		Mucha credibilidad	
Municipio	Muy poca credibilidad					Mucha credibilidad	
Bomberos	Muy poca credibilidad					Mucha credibilidad	
Medios de comunicación	Muy poca credibilidad					Mucha credibilidad	

Fuente: Elaboración propia.

En relación con los obstáculos que dificultan un proceso de evacuación, se pidió que los entrevistados nombrarán todas aquellas cosas que impedirían que evacuarán, el cual fue ordenado en orden decreciente de mayo a menor.

Finalmente, se realizó un análisis estadístico en los programas Software SPSS v22.0 y Microsoft Excel. Se aplicó el exacto de Fisher, dado que el tamaño de la muestra era pequeña (N=26 encuestas). Los resultados fueron exportados mediante tablas.

4.1.3. Tercera parte

Para el desarrollo del tercer objetivo, se procedió a revisar los instrumentos de gestión del riesgo que existen a nivel nacional, para posteriormente acortar dicha lista a los que posee la comuna de Penco y que tengan relación con la evacuación. Dichos instrumentos fueron: el Plan regulador comunal, Plan de emergencia y Plan de acción municipal frente a incendio forestal.

Definido los instrumentos a analizar, se realizó una inspección de cada uno para tener claridad de las funciones y atribuciones que le competen según normativa existente (donde se puede construir, definición de zonas seguras, rol de instituciones etc).

Efectuada la revisión, se estableció una brecha entre lo que hay y lo que debiesen incluir los instrumentos según los factores analizados en el objetivo anterior, los cuales se concentraron principalmente en los factores de preparación, edad, y obstáculos, los cuales fueron evaluados en la encuesta que se aplicó para desarrollar el segundo objetivo. Estos últimos haciendo alusión en específico en caminos a lo que se pueden modificar en los planes reguladores respecto a la normativa. Finalmente, se propusieron iniciativas según cada tipo de instrumento por factor de evacuación con de fin de actualizar los instrumentos y que permitan la rápida respuesta ante una emergencia de incendios.

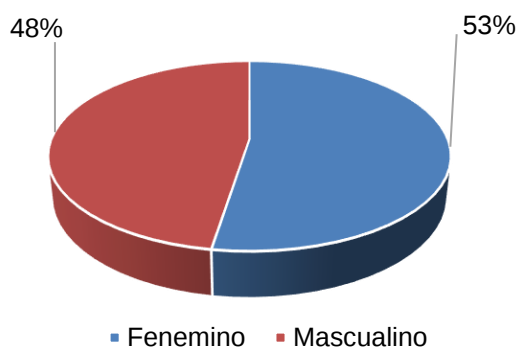
5. RESULTADOS

5.1. Caracterización población expuesta a incendios forestales en zona de interfaz

a) Género

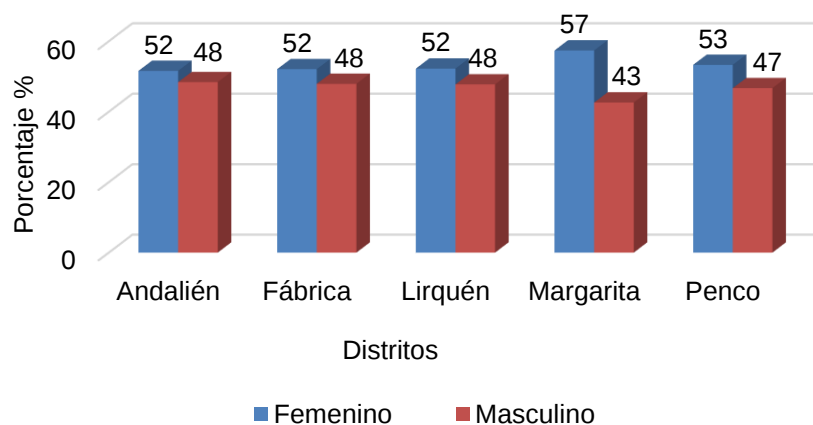
De la población expuesta a incendios forestales en la zona de interfaz, el 48% es de sexo masculino versus el 53% que pertenece al género femenino (Figura 10). De este universo, en el 100% de los distritos predominaron las mujeres, destacando el distrito de Margarita que concentra un 57% (Figura 11).

Figura 10. Porcentaje población femenina y masculino



Fuente: Elaboración propia en base a INE, (2017).

Figura 11. Porcentaje por sexo según distrito censal

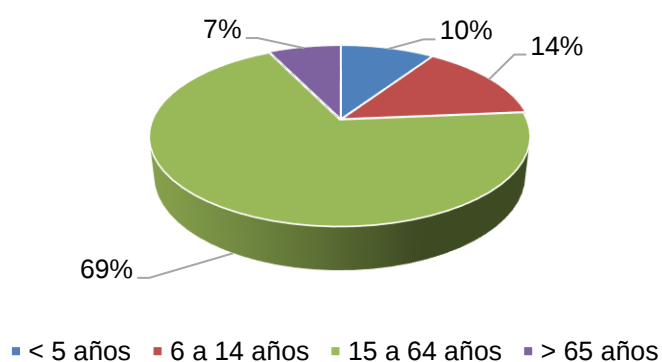


Fuente: Elaboración propia en base a INE, (2017).

b) Edad

Las edades muestran una concentración entre los 6 a 64 años, sumando el 83% del total de los residentes. La población menor a 5 años alcanza el 7% del total de los habitantes (Figura 12), situación similar ocurre con las personas mayores de 65 años, que corresponden al 10% de la población.

Figura 12. Porcentaje población según rangos de edad

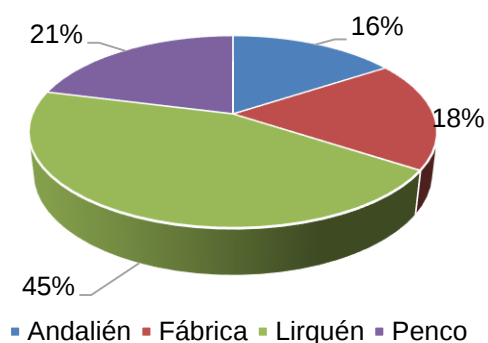


Fuente: Elaboración propia en base a INE, (2017).

c) Inmigración

Respecto a su procedencia, el 99 % de los residentes son chilenos, el restante 1% es de procedencia extranjera. La población inmigrante, se concentra en 4 de los 5 distritos del área de estudio. De este universo, el 45% reside en Lirquén, le sigue Penco con el 21% y Fábrica y Andalién con el 18 y 16% respectivamente (Figura 13).

Figura 13. Total de población inmigrante según distrito censal.

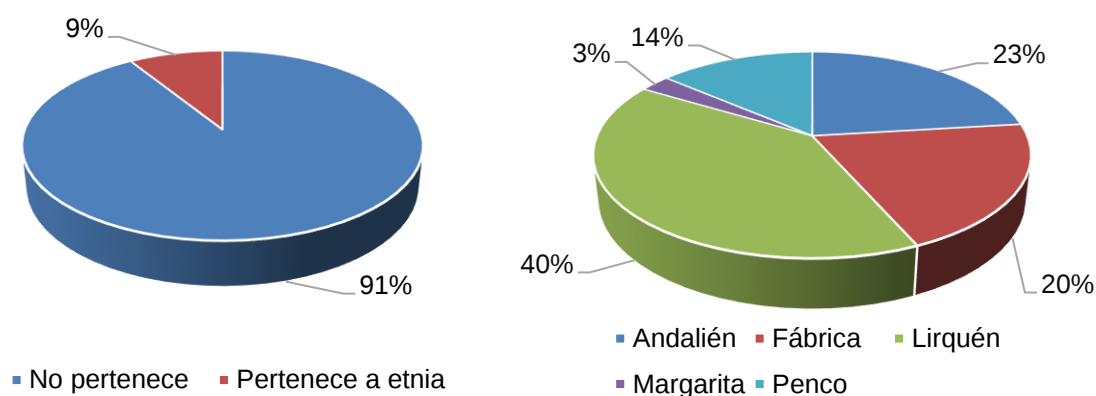


Fuente: Elaboración propia en base a INE, (2017).

d) Pueblos originarios

De acuerdo con la Figura 14-A, el 91% del total de la población afirmó no pertenecer a ningún pueblo originario, versus, el 9%. De este universo, la mayor concentración se produjo en el distrito de Lirquén con el 40%, le sigue Andalién con el 23%. Con relación al distrito de Margarita, la población perteneciente. (Figura 14-B).

Figura 14.A) Porcentaje población perteneciente a etnia y B) Porcentaje población perteneciente a etnia según distrito censal



Fuente: Elaboración propia en base a INE, (2017).

e) Prueba de Chi-cuadrado

Mediante un análisis de conglomerados jerárquico, se detectaron tres niveles de exposición. Se aplicó la prueba de Chi-cuadrado (Tabla 12) para determinar si la distribución de las categorías de exposición asociada a las variables era la misma. Se concluyó, que no existe homogeneidad en las variables, dado que el valor $p \leq 0,05$.

Tabla 12. Prueba de Chi²

Variables	Total		Estadígrafo	g.l.	valor p
	n	%			
Población total^{Ch}			92,6	4	<0,0001
Baja	30	41,7			
Media	13	18,1			
Alta	29	40,3			
Población femenina^{Ch}			101,1	4	<0,0001
Baja	34	47,2			

	Total				
Variables	n	%	Estadígrafo	g.l.	valor p
Media	14	19,4			
Alta	24	33,3			³
<5 años^F			70,4	--	<0,0001
Baja	45	62,5			
Media	12	16,7			
Alta	15	20,8			
>65 años^F			65,7	--	<0,0001
Baja	46	63,9			
Media	14	19,4			
Alta	12	16,7			
Inmigrante^F			8,0	--	0,0047
Baja	68	94,4			
Media	3	4,2			
Alta	1	1,4			
Indígena^F			42,1	--	<0,0001
Baja	53	73,6			
Media	10	13,9			
Alta	9	12,5			

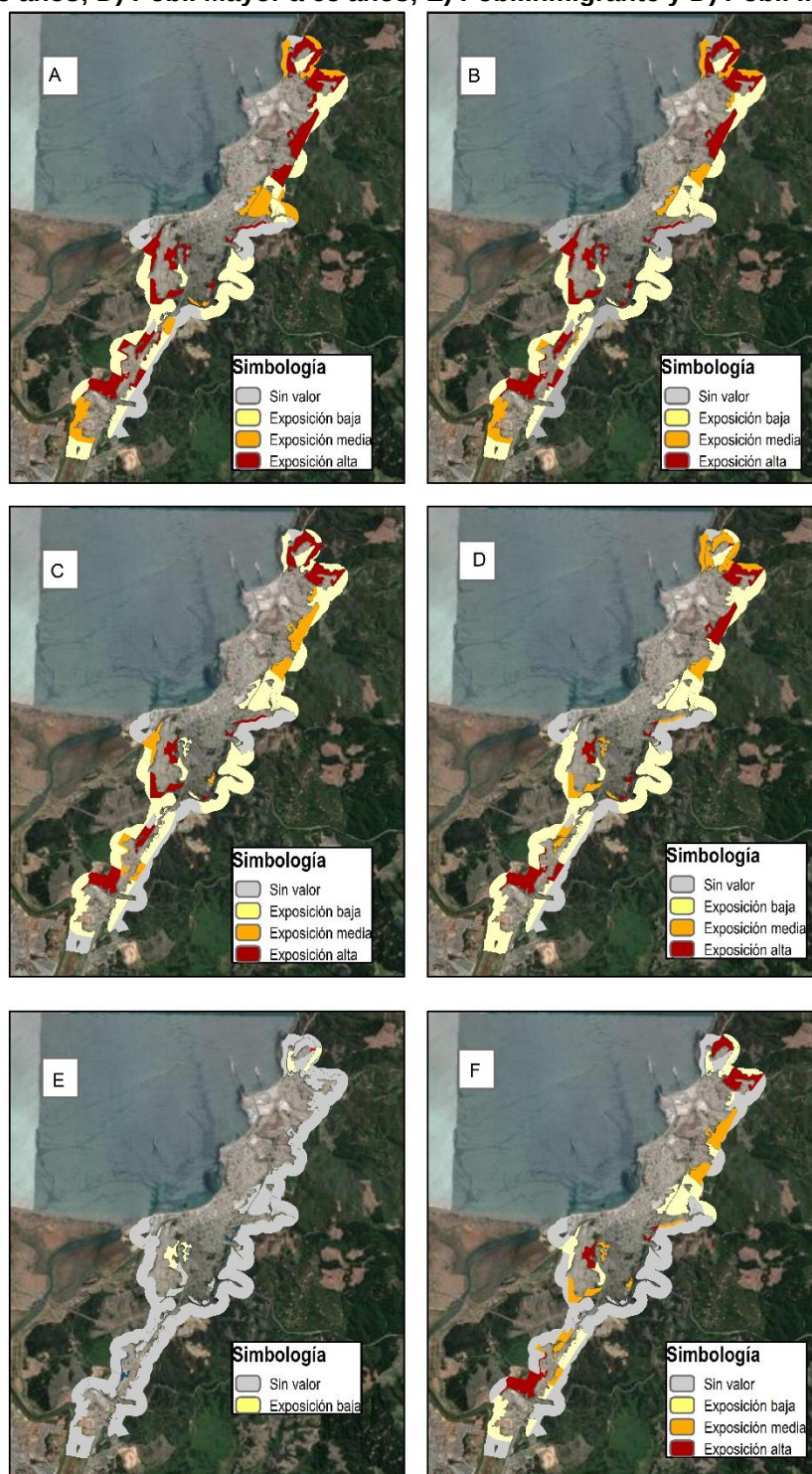
Fuente: Elaboración propia en base a INE, (2017).

f) Nivel de exposición

La Figura 15, presenta el nivel de exposición por variable y la Figura 16 muestra los resultados de la exposición frente a incendio forestal para los habitantes de la zona de interfaz de la comuna de Penco. El 41% de la superficie presentó una exposición baja, principalmente en los distritos de Andalién y Margarita, los cuales poseen mayor superficie de suelo forestal y menor cantidad de población. Los niveles de exposición media y alta correspondieron al 15% y 24% respectivamente, localizados en el sector norte como Lirquén y Fábrica, en el sector sur el distrito de Penco y una parte de Andalién, sectores que presentaron alta concentración de población menor a 5 años y mayor 65, como también de inmigrantes, de pueblos originarios. Un 20% de la superficie no presentó exposición, dado que corresponde a sectores sin habitantes.

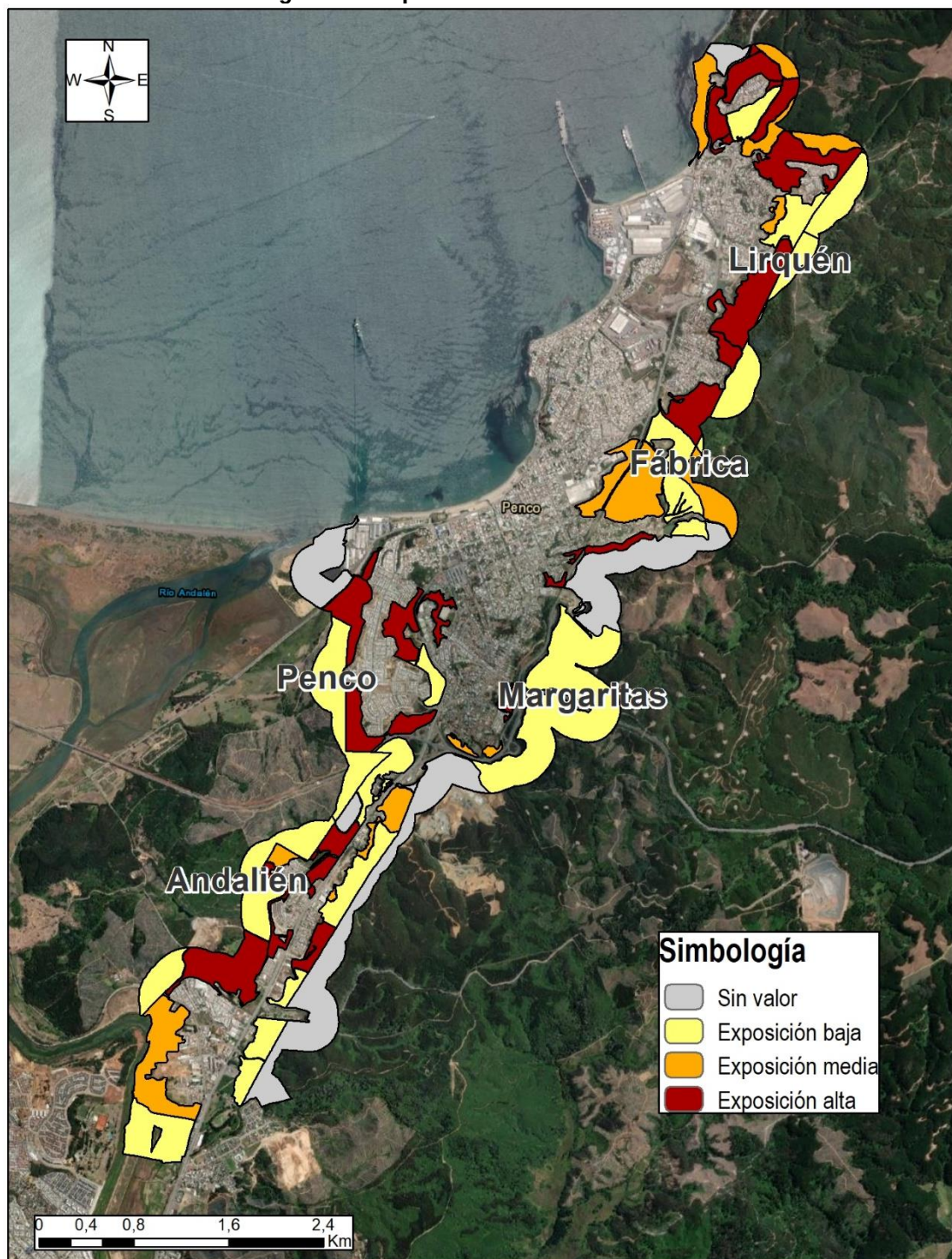
³ El valor n representa el número de manzanas censales con población.

Figura 15. Variables de exposición por niveles. A) Pobl. total; B) Pobl. femenina; C) Pobl. menor a 5 años; D) Pobl. Mayor a 65 años; E) Pobl. Inmigrante y D) Pobl. Indígena



Fuente: Elaboración propia en base a EULA, (2018); INE, (2017).

Figura 16. Exposición zona de interfaz



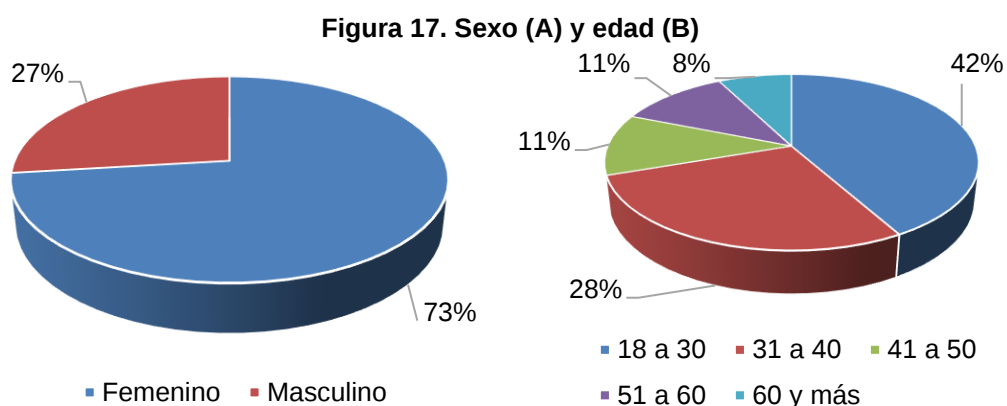
Fuente: Elaboración propia en base a EULA, (2018); INE, (2017).

5.2. Determinación factores predominantes en un proceso de evacuación

5.2.1. Caracterización de la muestra

a) Sexo y edad

De los 26 actores claves encuestados, priman los de sexo femenino en un 73% versus el 27% que pertenece al género masculino (Figura 17-A). Las edades muestran una concentración entre los 18 a 40 años, sumando el 70% del total de los encuestados. La población adulto mayor de 60 años en adelante, sólo alcanza el 8% del total de encuestados, situación similar ocurre con las personas entre 41 a 50 y 51 a 60 años, representando el 11% cada uno (Figura 17-B).

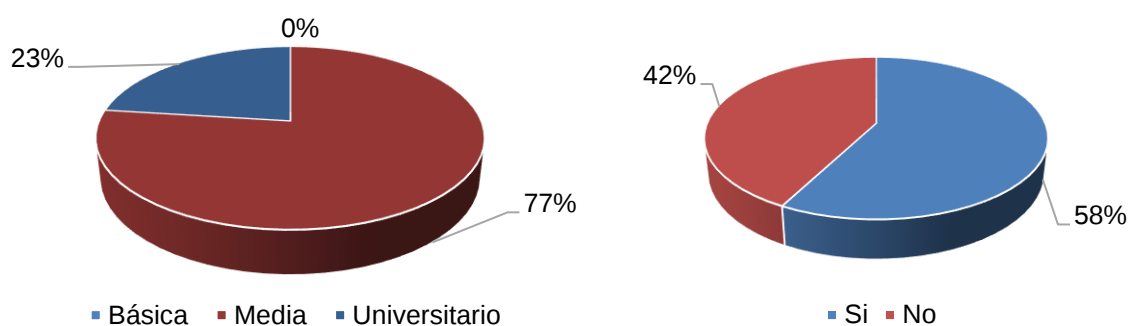


Fuente: Elaboración propia.

b) Nivel de estudios y religión

El nivel de estudios de los encuestados corresponde mayormente a la enseñanza media completa o incompleta con un 77%. El nivel universitario o superior agrupa al 23%, mientras que no se reportó ninguna persona que sólo haya cursado la enseñanza básica (Figura 18-A). En relación con la religión, el 58% declaró profesar alguna religión versus el 42% que indicó no ser creyente (Figura 18-B).

Figura 18. Nivel de estudios (A) y religión (B)



Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Factores de evacuación

a) Percepción del riesgo

La Tabla 13, muestra los resultados de la percepción del riesgo de actores claves frente a incendio forestal para la comuna de Penco. En general la percepción del riesgo se ubicó en niveles altos para las tres variables. Respecto a las diferencias entre la población femenina y masculina, se determinó que las mujeres creen estar mayormente expuestas (58%) y que este peligro puede causar un gran efecto en su comunidad (68%). A su vez, para la variable tiempo de evacuación, tanto los hombres como las mujeres, indicaron que el tiempo era insuficiente (65%).

Tabla 13. Nivel de percepción del riesgo de incendio forestal

Variables de percepción	Clasificación	Total	Porcentaje por Sexo		Total en porcentaje
			Femenino	Masculino	
Percepción del riesgo	Muy expuesto	13	58%	29%	50%
	Medianamente expuesto	8	21%	57%	31%
	Poco expuesto	5	21%	14%	19%
Impacto	Mucho impacto	17	68%	57%	65%
	Impacto medio	4	11%	29%	15%
	Poco impacto	5	21%	14%	19%
Tiempos de Evacuación	Poco tiempo	17	58%	86%	65%
	Medianamente	7	32%	14%	27%
	Mucho tiempo	2	11%	0%	8%

Fuente: Elaboración propia.

b) Preparación

La Tabla 14, muestra cómo fue evaluado el nivel de preparación, de acuerdo con la actuación que han tenido las autoridades. En general, se observó que los niveles de preparación son bajos y medios. Se determinó que la población femenina señala que no se han realizado suficientes capacitaciones (90%), ni limpieza de basurales y de recorte de plantaciones aledañas a viviendas (74%) versus los hombres. A su vez, para la variable de comportamiento de las autoridades en eventos pasados, la población masculina en mayor porcentaje estableció que el valor es medio con un 57%.

Tabla 14. Nivel de preparación de autoridades

Variables de percepción	Clasificación	Total	Porcentaje por Sexo		Total, en porcentaje
			Femenino	Masculino	
Acción eventos pasados	Mala manejo	10	42%	29%	38%
	Medio	13	47%	57%	50%
	Buen manejo	3	11%	14%	12%
Capacitaciones	Muy pocas capacitaciones	22	90%	71%	85%
	Algunas capacitaciones	3	5%	29%	12%
	Muchas capacitaciones	1	5%	0%	4%
Limpieza	Poco frecuente	18	79%	43%	69%
	Medianamente frecuente	6	11%	57%	23%
	Frecuentemente	2	11%	0%	8%
Recorte	Poco frecuente	16	74%	29%	62%
	Medianamente frecuente	8	16%	71%	31%
	Frecuentemente	2	11%	0%	8%

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del nivel de preparación como comunidad, los encuestados indicaron que no tienen claridad de las zonas seguras, no presentándose diferencias entre los hombres y mujeres. En cambio, para la variable reconocimiento de las alarmas de emergencias, los varones con un 71% dijeron que existe baja claridad, por otra parte, las damas señalaron que existe una claridad media de las alarmas de emergencia (Tabla 15).

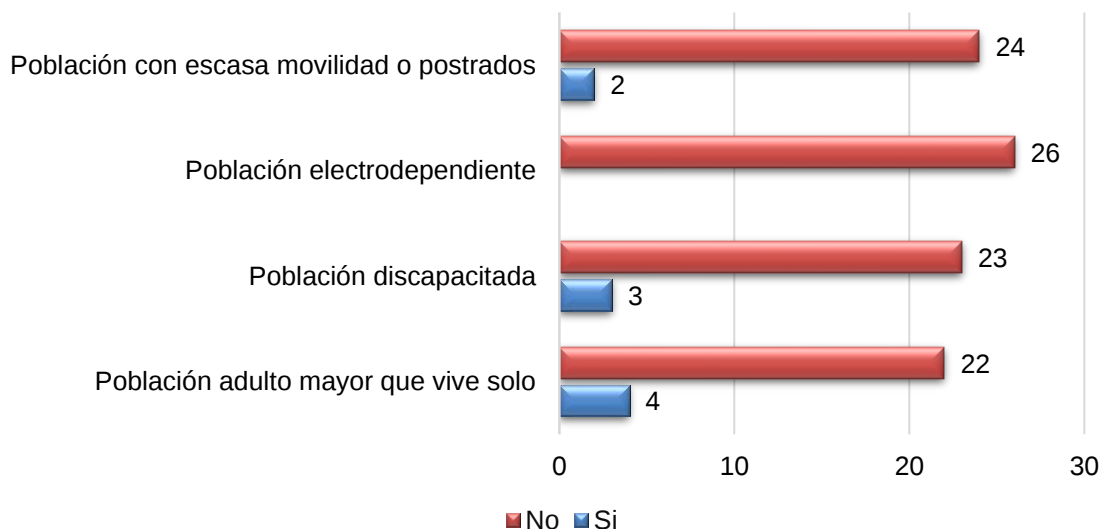
Tabla 15. Nivel de preparación de comunidad

Variables de percepción	Clasificación	Total	Porcentaje por Sexo		Total en porcentaje
			Femenino	Masculino	
Zonas seguras	No hay claridad	13	58%	57%	58%
	Claridad media	10	16%	29%	19%
	Tienen claridad	3	26%	14%	23%
Sistemas de alertas	No reconocen	15	42%	71%	50%
	Mediano reconocimiento	5	53%	0%	39%
	Reconocen	6	5%	29%	12%

Fuente: Elaboración propia.

Ante la pregunta, en caso que deban evacuar, ¿En su población se han organizado en quienes trasladarán a los siguientes habitantes: población adulto mayor que vive solo, discapacitada, electrodependiente y con escasa movilidad o postrados?, un 91% de los encuestados respondió que no se han organizado como comunidad para ver el tema de transportar a la población en caso de que se deba evacuar, en contraste con el 8% que señaló que si se ha establecido el medio de transporte para estas personas, las cuales fueron mencionadas por actores claves de sexo femenino (Figura 19)

Figura 19. ¿En su población se han organizado en quienes trasladarán a?



Fuente: Elaboración propia.

c) Credibilidad de la información

En términos generales, se determinó que el nivel de credibilidad de la información de los encuestados hacia el gobierno, municipio y los medios de comunicación son bajos y medios, a excepción cuando lo señalaron los bomberos con una alta seguridad (65%).

Respecto, a las diferencias de confianza por género, la población femenina tendió a desconfiar mayormente del aviso de evacuación por parte del gobierno en un 74% versus los hombres. Si lo indicó el municipio o bomberos no se presentaron diferencias. Por el contrario, cuando lo informaron los medios de comunicación los varones afirmaron confiar medianamente en mayor porcentaje versus a las participantes mujeres, que representaron el 37% (Tabla 16).

Tabla 16. Credibilidad de la información ante aviso de evacuación

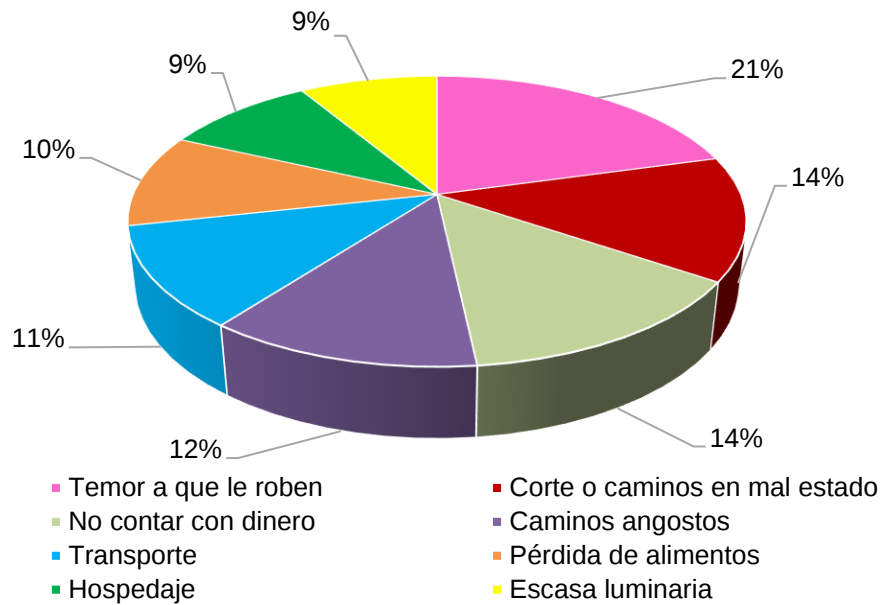
Variables de percepción	Clasificación	Total	Porcentaje por Sexo		Total en porcentaje
			Femenino	Masculino	
Gobierno	Muy poca credibilidad	17	74%	43%	65%
	Credibilidad media	4	5%	43%	15%
	Mucha credibilidad	5	21%	14%	19%
Municipio	Muy poca credibilidad	10	37%	43%	39%
	Credibilidad media	8	26%	43%	31%
	Mucha credibilidad	8	37%	14%	31%
Medios de comunicación	Muy poca credibilidad	9	42%	14%	35%
	Credibilidad media	11	37%	57%	42%
	Mucha credibilidad	6	21%	29%	23%
Bomberos	Muy poca credibilidad	6	26%	14%	23%
	Credibilidad media	3	5%	29%	12%
	Mucha credibilidad	17	68%	57%	65%

Fuente: Elaboración propia.

d) Obstáculos

Respecto a los factores considerados como obstáculos (Figura 20), el 21% mencionó que el mayor inconveniente para evacuar como comunidad, es el miedo a que roben en su propiedad, le siguen el corte o caminos en mal estado y no contar con dinero con un 14% cada uno, los caminos angostos con un 12%, transporte con el 11%, la pérdida de alimentos con el 10% y finalmente el hospedaje y la luminaria con el 9% cada uno.

Figura 20. Obstáculos de evacuación



Fuente: Elaboración propia.

5.3. Propuesta de variables de evacuación en los Instrumentos de Gestión del riesgo comunal.

En la Tabla 17, se presentó una propuesta de cómo integrar las variables de evacuación en los ITP.

Tabla 17. Propuesta integración de variables de evacuación en los ITP

Instrumento	Factores de evacuación	Propuesta
Plan Regulador (PRC)	Preparación	- Evitar la construcción de equipamiento crítico (colegios, jardines y centros de salud) en zonas cercanas expuestas al peligro de riesgo forestal, con el fin de que no exista una aglomeración de población y sea más lento el proceso de evacuación. - Construcción de áreas verdes o de actividades recreativas en zonas de interfaz con el fin de amortiguar la expansión de viviendas y la distribución de las pavesas de incendio forestal. - Que zonas industriales se ubiquen en terrenos alejados a matorrales, basurales los cuales actuarían como

Instrumento	Factores de evacuación	Propuesta
		combustible en caso de que una de esas industrias trabaje con gas, o que se localicen en áreas de baja peligrosas o sin exposición a este riesgo.
	Obstáculos: caminos	- Prohibición de estacionar vehículos en áreas de evacuación mediante una ordenanza. - Establecer convenios con los propietarios de caminos privados para dar accesibilidad a la población para que circulen por ellos y que se utilicen como vías de evacuación en caso de que se produzca una emergencia. A través de lo dispuesto en el artículo N°2 del decreto N°293, donde; la Dirección de Vialidad con los Gobiernos Regionales podrán financiar proyectos de inversión en conservación, rehabilitación y mejoramiento y caminos vecinales privados de uso público, con el compromiso de traspaso de dominio al municipio⁴. - Aumentar el ancho de los caminos, tanto para los pasajes como carreteras en sectores aledaños a plantaciones forestales, lo cual permita una evacuación más rápida. Como también, verificar que se respeten los anchos establecidos en la ley, donde; los caminos vecinales deberán contar con una carpeta de rodadura de 5m emplazada en una faja de un ancho no inferior a 10m. Las huellas, deberán contar con una faja de un ancho no inferior a 7m.
Plan de Emergencia	Preparación	- Establecer comunicación entre municipio, entes gubernamentales y dirigentes de juntas de vecinos u

⁴ MOP, (2008). Decreto N°293: Aprueba reglamento sobre financiamiento de proyectos de inversión en conservación, rehabilitación y mejoramiento de huellas y caminos vecinales privados de uso público.

Instrumento	Factores de evacuación	Propuesta
		organizaciones locales en caso de que se produzca una emergencia sea más rápido el despliegue de acción. - Incluir en el Comité de protección civil o en el de emergencia a los presidentes de las juntas de vecinos, ya que son ellos quienes conocen su territorio y como se ven afectados cuando se produce una emergencia. - Definir quién se hará cargo del traslado de los adultos mayores que viven solo, discapacitados y electrodependientes. - Incluir línea de base que describa las características físicas del territorio y sociales, con el fin establecer las vías de evacuación de acuerdo con las características del terreno, como también el tiempo de evacuación según su situación socioeconómica, si cuentan con transporte propio, configuración de las calles, hacinamiento de población etc.
Plan de Acción	Edad	- Realizar capacitaciones, talleres y simulacros en establecimientos educacionales y grupos de adultos mayores de manera de que este tipo de población sepa cómo actuar en caso de que deban evacuar, dado que son considerados los habitantes más vulnerables. - Crear planes de emergencia de riesgo específico en asilos de ancianos, donde se especifique las funciones del personal en caso de que se produzca algún evento y deban evacuar. Además, como plan de emergencia que deba ser presentando a ONEMI para su validación. - Modificar el Plan de escuela segura y que se adecue de acuerdo con el tipo

Instrumento	Factores de evacuación	Propuesta
		de riesgo, similar al documento elaborado por el Ministerio de educación, "Gestión del riesgo de tsunami en establecimientos educacionales".
	Preparación	- Implementar folletería "braile" para las personas no videntes, con el fin, de que no se sientan excluidos y que sepan que hacer en un proceso de evacuación. - Crear señalética de emergencia "llamativa" que indique las vías de evacuación y zonas de seguridad en colores de acuerdo tipo de riesgo (en caso de que la persona sea analfabeta sepa que quiere decir cada color) y que sea inclusivo, esté tanto en español, inglés y mapudungun.

Fuente: Elaboración propia.

6. DISCUSIÓN

6.1. Caracterización exposición

La exposición frente a incendio forestal en área de interfaz presentó niveles medios y altos representando el 15% y 24% de la superficie, correspondiente a los sectores de Lirquén, Fábrica, Penco y Andalién. A su vez, el 41% de la superficie presentó una exposición baja, principalmente en los distritos de Andalién y Margarita, los cuales poseen mayor superficie de suelo forestal y menor cantidad de población. Coincidiendo por lo reportado por EULA, (2018b) en un estudio de riesgo desarrollado para la comuna de Penco, donde se reportó que, en cuanto a superficie comunal, predominan las zonas con exposición baja con un 84%, pero que la exposición alta se concentró en la zona urbana de la comuna, especialmente en los distritos de Andalién, Penco, Fábrica y Lirquén, distritos que presentaron una mayor densidad de población. En Alegría, (2020) la situación es similar, la mayor concentración de población (47% y 28%) reside dentro del área de interfaz, encontrándose mayoritariamente en zonas de medio y alto riesgo de incendios forestales.

Respecto al total de población expuesta a incendios forestal para la comuna de Penco es de 10.996 habitantes, representando el 23%. En cambio, en Valparaíso la población que habitan en las áreas de interfaz es de 88.818 habitantes, es decir, el 30% del total comunal (Alcántara, 2019).

6.2. Factores de evacuación

Se determinó que las mujeres creen estar mayormente expuestas (58%) y que se estima los incendios forestales pueden causar un gran impacto en su comunidad en su comunidad (68%). Por el contrario, la población masculina tendió a tener una menor percepción del riesgo de incendio. Situación similar ocurrió en cuatro comunidades rurales de los Estados Unidos, donde ellos creen sentirse seguros frente al riesgo de incendio, señalaron haber vivido otros eventos anteriormente, por lo que consideran tener una vasta experiencia y creen que podrían apagar el fuego o construir contrafuegos para proteger sus viviendas (Cohn *et al.*, 2006). Corroborándose lo planteado por (Bateman *et al.*, 2003; Riad y Norris, 2000; Mozzander *et al.*, 2008; Smith y Mccarty, 2009) quienes han afirmado que la población femenina tienen una mayor probabilidad de evacuar, dado que tienen una mayor percepción frente a los riesgos al contrario de los hombres.

La preparación tanto de las labores de las autoridades como de comunidad presentó valores medios a bajos, dado que no se han realizado suficientes capacitaciones, ni limpieza de basurales y de recorte de plantaciones aledañas a viviendas. Por el contrario, en un estudio desarrollado por Cote *et al.*, (2014) donde midieron las percepciones de los residentes frente a las alternativas de evacuación y los factores que influyeron en sus intenciones en la ciudad de Yukón, Canadá. Los resultados indicaron que la seguridad percibida de los encuestados es alta, dado que afirmaron haber talado los árboles dentro de un radio de 10 metros de su casa, por lo que en caso de producirse un incendio ellos se quedarían a defender su propiedad. Es decir, que pese a que, en Yukón, no se mencionada que las autoridades se preocuparon de la prevención de los incendios, en este caso los habitantes se encargaron de realizar medidas que sirvan de mitigación.

Otras variables que causan inquietud al evacuar son la población con discapacidad y de tercera edad, dado que muchos casos no pueden caminar o tienen una movilidad limitada por lo que evacuar caminando se hace imposible y la falta de buses de transporte dificulta su traslado (Smith y Mccarty, 2009; Eisenman *et al.*, 2007). Según lo

reportado por las encuestas, en Penco no existe una real preocupación, dado que al ser consultado si se han organizado como comunidad sobre el traslado de estos habitantes, el 91% indican que no hay claridad. Por el contrario, el 8% restante afirmó que se ha establecido el medio de transporte para estas personas, las cuales fueron mencionadas por actores claves de sexo femenino. Esto último puede verse por las diferencias construidas en los roles de cuidado (Smith y Mccarty, 2009)

El nivel de credibilidad de quien entrega el aviso de evacuación para los encuestados se clasificó en niveles bajos y medios, a excepción cuando lo señalaron los bomberos con una alta seguridad (65%). Coincidiendo con lo reportado por Trumbo y McComas, (2003) donde si la fuente de información para evacuar era una institución gubernamental, la mayor confianza hacia ellos se producía cuando la población tenía una baja percepción del riesgo. Por el contrario, Wachinger *et al.*, (2013) indicaron que una alta confianza en las autoridades puede llevar a los habitantes a subestimar el riesgo y a ocupar áreas desprotegidas. Respecto, a las diferencias de confianza por género, el que la población femenina tendió a desconfiar mayormente del aviso de evacuación por parte del gobierno en un 74% versus los hombres y cuando la información proviene por los medios de comunicación, los varones afirmaron confiar medianamente en mayor porcentaje versus a las participantes mujeres, que representaron el 37%, el cual, puede por las diferencias en el miedo al riesgo (Lerner *et al.*, 2003), por lo tanto, su confianza en la credibilidad de estas fuentes varía según la persona (Lindell y Whitney 2000).

Respecto a que factores son considerados impedimentos de evacuación, estos coincidieron por lo reportado por diversos autores como Mozzander *et al.*, (2008) indicaron que el poseer animales, es una preocupación latente en el caso que deban evacuar, dado que no saben dónde dejarlos, aumentando esa inquietud si tienen ganado. Los caminos en mal estado, el transporte y el dinero son mencionados por McCaffey *et al.*, (2015) donde evaluaron la evacuación ante incendio forestales en 3 ciudades de Estados Unidos, Montana, Nuevo México y California. Los entrevistados afirmaron que decidirían no evacuar dada la ineficiente infraestructura vial, caminos en mal estados y estrechos y salidas que se encuentran limitadas por numerosas casas, concordando con lo reportado en este estudio, donde 12% indicó que una de sus preocupaciones son los caminos en mal estado, 10% el transporte y el 12% no contar con dinero. Por lo que cobra sentido lo señalado Elder *et al.*, (2007) al afirmar que la disponibilidad de transporte es un tema limitante en una evacuación y en muchos casos no se tiene dinero tanto para la

gasolina como para el arriendo de automóvil como de hospedaje. Finalmente, con un 9% la pérdida de alimentos fue considerado un obstáculo de evacuación, siendo una preocupación que pasará con los alimentos congelados u otras reservas por el deterioro, como también el deterioro de la cosecha (Cote *et al.*, 2014).

Para finalizar, se determinó que los factores de evacuación se interrelacionan entre sí, siendo el género un factor determinante dado las diferencias de percepción del riesgo que presentó la población femenina versus la masculina, influyendo en la preparación de estos al momento de prevenir un incendio. Por lo cual, es pertinente que se consideren estas variables al momento de elaborar estrategias de mitigación, como en el caso de capacitaciones (simulacros, talleres), transporte para población vulnerable, o los caminos, los cuales permitirá que al momento de crear un Plan de evacuación este ya cuente con criterios que permitan establecer procesos de evacuación eficaces y eficientes, y que se centren en la comunidad. Por lo cual, es fundamental que las comunas al momento de generar un Plan de evacuación frente a cualquier riesgo, les consulten a su población que factores impedirían que ellos no evacuen y con ello, poder implementar incitativas en sus diversos instrumentos de gestión del riesgo que permitan generar procesos de evacuación sin contratiempos.

7. CONCLUSIONES

Penco a nivel superficial presentó un 41% de exposición baja, principalmente en los distritos de Andalién y Margarita, los cuales poseen mayor superficie de suelo forestal y menor cantidad de población. La exposición media alcanzó el 15% y una exposición alta el 24%, en los sectores de Penco y Fábrica, los cuales concentraron la mayor cantidad de población menor o igual a 5 años y mayor o igual a 65 años, como también de inmigrantes y de pueblos originarios. Un 20% no reportó exposición.

La población femenina tuvo una mayor percepción del riesgo en comparación a los hombres, el 58% señaló sentirse altamente expuestas a incendios forestales y que estos pueden causar destrucción en su localidad. Respecto a la preparación, en general se determinó que la población se encuentra poco preparada, no se han realizado limpieza de caminos, pocas capacitaciones y no tienen claridad de quién se encargará del traslado de adultos mayores que viven solos, discapacitados, electrodependientes o con escasa movilidad y postrados en caso de que les informen que deben evacuar. Además, la

población tendió a confiar en mayor medida cuando la información la proporciona las instituciones encargadas de combatir los incendios, versus a si es señalado por el gobierno. Esto puede tener estrecha relación en cómo ha sido su nivel de preparación y actuación en eventos pasados.

Se determinó que las mayores preocupaciones de las personas y que impedirían que evacuaran son: el temor a que le roben en su propiedad con el 21%, le siguen el corte o caminos en mal estado y no contar con dinero con un 14% cada uno, los caminos angostos con un 12%, transporte con el 11%, la pérdida de alimentos con el 10% y finalmente el hospedaje y la luminaria con el 9% cada uno.

Se propusieron 15 iniciativas, el 40% fueron para el Plan regulador, centrados principalmente en caminos y uso de suelo, un 33% para un Plan de acción (creación de folletería, capacitaciones, programas educativos, creación de planes de emergencia en específico) y un 27% para un Plan de emergencia (organización ante una emergencia y traslado de la población). Además, las medidas a incorporar en estos instrumentos tienen una función de preparación ante un proceso de evacuar, con el fin de disminuir los tiempos de respuesta y la actuación de la población al tener conocimiento de que hacer en caso de que se produzca un evento y deban evacuar.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántara, T. (2019). La gestión integral del riesgo de incendios en las zonas de interfaz urbano-forestal: el caso del megaincendio de Valparaíso| 2014. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Magister en Geografía.

Alegría, R. (2020). Estudio y evaluación del riesgo de incendios forestales en la interfaz urbano-forestal de las comunas que componen el Área Metropolitana de Valparaíso. Periodo 2000-2017. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Escuela de Pregado. Carrera de Geografía.

Aliste, E., Folchi, M., y Núñez, A. (2018). Discourses of Nature in New Perceptions of the Natural Landscape in Southern Chile. *Front. Psychol*, 17.

Altamirano, A., Salas, C., Yaitul, V., Smith-Ramirez, C., y Ávila, A. (2013). Influencia de la heterogeneidad del paisaje en la ocurrencia de incendios forestales en Chile Central. *Revista de Geografía Norte Grande*, 55:157-170.

Andrade, M., y Laporta, P. (2009). La teoría social del riesgo: Una primera aproximación a la vulnerabilidad social de los productores agropecuarios del sudoeste bonaerense ante eventos climáticos adversos. *Mundo agrario*, 10(19):00-00.

Arenas, F., Lagos, M., y Hidalgo, R. (2010). Los riesgos naturales en la planificación territorial. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Ayala-Carcedo, C. (1993). Estrategias para la reducción de desastres. En M. y. Mardones, La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo morfológico: Un instrumento para planificación urbana en la ciudad de Concepción (págs. 200:6-13).

Ayala-Carcedo, F., y Olcina, J. (2002). Riesgos Naturales. Aspectos Conceptuales y Metodológicos. En A. Contreras, 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.

Ayala-Cardero, F., y Olcina, J. (2003). Riesgos naturales. Barcelona: Editorial Ariel.

Bateman, J., y Edwards, B. (2002). Gender and evacuation: A closer look at why women are more likely to evacuate for hurricanes. *Natural hazards Review*, 3:107-117.

- Beloglazov, A., Almashor, M., Abebe, E., Richter, J., y Barton, K. (2016). Simulation of wildfire evacuation with dynamic factors and model composition. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 60:144-159.
- Bowman, D., Moreira-Muñoz, Á., Kolden, C., Chávez, R., Muñoz, A., Salinas, F., . . . Johnston, F. (2019). Human–environmental drivers and impacts of the globally extreme 2017 Chilean fires. *Ambio*, 48(4):350-362.
- Brenkert, H., Champ, P., y Flores, N. (2005). Mitigation of Wildfire Risk by Homeowners. USDA Forest Service, RMRS. Research Note, 25WWW.
- Brodie, M., Weltzien, E., Altman, D., Blendon, R., y Benson, J. (2006). Experiences of hurricane Katrina evacuees in Houston shelters: implications for future planning. *Am J Public Health*, 96(8):1402-8.
- Burton, I., y Kates, R. (1964). The perception of natural hazards in resource. *Natural Resources Journal*, 3.
- Caballero, D. (2004). Gestión de los Riesgos de Incendios en la Interfaze Forestal – Urbana: Proyecto WARM.
- Caram, M., y Pérez, S. (2006). Entre el riesgo ambiental y el riesgo social: buscando una salida a la tenencia irregular. *Revista Argentina de Sociología*, 4(6):50-64.
- Cardona, O. (2001). Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Carmona, A., González, M., Nahuelhual, L., y Silva, J. (2012). Spatio-temporal effects of human drivers on fire danger in Mediterranean Chile. *Bosque*, 33:321-328.
- Castillo, M., Julio, G., y Quintanilla, V. (2011). Vulnerabilidad y daño potencial ocasionado por incendios en áreas de interfaz urbano-forestal, provincia de Valparaíso. *Chile Central. Territorium*, 18:247:254.
- Castillo, M., Pedernera, P., y Peña, E. (2003). Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista ambiente y desarrollo de CIPMA*, 19(3):44-53.
- Castillo, M., Plaza, Á., y Garfias, R. (2020). A recent review of fire behavior and fire effects on native vegetation in Central Chile. *Global Ecology and Conservation*, 01210. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01210>

- Castillo, M., Plaza, Á., y Garfias, R. (2020). A recent review of fire behavior and fire effects on native vegetation in Central Chile. *Global Ecology and Conservation*, 24.
- CEPAL. (2001). La vulnerabilidad social y sus desafíos: una mirada desde América Latina. Naciones Unidas, División de Estadística y Proyecciones Económicas.
- Cid, G., Castro, C., y Rugiero de Souza, V. (2012). Percepción del riesgo en relación con capacidades de autoprotección y autogestión, como elementos relevantes en la reducción de la vulnerabilidad en la ciudad de La Serena. *Revista INVI*, 27(75):105-142.
- Clarke, H., Lucas, C., y Smith, P. (2013). Changes in Australian fire weather between 1973 and 2010. *Int. J. Climatol*, 33: 931-944.
- Cohn, P., y Carroll, M. (2006). Evacuation Behavior during Wildfires: Results of Three Case Studies. Department of Natural Resource Sciences, Washington State University, Pullman.
- Collins, S. (2004). Evaluation of evacuation planning in wildland-urban interface environments. Unpublished manuscript.
- CONAF. (2017). Plan de protección contra incendios forestales para la comuna de Penco.
- CONAF. (2021a). Estadística - Ocurrencia y Daño por Comuna 1985 a 2020.
- CONAF. (2021b). Estadísticas - Ocurrencia y Daño por Incendios Forestales según Incendios de Magnitud 1985 - 2020.
- CONAF. (2021c). Estadísticas - Resumen Nacional Ocurrencia y Daño de Incendios Forestales de Magnitud v/s Normales 1985 a 2020.
- Contreras, A. (2015). 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. Concepción: Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía. Departamento de Geografía. Magister en Análisis Geográfico.
- Cote, D., y McGee, T. (2014). An exploration of resident's intended wildfire evacuation responses in Mt. Lorne Yukon, Canada. *The Forestry Chronicle*, 90(4):498-502.
- Coutinho-Rodrigues, J., Tralhão, L., y Alçada-Almeida, L. (2012). Solving a location-routing problem with a multiobjective approach: the design of urban evacuation plans. *Journal of Transport Geography*, 22:206-218.

- CRED. (2019a). Natural disasters 2019. Now is the time to not give up.
- CRED. (2019b). Volcanic Activity & Wildfires. Issue.
- CRED. (2020). Human cost of disasters. An overview of last 20 years 2000-2019.
- Cummins, D., y Mahul, O. (2009). Catastrophe risk financing in developing countries- principles for public intervention. Banco Mundial.
- Davis, C. (31:97-110). The West in Flames: The Intergovernmental Politics of Wildfire Suppression and Prevention. Publius: The Journal of Federalism.
- De la Barrera, F., y Ruiz, V. (2017). Evaluación del impacto de los incendios de Chile Centro-Sur en el verano del año 2017. IALE-Chile. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/315770612_EVALUACION_DEL_IMPACTO_DE_LOS_INCENDIOS_DE_CHILE_CENTRO-SUR_OCURRIDOS_EN_EL_VERANO_DEL_ANO_2017_-_Primera_entrega
- Díaz-Hormazábal, I., y González, M. (2016). Análisis espacio-temporal de incendios forestales en la región del Maule, Chile. Bosque, 37(1):147-158.
- Drabek, T. (1991). Anticipating organizational evacuations: disaster planning by managers of tourist-oriented private firms. International journal of mass emergencies and disasters, 9(2):219-245.
- Eisenman, D., Cordasco, K., Asch, S., Golden, J., y Glik, D. (2007). Disaster planning and risk communication with vulnerable communities: Lessons from Hurricane Katrina. American Journal of Public Health, 97:109-115.
- Eizaguirre, X. (2001). La construcción del territorio disperso. Talleres de reflexión sobre la forma difusa. Barcelona: Edicions Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Elder, K., Xirasagar, S., Miller, N., Bowen, S., Glover, S., y Piper, C. (2007). African Americans decisions not to evacuate New Orleans before Hurricane Katrina: A qualitative study. American Journal of Public Health, 97:99-115.
- Escobar-Gómez, A. (2007). Percepción de los riesgos y desastres. Caso aldea Shalagua, municipio de Camotan. Chiquimula, 123.
- Espinoza, C. (2019). Los instrumentos de planificación territorial (IPT) y su aporte al ordenamiento sostenible del territorio. ISSN, 0716-9671.

- EULA. (2014). Proyecto Análisis de Riesgos de Desastres y Zonificación Costera, región del Biobío. Expediente Comunal Penco.
- EULA. (2018a). Plan de acción municipal frente a incendio forestal. Tomo i: diagnóstico comunal.
- EULA. (2018b). Plan de acción municipal frente a incendio forestal. Resumen ejecutivo.
- EULA. (2018c). Plan de acción municipal frente a incendio forestal. Tomo ii.
- Fischer, H. S. (1995). Evacuation behavior: why do some evacuate, while others do not? A case study of the Ephrata, Pennsylvania (USA) evacuation. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 4:30-36.
- Fischer, H., Stine, G., Stoker, B., Trowbridge, M., y Drain, E. (1995). Evacuation behavior: why do some evacuate, while others do not? A case study of the Ephrata, Pennsylvania (USA) evacuation. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 4:.
- Fridolf, K., Nilsson, D., y Frantzich, H. (2011). Fire Evacuation in Underground Transportation Systems: A Review of Accidents and Empirical Research. *Fire Technology*, 49(2):451-475.
- Galiana, L. (2012). «Las interfaces urbano-forestales: un nuevo territorio de riesgo en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 58:205-226.
- Gómez-González, S., González, M., Paula, S., Díaz-Hormazabal, I., Lara, A., y Delgado-Baquerizo, M. (2019). Temperature and agriculture are largely associated with fire activity in Central Chile across different temporal periods. *Forest Ecology and Management*, 433:535-543.
- González, M., Gómez-González, S., Lara, A., Garreaud, R., y Díaz-Hormazabal, I. (2018). The 2010–2015 Megadrought and its influence on the fire regime in central and south-central Chile. *Ecosphere*, 9:8.
- GORE. (2003). Plan regulador metropolitano de Concepción.
- GORE. (2015). Estrategia Regional de Desarrollo 2015-2030.
- Gray-Graves, A., Turner, K., y Swan, J. (2011). The Level of Willingness to Evacuate Among Older Adults. *Gerontology & Geriatrics Education*, 32(2):107-121.

Guiñez, F. (2016). Estratificación y zonificación de los suelos de la comuna de Penco, mediante aplicación de SIG. Universidad del Bío-Bío, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería civil y ambiental.

Heilmayr, R., Echeverría, C., Fuentes, R., y Lambin, E. (2016). A plantation-dominated forest transition in Chile. *Applied Geography*, 75:71-82.

Hewins-Maroney, B., Schumaker, A., y Williams, E. (2005). Health seeking behaviors of African Americans: implications for health administration. *Journal of Health and Human Services Administration*, 28(1):68-95.

Hewstone, M., y Martin, R. (2008). Social Influence. En M. Hewstone, Ströbe, & J. K. (eds), *Introduction to Social Psychology* (4th edition). London: Blackwell Publishing.

INE, (2007). CENSO agropecuario y forestal 2007. Obtenido de <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios>

INE. (2017). Censo de Población y Vivienda. Gobierno de Chile.

Jaque, E., Castillo, C., Ojeda, C., y Díaz, P. (2019). Vulnerabilidad educativa ante incendios forestales en el Área Metropolitana de Concepción. Caso de estudio: Penco, Chile. *Estudios socioterritoriales*, 25.

Keeley, J., Fotheringham, C., y Morais, M. (1999). Reexamining fire suppression impacts on brushland fire regimes. *Science*, 284:1892-1895.

Kinateder, M., Kuligowski, E., Reneke, P., y Peacock, R. (2015). Risk perception in fire evacuation behavior revisited: definitions, related concepts, and empirical evidence. *Fire Science Reviews*, 4(1).

Kunreuther, H., y Michel-Kerjan, E. (2009). *At war with the weather: managing large-scale risks in a new era of catastrophes*. MIT Press.

Laurenti, S. (2017). Chile y la Tormenta de Fuego. Subsecretaría del Interior.

Lavell, A. (2001). Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacia una definición. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/riesgo-apuntes.pdf>.

Lavell, A. (2002). Riesgo, desastre territorio: La necesidad de los enfoques. *Anuario Social y Político de América Latina y el Caribe*.

Lindell, M., y Whitney, D. (2000). Correlates of household seismic hazard adjustment adoption. *Risk Analysis*, 20(1):13-25.

Ilabaca, P. (1989). Evolución de la costa de Concepción: El caso de las bahías de Concepción y San Vicente. *Biología Pesquera*, 18:29-35.

Ilustre Municipalidad de Penco. (2018). Plan de evacuación frente a incendios forestales.

López-Goyburu, P. (2017). Miradas innovadoras sobre la interfaz urbano-rural: El plan de extensión de Amsterdam, los planes del condado de Londres y del Gran Londres y el Plan de los dedos de Copnhague.

MacGregor, D., Finucane, M., y Gonzalez-Caban, A. (2008). The effects of risk perception and adaptation on health and safety interventions. En C. K. Raish, *Wildfire Risk: Human Perceptions and Management Implications* (págs. 142-155). Washington, DC: Resources for the Future Press.

Manuschevich, D., Sarricolea, P., y Galleguillos, M. (2019). Integrating socio-ecological dynamics into land use policy outcomes: A spatial scenario approach for native forest conservation in south-central Chile. *Land Use Policy*, 84:31-42.

Martin, I., Bender, H., y Raish, C. (2007). What motivates individuals to protect themselves from risks? The case of wildland fires. *Risk Analysis*, 27(4):887-900.

Martínez, C., Moris, C., y Quense, J. (2017). Valoración de las áreas de riesgo por tsunami y potencial de evacuación: propuestas para la reducción del riesgo de desastres a escala local.

Martínez, E. (2007). Incendios Forestales en los Municipios Costeros Alicantinos: Riesgo Estadístico y Relaciones con el Tiempo y el Clima. Universidad de Alicante, Instituto Universitario de Geografía.

McCaffrey, S. (2004). Thinking of wildfire as a natural hazard. *Society & Natural*, 17:509-516.

McCaffrey, S., Rhodes, A., y Stidham, M. (2015). Wildfire evacuation and its alternatives: Perspectives from four United States communities. *Intitute J. Wildland Fire*, 24(2):170-178.

- McWethy, D., Pauchard, A., García, R., Holz, A., González, M., y Veblen, T. (2018). Landscape drivers of recent fire activity (2001-2017) in south-central Chile. *PloS One*, 13:8.
- McWethy, D., Pauchard, A., García, R., Holz, A., González, M., Veblen, T., . . . Currey, B. (2018). Landscape drivers of recent fire activity (2001-2017) in south-central Chile. *PLOS ONE*, 13(10): e0205287.
- MDS. (2011). Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) 2011. Observatorio Social. Gobierno de Chile.
- MDS. (2013). Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) 2013. Observatorio Social. Gobierno de Chile.
- MDS. (2015). Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) 2015. Observatorio Social. Gobierno de Chile.
- MDS. (2017). Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) 2017. Observatorio Social. Gobierno de Chile.
- Michalsen, A. (2003). Risk assessment and perception. *Inj Control Saf Promot*, 10(4):201-204.
- Montiel, C., y Herrero, G. (2010). Overview of policies and practices related to fire ignitions. En J. e. Sande, *Towards Integrated Fire Management-Outcomes of the European Project Fire Paradox*, European Forest Institute (págs. 35-46).
- Moreira, F., Viedma, O., Arianoutsou, M., Curt, T., Koutsias, N., Rigolot, E., . . . Vaz, P. (2011). Landscape - wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management. *Journal of Environmental Management*, 92:2389-2402.
- Mottershead, K., McGee, T., y Christianson, A. (2020). Evacuating a First Nation Due to Wildfire Smoke: The Case of Dene Tha' First Nation. *International Journal of Disaster Risk Science*, 11:274-286.
- Mozumber, P., Raheem, N., Talberth, J., y Berrens, R. (2008). Investigating intended evacuation from wildfires in the wildland-urban interface: Application of a bivariate probit model. *Forest Policy and Economics*, 10:415-423.

- North, B., Stephens, S., Collins, B., Agee, J., Aplet, G., Franklin, J., y Fule, P. (2015). Reform forest fire management. *Science*, 349:1280-1281.
- OEA. (1993). Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, Washington.
- Olcina, F. (2006). ¿Riesgos naturales? Huracanes, Sismicidad y Temporales.
- ONEMI. (2018). Plan específico de emergencia por variable de riesgo (Tsunami). Ministerio del Interior y seguridad pública. Gobierno de Chile.
- ONEMI. (2020). Plan específico de emergencia por variable de riesgo de incendios forestales.
- Pagney, P. (1994). Les catastrophes climatiques. París: Presses Universitaires de France.
- Pérez-Soba, I., y Jiménez, C. (2019). Interfaz urbano-forestal e incendios forestales: regulación legal en España. *Revista Aragonesa de Administración Pública*, 53:158-219.
- Petrolia, D., Bhattacharjee, S., y Hanson, T. (2011). Heterogeneous Evacuation Responses to Storm Forecast Attributes. *Natural Hazards*, 12:117-125.
- Pladeco. (2015). Plan de desarrollo Comunal Penco. Expediente Comunal 2015-2020.
- Radeloff, V. (2018). Rapid growth of the US wildland-urban interface raises wildfire risk. *Proc. Natl Acad*, 115(13):3314-3319.
- Radeloff, V., Hammer, R., Stewart, S., Fried, J., Holcomb, S., y McKeerry, J. (2005). The wildland-urban interface in the United States. *Ecological Applications*, 15(3):799-805.
- Rayner, S., y Cantor, R. (1987). How Fair Is Safe Enough? The Cultural Approach to Societal Technology Choice. *Risk Anal*, 7(1):3-9.
- Reininger, B., Raja, S., Sanchez, A., Chen, Z., Adams, B., McCormick, J., y Rahbar, M. (2013). Intention to comply with mandatory hurricane evacuation orders among persons living along a coastal area. *Disaster Med Public Health Prep*, 7(1):46-54.
- Riad, J., y Norris, F. (2000). Hurrican threat and evacuation intentions: an analysis of risk perception, preparedness, social influence and resources. Unpublished Manuscript. Disaster Research Center, University of Delaware. Newark, DE.

Salas, J., y Cocero, D. (s.f.). El concepto de peligro de incendio. Sistemas actuales de estimación del peligro.

San Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Bocca, R., Mainti, P., Liberta, G., Artes Vivancios, T., . . . Leray, T. (2020). Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2019. Publications Office of the European Union. Obtenido de <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC122115>

Sarricolea, P., Serrano-Notivoli, R., Fuentealba, M., Hernández-Mora, M., De la Barrera, F., Smith, P., y Meseguer-Ruiz, Ó. (2020). Recent wildfires in Central Chile: Detecting links between burned areas and population exposure in the wildland urban interface. *Science of the Total Environment*, 706:135894.

SEVEIF. (2010). Aplicación y adaptación del modelo SEVEIF para la evaluación socioeconómica del impacto de incendios forestales en la Provincia de Valparaíso, Chile. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).51

Shaw, D., Albores, P., Anson, S., Kailiponi, P., Nagarajan, M., Tissington, P., y Hart, T. (2011). Evacuation Responsiveness by Government Organisations: Final Report. Aston Centre for Research into Safety and Security (CRISIS), Aston University Business School, UK.

Smith, S., y Mccarty, C. (2009). An examination of evacuation behavior during Florida's 2004 hurricane season. *Demography*, 46(1):127-145.

Trumbo, C., y McComas, K. (2003). The function of credibility in information processing for risk perception. *Risk Anal: Off Public Soc Risk Anal*, 23(2):343-353.

Ubeda, X., y Sarricolea, P. (2016). Wildfires in Chile: a review. *Global Planet. Change*, 146:152-161.

UCHile. (2019). Plan de Emergencia y Evacuación. Programa académico de Bachillerato. Vicerrectoría de Asuntos Académicos. Universidad de Chile.

Urrutia-Jalabert, R., González, M., González-Reyes, A., Lara, A., y Garreaud, R. (2018). Climate variability and forest fires in central and south-central Chile. *Ecosphere*, 9: e0217.

Valencia, D., Saavedra, J., Brull, J., y Santelices, R. (2018). Severidad del daño causado por los incendios forestales en los bosques remanentes de *Nothofagus alessandrii* Espinosa en la Región del Maule de Chile. *Gayana. Botánica*, 75(1):531-534.

Vásquez. (2015). Determinación de impactos Socioeconómicos en la localidad Penco - Lirquén, producto de la actividad marítimo portuaria. Universidad Católica de la Santísima Concepción, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil Industrial.

Vásquez, A., Riveros, S., y Romero, H. (2005). Sustentabilidad del desarrollo urbano del Gran Concepción.

Veeraswamy, A., Galea, E., Filippidis, L., Lawrence, P., Haasanen, S., Gazzard, R., y Smith, T. (2018). The simulation of urban-scale evacuation scenarios with application. *Safety Science*, 102:178-193.

Vélez, R. (2009). Los factores causantes: las fuerzas y cambios sociales y económicos. En Bitot, *Convivir con los incendios forestales: lo que nos revela la ciencia* (págs. 15:23-37). Finland: EFI Discussion Paper.

Viegas, D. (2006). Parametric study of an eruptive fire behaviour model. *Int. J. Wildland Fire*, 15:169-177.

Wachinger, G., Renn, O., Begg, C., y Kuhlicke, C. (2013). The Risk Perception Paradox—Implications for Governance and Communication of Natural Hazards. *Risk Analysis*, 3(6).

Westerling, A., Hidalgo, D., Cayan, T., y Swetnam, T. (2006). Warming and earlier spring increase western US forest wildfire activity. 313:940-943: *Science*.

Zamora-Manzur, C., Parra, L. E., y Jaque, E. (2011). Distributional patterns of Geometridae of the Biobío Region, Chile: An approach for their conservation. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84(4):465-480.

9. ANEXOS

Encuesta Penco

I. Datos generales del encuestado

1. Sexo: a) F b) M	2. Edad:
3. ¿Profesa alguna religión? a) Sí b) No_	4. ¿Cuál es su nivel de escolaridad? a) Primaria b) Secundaria sin completar c) Técnico/Universitario completo e incompleto

II. Factores de evacuación

En una escala de 1 a 7, responda lo siguiente:

Percepción del riesgo							
	1 (Muy)	2	3	4	5	6	7 (Muy)
Su población frente a incendios forestales se encuentra...	Expuesto						Poco expuesto
¿Qué tan grave puede ser el efecto de un incendio forestal en su localidad?	Alto						Bajo
En caso de que deba evacuar ¿Cuenta con tiempo suficiente?	Poco tiempo						Mucho tiempo
En relación con la preparación ante un proceso de evacuación, responda lo siguiente							
Las autoridades	1	2	3	4	5	6	7
Han tenido un buen manejo en la organización en eventos pasados	Mal manejo						Buen manejo
Han realizado talleres o charlas de capacitación	Poco						Muchos
¿Las autoridades se han preocupado de limpiar los basurales frecuentemente?	Poco						Frecuentemente
¿Las autoridades se han preocupado de recortar los matorrales cercanos a las viviendas?	Poco						Frecuentemente
Familia/ comunidad	1 (Poco)	2	3	4	5	6	7 (Mucha)
¿Tienen claridad de las zonas seguras?	Poca claridad						Mucha claridad
Reconocen las señales de alerta de emergencia	Poca claridad						Mucha claridad
En caso de que deban evacuar, ¿En su población se han organizado en quienes trasladarán a los siguientes habitantes...?							
	Si	No					
Población adulto mayor que vive solo							
Población discapacitada							
Población electrodependiente							
Población con escasa movilidad o postrados							
En caso de que le informen que debe evacuar, quien tiene una mayor credibilidad para usted							
	1	2	3	4	5	6	7
Gobierno	Muy poca credibilidad						Mucha credibilidad
Municipio	Muy poca credibilidad						Mucha credibilidad

Bomberos	Muy poca credibilidad				Mucha credibilidad
Medios de comunicación	Muy poca credibilidad				Mucha credibilidad

III. A continuación, nombre cinco factores que a usted le impedirían evacuar en caso que se produzca un evento de incendio forestal

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____