



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

**BASES PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE
INCENDIOS FORESTALES MEDIANTE PATRULLAJE TERRESTRE
EN UN SECTOR DE LA PRECORDILLERA DE LA REGIÓN
METROPOLITANA**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

GIANNINA ANDREA ALVAREZ ARIETE

Profesor Guía: Sr. Miguel Castillo Soto. Ingeniero Forestal. Magister en Geografía.

Santiago, Chile

2008

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

**BASES PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE
INCENDIOS FORESTALES MEDIANTE PATRULLAJE TERRESTRE
EN UN SECTOR DE LA PRECORDILLERA DE LA REGIÓN
METROPOLITANA**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

GIANNINA ANDREA ALVAREZ ARIETE

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Miguel Castillo Soto	7,0
Prof. Consejero Sr. Guillermo Julio Alvear	6,7
Prof. Consejero Sr. Guillermo Guerra Marín	6,8

AGRADECIMIENTOS

Si bien esta memoria se realiza individualmente, también constituye el final de un período en el que participaron muchas personas a las cuales están dedicadas estas palabras.

En primer lugar a mi familia, a mi papá y mi mamá, muchas e infinitas gracias por brindarme la posibilidad y la seguridad para estudiar, demostrándome cada día su apoyo y su confianza en cada una de mis decisiones, con la única condición de que yo fuese feliz con ellas. Los quiero mucho.

A mi gran amor, Gonzalo, no solo por la ayuda prestada para la elaboración de mi memoria, sino también por el apoyo durante todos los años que han transcurrido desde que estamos juntos, sin ti todo hubiese costado mucho más.

A mi gran amigo Miguel, quién también fue mi Profesor Guía en este trabajo, muchas gracias por toda tu ayuda, por el conocimiento y la dedicación prestados a la realización de este trabajo, en fin..., por todas las cosas que sólo un amigo habría hecho.

A don Guillermo Julio y don Guillermo Guerra, muchas gracias por todo el tiempo e interés depositados en mi trabajo, y también por todo el conocimiento y los consejos aportados.

A don Jorge Flores y en su nombre al Departamento de Manejo del Fuego de CONAF, muchas gracias por la paciencia, el tiempo y la ayuda que me brindaron para poder realizar mi memoria.

Y finalmente, pero no por ello menos importante, muchas gracias a todas las personas que hicieron que esto tuviese sentido, mis amigos: Victor, Vivi, Gonzalo, Lata, Jose, Feña, Vania, Tania, Carola, JP, Fran, y muchos otros. De todos Uds. aprendí un montón de cosas, muchas gracias por todos los momentos, los consejos y el apoyo durante todo este tiempo. Mucha suerte a todos, los quiero mucho.

ÍNDICE

1	<u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2	<u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1	INCENDIOS FORESTALES.....	3
2.2	PROGRAMA DE MANEJO DEL FUEGO.....	4
2.3	DETECCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES.....	5
2.3.1	DETECCIÓN AÉREA.....	6
2.3.2	DETECCIÓN TERRESTRE FIJA.....	6
2.3.3	DETECCIÓN TERRESTRE MÓVIL.....	7
2.3.3.1	Programa de Patrullaje terrestre.....	9
2.4	PRIORIDADES DE PROTECCIÓN.....	10
2.5	ANÁLISIS DE VISIBILIDAD.....	12
2.6	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ESTUDIO DE INCENDIOS FORESTALES.....	13
3	<u>MATERIAL Y MÉTODO</u>	17
3.1	MATERIAL.....	17
3.1.1	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	17
3.1.1.1	Clima y Geografía.....	18
3.1.1.2	Vegetación y Paisaje.....	18
3.1.1.3	Importancia económica, ecológica y social.....	19
3.1.2	UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES.....	19
3.2	MÉTODO.....	19
3.2.1	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ACTUALES MEDIOS DE DETECCIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	20
3.2.2	DETERMINACIÓN DE PRIORIDADES DE PROTECCIÓN PARA EL ÁREA DE ESTUDIO.....	21
3.2.3	ANÁLISIS DE VISIBILIDAD EN FUNCIÓN DE LAS PRIORIDADES DE PROTECCIÓN PARA EL ÁREA DE ESTUDIO.....	22
3.2.4	IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS FACTIBLES PARA ESTABLECER UN SISTEMA DE PATRULLAJE TERRESTRE.....	23
3.2.5	PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PATRULLAJE TERRESTRE PARA EL ÁREA DE ESTUDIO.....	24
3.2.5.1	Determinación de Rutas de mínimo costo.....	24
3.2.5.2	Rutas de patrullaje según puntaje.....	26
3.2.5.3	Puntos de observación opcionales y visibilidad.....	26
3.2.5.4	Programa de Patrullaje Terrestre.....	27
4	<u>RESULTADOS</u>	31
4.1	SISTEMAS DE DETECCIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	31

4.1.1	SISTEMA DE DETECCIÓN TERRESTRE FIJA.....	31
4.1.2	SISTEMA DE DETECCIÓN AÉREA.....	32
4.1.3	OTROS SISTEMAS DE DETECCIÓN.....	33
4.2	DETERMINACIÓN DE PRIORIDADES DE PROTECCIÓN.....	34
4.3	ANÁLISIS DE VISIBILIDAD EN FUNCIÓN DE PRIORIDADES DE PROTECCIÓN.....	37
4.4	IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS FACTIBLES PARA ESTABLECER UNA RED DE PATRULLAJE TERRESTRE.....	40
4.5	PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PATRULLAJE TERRESTRE PARA EL ÁREA DE ESTUDIO.....	41
4.5.1	RUTAS DE MÍNIMO COSTO.....	41
4.5.2	RUTAS DE PATRULLAJE SEGÚN PUNTAJE.....	45
4.5.3	PUNTOS DE OBSERVACIÓN OPCIONALES Y VISIBILIDAD.....	46
4.5.4	REESTRUCTURACIÓN DE LAS RUTAS DE PATRULLAJE.....	50
4.5.5	ANÁLISIS DE LA OPORTUNIDAD DE INCENDIOS.....	53
4.5.6	PROPUESTA DE PATRULLAJE TERRESTRE.....	55
5	<u>DISCUSIÓN</u>	64
6	<u>CONCLUSIONES</u>	68
7	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	71
8	<u>ANEXOS</u>	75
	ANEXO I. VARIABLES Y PUNTAJES NORMALIZADOS PARA DETERMINAR PRIORIDADES DE PROTECCIÓN.....	75
	ANEXO II. VISIBILIDAD TORRE ANTILÉN.....	76
	ANEXO II. FRECUENCIA DE INCENDIOS FORESTALES PARA EL ÁREA DE ESTUDIO. TEMPORADAS 2002-2007.....	77
9	<u>APÉNDICES</u>	78
	APÉNDICE I. PUNTOS DE OBSERVACIÓN ESCOGIDOS POR ANÁLISIS DE PERFILES TRANSVERSALES Y EN TERRENO.....	78
	APÉNDICE II. SUPERFICIE DE VISIBILIDAD SEGÚN PRIORIDAD DE PROTECCIÓN PARA LOS PUNTOS DE OBSERVACIÓN SELECCIONADOS LUEGO DEL PRIMER ANÁLISIS DE VISIBILIDAD.....	79
	APÉNDICE III. SUPERFICIE DE VISIBILIDAD SEGÚN PRIORIDAD DE PROTECCIÓN PARA LOS PUNTOS ESCOGIDOS COMO OBSERVADORES DE LA RUTA DE PATRULLAJE TERRESTRE.....	81
	APÉNDICE IV. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y ALTITUD DE LOS PUNTOS SELECCIONADOS PARA LA RUTA DE PATRULLAJE.....	82
	APÉNDICE V. TRAMOS RUTA DE PATRULLAJE TERRESTRE.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Análisis de visibilidad en función prioridades de protección.....	23
TABLA 2. Puntaje asignado a cada tipo de camino.....	24
TABLA 3. Velocidades promedios según tipo de camino.....	29
TABLA 4. Resumen de los tiempos permisibles para cada sistema de detección.....	34
TABLA 5. Área de estudio clasificada en superficies de prioridades de protección y porcentaje con respecto al total.....	36
TABLA 6. Superficie y porcentaje del total de la superficie de visibilidad en función de prioridades de protección.....	39
TABLA 7. Reestructuración y caracterización de los tramos de cada ruta de patrullaje	51
TABLA 8. Resumen de los tramos originados al reestructurar las rutas.....	52
TABLA 9. Resumen de las características del patrullaje según grado del peligro y rangos de ocurrencia.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Porcentaje de detección de incendios forestales según sistema para las temporadas 2001 a 2006.....	8
FIGURA 2.	Representación de la superficie de terreno más punto de observación....	14
FIGURA 3.	Representación de un análisis de visibilidad.....	15
FIGURA 4.	Ejemplo de operación matemática aditiva entre dos coberturas.....	16
FIGURA 5.	Esquema para generar la superficie de costo y la ruta óptima.....	16
FIGURA 6.	Ubicación geográfica del área de estudio.....	17
FIGURA 7.	Puntos de origen y término para establecer las rutas de mínimo costo....	25
FIGURA 8.	Esquema metodológico para obtener áreas factibles para elaborar un sistema de patrullaje terrestre para la detección de incendios forestales..	30
FIGURA 9.	Ruta de vuelo del avión de detección de incendios forestales.....	32
FIGURA 10.	Mapa de prioridades de protección para el área de estudio.....	35
FIGURA 11.	Matrices de visibilidad y prioridades de protección.....	37
FIGURA 12.	Visibilidad en función de prioridades de protección para el área de estudio.....	38
FIGURA 13.	Áreas factibles para establecer un sistema de patrullaje terrestre para la detección de incendios (áreas ciegas de primera y segunda prioridad).....	40
FIGURA 14.	Rutas de mínimo costo para el área de estudio.....	42
FIGURA 15.	Rutas de mínimo costo según su puntaje.....	45
FIGURA 16.	Superficie de visibilidad (ha) según prioridad de protección para cada ruta de patrullaje luego del primer análisis.....	46
FIGURA 17.	Superficie y porcentaje visible para cada prioridad de protección luego del primer análisis.....	47
FIGURA 18.	Superficie de visibilidad (ha) según prioridad de protección para cada ruta de patrullaje luego del análisis final.....	48
FIGURA 19.	Superficie y porcentaje visible para cada prioridad de protección luego del análisis final.....	48
FIGURA 20.	Ubicación de los puntos seleccionados para el programa de patrullaje....	49

FIGURA 21. Distribución de la ocurrencia de incendios forestales según día de la semana (temporadas 2001-2006).....	53
FIGURA 22. Distribución de la ocurrencia horaria de incendios forestales (temporadas 2001-2006).....	54
FIGURA 23. Tramo de ubicación para una condición de grado de peligro nulo.....	57
FIGURA 24. Ubicación de ambos patrulleros para una condición de grado de peligro bajo y oportunidad de incendios crítica.....	58
FIGURA 25. División del área de estudio para efectuar el patrullaje con dos vigilantes	61

RESUMEN

Se propone un método para establecer un sistema de patrullaje terrestre para la detección de incendios forestales, cuya aplicación incluye variables tales como: rutas, puntos de observación o miradores, visibilidad de los observadores, prioridades de protección, número de vigilantes, grado de peligro y la oportunidad de incendios.

Fue realizado en la precordillera de los Andes de la Región Metropolitana, en un área de protección complementaria al SNASPE. Para este sector se determinaron las prioridades de protección, resultados que fueron ponderados por la visibilidad del actual sistema de detección (torres de observación) para definir aquellas áreas factibles donde implementar el sistema de patrullaje. Estas fueron seleccionadas por ser las de primera y segunda prioridad no visibles por las torre de observación.

Se generaron rutas de mínimo costo en función del tipo de carpeta, cuyos puntos de origen y término fueron establecidos según las condiciones topográficas y la disponibilidad de caminos para recorrer el área de estudio. Así también, se determinaron distintas opciones de visibilidad, concluyendo que la mejor combinación estaba conformada por 26 puntos de observación, los que en conjunto poseen una cobertura de visibilidad del 96% de superficie de primera prioridad.

Finalmente, se propone un programa de patrullaje en función del grado de peligro, oportunidad de incendios y los tramos a recorrer; indicando la protección del área de estudio mediante dos vigilantes recorriendo el área en vehículos todo terreno; diferenciando los trayectos según las condiciones del día y la hora y de la conflictividad presente.

Palabras claves: Incendios forestales, detección de incendios, prioridades de protección, análisis de visibilidad, patrullaje terrestre.

SUMARY

It proposes a method to identify feasible area for the establishment of ground patrol system for forest fires detection. This method include in its working variables such as: roads, observation points or viewing-points, observer visibility, protection priorities, number of vigilant, danger degree and forest fire opportunity of occurrence.

The study was done in the foothills of The Andes, in a protection area complementary to the SNASPE. For this sector the protection priorities were determined, which were examined for the visibility from the actually tower detection system to define those feasible areas where to implement patrol system. These were selected for being first and second priorities, not visible from the observation tower.

It generated routes minimal cost depending on the type of road, whose points of origin and end were established according to the topographic conditions and the availability of roads to traverse the study area. We also identified various options visibility and concluded that the best combination was formed by 26 observation points, which together have a coverage of 96% visibility of first priority surface.

Finally, it propose a program of patrolling depending on the degree of danger, opportunity of fire and stretch of land to traverse; indicating the protection of the study area by two guards standing around the area in all-terrain vehicles; differentiating paths depending on the conditions of the day and time and the present conflict.

Key words: Forest fires, fire detection, protection priorities, visibility analysis, ground patrol.

1 INTRODUCCIÓN

En Chile, durante los últimos cinco años han ocurrido más de 25.000 incendios forestales, los cuales han dañado aproximadamente unas 250.000 ha. a lo largo de todo el territorio nacional, convirtiéndose en un serio problema y en una gran preocupación para las autoridades del país, principalmente para la Corporación Nacional Forestal (CONAF), institución encargada de la protección de los ecosistemas forestales frente a cualquier tipo de deterioro. Es por esta razón que desde el año 1967, Chile cuenta un programa de manejo del fuego que funciona tanto a nivel nacional como regional y que en la actualidad está organizado por CONAF, la cual en coordinación con otras instituciones se preocupan de la prevención y control de los incendios forestales.

El programa de manejo del fuego comprende cuatro aspectos principales, los cuales son: prevención, presupresión, combate y uso del fuego, cada uno de ellos con sus funciones específicas. En el caso particular de este trabajo, el ámbito de estudio será la detección de incendios dentro del componente de presupresión.

La detección de incendios tiene como propósito descubrir, localizar y reportar focos e incendios forestales que ocurren bajo un área de vigilancia, permitiendo una rápida y adecuada asignación de los recursos tanto humanos como materiales requeridos para el control del siniestro. Entre los mecanismos más utilizados para el cumplimiento de estos objetivos se pueden mencionar los aviones y las torres de observación y, en tercer lugar el patrullaje terrestre que generalmente es empleado como complemento de los anteriores.

En relación a la ocurrencia de incendios es la zona central del país una de las que se ha visto más afectada. En el caso específico de la Región Metropolitana, debido a sus condiciones climáticas, topográficas y vegetacionales, sumado a una alta densidad poblacional; aumentan la probabilidad de que se produzcan incendios forestales, generando como consecuencia un importante daño económico, ecológico y social para todos los habitantes de la región.

Finalmente, considerando todos los factores expuestos en los párrafos precedentes, el objetivo general de esta memoria es proponer un método que permita diseñar y aplicar un sistema de patrullaje terrestre para la detección de incendios forestales en un sector de la precordillera andina de la Región Metropolitana.

Para su cumplimiento se definieron los siguientes objetivos específicos, para el área de interés del estudio:

- Identificar y evaluar el estado actual de los medios de detección contra incendios forestales.
- Determinar las prioridades de protección.
- Proponer un sistema de patrullaje terrestre para la detección de incendios forestales.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 INCENDIOS FORESTALES

Considerando que a largo de todo el territorio nacional ocurren incendios forestales, la combinación que existe entre la cobertura vegetal y el riesgo debido a una mayor densidad poblacional, otorga a las zonas centro y centro-sur mayores registros de ocurrencia y daño por este tipo de siniestros (CONAF, 2001).

CONAF (2001) indica que la temporada de incendios comienza en noviembre de un año y termina en abril del siguiente, periodo que ha sido definido por las condiciones atmosféricas de primavera y verano que favorecen el inicio y propagación del fuego; y que han determinado que los meses de enero y febrero sean los más conflictivos. No obstante, esta situación se podría modificar, así como menciona la FAO (2007), en un trabajo realizado sobre las consecuencias del calentamiento global, concluye que en las zonas de clima mediterráneo el aire presenta cada vez un menor contenido de humedad y han disminuido los niveles de pluviosidad, lo que traería como resultado un mayor número de incendios y en meses más tempranos.

Al analizar la situación nacional con respecto a la ocurrencia de incendios forestales, Julio (2005b), publicó un artículo realizado con registros de los últimos 42 años en el cual se infería que las Regiones que se ven mayormente afectadas por estos siniestros son la VIII, IX, V y Metropolitana, relacionando estas cifras con una mayor densidad poblacional y una intensiva actividad en las zonas rurales.

En la Región Metropolitana, durante la temporada 2005 – 2006, la ocurrencia de incendios forestales aumentó en un 12,8% con respecto a la temporada anterior (2004 – 2005), registrándose un total de 629 incendios que afectaron a 3.856,64 ha., siendo la vegetación natural (arbolado, matorral y pastizal) la que se ha visto principalmente afectada con aproximadamente el 98,8% de su superficie total, siguiéndole las plantaciones con un 1,1% del total de las existencias (CONAF, 2006).

En relación a las causas de los incendios forestales, CONAF (2007) señala a los seres humanos como los responsables de la ocurrencia de estos siniestros, ya sea por negligencia, descuido o intencionalidad. Menciona también que se han cuantificado incendios originados por rayos.

2.2 PROGRAMA DE MANEJO DEL FUEGO

El “Manejo del fuego” también conocido como “Control de incendios forestales” o “Protección contra incendios forestales”, según Julio (2005), tiene como objetivo estudiar la ocurrencia y propagación de incendios en zonas rurales y el uso del fuego como herramienta en faenas agrícolas y forestales. Se preocupa, además, del análisis, diseño, formulación, aplicación y evaluación de criterios, procedimientos y técnicas para minimizar los efectos del fuego sobre los recursos naturales. Todo esto integrando conocimientos científicos y tecnológicos de una amplia gama de especialidades relacionadas con temas económicos, sociales y ambientales.

En Chile, el programa de manejo del fuego, en sus diferentes niveles (regional y/o nacional), está organizado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), quien coordina el accionar con otras instituciones, tanto públicas como privadas, siendo las principales: empresas forestales, bomberos, intendencias, mutuales de seguridad y municipalidades (CONAF, 2003).

Está constituido por una Central Nacional de operaciones cuya base se encuentra en Santiago y jefes de manejo del fuego en regiones, cada uno implementado con sus propios equipos profesionales y técnicos. En la Región Metropolitana la Unidad de Gestión de manejo del fuego dirige sus operaciones desde el Aeródromo Eulogio Sánchez E. – Tobalaba, donde se encuentran las instalaciones de la Central de Coordinación Regional (CENCOR) (CONAF, 2003).

Julio (2005) indica que entre los aspectos fundamentales que debe considerar todo programa de manejo del fuego se cuentan:

- **Prevención:** Todas las medidas, normas y actividades destinadas a evitar que se produzcan o propaguen los incendios forestales, controlando las variables y factores que inciden en el riesgo y peligro de producirse un siniestro.
- **Presupresión:** Son todas las actividades planificadas y programadas con antelación a la ocurrencia de incendios, con el objetivo de evaluar los problemas que puedan originarse y programar las acciones a ejecutar para el combate del fuego.
- **Combate:** Extinción o supresión de los incendios forestales, efectuada de acuerdo a lo establecido en la presupresión.
- **Uso del Fuego:** Se refiere a la utilización del fuego como herramienta de trabajo en operaciones agrícolas y forestales.

2.3 DETECCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES

La detección de incendios es un componente fundamental de la presupresión de un programa de manejo del fuego. Su objeto es descubrir, localizar y reportar los focos e incendios forestales que ocurren bajo un área vigilada (Julio, 1975).

Gajardo (1993) indica que la detección oportuna de un siniestro permite la rápida y adecuada asignación de los recursos tanto humanos como materiales para el control del fuego. Es por esto que la rapidez con la que se detecta un fuego es de gran importancia, ya que los esfuerzos para controlar un incendio se incrementan exponencialmente en relación al tiempo transcurrido desde su origen (Julio, 2005). Por lo demás, se disminuye la superficie quemada con una mayor seguridad en el combate, reduciéndose los gastos de operación y el trabajo de los brigadistas (CONAF, 1995).

Para efectuar la detección, el programa de manejo del fuego cuenta con los siguientes sistemas: terrestre móvil, terrestre fija y aérea; cada uno de ellos con sus características y consideraciones para su establecimiento (CONAF, 2003).

CONAF Región Metropolitana, por lo general utiliza dos de estos sistemas los cuales actúan de manera combinada: detección aérea y detección terrestre fija (CONAF, 2006). Sin embargo, también se cuenta con apoyo de las brigadas de prevención, las cuales en sus funciones específicas realizan patrullajes terrestres, principalmente en los sectores donde se efectúan las quemas.

2.3.1 DETECCIÓN AÉREA

Se utiliza en zonas de gran extensión y se basa en la observación desde una aeronave que recorre la zona bajo protección (Aicon, 1979). Su principal ventaja es la amplia superficie que puede cubrir en un corto tiempo, la localización exacta del foco y un reconocimiento completo del sector afectado; no obstante, su gran desventaja es la discontinuidad de la vigilancia, lo que trae como consecuencia un tiempo de detección bastante variable (Gajardo, 1993).

En la Región Metropolitana esta se efectúa mediante la contratación de los servicios de una empresa privada. En el caso de la temporada 2005-2006, la empresa fue Icaro Service Ltda., cuya base se encuentra en el Aeródromo de Tobalaba y cuenta con un avión Cessna 172 (cuadriplaza) para las operaciones de patrullaje, el cual, al igual que en las temporadas anteriores, se efectuó desde diciembre de 2005 hasta abril de 2006, realizando vuelos diarios de acuerdo al índice de probabilidad de ocurrencia o situaciones particulares que deben ser atendidas (CONAF, 2006).

2.3.2 DETECCIÓN TERRESTRE FIJA

Se basa en la vigilancia a través de torres con las que observa permanentemente el terreno (Julio, 1975). Su principal ventaja es la continuidad de la observación, incluso de noche; sin embargo, sus limitaciones tienen relación con la baja capacidad de

reconocimiento de los focos y con la dependencia de las condiciones atmosféricas que influyen en la visibilidad (Lagno, 1970 y Tapia, 1983).

Para la temporada 2005-2006, se implementaron dos torres y una caseta de observación, las cuales operaron desde diciembre de 2005 hasta marzo 2006 (CONAF, 2006).

Estos puntos de observación son:

- Torre Antilén, ubicada en el Parque Metropolitano de Santiago. Propiedad del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- Torre Chicureo, ubicada en la comuna de Colina. Propiedad de CONAF.
- Caseta Los Ratones, ubicada al sur-oriente de la región. Propiedad de CONAF.

2.3.3 DETECCIÓN TERRESTRE MÓVIL

Efectúa la vigilancia a través de unidades móviles, tales como vehículos todo terreno, lanchas, desplazamiento de guardabosques (a pie o caballo), entre otros (Julio, 1975). Esta vigilancia se realiza a través de rutas predefinidas y unen puntos de observación preestablecidos, con el objetivo de descubrir focos y/o incendios antes que se produzca un conflicto de mayores proporciones (Gajardo, 1993).

El patrullaje terrestre generalmente se ha utilizado como complemento a los otros sistemas, sin embargo en sectores aislados puede llegar a representar la principal herramienta en el descubrimiento oportuno de focos (Julio, 2005).

Pabst (1983) considera al patrullaje terrestre como de gran utilidad para la detección en áreas cuya extensión es baja a regular, de alto valor, localizadas en sectores aislados, y donde la implementación de otro sistema resultaría costosa o de baja eficiencia. No obstante, plantea que también puede ser utilizado como un sistema único, ya que es muy efectivo cuando está basado en rutas que cubren los sectores de más alto riesgo.

Entre sus características, Julio (2005) indica que este sistema debe contar con puntos relevantes o panorámicos (miradores) de los cuales se pueda observar adecuadamente los diferentes sectores que se desee proteger. Estos miradores deben optimizar la detección y para ello, se hace necesario conocer previamente la cobertura efectiva de visibilidad y la prioridad de protección de los sectores a vigilar.

Según Julio (1997), entre los criterios que se deben considerar para la ejecución de un sistema de patrullaje terrestre se encuentran:

- Aplicarlo en una zona de baja extensión (menor a 10.000 ha.).
- Que el territorio sea de alto valor.
- Que el territorio permita la utilización e instalación de una cantidad suficiente de miradores.
- Que el territorio cuente con una red de acceso que permita un desplazamiento rápido entre miradores.

La figura 1 representa el porcentaje de detección según cada sistema, incluyendo la detección no programada (bomberos, carabineros, público, entre otros) y que está referida al primer reporte del fuego.

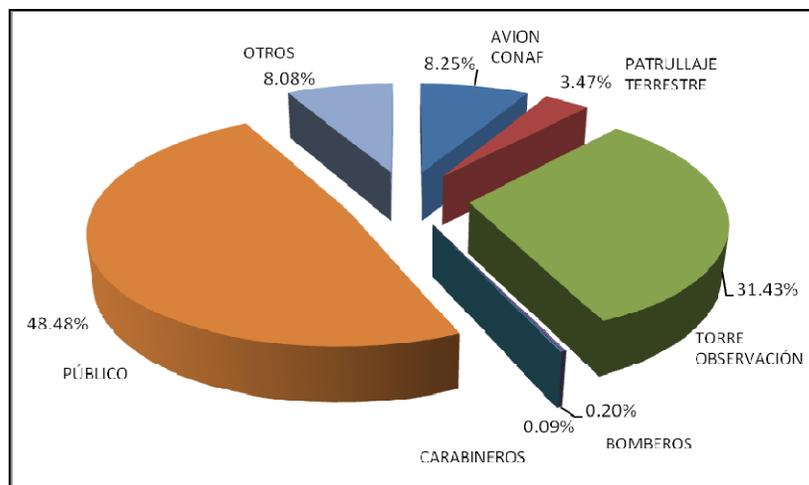


Figura 1. Porcentaje de detección de incendios forestales según sistema para las temporadas 2001 a 2006.

Fuente: CONAF (2001b; 2002; 2003; 2004; 2005; 2006).

2.3.3.1 Programa de Patrullaje Terrestre

Corresponde a un instructivo que organiza la operación del patrullaje, eligiendo las rutas y programando los recorridos y horarios que deben seguir las unidades de vigilantes según las condiciones específicas de riesgo y peligro (Julio, 1975).

Julio (2005) indica que al definir el programa se deben considerar las rutas a utilizar diariamente, así como también la frecuencia de patrullajes para recorrer cada una de ellas, lo que dependerá del grado de peligro presente y los períodos de mayor probabilidad de ocurrencia, por lo que este puede variar entre un día y otro.

Por consiguiente, cualquier programa de patrullaje debe basarse en el nivel de grado de peligro y en la ocurrencia de incendios forestales (Giroz, 1984).

- Grado de Peligro

Se refiere al resultado de la combinación de los factores que determinan la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales y que afectan tanto a sus momentos iniciales como a la posterior propagación, resistencia al control y daño (Julio, 1975).

Para determinar el grado de peligro, CONAF, utiliza el índice de ocurrencia de incendios elaborado por Julio (1990) y referido a la zona 2 específica para la Región Metropolitana, el cual se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$Y = 25,4275 + 0,5078 * T^{\circ} - 0,7560 * HR - 0,1832 * VV + 37,2736 * FE$$

Julio (1990) indica que:

Y = Probabilidad diaria de ocurrencia de incendios forestales, (escala de 0 a 100).

T° = Temperatura del aire, en grados Celcius.

HR = Humedad Relativa, en tanto por ciento.

VV = Velocidad del Viento, expresada en nudos.

FE = Factor Estacionalidad, según tabla (para RM, zona 2).

Una vez aplicada dicha fórmula el peligro se puede clasificar en los siguientes rangos:

1 - 25	Nulo
26 - 45	Bajo
46 - 60	Medio
61 - 75	Alto
76 - 100	Extremo

- Ocurrencia de Incendios Forestales

Se refiere a la ocurrencia histórica de incendios, es decir, aquella que efectivamente ha existido en períodos anteriores, y de la que se pueden identificar las horas y días en los que se han producido un mayor número de siniestros, determinando rangos críticos y no críticos (Gajardo, 1993).

Luego de determinar ambas variables, grado de peligro y ocurrencia se pueden establecer los tiempos de patrullaje, el número de patrulleros y el lapso que debe transcurrir para efectuar un nuevo recorrido (Gajardo, 1993).

2.4 PRIORIDADES DE PROTECCIÓN

Según Julio (1992) es un método que permite la clasificación de los diferentes sectores de la zona bajo protección luego de integrar los resultados de los análisis de riesgo, peligro y daño potencial. Su principal utilidad es apoyar la planificación y facilitar la toma de decisiones en cuanto a la asignación de los recursos disponibles en los sectores críticos o de mayor prioridad de protección (Julio, 2005).

Dentro de las ventajas del método se encuentra la factibilidad de ser utilizado en todo tipo de programa de manejo del fuego, nacionales, regionales, zonales y prediales, que sean formulados tanto por instituciones u organismos públicos y privados, incluso con bajos niveles de información disponible (Julio, 2005).

Julio (2005) indica que otra ventaja de este método es su flexibilidad, ya que las variables y los factores que considera, tanto como las ponderaciones que se les asignan, pueden ajustarse a las características de la zona en estudio, y a los intereses de la organización responsable del manejo del fuego.

De esta forma, y según lo mencionado anteriormente, este método se basa en tres análisis fundamentales: riesgo, peligro y daño potencial, cuyos resultados son integrados, permitiendo la clasificación de la zona bajo protección, de acuerdo a su prioridad (Julio, 1992).

El análisis del **riesgo**, se refiere a todos los factores que determinan el inicio del fuego, considerando dos aspectos fundamentales: la ocurrencia histórica y la ocurrencia potencial de incendios forestales. Julio (1992), define a la primera como la que efectivamente ha sido registrada en períodos anteriores, considerando su localización, causa y frecuencia. Por otro lado, la segunda corresponde a la ubicación espacial de los siniestros que probablemente se originarán en un futuro cercano, debido a causas como: negligencia humana, tránsito vehicular, operaciones forestales y/o mineras, entre otras.

El análisis del **peligro** considera todas las condiciones ambientales que afectan la susceptibilidad de la vegetación a la ignición y la inflamabilidad. Es decir, tanto aquellos factores meteorológicos y topográficos, como también los relacionados con la resistencia natural de la vegetación para controlar los incendios forestales (Julio, 1992).

Finalmente, el análisis de **daño potencial** se relaciona con la estimación de todas las pérdidas o daños de los recursos existentes en el área de interés, producto de la eventual propagación del fuego. Julio (1992) plantea que este puede separarse en dos componentes: daño comercial y daño social.

Julio (2005) indica el procedimiento a seguir para determinar las prioridades de protección, se puede describir a través de las siguientes etapas:

- Definición del sistema cartográfico.
- Definición de variables.

- Asignación de puntajes normalizados.
- Definición de las unidades de superficie
- Cálculo de puntajes normalizados en las unidades de superficie.
- Definición de categorías de prioridades de protección.
- Generación de los mapas de resultados

Tanto la definición de las variables como sus respectivos puntajes normalizados (ponderados) se realiza principalmente a través de la aplicación del **método Delphi**. (método desarrollado en la RAND Corporation para conseguir información cuantificada a partir de la consulta a expertos), para su ejecución se utiliza un cuestionario en los que cada uno de ellos de los profesionales emite su opinión. Luego, cada respuesta es analizada para entregársela nuevamente a los especialistas de manera de efectuar una segunda ronda que les permita consensuar su opinión en función de los resultados alcanzados (Muñoz, 2002).

Una vez realizadas estas etapas, se obtienen los mapas de riesgo, peligro y daño potencial, más el mapa de prioridades de protección, que debe ser reclasificado para obtener las zonas de distinta prioridad. Uno de los métodos más utilizados para esta reclasificación es el de los **séptimos**, planteado por Julio (2005), que establece que la superficie total de primera prioridad debe corresponde a la mitad del total de las de segunda, las que a su vez equivalen a la mitad de las de tercera; es decir, éstas categorías representan $1/7$, $2/7$ y $4/7$ del total de la superficie de la zona bajo protección, respectivamente.

2.5 ANÁLISIS DE VISIBILIDAD

Julio (2005) señala que el análisis de visibilidad es un método que permite diferenciar las zonas visibles y las zonas ciegas de un área que se encuentra protegida. Clasificando a las primeras como aquellas que se encuentran bajo protección y que quedan observadas directamente por el sistema de detección utilizado, y por el contrario, a las segundas, como aquellas en que esta condición no se cumple (Julio, 1975).

Julio (2005) menciona que para determinar la visibilidad se han empleado diversos métodos, tales como:

- Representación gráfica de los perfiles transversales, contruidos radialmente desde un punto de observación.
- Proyección de la luz a través de maquetas a escalas, desde el punto de observación.
- Dibujo de las zonas visibles en el terreno, basándose en mapas, fotografías y visitas a terreno.
- Dibujos a partir de fotografías oblicuas tomadas panorámicamente desde el punto de observación.
- Utilizando un radar (sonar), desde el punto de observación, para que mediante el rebote de las ondas se construya el mapa de visibilidad.

Julio (2005) menciona que el más eficiente de estos métodos es el de los perfiles transversales, y por ende el más utilizado.

2.6 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ESTUDIO DE INCENDIOS FORESTALES

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido, debido a sus múltiples aplicaciones, en herramientas valiosas para la caracterización, diagnóstico y planificación de los espacios naturales, teniendo un rol importante en la gestión y manejo de recursos (Castillo *et al.* 2004).

En el caso particular de los incendios forestales, la publicación de los ya mencionados autores explica que debido a la variedad y complejidad de los procesos involucrados en la ocurrencia y propagación del fuego, las instituciones dedicadas a la investigación y desarrollo de este tema, han tenido que buscar nuevas tecnologías que sean más eficientes para la protección de recursos, encontrando en los SIGs una herramienta computacional apropiada para el cumplimiento de sus objetivos.

Son diversos los estudios que demuestran las capacidades de los SIG para enfrentar algunos de los problemas originados en relación a los incendios forestales, como el caso de: representación de procesos de simulación de incendios, análisis de visibilidad de torres de observación, distribución espacial de la ocurrencia y causalidad de incendios forestales, modelos de localización de recursos para el combate, determinación de prioridades de protección, por mencionar algunas de sus aplicaciones (Castillo *et al.* 2004).

Para desarrollar todas estas aplicaciones, los SIG cuentan con algunas herramientas integradas en los softwares y también con otras que se les pueden incorporar por medio de diversas extensiones. Entre las herramientas más utilizadas en los estudios de manejo del fuego son:

- Análisis de Visibilidad (*Viewshed*)

Es utilizado para poder conocer las zonas que son visibles desde algún punto en particular. Para ello se requiere de dos coberturas: una que represente la elevación del terreno; y otra que indique el o los puntos desde donde se analizará la visibilidad (ESRI, 2007). La figura 2 ilustra un ejemplo de ambos requerimientos.

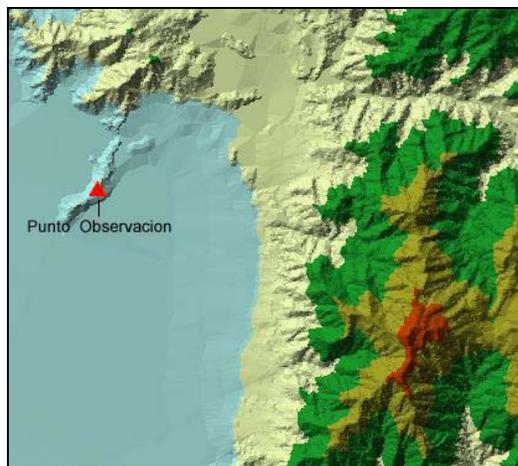


Figura 2. Representación de la superficie de terreno más punto de observación.

En este análisis la cobertura que representa el o los puntos de observación debe contener en su base de datos la altura y el radio de visibilidad que tiene el elemento; ya que esta herramienta realiza una representación grafica de los perfiles transversales desde un punto. Con todos estos datos se puede elaborar la visibilidad (Figura 3) (ESRI, 2007).

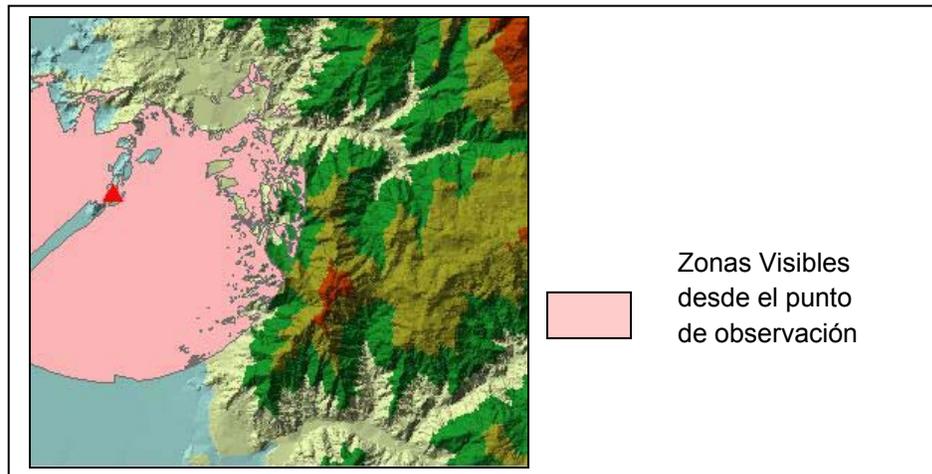


Figura 3. Representación de un análisis de visibilidad.

- Operaciones matemáticas (*Overlay, Raster math, Image calculator*)

Las operaciones matemáticas se refieren principalmente a procesos algebraicos como sumar, restar, multiplicar y dividir las coberturas, aunque también se pueden realizar cálculos trigonométricos, lógicos incluso la combinación de ellos.

La principal característica para su realización es que las coberturas deben estar expresadas en formato raster, es decir, como fila / columna, similar a las matrices (ESRI, 2007b). La figura 4 representa una operación aditiva entre matrices, procedimiento que también se aplica a las coberturas raster.

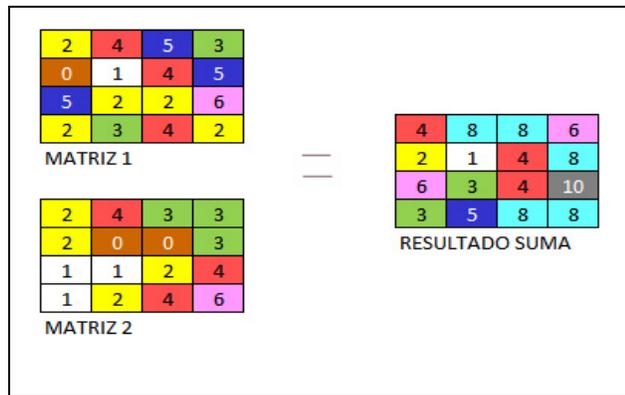


Figura 4. Ejemplo de operación matemática aditiva entre dos coberturas.

- Ruta óptima (*Pathway*)

El análisis de rutas óptimas permite encontrar el trayecto que una dos puntos en el menor tiempo, costo o alguna otra variable que minimice su recorrido. Para realizarlo se requiere de tres coberturas: las dos primeras referidas a el punto de origen y al de llegada y la tercera, denominada de costo o mapa de fricción (Castillo, 2007).

Este último es la base de la modelación de camino óptimo ya que se genera a partir de la atribución adecuada del raster de manera que cada píxel represente el costo o la dificultad relativa de desplazamiento (Castillo, 2007).

Una vez obtenidas las tres coberturas, la modelación funciona en base a dos procesos: primero generar el mapa de costo, la cual se efectúa con las imagen del punto de origen más el de fricción; y segundo, obtener la ruta óptima, la que se logra mediante la imagen obtenida anteriormente más el punto de llegada (Castillo, 2007). A continuación, la figura 5 representa esquemáticamente cómo se realiza este procedimiento.

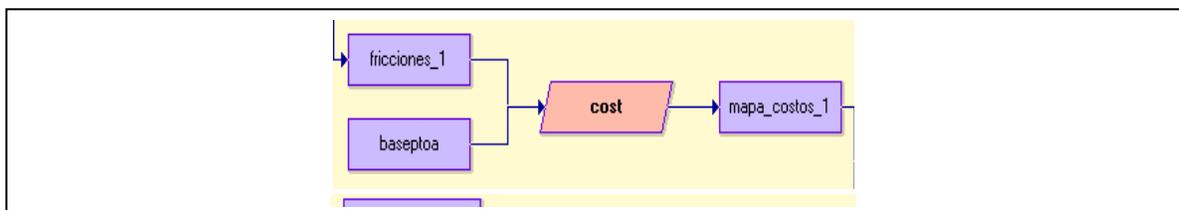


Figura 5. Esquema para generar la superficie de costo y la ruta óptima.

Fuente: Adaptación de Castillo (2007).

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 MATERIAL

3.1.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ha definido en primer lugar por ser una zona en donde existe cierta vigilancia por parte de las torres de detección de incendios de CONAF. Sin embargo, la visibilidad de las torres no alcanza a cubrir la totalidad de la superficie protegida, por lo que se requiriere un sistema complementario para su protección.

Se ubica en el sector precordillerano andino de la Región Metropolitana, al nororiente de la capital, limitando en su extremo sur poniente con la comuna de Lo Barnechea. Tiene una superficie total aproximada de 7.500 ha., de las cuales sólo 2.200 ha. se encuentran bajo vigilancia por parte de las torres de observación de CONAF (Área Visible), mientras que más del 70% de la superficie está descubierta de protección (Área No Visible), ambas zonas se observan en la siguiente figura:

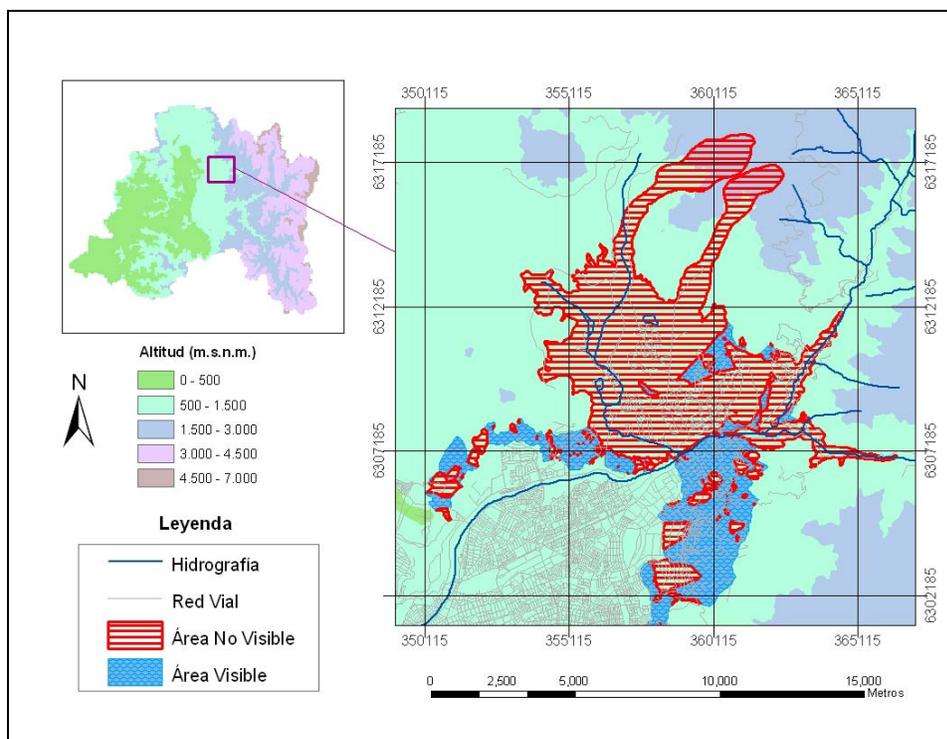


Figura 6. Ubicación geográfica del área de estudio.

3.1.1.1 Clima y Geografía

El área de estudio posee un clima templado cálido de tipo continental; en el cual se pueden diferenciar dos de los distritos agroclimáticos definidos por Santibáñez (1993). Estos son los denominados Templado Mesotermal Estenotérmico (65.2) y Templado Infratermal Estenotérmico (50.3) (INFOR, 2007).

El primero de ellos se ubica en el valle central y los valles costeros, caracterizándose por veranos calurosos y secos e inviernos fríos. Mientras que el segundo se localiza en la precordillera, lo que determina inviernos fríos, con alta incidencia de heladas y veranos cálidos (INFOR, 2007).

En cuanto a la topografía, el área de estudio es una zona con pendientes que oscilan entre los 0° y los 50°, principalmente con laderas de exposición oeste y sur-oeste. Su rango altitudinal va desde los 500 a los 1.500 m.s.n.m.

Hidrográficamente es cruzada en sentido Este - Oeste por el Río Mapocho, y en sentido Norte - Sur por el Estero Las Guaitecas.

3.1.1.2 Vegetación y Paisaje

El ecosistema mediterráneo montañoso de la precordillera andina de la Región Metropolitana ha sido nombrado uno de los 25 puntos críticos (*hotspots*) de prioridad para la conservación de la biodiversidad a nivel mundial (Protege, 2007).

Es una zona de matorral ralo a poco denso, en los que se puede encontrar una gran variedad de especies leñosas, como: *Colliguaja sp.*, *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Acacia caven* y *Cryptocarya alba*, por nombrar algunas (Universidad de Chile *et al.* 2005). También es posible ubicar zonas de pradera natural y remanentes de bosque nativo.

De la Fuente *et al.* (2004) caracterizan el paisaje como de altas y escarpadas montañas con profundos barrancos, con presencia de vertientes y laderas medias cubiertas con matorral esclerófilo siempreverde, laderas de exposición norte con matorral xerófito y

presencia de cactáceas y plantas espinosas; mientras que en los fondos de barrancos y sectores umbríos se puede encontrar especies del bosque esclerófilo.

3.1.1.3 Importancia económica, ecológica y social

Además de ser una zona que presenta vigilancia en alguno de sus sectores por parte de las torres de detección de incendios de CONAF, el otro criterio para seleccionar al área de estudio fue que perteneciese a alguna de las áreas que se encuentran bajo la protección del SNASPE, razón por la cual posee un alto valor ecológico, y por ende turístico y social.

Entre sus características se pueden mencionar el alto valor ecológico de las especies vegetales que se pueden encontrar, lo que ha clasificado a esta área como una zona de protección de ecosistemas vegetacionales. Otro rasgo a nombrar es su riqueza animal, ya que ha definido al sector como una zona de conservación de fauna silvestre. (Universidad de Chile *et al.* 2005).

3.1.2 UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES

Para la realización de este trabajo se utilizaron los software SIG: Arc Gis 9.x e Idrisi Andes en complemento con Microsoft Excel.

3.2 MÉTODO

El estudio contempló dos aspectos principales. Primero, obtener la información referente a los sistemas de detección actuales, ocurrencia de incendios, red de caminos, y otras coberturas digitales; en segundo lugar, procesar ésta digitalmente con el propósito de identificar las áreas potenciales y proponer un sistema de detección de incendios forestales basado en el patrullaje terrestre.

3.2.1 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ACTUALES MEDIOS DE DETECCIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

De las fichas técnicas utilizadas por CONAF para registrar los incendios forestales, se obtuvo la información de las últimas temporadas (2002 – 2007), la cual fue empleada para realizar dos actividades relacionadas con la descripción y evaluación de los sistemas de detección: primero, clasificar los incendios según el medio por el cual fueron descubiertos; y segundo, determinar su eficacia en el área de estudio.

Los incendios fueron clasificados en los siguientes medios de detección: terrestre móvil, terrestre fija, aérea y otro sistema (no programada), cada uno de los registros empleados está referido al primer reporte del fuego. Una vez diferenciados, estos fueron evaluados con respecto a algunos indicadores que pudiesen estandarizar los resultados, de manera de poder realizar una comparación de los mismos.

Estos indicadores son:

- Cobertura de sistema de detección. Determinar las zonas visibles y ciegas en relación al área total.

Para esta evaluación, se utilizó la herramienta *Viewshed* aportada por el SIG Arc Gis 9.x para realizar un análisis de visibilidad, empleando para cada sistema el radio de visibilidad indicado por CONAF.

- Tiempos permisibles. De la información procedente de la Unidad de Gestión de Manejo del Fuego de CONAF, se determinaron los tiempos de:
 - Detección: tiempo en que se detecta un humo.
 - Reporte: tiempo en que se informa del humo a la central, indicando todas las características del humo.

Con estos tiempos se calcularon los promedios para cada sistema, estableciendo de esta manera la eficacia de cada uno de ellos en la detección de incendios forestales.

Además, se determinó la eficiencia de los sistemas mediante el porcentaje de primeros reportes de incendios, detectados en relación al total de los ocurridos entre las temporadas 2002 a 2007.

3.2.2 DETERMINACIÓN DE PRIORIDADES DE PROTECCIÓN PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

Determinar las prioridades de protección, por todas las variables que se incluyen en los análisis, es indispensable para la realización de este trabajo. No obstante, por el tiempo que transcurre en su elaboración y por ser un tema que se está tratando en una memoria de título que se encuentra en ejecución, sólo se utilizaron resultados preliminares¹.

Se utilizaron los puntajes normalizados para cada componente de las prioridades de protección (riesgo, peligro y daño), y para cada una de sus variables particulares; valores derivados de un *método Delphi* aplicado a profesionales relacionados con el tema de los incendios forestales. Este método consistió en obtener las respuestas de los especialistas y posteriormente realizar una revisión de las desviaciones estándares de las mismas, a fin de determinar las tendencias centrales tanto para las variables generales como individuales y definir el valor para cada una de ellas.

Adicionalmente a las coberturas empleadas en este estudio preliminar de prioridades, se incluyó información actualizada sobre incendios forestales (temporadas 2001 a 2006), red vial aportada por el proyecto OTAS, estas variables mantuvieron el puntaje asignado por los profesionales. En el caso de los distritos agroclimáticos no contenidos en el trabajo anterior, estos fueron incluidos y determinado su puntaje extraído del total asignado para el peligro.

Todas las variables incluidas en el análisis, tanto para los diferentes componentes del estudio como para el resultado final, así como los puntajes normalizados asignados a cada una de ellas se pueden apreciar en el Anexo I.

¹ Srta. Loreto Latrhop C. (2005), Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal de la Universidad de Chile (no publicado).

Por otro lado, este método requiere de la definición del sistema cartográfico y de las unidades de superficie, en el caso del primero se trabajó en función del Datum WGS 84, Huso 19 sur.; y las segundas fueron determinados a 625 m².

Una vez obtenidas las variables ya clasificadas con sus puntajes se procedió a generar los mapas de riesgo, peligro y daño; y posteriormente el de prioridades de protección. Finalmente, a cada uno de los mapas se les realizó un análisis de frecuencia de las unidades de superficie y mediante el *método de los séptimos* se definieron aquellas zonas de primera, segunda y tercera prioridad.

3.2.3 ANÁLISIS DE VISIBILIDAD EN FUNCIÓN DE LAS PRIORIDADES DE PROTECCIÓN PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

Para desarrollar esta actividad, la visibilidad se determinó a través de las zonas visibles y ciegas desde la torre de observación Antilén, la cual se encuentra en el Cerro San Cristóbal, (33,408° latitud sur y 70,613° longitud oeste). El análisis de visibilidad se efectuó con la herramienta *Viewshed* de Arc Gis 9.x , utilizando una altura de 30 m. y un radio de visibilidad de 15.000 m., valores específicos de esta torre determinados por CONAF. La ubicación de la torre y su cobertura se observan en el Anexo II.

Luego de conocer la visibilidad de la torre y contar con el mapa de prioridades de protección, se ponderaron ambas coberturas para obtener como resultado aquellas zonas visibles y ciegas de primera, segunda y tercera prioridad.

Para ello se transformó la cobertura de visibilidad en una matriz con valores cero, si el valor del pixel corresponde a zonas ciegas, y tres, si estos eran visibles; y a su vez, el mapa de prioridades de protección tomó los valores uno, dos y tres, que corresponden a zonas de primera, segunda y tercera prioridad, respectivamente.

Posteriormente, ambas matrices fueron sumadas mediante una herramienta aditiva del SIG Idrisi Andes, obteniendo como resultado lo expresado en la siguiente tabla:

Tabla 1. Análisis de Visibilidad en función Prioridades de Protección.

VISIBILIDAD	PRIORIDAD	CLASE	DESCRIPCIÓN
0	1	A	No visible de Primera Prioridad
	2	B	No visible de Segunda Prioridad
	3	C	No visible de Tercera Prioridad
3	1	D	Visible de Primera Prioridad
	2	E	Visible de Segunda Prioridad
	3	F	Visible de Tercera Prioridad

3.2.4 IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS FACTIBLES PARA ESTABLECER UN SISTEMA DE PATRULLAJE TERRESTRE

Con la imagen obtenida de la etapa anterior, “Visibilidad en función de las prioridades de protección”, se identificaron los lugares que no están protegidos por la torre Antilén, obteniendo una primera aproximación de las áreas factibles en las que se desarrolló el sistema de patrullaje terrestre.

Es decir, el primer criterio empleado para identificar dichas áreas es pertenecer a la categoría de zona ciega para la torre de observación Antilén. Además de esto, como la detección no puede ser efectuada en toda el área de estudio por los altos costos en los que se incurriría, se estableció un segundo criterio de selección, las prioridades de protección.

Por consiguiente, fueron consideradas áreas factibles todas aquellas zonas ciegas que eran de primera y segunda prioridad de protección. Todas las otras categorías (no visibles de tercera y visibles), ya sea por su prioridad o por encontrarse vigiladas por la torre quedaron fuera de esta clasificación.

3.2.5 PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PATRULLAJE TERRESTRE PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

El sistema de patrullaje terrestre involucra en su elaboración una serie de componentes, tales como: rutas, puntos de observación, tiempos de traslado, frecuencia de patrullajes, número de patrulleros, entre otros; cada uno de los cuales fue tratado de manera individual para posteriormente proponer el programa con la integración de estos resultados.

3.2.5.1 Determinación de Rutas de mínimo costo

Como el sistema de patrullaje terrestre consta de una red o ruta que une puntos de observación o miradores, en primer lugar se determinaron los posibles tramos a recorrer de manera de cubrir las áreas factibles que ya fueron definidas.

Además, esta red debe ser establecida bajo el supuesto de minimizar el costo y el tiempo de recorrido, por lo que se empleó una de las herramientas aportadas por el SIG Idrisi Andes, la cual mediante una cobertura que indique el punto de inicio del trayecto, otra que indique el punto final y adicionalmente una superficie de costo o de fricción; se obtiene como resultado una ruta de mínimo costo (*Pathway*).

En este caso la cobertura de costo o de fricción se generó a partir del tipo de camino, entendiendo que éste (carpeta de rodado) influye en el tiempo y por ende en el costo de acceso a la ruta. En la tabla 2 se puede observar el puntaje asignado según el tipo de camino.

Tabla 2. Puntaje asignado a cada tipo de camino.

PUNTAJE	TIPO DE CAMINO
1	Camino Pavimentado de 2 o más vías
2	Calles interiores urbanas
3	Camino sin pavimentar o de superficie ligera
4	Sendero o Huella

En cambio, los puntos de origen y destino, fueron escogidos de manera tal que la ruta cubra en su trayecto la mayor parte de las áreas factibles y que el SIG, mediante su herramienta de optimización, tenga la posibilidad de determinar aquellas de menor costo.

Por esta razón, analizando la cartografía de la zona, los caminos existentes y la pendiente, se definieron cinco puntos de origen (A, C, F, E, I), y un solo punto de destino (J), que por su localización permite que el SIG tenga diversas alternativas según la carpeta de rodado para ir generando las rutas.

Como se puede apreciar en la siguiente figura, la forma del área de estudio y la disponibilidad de caminos no permiten que las rutas a generar formen un circuito, es decir que partan en un punto y terminen en el mismo, por lo tanto, la selección de los puntos se realizó en función de cubrir la superficie a proteger.

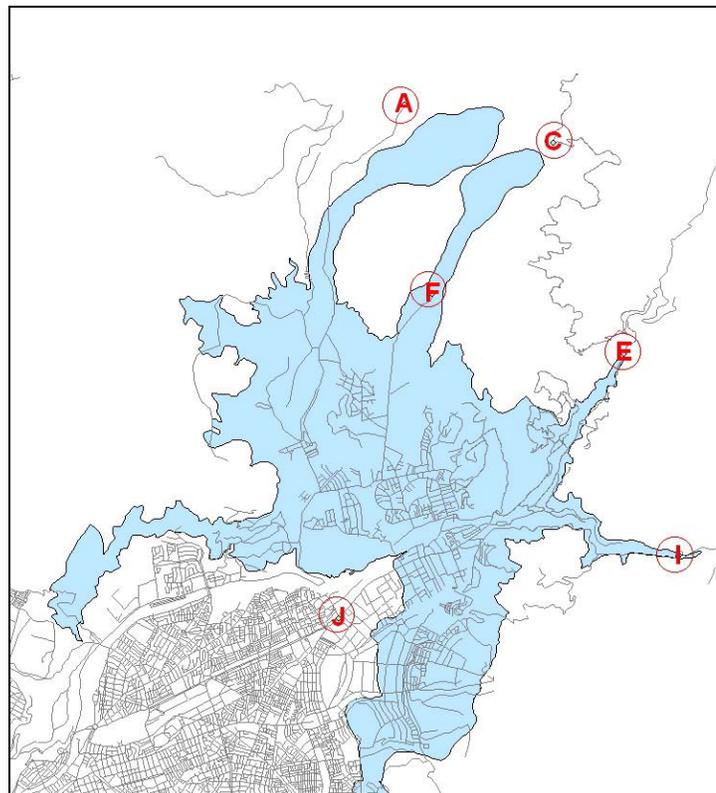


Figura 7. Puntos de origen y término para establecer las rutas de mínimo costo.

Una vez definidos los orígenes y destino, más la superficie de fricción, se ejecutó la herramienta de camino óptimo (*Pathway*), con la que se obtuvieron cinco rutas de mínimo costo.

3.2.5.2 Rutas de patrullaje según puntaje

Luego de determinar las rutas, se les aplicó una operación matemática aditiva para obtener aquellos tramos en los cuales se superponen los distintos caminos, generando una nueva cobertura, en la que existen fajas con puntaje o prioridad. De esta manera se conformaron las diferentes alternativas para elaborar el programa de patrullaje.

Para llevar a cabo esta adición de coberturas, a cada una de las rutas se le asignó el valor uno, así al sumarlas, los tramos fueron aumentando su valor por cada vez que se superponían, hasta lograr una nueva imagen con valor mínimo uno, si sólo se pasaba una vez por el lugar, hasta un máximo de cinco, si todos caminos tenían algún trayecto en común.

3.2.5.3 Puntos de observación opcionales y visibilidad

Los puntos de observación opcionales o miradores, definidos en primer lugar al realizar un análisis de los perfiles transversales de los caminos con respecto al terreno, de manera de determinar los puntos más altos de la ruta (entendiendo que estos pueden presentar una mayor visibilidad con respecto a los que están en los fondos de valle) y seleccionar estos como observadores. Este análisis se ejecutó con el SIG, a través de la herramienta *Create Profile Graph* de Arc Gis 9.x, la cual utiliza la cobertura del modelo digital de elevación, más la cobertura de los caminos.

Sin embargo, que un punto se encuentre en la cima de un cerro no asegura que este presente una mayor visibilidad con respecto a uno que se encuentre en la ladera o en el valle, se realizó una visita a terreno en compañía de un experto de CONAF, con el propósito de verificar la efectividad de estos miradores e incluir, si correspondiera, otros que no hayan sido considerados por el análisis de perfiles transversales y que presentaban mejores coberturas de vigilancia.

Una vez determinados todos los puntos opcionales, el criterio para seleccionarlos definitivamente fue la visibilidad de cada uno de ellos, obtenida mediante análisis de superficies visibles en combinación con las prioridades de protección y desglosada de manera individual y conjunta para cada observador. Este análisis se realizó mediante la herramienta *Viewshed* del SIG Arc Gis 9.x, utilizando como altura del observador un valor de 1,7 m. y de radio de visibilidad un valor promedio de 3.000 m., determinado por las condiciones topográficas del terreno.

La visibilidad individual permitió determinar la cobertura única que presenta cada punto sobre el área de estudio, para así excluir a aquellos que no cubrieran la zona de interés. Es decir, mientras un punto por si solo cubriese alguna de las áreas factibles (zonas de primera y/o segunda prioridad), este observador opcional podría ser parte del sistema de detección.

Por otro lado, la visibilidad conjunta se obtuvo con el propósito de establecer la superficie total no vigilada por la torre, según prioridad de protección, la cual debe ser igual o superior a un 70% de la primera y a un 50% de la segunda². Una vez cumplida esta condición, la combinación de puntos fue seleccionada.

3.2.5.4 Programa de Patrullaje Terrestre

El programa de patrullaje debe ser establecido al incluir diversas variables, entre ellas tramos o rutas a recorrer, grado de peligro, oportunidad de incendios (definida por la ocurrencia histórica) y tiempos de detención y de trayectos. Por esto cada una de ellas debe identificarse de manera individual para luego efectuar la combinación con todas las opciones ya definidas.

Primero se realizó la reestructuración de las rutas, identificando todos los tramos que las conforman con sus características particulares.

² Sr. Guillermo Julio. Doctor Ingeniero Forestal, Profesor Titular de la Cátedra de Manejo del Fuego, Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile. Entrevista personal efectuada el 29 de noviembre de 2007.

En segundo lugar, se incorporó el grado del peligro y la oportunidad de incendios. En el caso del primero, por considerar variables y factores diarios, para proponer el sistema sólo se utilizaron los distintos rangos utilizados por CONAF sin realizar un estudio auxiliar. En cambio, con el segundo, se realizaron algunos análisis para determinar los períodos y días críticos.

En este caso, lo primero fue establecer las diferencias entre el número de incendios ocurridos según día de la semana y posteriormente, en función de las horas del día. Ambas actividades realizadas con el propósito de determinar si estos factores deben ser considerados para conformar los rangos críticos.

El siguiente paso fue determinar los tiempos de detección, para ello se tomaron algunas decisiones con respecto a la detención del vigilante en cada punto de observación y con relación al tipo de vehículo y la velocidad promedio de recorrido por los distintos tramos o carpetas de la ruta para determinar la duración del trayecto.

En relación al tiempo de detención se definió un promedio de cinco minutos por cada punto de observación³. En cambio, para determinar la duración de los trayectos se utilizó el valor de la velocidad en m/min., según cada tipo de camino, la cual fue obtenida de la Unidad de Gestión de manejo del fuego⁴ (Tabla 3). Por otro lado, se consideró en los análisis un vehículo todo terreno.

³ Sr. Guillermo Julio. Doctor Ingeniero Forestal, Profesor Titular de la Cátedra de Manejo del Fuego, Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile. Entrevista personal efectuada el 19 de noviembre de 2007.

⁴ Sr. Jorge Saavedra. En su trabajo de Memoria de Título para optar al grado de Ingeniero Forestal de la Universidad Mayor. Entrevista personal efectuada el 12 de diciembre de 2007.

Tabla 3. Velocidades promedios según tipo de camino.

TIPO DE CAMINO	VELOCIDAD (M/MIN)
Autopista	1.333,33
Urbanos	416,67
Superficie ligera tránsito temporal	416,67
Pavimentado 2 o más vías	1.166,67
Pavimentado 1 vía	1.000,00
Sin Pavimento 2 o más vías	833,33
Sin pavimento 1 vía	666,67
Huella	416,67
Línea férrea	66,67
Puente	666,67
Sendero (*)	66,67
Túnel	666,67

Fuente: Jorge Saavedra (Entrevista personal, 2007).

(*)Indica relación con el tránsito a pie de una persona.

Una vez determinados los tiempos fue posible proponer distintas combinaciones de ruta para cumplir con los objetivos de detección en cada situación particular.

La siguiente figura presenta un resumen de la metodología empleada en esta memoria para elaborar un sistema de patrullaje terrestre. En esta se pueden diferenciar las variables, procesos y criterios empleados en la elaboración de este trabajo, explicando la secuencia de procedimientos para obtener las áreas factibles y la elaboración del sistema de patrullaje terrestre para la detección de incendios forestales.

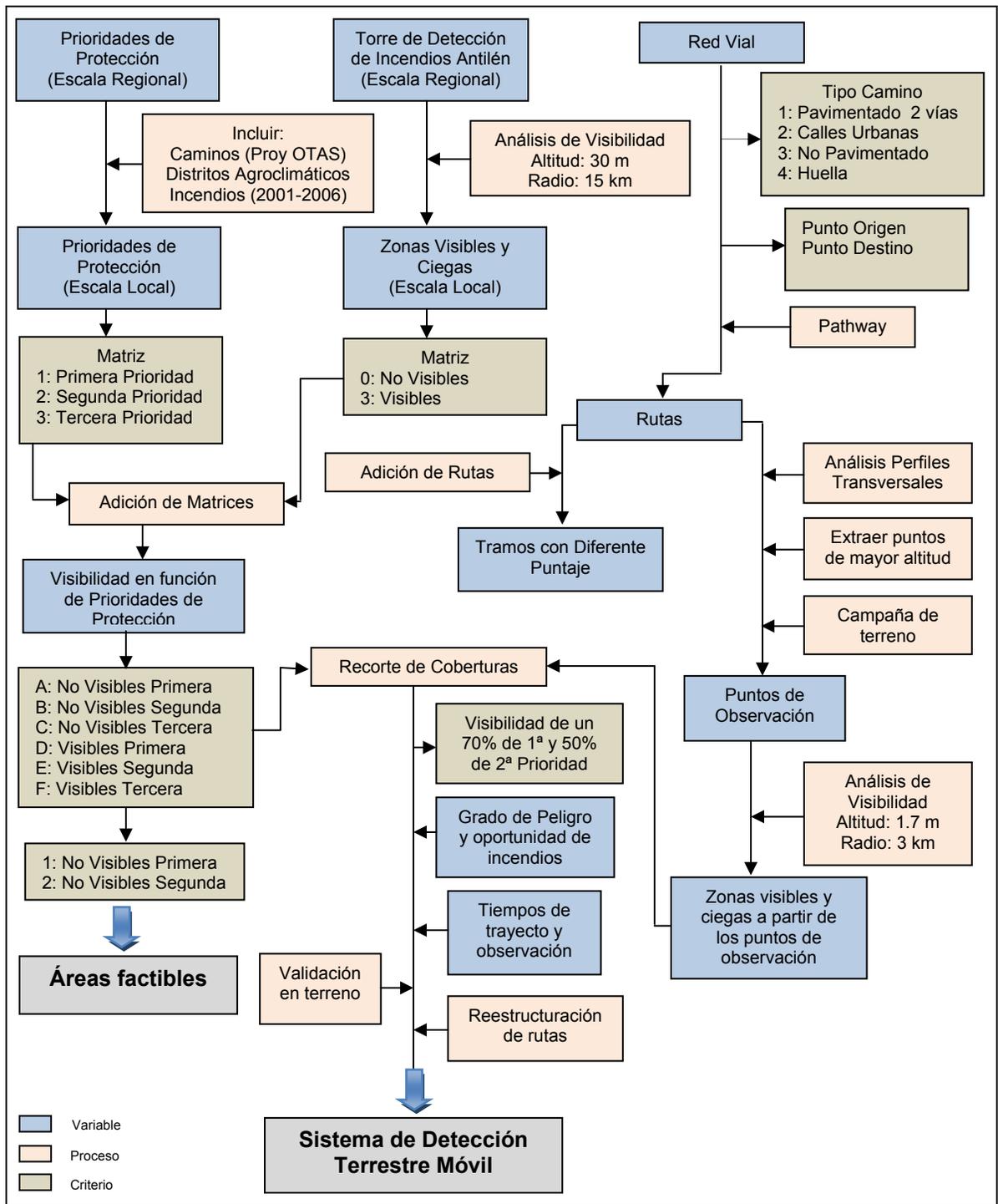


Figura 8. Esquema metodológico para obtener áreas factibles para elaborar un sistema de patrullaje terrestre para la detección de incendios forestales.

4 RESULTADOS

4.1 SISTEMAS DE DETECCIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Para el área de estudio, según lo consultado a CONAF⁵, se han establecido sólo dos sistemas de detección: terrestre fija y aérea. Sin embargo, también existen otros mecanismos que han aportado a esta labor, los cuales serán mencionados más adelante.

4.1.1 SISTEMA DE DETECCIÓN TERRESTRE FIJA

El sistema de detección terrestre fija para el área de estudio tiene como único punto de observación la torre Antilén, la que se ubica en el Cerro San Cristóbal y cuyas coordenadas geográficas son 33,408° de latitud sur y 70,613° de longitud oeste. Esta torre, perteneciente al Ministerio de Vivienda y Urbanismo funciona como parte del programa de manejo del fuego de CONAF mediante un acuerdo de cooperación entre ambas entidades. Su funcionamiento es entre el mes de diciembre de un año hasta marzo del año siguiente (CONAF 2006).

Posee una altura de 30 m. y un radio de visibilidad teórico de 15 km., ambos determinados por CONAF. Con estos valores se pudo obtener la superficie visible por la torre, correspondiente a 2.101,76 ha. y equivalentes al 29,36% del área de estudio.

Si se analizan los tiempos permisibles, ya sea el tiempo de detección y el de reporte, la torre presenta un promedio de 14,2 min. y 1,1 min. respectivamente.

Finalmente, en relación a los incendios forestales, durante el último quinquenio (2002 – 2007) esta torre ha detectado 39 incendios de los 99 que ocurrieron en el área de estudio, lo que arroja un porcentaje de eficiencia de 39,39%.

⁵ Sr. Jorge Flores. Ingeniero Forestal, Jefe del Departamento de Manejo del Fuego, Región Metropolitana. Entrevista personal efectuada el 19 de octubre de 2007

4.1.2 SISTEMA DE DETECCIÓN AÉREA

El sistema de detección aérea tiene como único recurso el avión Cessna 172 contratado durante la temporada (diciembre a abril), el cual realiza una ruta de vuelo establecida, siendo sus tiempos de detección variables entre los días, según el programa de patrullaje establecido por CONAF.

Esta ruta de vuelo establecida recorre los siguientes puntos:

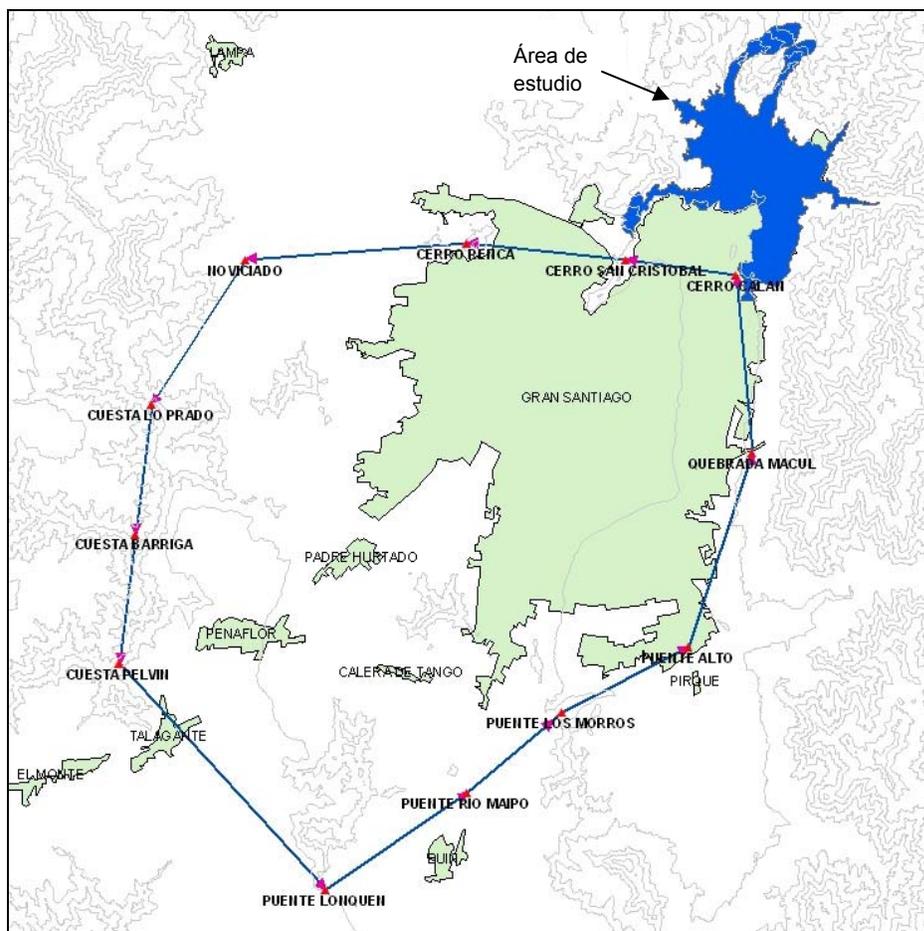


Figura 9. Ruta de vuelo del avión de detección de incendios forestales.

Fuente: Jorge Flores (Entrevista personal, efectuada el 19 de octubre 2007).

De esta ruta se observa que los puntos Cerro Calán (A) y Cerro San Cristóbal (B) son los que se encuentran más cercanos al área de estudio. Así también, al calcular la visibilidad desde estos puntos utilizando un radio de 15 km.⁶, el porcentaje de zonas visibles con respecto al total es de 97,62%.

Los tiempos permisibles presentados por este sistema para la detección y reporte son de 14,8 min. y 1,5 min. respectivamente.

En relación al descubrimiento y reporte de focos e incendios, este sistema durante las últimas temporadas (2002 - 2007) registró un total de ocho siniestros detectados (de 99 ocurridos), siendo su porcentaje de eficiencia de un 8,08%.

4.1.3 OTROS SISTEMAS DE DETECCIÓN

Estos sistemas de detección, se refieren a mecanismos no establecidos formalmente por el programa de manejo del fuego que han ayudado al descubrimiento, localización y reporte de incendios en el área de estudio. Estos sistemas son la denominada detección no programada e incluye al público, al patrullaje terrestre de prevención y a otros (bomberos, carabineros, etc.).

El público ha detectado e informado 47 de los 99 incendios ocurridos, con una participación del 47,47%. Le sigue el patrullaje terrestre de prevención, que en el cumplimiento de sus labores específicas ha notificado la presencia de tres focos y/o incendios. Finalmente, se encuentran los otros medios, cuyo registro alcanzó a dos detecciones.

En cuanto a los tiempos permisibles, el público tiene un promedio para la detección y reporte de 14,1 min. y 3,2 min. respectivamente; el patrullaje terrestre, 15,8 min. y 2,2 min.

⁶ Sr. Guillermo Julio. Doctor Ingeniero Forestal, Profesor Titular de la Cátedra de Manejo del Fuego, Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile. Entrevista personal efectuada el 5 de febrero de 2008.

para las ya mencionadas observaciones; y los otros medios un promedio de 16,5 min. y 3,2 min. en las mismas categorías.

La tabla 4 es un resumen de los tiempos permisibles para cada sistema de detección, referido al primer reporte del fuego y determinado para el área de estudio.

Tabla 4. Resumen de los tiempos permisibles para cada sistema de detección.

SISTEMA DETECCIÓN	TIEMPO DETECCIÓN	TIEMPO REPORTE
AVIÓN DETECCIÓN	14,8	1,5
TORRE	14,2	1,1
PÚBLICO	14,1	3,2
PATRULLAJE TERRESTRE	15,8	2,2
OTROS	16,5	3,2

Fuente: Extracto Fichas técnicas CONAF. Temporadas 2002 – 2007

4.2 DETERMINACIÓN DE PRIORIDADES DE PROTECCIÓN

Las prioridades de protección fueron elaboradas mediante la suma ponderada de los puntajes de las variables definidas en el Anexo I, obteniendo con este método una cobertura con valores fluctuantes entre 1 y 55 puntos, resultantes de los análisis de riesgo, peligro y daño potencial. Valores que fueron reclasificados, luego de realizar un análisis de las frecuencias por unidad de superficie (625 m²).

Del resultado de la determinación de prioridades de protección para la Región Metropolitana, se obtuvo el correspondiente para el área de estudio, el cual se puede apreciar en la siguiente figura:

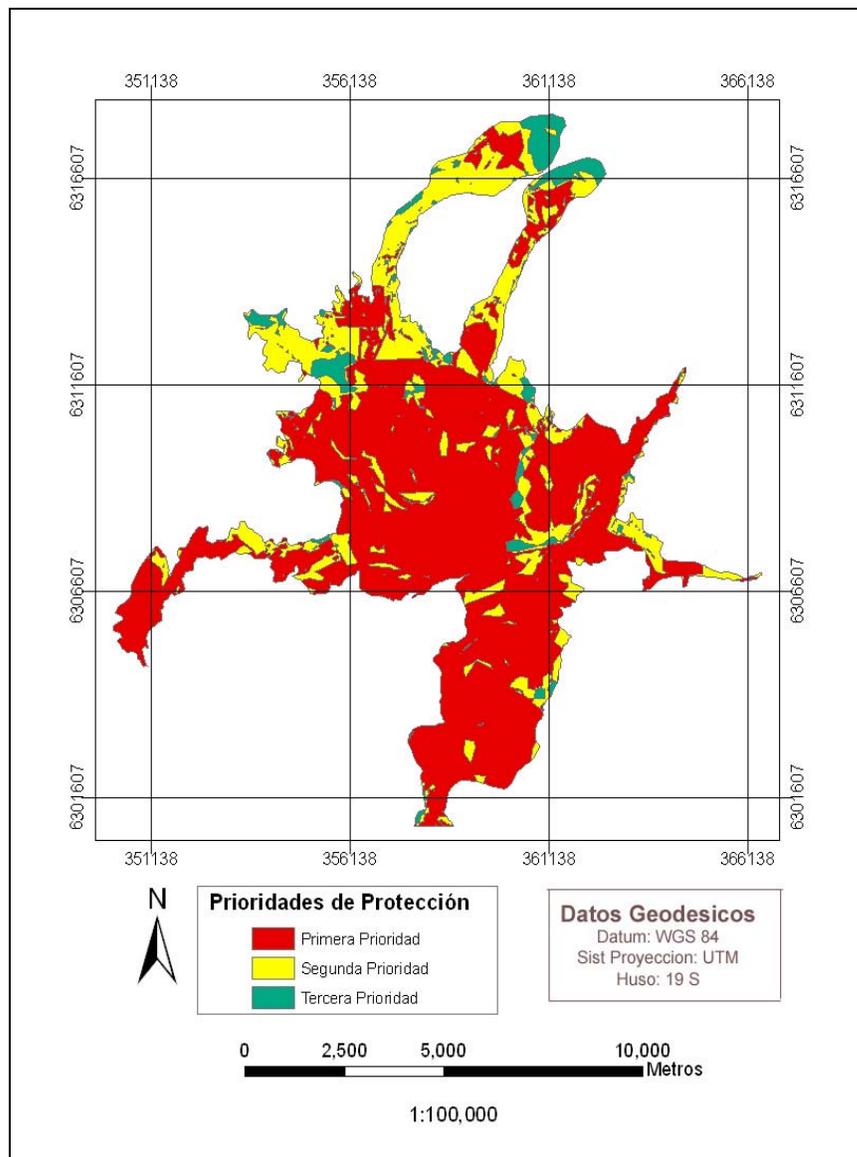


Figura 10. Mapa de Prioridades de Protección para el área de estudio.

La información gráfica contenida en la figura 10 se presenta a continuación en forma de tabla, diferenciando las superficies (ha) según su prioridad de protección y su porcentaje de participación con respecto al total del área de estudio.

Tabla 5. Área de estudio clasificada en superficies de prioridades de protección y porcentaje con respecto al total.

PRIORIDAD	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE (%)
Primera	5.375,71	71,71
Segunda	1.747,17	23,29
Tercera	375,24	5,00
TOTAL	7.498,12	100,00

Si se observan, tanto la figura 10 como la tabla 5, se puede concluir que el área de estudio es una zona cuya prioridad de protección es alta, es por esto que resulta importante identificar cuáles son las principales causas que originan estos valores, razones que se mencionan a continuación:

- Durante las últimas cinco temporadas (2002-2007) se han producido 99 incendios. La frecuencia de estos se puede observar en el Anexo III. (CONAF, 2001b, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006).
- Cercanía a la ciudad y alta densidad de caminos, lo que facilita la accesibilidad al sector (Universidad de Chile *et al.* 2005).
- Pendientes que alcanzan los 50° y que aumentan el peligro de incendios (Análisis Topográfico realizado en el SIG).
- Condiciones climáticas con veranos cálidos y prolongada estación seca que aumentan el peligro de incendios (INFOR, 2007).
- Vegetación liviana, principalmente praderas, matorral ralo, zonas de cultivos, que en términos de combustibles presentan una alta velocidad de propagación (Análisis de combustibles para determinar prioridades de protección, Latrhop, 2005).

- Alto valor ecológico, principalmente por ser una zona complementaria al SNASPE, tanto para la protección de ecosistemas vegetacionales como para la conservación de la fauna silvestre (Universidad de Chile *et al.* 2005).

4.3 ANÁLISIS DE VISIBILIDAD EN FUNCIÓN DE PRIORIDADES DE PROTECCIÓN

Este análisis se desarrolló mediante la ponderación de dos coberturas o “matrices”, la de visibilidad de la torre Antilén y la de prioridades de protección, ambas se aprecian en la siguiente figura:

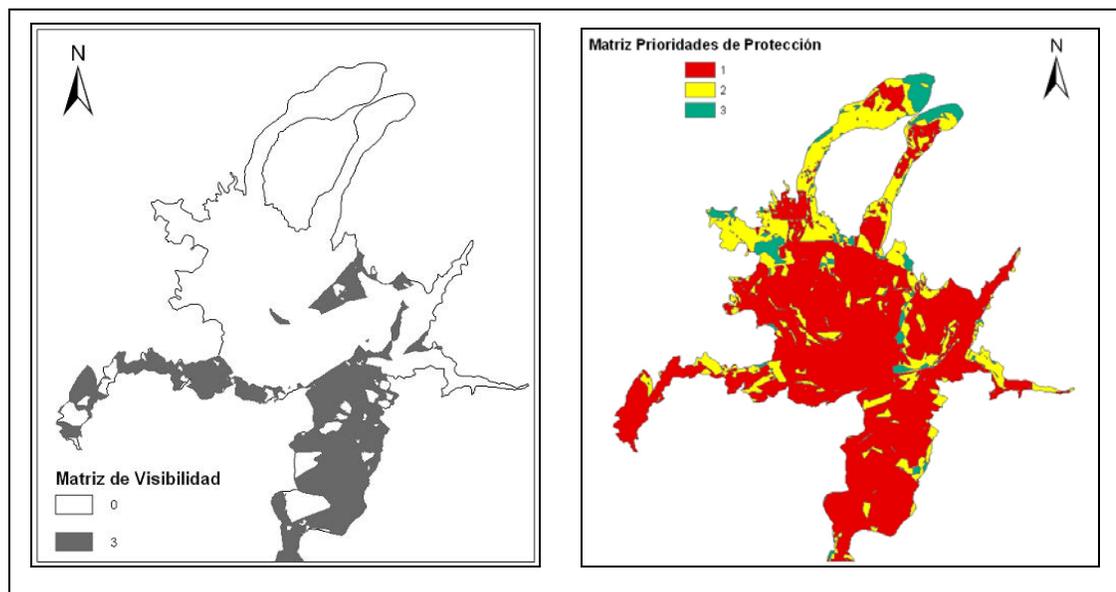


Figura 11. Matrices de Visibilidad y Prioridades de Protección.

Las matrices fueron procesadas mediante la herramienta aditiva aportada por el SIG Idrisi Andes, entregando como resultado la siguiente imagen:

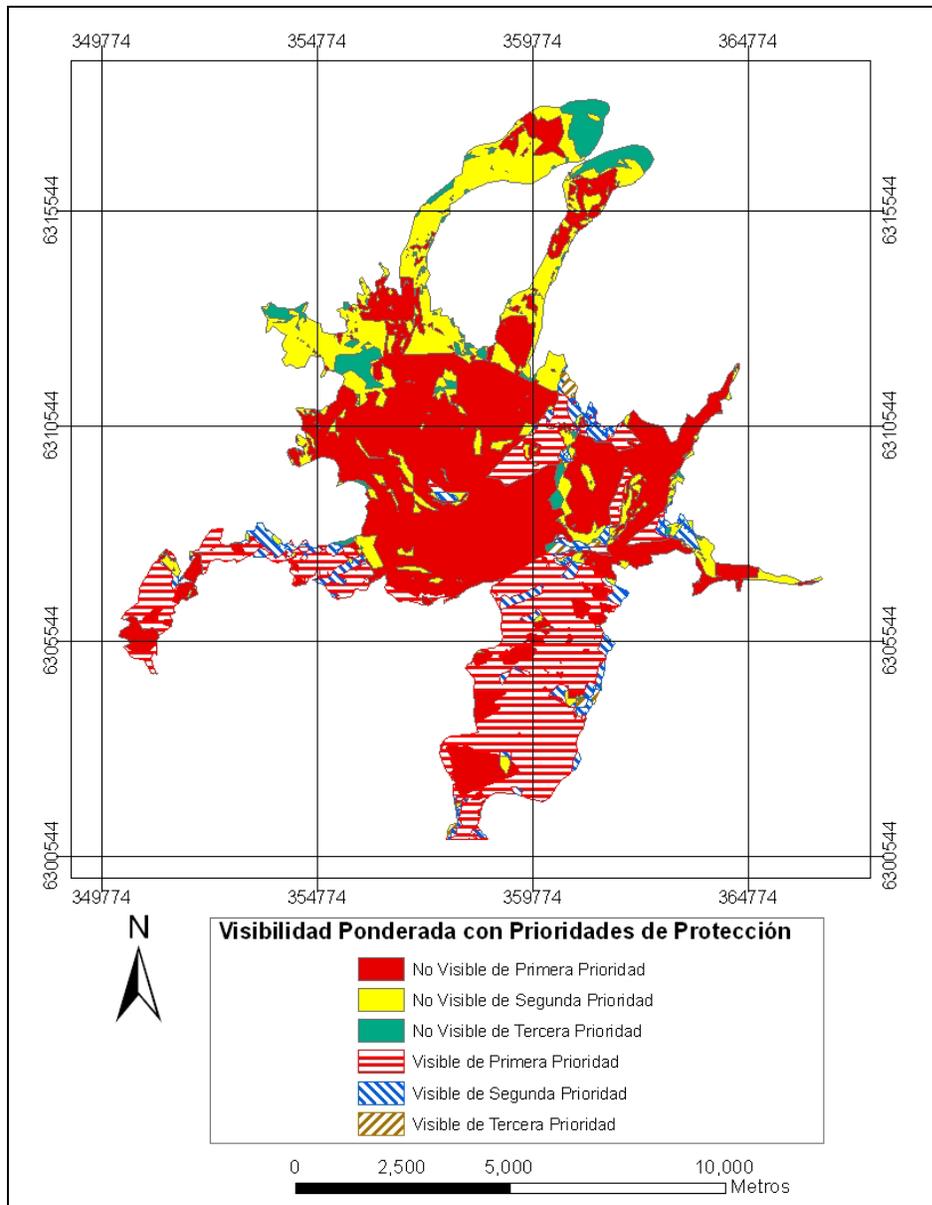


Figura 12. Visibilidad en función de prioridades de protección para el área de estudio.

Al desglosar el mapa de visibilidad en función de las prioridades de protección en las superficies resultantes individuales de cada una de ellas, se generó la siguiente tabla:

Tabla 6. Superficie y Porcentaje del total de la superficie de visibilidad en función de prioridades de protección

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE (%)
A	No Visible de Primera Prioridad	3.665,04	48,88
B	No Visible de Segunda Prioridad	1.396,82	18,63
C	No Visible de Tercera Prioridad	329,79	4,40
D	Visible de Primera Prioridad	1.711,87	22,83
E	Visible de Segunda Prioridad	350,42	4,67
F	Visible de Tercera Prioridad	44,19	0,59
TOTAL		7.498,12	100,00

Finalmente, al analizar ambas muestras se aprecia que las mayores superficies son las de categoría uno, cuatro y dos, correspondientes no visible de primera prioridad, visible de primera prioridad y no visible de segunda prioridad, respectivamente.

4.4 IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS FACTIBLES PARA ESTABLECER UNA RED DE PATRULLAJE TERRESTRE

Las áreas factibles, determinadas por ser zonas ciegas para la torre Antilén y por su prioridad de protección, se encuentran distribuidas en la mayor parte del área de estudio y como se aprecia en la siguiente figura, su principal ubicación es al centro y al norte de la misma.

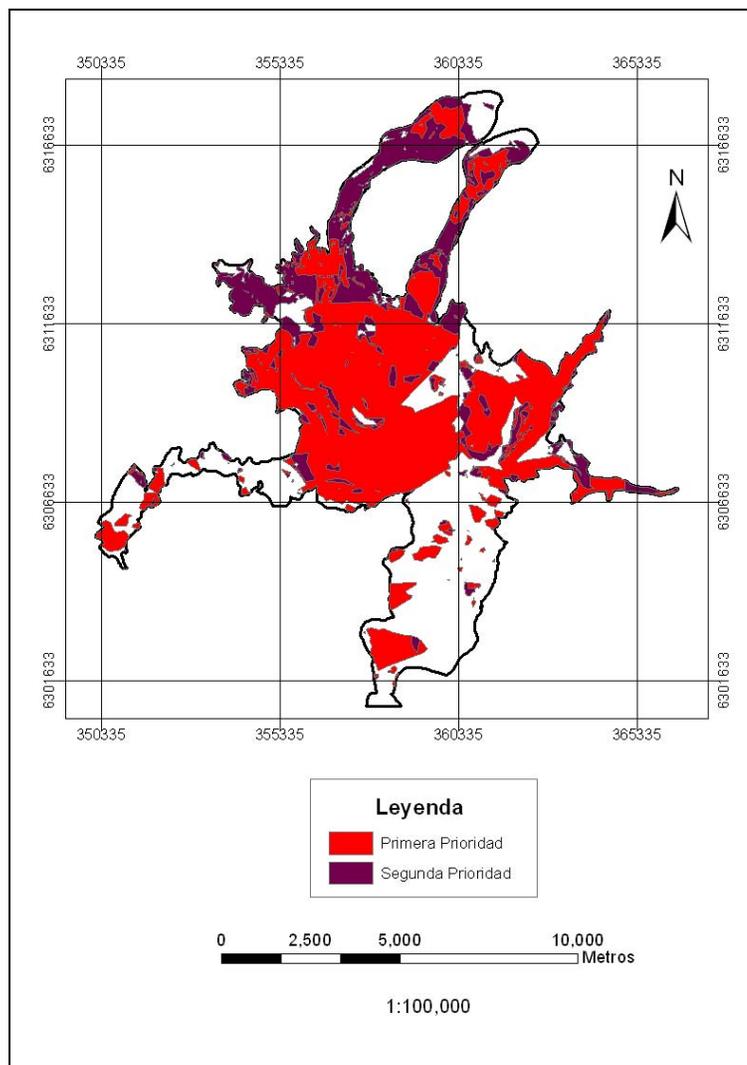


Figura 13. Áreas factibles para establecer un sistema de patrullaje terrestre para la detección de incendios (Áreas ciegas de primera y segunda prioridad).

En esta figura las superficies de color rojo, denominadas de primera prioridad alcanzan un total de 3.665,04 ha.; mientras las de segunda, representadas por un color oscuro, suman en total 1.396,82 ha. Ambas ocupan un 67,51% del total del área de estudio.

En cuanto al uso del suelo, en estas áreas se pueden encontrar distintos tipos de utilización tales como: bosque nativo denso, matorrales, praderas naturales, suelo desnudo, zonas agrícolas bajo riego y zonas urbanas. Sin embargo, para el estudio posterior sólo se realizó una diferenciación entre las superficies consolidadas o urbanizadas, equivalentes al 37,16% y las no consolidadas o rurales, con un total de 62,90% del total.

Topográficamente, en las zonas ubicadas al centro del área de estudio las pendientes oscilan entre 0 y 15%, mientras que en la parte norte esta se hace más abrupta sobrepasando el 40%.

4.5 PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PATRULLAJE TERRESTRE PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

El diseño del sistema de patrullaje terrestre, involucra en su realización una serie de componentes, los cuales fueron abordados de manera individual antes de la elaboración del programa.

4.5.1 RUTAS DE MÍNIMO COSTO

Se generaron cinco rutas, las cuales en su conjunto recorren toda el área de estudio. Para describirlas se dio énfasis en los aspectos físicos de su trayectoria, tales como: ubicación, tipos de carpeta que la conforman, uso del suelo por el que cruzan y pendientes preponderantes. La ubicación de cada una de estas rutas en el área de interés se puede apreciar en la siguiente figura:

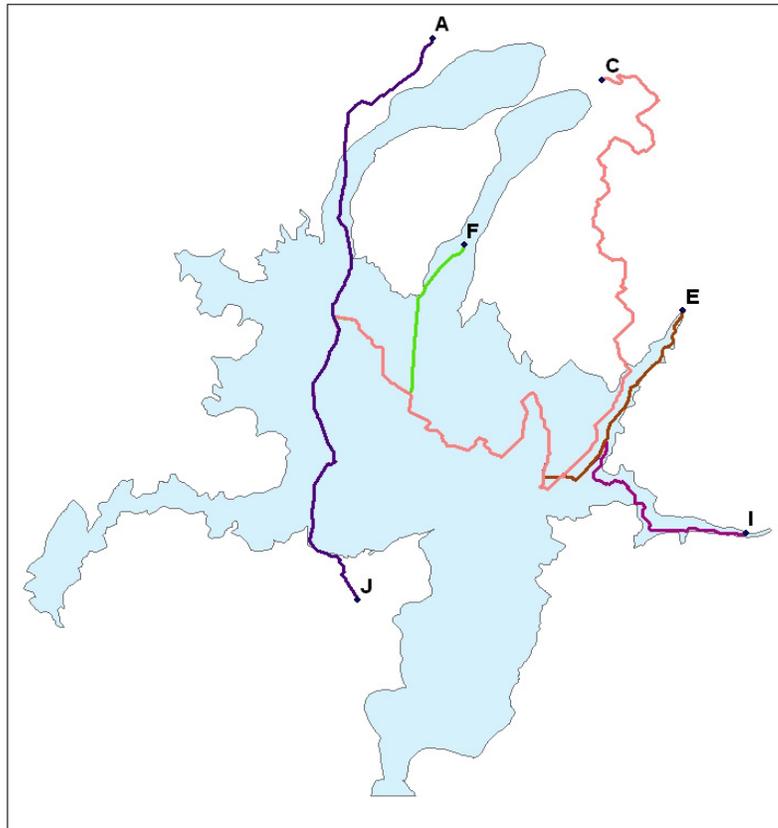


Figura 14. Rutas de mínimo costo para el área de estudio.

A continuación se describirán cada una de ellas:

- Ruta AJ
 - Longitud: 13,421 km.
 - Se ubica en la parte más occidental del área de estudio cubriéndola longitudinalmente.
 - En cuanto a la carpeta de rodado, esta ruta está conformada por cuatro tipos: calles al interior de la planta urbana (1.064,62 m.), caminos de superficie ligera (4.644,93 m.), camino pavimentado dos o más vías (2.889,90 m.) y huellas (4.822,40 m.).
 - Esta vía atraviesa superficies de matorral, bosque nativo, zona agrícola bajo riego y zonas urbanas.
 - Las pendientes preponderantes de su recorrido son de 20%

- Ruta CJ
 - Longitud: 22,586 km.
 - Cubre transversalmente el área de estudio para luego dirigirse hacia el extremo norte.
 - En cuanto a la carpeta de rodado, esta ruta está conformada por cinco tipos: calles al interior de la planta urbana (5.197,26 m.), caminos de superficie ligera (6.168,17 m.), camino pavimentado dos o más vías (4.947,11 m.), caminos sin pavimentar (4.133,94 m.) y huellas (2.140,35 m.).
 - Esta vía atraviesa superficies de matorral, bosque nativo, zona agrícola bajo riego, suelos desnudos y zonas urbanas.
 - Las pendientes preponderantes de su recorrido son de 30%

- Ruta EJ
 - Longitud: 23,633 km.
 - Cubre transversalmente el área de estudio.
 - En cuanto a la carpeta de rodado, esta ruta está conformada por cinco tipos: calles al interior de la planta urbana (5.784,48 m.), caminos de superficie ligera (5.579,39 m.), camino pavimentado dos o más vías (8.258,48 m.), caminos sin pavimentar (1.871,12 m.) y huellas (2.140,35 m.).
 - Esta vía atraviesa superficies de matorral, bosque nativo, zona agrícola bajo riego y zonas urbanas.
 - Las pendientes preponderantes de su recorrido son de 10%

- Ruta FJ
 - Longitud: 13,978 km.
 - Se ubica al centro del área de estudio cubriendo longitudinalmente la zona de interés.
 - En cuanto a la carpeta de rodado, esta ruta está conformada por tres tipos: calles al interior de la planta urbana (3.045,81 m.), caminos de superficie ligera (4.588,49 m.), camino pavimentado dos o más vías (6.343,81 m.).

- Esta vía atraviesa superficies de matorral, bosque nativo, zona agrícola bajo riego y zonas urbanas.
 - Las pendientes preponderantes de su recorrido son de 10%
- Ruta IJ
 - Longitud: 24,921 km.
 - Cubre transversalmente el área de estudio.
 - En cuanto a la carpeta de rodado, esta ruta está conformada por cinco tipos: calles al interior de la planta urbana (5.787,78 m.), caminos de superficie ligera (6.667,02 m.), camino pavimentado dos o más vías (8.455,71 m.), caminos sin pavimentar (1.871,12 m.) y huellas (2.140,35 m.)
 - Esta vía atraviesa superficies de matorral, bosque nativo, zona agrícola bajo riego, praderas naturales y zonas urbanas.
 - Las pendientes preponderantes de su recorrido son de 35%

4.5.2 RUTAS DE PATRULLAJE SEGÚN PUNTAJE

Una vez determinadas las rutas de mínimo costo se efectuó una sobreposición temática de los atributos para arco (suma algebraica), obteniendo como resultado la imagen que se presenta a continuación:

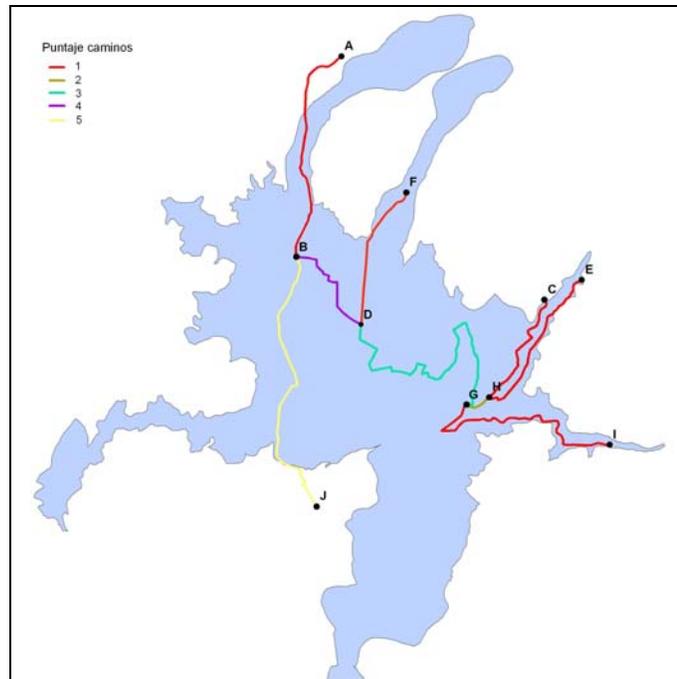


Figura 15. Rutas de mínimo costo según su puntaje.

El objetivo de esta actividad fue establecer los lugares por donde se intersectan las rutas, los que fueron definidos por su mayor puntaje. Como se puede observar en la Figura 15, los tramos de mayor valor (cinco, cuatro y tres) se encuentran al centro del área de estudio, recorriéndola transversalmente, mientras que los trayectos menores (uno y dos) están ubicados hacia los extremos de la zona, principalmente en posición longitudinal.

De aquí es importante notar que los tramos de puntajes más altos se encuentran en la zona centro, que también es aquella donde existen las mayores superficies de primera prioridad de protección.

4.5.3 PUNTOS DE OBSERVACIÓN OPCIONALES Y VISIBILIDAD

Una vez realizado el análisis de perfiles transversales de cada una de las rutas para obtener los lugares más altos, y luego la posterior corroboración en terreno, el resultado preliminar fue de un total de 62 puntos de observación, los cuales fueron sometidos a dos análisis con respecto a su visibilidad, para determinar su inclusión o rechazo al programa de patrullaje. La ubicación de estos puntos en el área de estudio se aprecia en el Apéndice I.

Del primer análisis se pudo determinar la superficie individual de cada uno de los puntos según prioridad de protección. Cabe destacar que el resultado que se presenta en el Apéndice II corresponde a zonas ciegas para la torre Antilén, es decir aquellas que fueron clasificadas como A, B y C, correspondientes a no visibles de primera, de segunda y de tercera prioridad, respectivamente (Tabla 6). Estos valores individuales fueron obtenidos al descontar los traslapes entre los miradores, y en total se redujeron a 50 observadores opcionales, los cuales representan opciones preliminares para el programa. La visibilidad de cada una de estas rutas según prioridad de protección se aprecia en la siguiente figura:

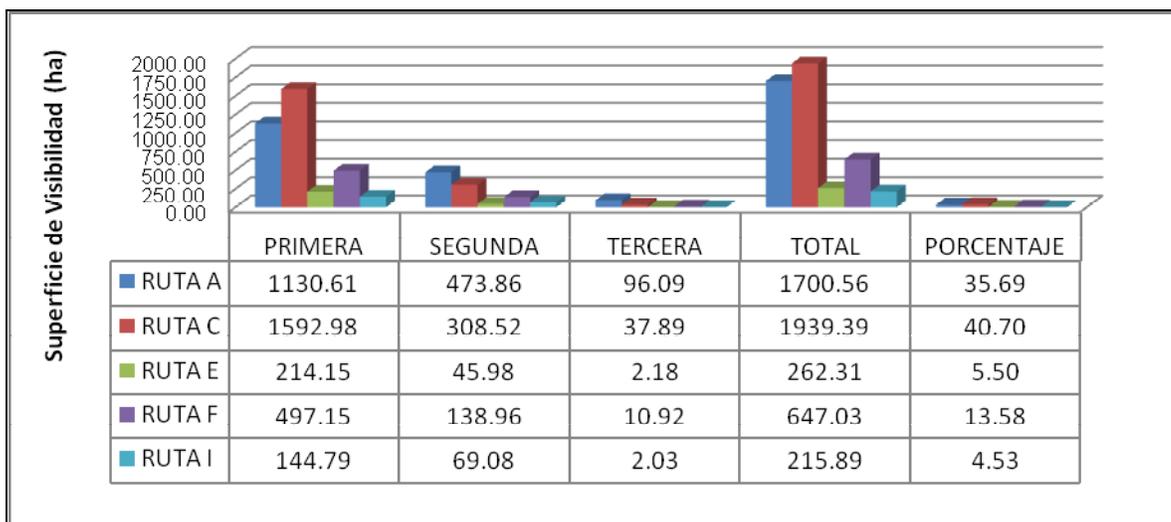


Figura 16. Superficie de visibilidad (ha) según prioridad de protección para cada ruta de patrullaje luego del primer análisis.

Como se puede apreciar en este resultado, la visibilidad total para cada ruta es obtenida de la suma algebraica de la visibilidad de los puntos de observación. De aquí se concluye que la ruta C, seguida de la ruta A, son las que mayor porcentaje de visibilidad presentan con respecto al total del área protegida.

En cuanto al porcentaje de superficie por prioridad de protección, el resultado se observa en la siguiente figura:

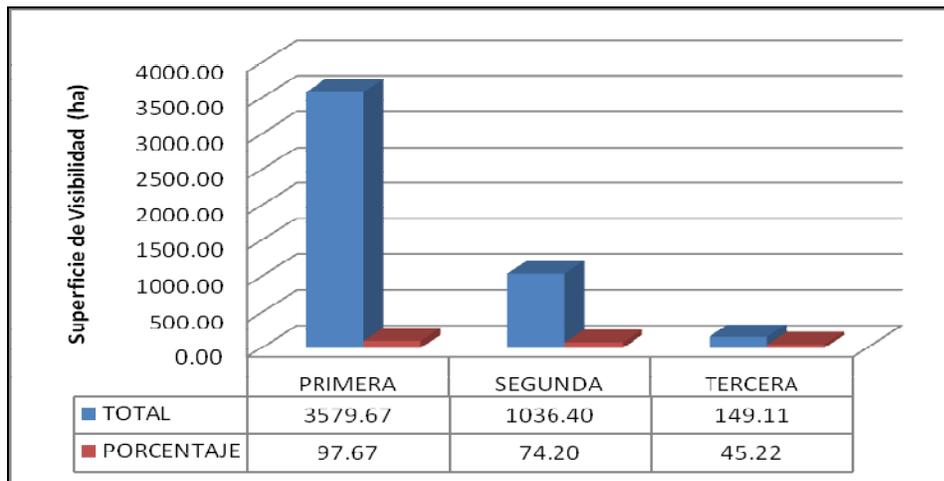


Figura 17. Superficie y Porcentaje visible para cada prioridad de protección luego del primer análisis.

De la figura anterior se infiere que con los 50 observadores seleccionados luego del primer análisis, se cubre un 97% de la superficie de primera prioridad no visible por la torre y un 74 % de la de segunda.

Finalmente, del segundo análisis de visibilidad, el cual se determinó de manera conjunta para todos los observadores, es decir, contabilizando el total de superficie que es visible por todos los puntos seleccionados; y cumpliendo el requisito de que la superficie de primera prioridad cubierta sea mayor o igual al 70% del total para esta categoría y de 50% de la de segunda; se pudo establecer aquella combinación de puntos que satisface de mejor manera la condición.

Con este análisis se redujeron a 26 los puntos seleccionados, los que en su mayoría se encuentran en la ruta A y C (Apéndice III). En la siguiente figura se presenta la superficie total cubierta por cada ruta de patrullaje según prioridad de protección:

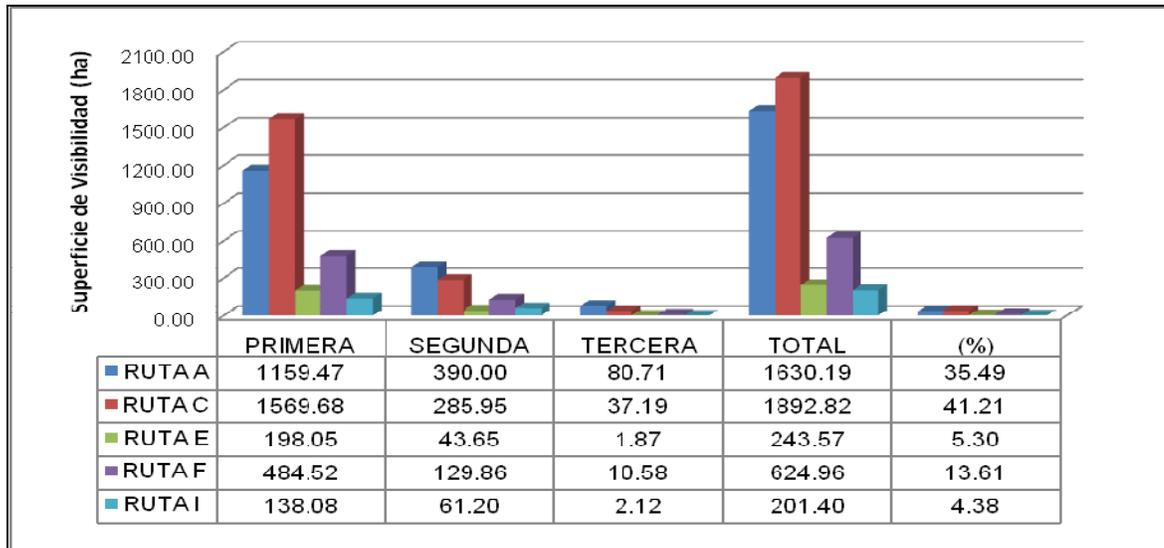


Figura 18. Superficie de visibilidad (ha) según prioridad de protección para cada ruta de patrullaje luego del análisis final.

En total para la propuesta de patrullaje la visibilidad de estos puntos cubre 3.549,80 ha. de primera prioridad; 910,67 ha. de segunda; y 132,47 ha. de tercera. Gráficamente el porcentaje de visibilidad según prioridad se presenta en la siguiente figura:

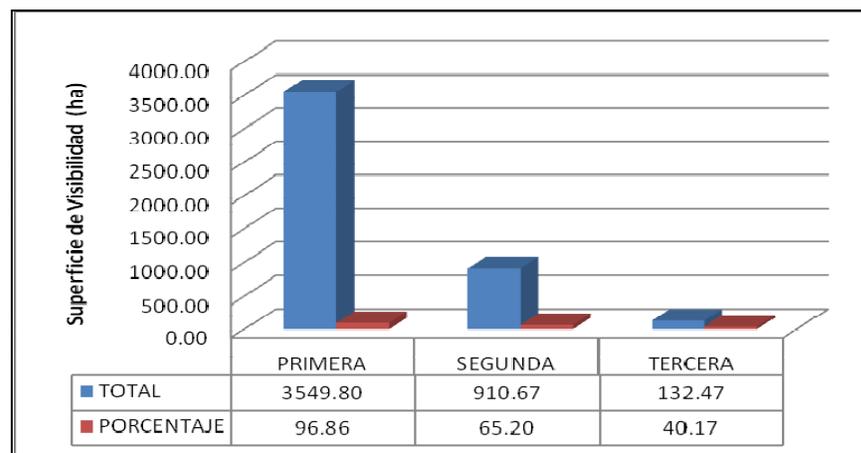


Figura 19. Superficie y Porcentaje visible para cada prioridad de protección luego del análisis final.

Con estos observadores seleccionados (Figura 20) se obtiene un porcentaje de cobertura de zonas ciegas por parte de la torre de: 96,86% para la primera prioridad de protección; 65,20% para la segunda y 40,17% de la tercera. Resultados que satisfacen ampliamente la condición establecida para su selección.

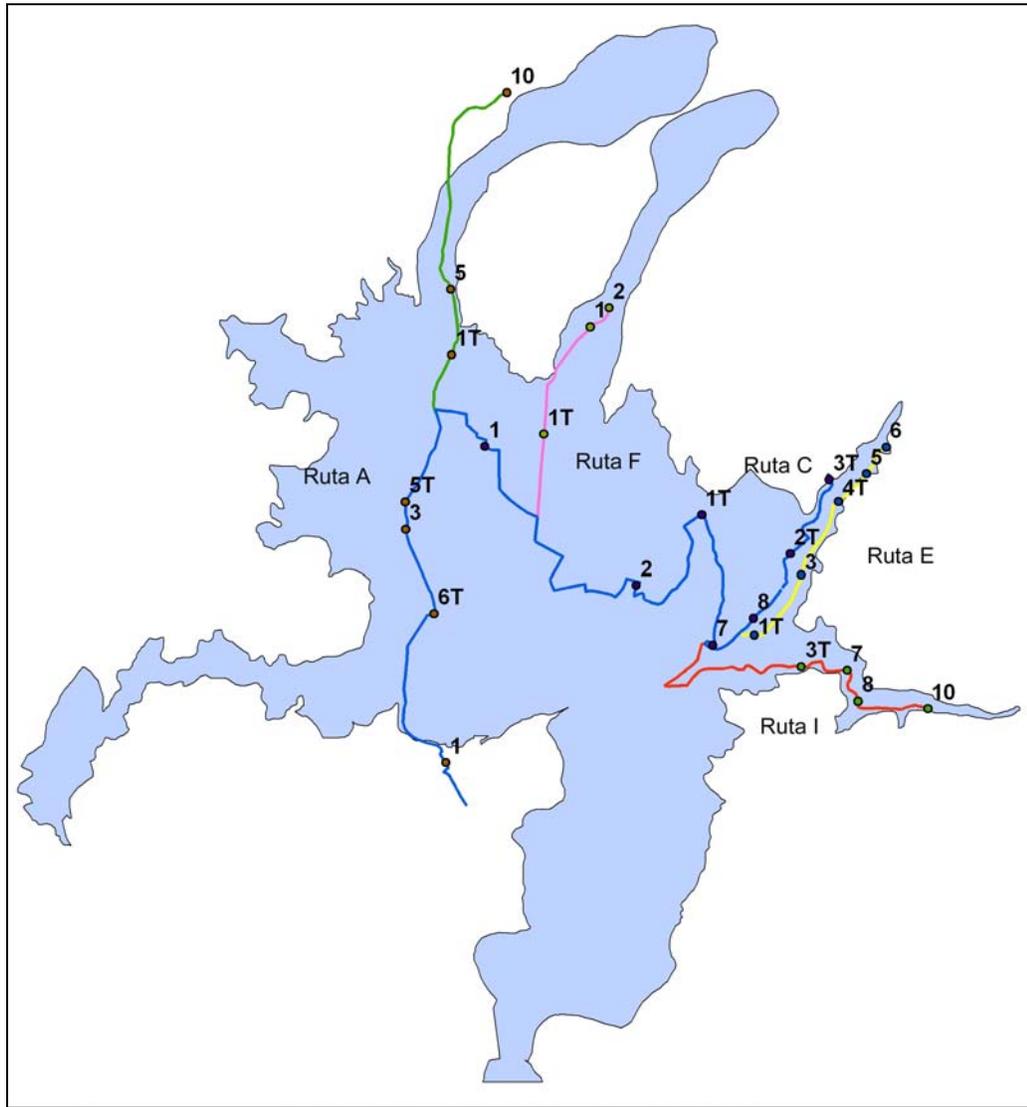


Figura 20. Ubicación de los puntos seleccionados para el programa de patrullaje.

La ubicación geográfica de estos puntos y su altitud se encuentran en el Apéndice IV.

4.5.4 REESTRUCTURACIÓN DE LAS RUTAS DE PATRULLAJE

La reestructuración de las rutas de patrullaje fue realizada para describir de mejor manera el recorrido. Por esta razón, los tramos fueron determinados en un sistema de arco-nodo, mediante el cual se pudo identificar cada uno de los segmentos con sus características físicas individuales.

Por lo demás, antes de realizar la caracterización de las rutas se fijaron tres criterios para la clasificación:

- Tiempo de Recorrido: Establecido, según la velocidad de traslado de un móvil en los distintos tipos de carpeta (Tabla 3), incluyendo un tiempo de detención de cinco minutos por cada observador encontrado en el tramo.
- Carpeta dominante: Constituida por el material de construcción del tramo que se encuentre mayormente representado.
- Ocurrencia por tramo: Definida al analizar la frecuencia de incendios en el área de estudio y bajo las siguientes categorías⁷ (Anexo III):
 - Alta: mayor a 10 incendios.
 - Media: entre 2 y 10 incendios.
 - Baja: 1 incendio.
 - Nula: sin presencia de incendios.

El resultado de dicha reestructuración se aprecia en la siguiente tabla:

⁷ Sr. Miguel Castillo. Ingeniero Forestal, Magister en Geografía, Profesor Colaborador de la Cátedra de Manejo del Fuego, Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile. Entrevista personal efectuada el 21 de diciembre de 2007.

Tabla 7. Reestructuración y caracterización de los tramos de cada ruta de patrullaje.

R	SEC	LONG (M)	Nº OBSERV	NODO ORIGEN	NODO DESTINO	TIEMPO RECORRIDO (MIN)	CARPETA DOMINANTE	OCURRENCIA POR TRAMO
AJ	AJ-1	7.483,19	4	B	J	32,01	Asfalto	Alta
	AJ-2	5.938,66	3	A	B	29,25	Tierra	Media
CJ	CJ-1	7.483,19	4	B	J	32,01	Asfalto	Alta
	CJ-2	2.898,33	1	B	D	9,23	Asfalto	Media
	CJ-3	8.260,40	3	D	G	29,21	Asfalto	Nula
	CJ-4	712,66	0	G	H	0,61	Asfalto	Baja
	CJ-5	3.235,34	3	H	C	4,23	Ripio	Baja
EJ	EJ-1	7.483,19	4	B	J	32,01	Asfalto	Alta
	EJ-2	2.898,33	1	B	D	9,23	Asfalto	Media
	EJ-3	8.260,40	3	D	G	29,21	Asfalto	Nula
	EJ-4	712,66	0	G	H	0,61	Asfalto	Baja
	EJ-5	4.270,71	5	H	E	28,8	Asfalto	Baja
FJ	FJ-1	7.483,19	4	B	J	32,01	Asfalto	Alta
	FJ-2	2.898,33	1	B	D	9,23	Asfalto	Media
	FJ-3	3.824,75	3	D	F	18,28	Asfalto	Media
IJ	IJ-1	7.483,19	4	B	J	32,01	Asfalto	Alta
	IJ-2	2.898,33	1	B	D	9,23	Asfalto	Media
	IJ-3	8.260,40	3	D	G	29,21	Asfalto	Nula
	IJ-4	6.256,50	4	G	I	27,03	Asfalto	Media

Al observar esta tabla y en conjunto con la figura 15 se pueden identificar los tramos que son comunes para las rutas. A partir de estos se generó una nueva tabla (Tabla 8) en la que se incluye sólo una vez el segmento que es utilizado por las vías de manera conjunta, por ejemplo:

- AJ-1, CJ-1, EJ-1, FJ-1 e IJ-1, corresponden al mismo tramo, el cual parte en el nodo B y termina en el J, y por lo tanto tiene las mismas características, por esta razón sólo se considerará una vez con el nombre de AJ-1 por un criterio alfabético.

Tabla 8. Resumen de los tramos originados al reestructurar las rutas.

R	SEC	LONG (M)	Nº OBSERV	NODO ORIGEN	NODO DESTINO	TIEMPO RECORRIDO (MIN)	CARPETA DOMINANTE	OCURRENCIA POR TRAMO
AJ	AJ-1	7.483,19	4	B	J	32,01	Asfalto	Alta
	AJ-2	5.938,66	3	A	B	29,25	Tierra	Media
CJ	CJ-2	2.898,33	1	B	D	9,23	Asfalto	Media
	CJ-3	8.260,40	3	D	G	29,21	Asfalto	Nula
	CJ-4	712,66	0	G	H	0,61	Asfalto	Baja
	CJ-5	3.235,34	3	H	C	4,23	Ripio	Baja
	EJ-5	4.270,71	5	H	E	28,80	Asfalto	Baja
FJ	FJ-3	3.824,75	3	D	F	18,28	Asfalto	Media
IJ	IJ-4	6.256,50	4	G	I	27,03	Asfalto	Media

El resumen de tramos indica que el área de estudio, está cubierta por cinco rutas, que se pueden segmentar en nueve trayectos, cada uno con sus propias características. Sin embargo, se pueden establecer algunos indicadores comunes:

- 77,78% de los tramos están contruidos de asfalto, siguiéndoles el ripio y la tierra con un registro para cada uno de ellos, equivalente al 11,11%.
- El tiempo de recorrido promedio para todos los segmentos es de 20 min. aproximadamente.
- El número de observadores promedio encontrados es de 3.
- Según la ocurrencia de incendios, existe un 44,44% de los segmentos dentro de la categoría media, le sigue baja con 33,33%, y finalmente alta y nula, con el mismo valor 11,11%.

Una vez determinados estos tramos en terreno se pudo proponer el sistema de patrullaje (Apéndice V).

4.5.5 ANÁLISIS DE LA OPORTUNIDAD DE INCENDIOS

Como en todo programa de patrullaje terrestre, en su realización se debió incluir dos variables fundamentales: el grado del peligro y la oportunidad de incendios (entendida como la ocasión o período en la que se puede producir un incendio), pero su determinación fue diferente para cada una de ellas. Para el primero, sólo se utilizaron los rangos empleados por CONAF, mientras que para el segundo se debió efectuar un trabajo adicional para establecer las categorías.

Para determinarlas se realizó un estudio de las frecuencias de incendios según día de la semana y según las horas del día, cuyo resultado se presenta a continuación:

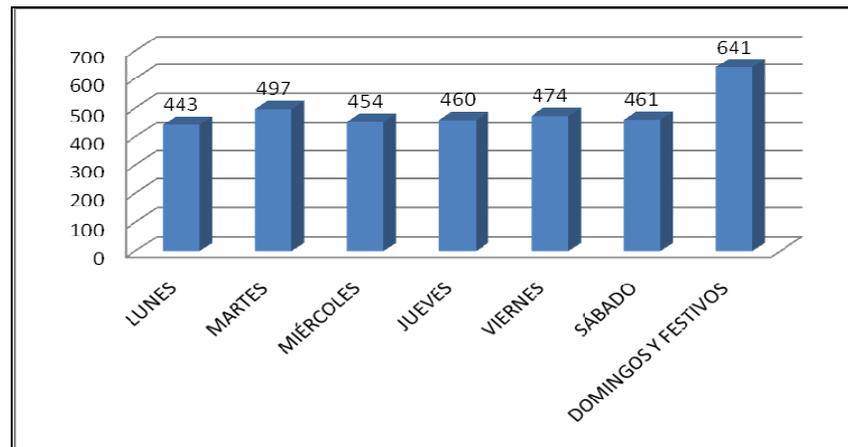


Figura 21. Distribución de la ocurrencia de incendios forestales según día de la semana (Temporadas 2001-2006).

Fuente: CONAF (2001b; 2002; 2003; 2004; 2005; 2006).

De la figura 19 se aprecia que no existe una diferenciación importante entre el número de incendios ocurridos durante cada día de la semana (en todos los casos ese número oscila entre los 440 y los 500 incendios), salvo para los domingos y festivos, cuyo valor es superior por considerar más de un día en el registro.

En consecuencia, debido a que los días presentan un comportamiento similar no se realizará una diferenciación de ellos, concluyendo que esto no es un factor a considerar para establecer los rangos críticos de ocurrencia.

El mismo análisis se realizó a continuación para establecer diferencias entre los rangos horarios.

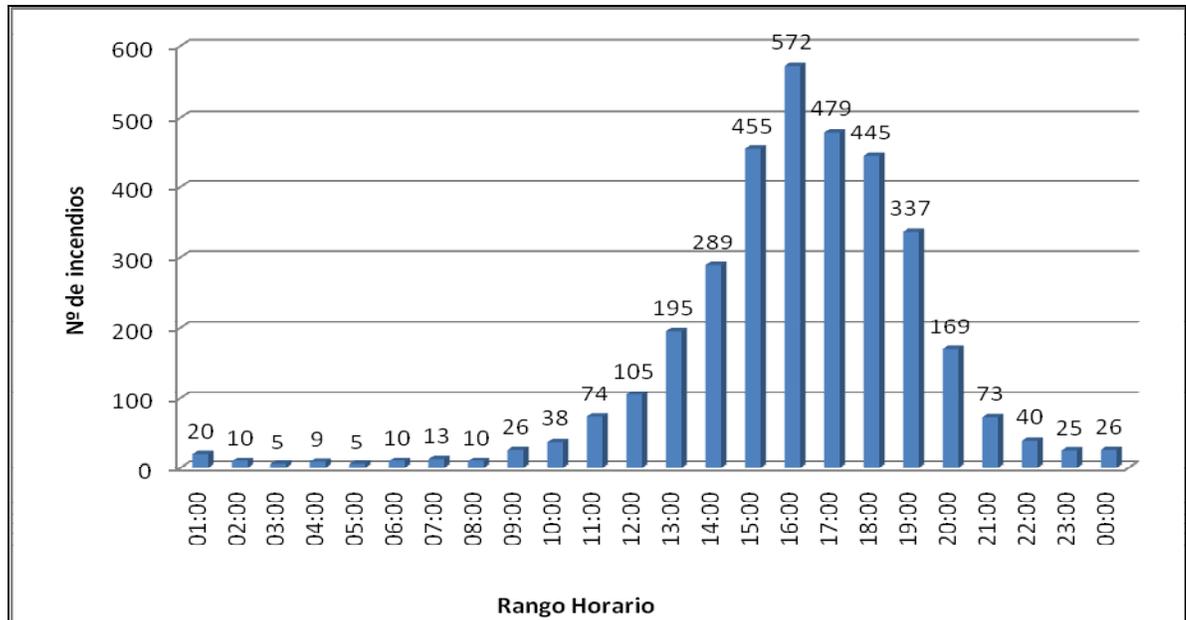


Figura 22. Distribución de la ocurrencia horaria de incendios forestales (Temporadas 2001-2006).

* Valores referidos al final de la clase

Fuente: CONAF (2001b; 2002; 2003; 2004; 2005; 2006).

En esta figura se aprecia una notable variación en el número de incendios según la hora del día, por lo cual se diferenciaron cuatro períodos o rangos de ocurrencia:

- El primero, entre las 11:00 – 13:00 hrs., período en que el número de incendios comienza a incrementarse, pero aún es comparativamente menor que en las horas posteriores (10,9 % del total de incendios).
- El segundo período va desde las 13:00 – 19:00 hrs., rango horario en el que el número de incendios es significativamente superior al resto del día (70,9 % del total de incendios).

- El tercero va desde las 19:00 – 21:00 hrs., período en que el número de incendios comienza a disminuir, pero aún sus valores son considerables (16,8 % del total de incendios).
- Finalmente, el cuarto período se estableció entre las 21:00 – 11:00 hrs., horario en que el número de incendios no es significativo (6,9 % del total de incendios).

Después de este análisis se determinó que el inicio de los incendios si se encuentra relacionado con el rango horario, por lo que con estos cuatro períodos ya determinados se establecieron los rangos críticos para elaborar el sistema de patrullaje.

Los rangos establecidos son:

Rango	Horario
No crítico	21:00 - 11:00
Medio	11:00 - 13:00
Crítico	13:00 - 19:00
Medio	19:00 – 21:00

Finalmente, con los niveles de oportunidad más los rangos de grado de peligro se establecieron los tiempos de patrullaje para cada situación.

4.5.6 PROPUESTA DE PATRULLAJE TERRESTRE

Una propuesta de patrullaje debe incluir varios factores, los cuales deben analizarse e incorporarse de manera conjunta, ya que la combinación de ellos es lo que establece la base del sistema; estos son: grado de peligro, oportunidad de incendios y los tramos o rutas a recorrer.

Cabe destacar que el orden en que fueron mencionadas las variables se respetó al constituir el programa de recorrido, utilizando para ello las categorías o rangos definidos en los puntos anteriores de este documento:

- Grado de Peligro: sección 2.3.4.1. Programa de patrullaje terrestre.
- Oportunidad de Incendios: sección 4.5.5. Análisis de la oportunidad de incendios.
- Tramos a recorrer: sección 4.5.4. Reestructuración de las rutas de patrullaje.
- Prioridades de Protección: sección 4.4. Identificación de áreas factibles para establecer una red de patrullaje terrestre.

A continuación se detalla el programa de patrullaje propuesto para el área de estudio, comenzando la descripción según el grado de peligro.

► Grado de Peligro Nulo

Para este nivel de grado de peligro, ubicado en los rangos oportunidad de incendios **medio** y **crítico**, se establece la existencia de un móvil todo terreno, el cuál se mantendrá en posición de espera (*stand-by*) en algún observador del tramo ubicado entre los **nodos B y J**, el cuál por su condición de **alta** ocurrencia individual (Tabla 8) y primera prioridad de protección, se presenta como el más conflictivo. Este móvil permanecerá en este estado hasta que las condiciones ambientales requieran de una modificación de esta situación.

Por otro lado, si se encuentra dentro del rango **no crítico** de ocurrencia histórica se aconseja no mantener ningún patrullero.

La figura 23 representa en color rojo el tramo en que se deberá ubicar el patrullero “stand-by” para esta condición de grado de peligro.

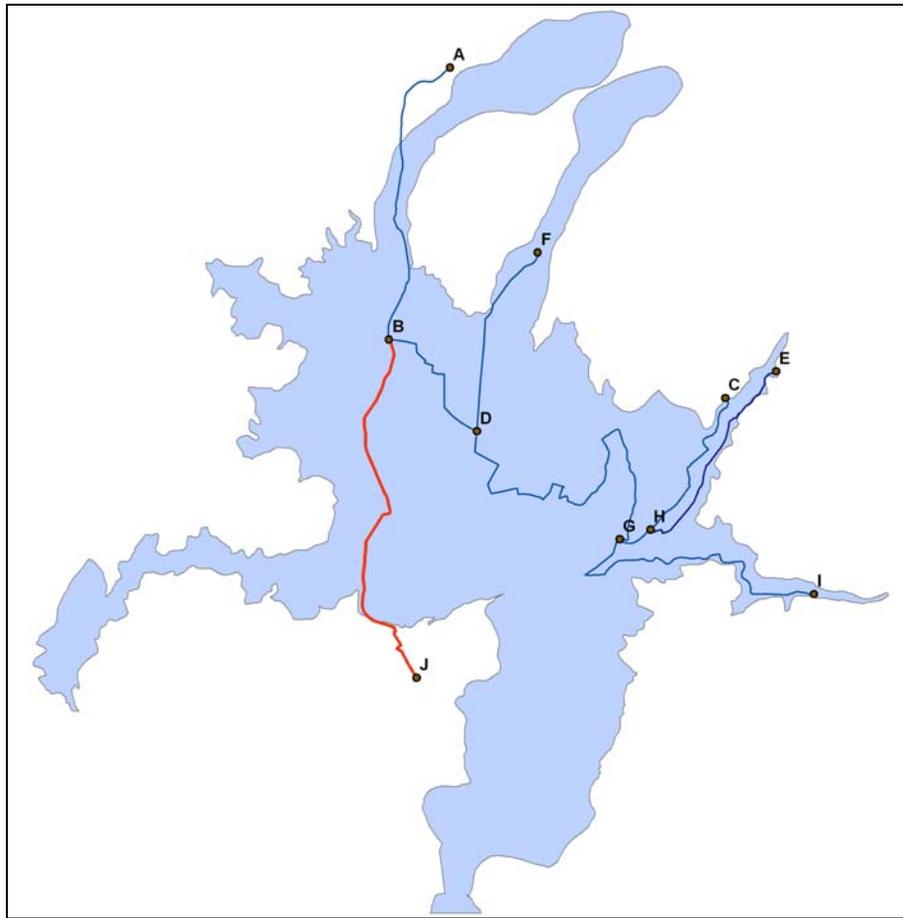


Figura 23. Tramo de ubicación para una condición de grado de peligro nulo.

► Grado de Peligro Bajo

En este nivel se diferenciaron tres escenarios según el rango de oportunidad de incendios. Si este es **no crítico**, no se requerirá de patrullaje, sin embargo, cuando se alcanza la categoría **medio** se indica activar el sistema mediante un patrullero en posición stand-by en algún mirador del tramo localizado entre los **nodos B y J** (Figura 23).

Finalmente, en un estado **crítico** se propone mantener dos patrulleros en la zona, uno a modo de espera en el **nodo D** en el cuál confluyen sectores de **alta** y **media** ocurrencia; y el otro recorriendo los tramos **AJ-1**, **AJ-2**, **CJ-2**, **FJ-3** e **IJ-4**. Para caracterizar este recorrido, se puede decir que salvo **AJ-2** que esta construido de tierra (4,82 km.), todos los otros son de asfalto (21,57 km. en total). Además, en promedio tienen tres

observadores cada uno, por lo que el tiempo mínimo promedio establecido para su transecto es de 23,16 min. por cada tramo y en total para los cinco: 115,8 min. (Tabla 8).

En la figura 23 se representa la situación para una condición de grado de peligro bajo y ocurrencia histórica crítica. Los tramos en rojo son aquellos por los que uno de los patrulleros debe efectuar el recorrido, clasificados de alta y media por la cantidad de incendios registrados, mientras que el asterisco indica la posición en la que se debe mantener en espera el segundo de ellos.

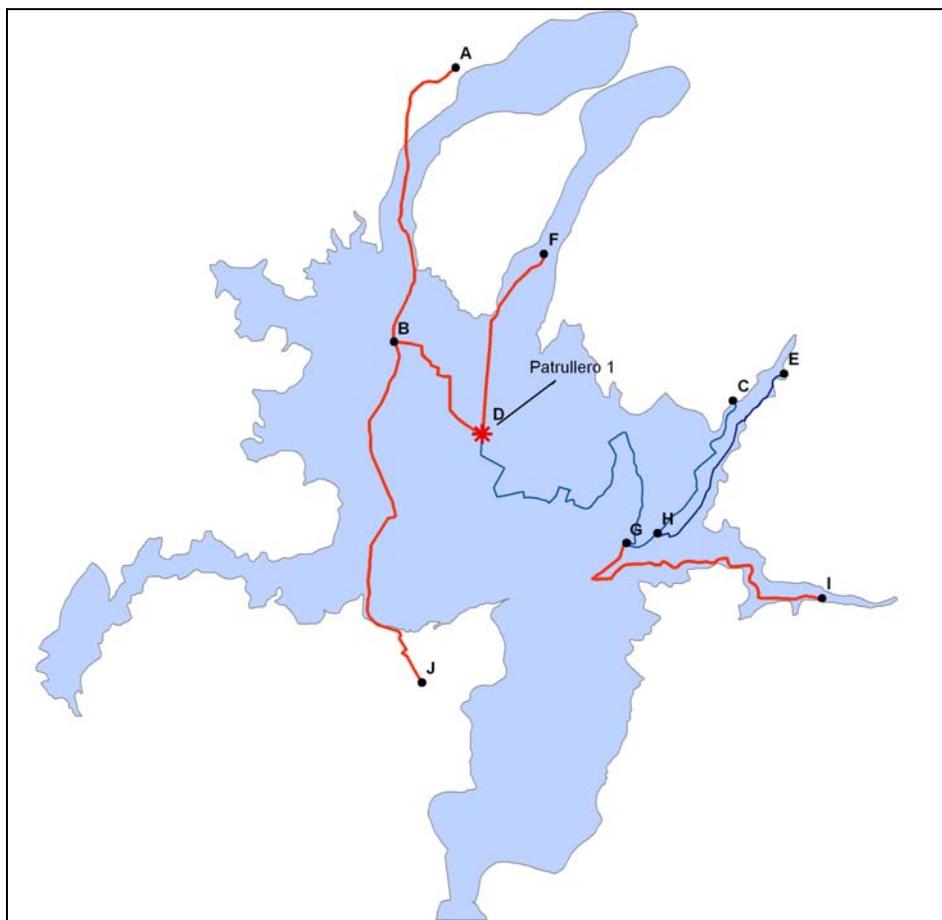


Figura 24. Ubicación de ambos patrulleros para una condición de grado de peligro bajo y oportunidad de incendios crítica.

► Grado de Peligro Medio

En este grado se propone, al igual que en la condición anterior, tres situaciones dependientes del rango de oportunidad de incendios en el que se encuentre. Al permanecer en estado **no crítico**, se sugiere incorporar al área un móvil en posición de espera entre los **nodos B y J**, hasta alguna variación en las condiciones ambientales o en el horario de mayor inicio de incendios (Figura 23).

Para un nivel **intermedio** de oportunidad, la propuesta indica mantener dos móviles, el primero de ellos en posición stand-by en el transecto **AJ-1**, por si se origina alguna situación de mayor conflictividad. El segundo patrullero permanecerá recorriendo aquellos tramos históricamente más conflictivos clasificados como de **media y alta** (Tabla 8.), estos son: **AJ-1, AJ-2, CJ-2, FJ-3 e IJ-4**. Este trayecto tiene una duración estimada de 2 hrs. y 20 minutos, efectuando 15 detenciones en miradores y atravesando 20,46 km. de asfalto y 4,82 km. de tierra (Figura 24).

Por consiguiente, para un rango horario **crítico** de inicio incendios se sugiere mantener dos patrulleros en actividad, sin embargo sus funciones o sus recorridos serán distintos. Uno de ellos vigilará exhaustivamente la zona clasificada de **media y alta** ocurrencia, definida en la tabla 8 y que incluye a los tramos **AJ-1, AJ-2, CJ-2, FJ-3 e IJ-4** (Tramos identificados en la figura 24). El otro vehículo de detección se encontrará en constante movimiento por toda el área de estudio, realizando patrullaje en los nueve segmentos ya identificados y caracterizados; empelando un tiempo aproximado de tres horas, deteniéndose en 26 observadores y cruzando 31,78 km. de superficie asfaltada, 4,13 km. de ripio y 6,96 km. de tierra.

► Grado de Peligro Alto

En esta situación y por las condiciones ambientales imperantes se propone activar el sistema de patrullaje en todos los rangos de oportunidad de incendios, con diferentes características para cada situación específica. En casos **no críticos** se requerirá la implementación de un móvil recorriendo los sectores más conflictivos en cuanto a las estadísticas de incendios registrados, los cuales son **AJ-1, AJ-2, CJ-2, FJ-3 e IJ-4** (Tabla

8), con una duración estimada de 2 hrs. y 20 minutos, efectuando 15 detenciones en miradores y cruzando 20,46 km. de asfalto y 4,82 km. de tierra, todo como medida de prevención frente a algún evento de magnitudes (Tramos en rojo en la figura 24).

Cuando la ocurrencia logra alcanzar los niveles caracterizados como **medios**, el programa menciona la utilización de dos patrulleros, ambos en actividad, pero con recorridos distintos. El primero de los móviles realizará un trayecto que incluye a todos los tramos clasificados de **media** y **alta** en relación a la cantidad de incendios (Tabla 8), patrullaje que será intensivo en estas zonas y que incluye a los segmentos **AJ-1**, **AJ-2**, **CJ-2**, **FJ-3** e **IJ-4** y tendrá una duración mínima de 2 hrs. y 20 min., cruzando superficie de asfalto y tierra y deteniéndose en 15 estaciones de observación. El segundo de los vigilantes cumplirá con la función de movilizarse a través de toda el área de estudio, es decir pasando por los nueve arcos definidos en una ruta que tiene 42,88 km de distancia y cuyo tiempo mínimo para cumplirla es de aproximadamente tres hrs. (Segmentos identificados en la figura 24).

Para rangos **críticos** de oportunidad de incendios el programa también incluye la utilización de dos patrulleros, para los cuales su recorrido se ha establecido al dividir el área de estudio en dos partes que serán vigiladas de manera separada por cada móvil. Uno de ellos se encontrará en la zona poniente, donde se localizan mayoritariamente los sectores más conflictivos en cuanto a número de incendios, los cuales son **AJ-1**, **AJ-2**, **CJ-2** y **FJ-3**; tramos que se pueden diferenciar en 15,32 km. asfaltados y 4,82 km. de tierra, además se debe parar en 11 observadores, por lo que se ha estimado un tiempo mínimo de trayecto de 1 hr. y 30 min. El segundo patrullaje se ejecutará en el extremo oriente, lugar en que se encuentran los segmentos **CJ-3**, **CJ-4**, **CJ-5**, **EJ-5** e **IJ-4** cuya cifra de incendios los clasifica entre **nula** a **media** (Tabla 8); aquí se encuentran 15 puntos de observación y la duración mínima para pasar por los cinco arcos y las 15 detenciones es de 1 hr. y 30 min., encontrando diferentes carpetas con aproximadamente 16,46 km. de asfalto, 4,13 km. de ripio y 2,14 km. de tierra.

En la siguiente figura, se indican los trayectos a efectuar por ambos patrulleros, en rojo la zona poniente del área de estudio y en azul la oriente.

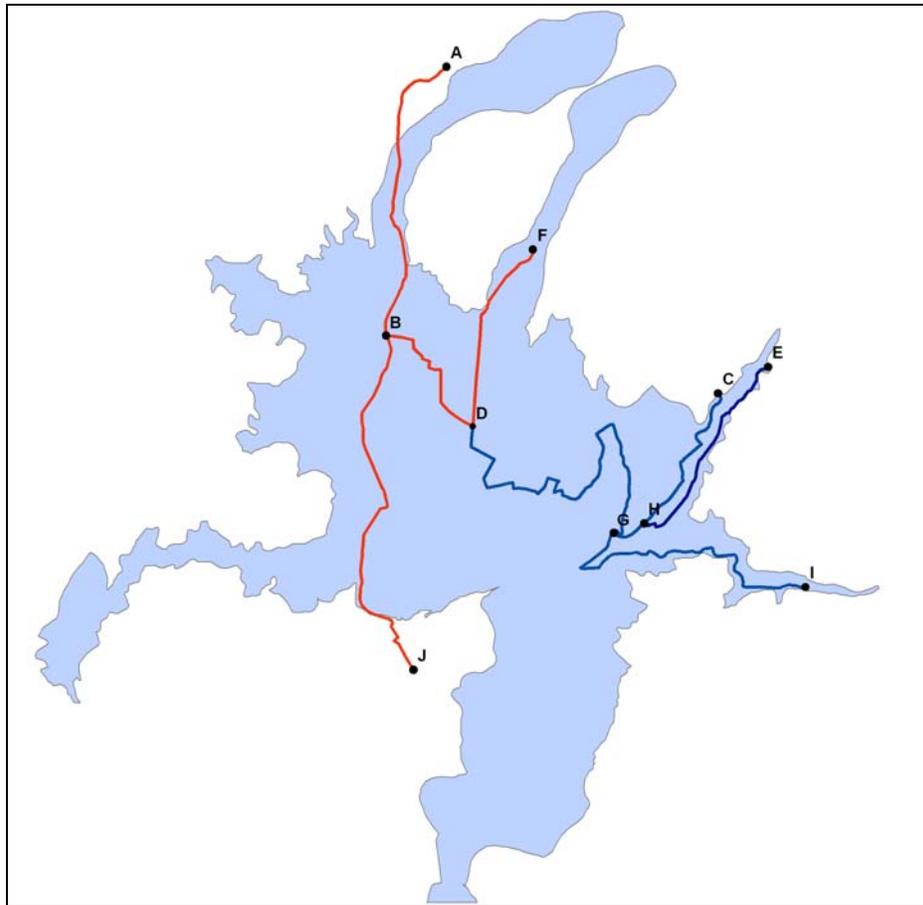


Figura 25. División del área de estudio para efectuar el patrullaje con dos vigilantes.

► Grado de Peligro Extremo

Por las complejas condiciones ambientales que afectan el inicio y propagación del fuego, para este grado la propuesta considera activar el patrullaje para todos los niveles de oportunidad de incendios, diferenciando dos escenarios de detección, uno para rangos no críticos y el otro para medios y críticos.

En rangos **no críticos**, se indica la utilización de un patrullero recorriendo los sectores más conflictivos en cuanto al número de incendios registrados, estos son los tramos **AJ-1**, **AJ-2**, **CJ-2**, **FJ-3** e **IJ-4** (Tabla 8). Este trayecto que tendrá una duración estimada de 2 hrs. y 20 minutos, pasando por 15 puntos de observación y cruzando 20,46 km. de asfalto

y 4,82 km. de tierra, patrullaje efectuado de manera preventiva (Identificación de los tramos en la figura 24).

Para niveles **medios** y **críticos** de oportunidad, la ejecución del programa será la misma, empleando dos vehículos que recorrerán de manera diferenciada el área de estudio. El primer patrullero estará ubicado en el sector poniente, lugar en que se encuentran los tramos más conflictivos en cuanto al número de incendios registrados, estos son **AJ-1**, **AJ-2**, **CJ-2** y **FJ-3**; trayectos que se pueden caracterizar en 15,32 km. de asfalto y 4,82 km. de tierra; estableciendo una duración mínima para completarlos de 1 hr. y 30 min. de los cuales se deben considerar 11 detenciones en miradores. El segundo efectuará su vigilancia en el extremo oriente, donde se ubican los segmentos **CJ-3**, **CJ-4**, **CJ-5**, **EJ-5** e **IJ-4** cuya cantidad de siniestros los clasifica en las clases de **nula a media** (Tabla 8); aquí se localizan 15 puntos de observación y el tiempo mínimo determinado para pasar por todos los arcos y paradas es de 1 hr. y 30 min., separadas por carpeta de rodado en 16,46 km. de asfalto, 4,13 km. de ripio y 2,14 km. de tierra (Figura 25).

La siguiente tabla es el resumen de las características del patrullaje en función del grado de peligro y oportunidad de incendios, en ella se explica el números de patrulleros a emplear para cada condición.

Tabla 9. Resumen de las características del patrullaje según grado del peligro y rangos de ocurrencia.

GRADO DEL PELIGRO	OPORTUNIDAD DE INCENDIOS		
	No crítico	Medio	Crítico
Nulo	Sin patrullaje	Stand-by	Stand-by
Bajo	Sin patrullaje	Stand-by	Stand-by- Móvil
Medio	Stand-by	Stand-by- Móvil	Móvil- Móvil
Alto	Móvil	Móvil- Móvil	Móvil- Móvil
Extremo	Móvil	Móvil- Móvil	Móvil- Móvil

Cabe destacar que si bien esta propuesta fue establecida tomando en consideración todas las variables involucradas en un programa de patrullaje (grado de peligro, oportunidad de incendios, tramos, entre otras), los tiempos de recorrido y de detención

pueden variar a lo largo de cada patrullaje, incrementándose según la demanda de vigilancia que se necesite en situaciones específicas.

Otra de las consideraciones que se debe tener en cuenta es el tiempo estimado de detección, el cual en una oportunidad alcanza las 2 horas y 20 minutos, valor que puede ser excesivo en situaciones extremas, y que por la disponibilidad de caminos y los costos de incluir otro patrullero no se puede reducir. No obstante, cabe mencionar que si la conflictividad requiriese disminuir la duración de los recorridos, se sugiere realizar todos los esfuerzos disponibles para incorporar otro(s) vigilante(s).

5. DISCUSIÓN

El patrullaje terrestre, si bien no es un sistema que sea utilizado de manera independiente para la detección de incendios, ha demostrado por sus características ser muy eficiente para lugares reducidos y con un objetivo de protección específico, prueba de su implementación es un parque de Massachusetts, lugar en el que los costos ocasionados por incendios luego de establecer este sistema disminuyeron en un 20% y las hectáreas de bosque afectadas en un 74% entre la temporada anterior al procedimiento y la siguiente (Reynolds, 1941).

Siguiendo este criterio fue como se seleccionó el área de estudio: es un lugar de baja extensión (7.500 ha), con una vasta red de caminos, y de gran importancia ecológica y social; además de contar con vigilancia por parte de la torre de detección Antilén. Sin embargo, como explica Maldonado (1999) desde el punto de vista económico, la protección absoluta de un sector por pequeño que sea es irrealizable por los altos niveles de gasto en los que se incurriría, es por ello que se ha establecido y empleado un método que permita el adecuado resguardo de los recursos, este es el de prioridades de protección.

Con este método se pueden identificar los sectores de alta prioridad y en ellos concentrar los mayores recursos y atención en la protección contra incendios, ya sea estableciendo torres, rutas de patrullaje terrestre y/o aéreas, brigadas de combate, entre otros (Maldonado, 1999). En el caso de este estudio, las zonas prioritarias fueron definidas como las áreas factibles para establecer el programa de patrullaje terrestre; y ya sea por el riesgo y peligro de producirse un siniestro o por el daño que puede ocasionar un incendio forestal, se planteó establecer el sistema de patrullaje terrestre con el objetivo de cubrir la mayor parte de la superficie protegida (70%).

En cuanto a la determinación de las prioridades de protección el resultado obtenido fue el esperado, una zona en su mayoría de alta prioridad (72% aprox.), principalmente por su cercanía a la ciudad, pendientes, red de caminos, importancia ecológica y social y ocurrencia de incendios. Siguiendo con esta idea, también era factible encontrar una amplia superficie de primera prioridad no cubierta por la torre Antilén (49% aprox.).

Razones que justifican de mayor manera la implementación de un sistema de detección para el área.

Después de realizar la evaluación de los actuales sistemas de detección establecidos por CONAF y enfocando su utilización en la protección del área de estudio, los resultados en cuanto a su eficiencia fueron bajos: un 40% para las torres y un 8% en el caso del avión. No obstante, los tiempos permisibles si presentan valores esperados, principalmente el tiempo de detección, ya que para las condiciones topográficas de la zona puede incluso ser superior⁸.

Luego de todos estos análisis tanto de medios de detección actuales, como de prioridades de protección y visibilidad de la torre Antilén, se obtuvieron las áreas factibles para implementar un programa de patrullaje, el cual en su elaboración incluyó un conjunto de factores entre los que se mencionan las rutas, puntos de observación, porcentaje de visibilidad, grado de peligro y oportunidad de incendios.

La obtención de las rutas, así como también la de los miradores se realizó principalmente por medio de la observación de la topografía del terreno, a través de análisis de perfiles transversales, pendientes y ubicación de los puntos, todo mediante la utilización de los sistemas de información geográficos. Sin embargo, la validación de estos debe ser efectuada en terreno, en donde se puede establecer el real aporte de ellos al sistema o incluso determinar la incorporación de nuevos elementos.

En relación al programa de patrullaje, la propuesta diseñada se hizo pensando en vehículos todo terreno, principalmente por las distancias y el tipo de carpeta encontrados y con un máximo de dos patrulleros en los casos extremos, número que si bien para cubrir ciertos tiempos de detección puede resultar inferior, fue determinado en base a la realidad económica y operativa del Departamento de manejo del fuego de CONAF.

⁸ Sr. Guillermo Julio. Doctor Ingeniero Forestal, Profesor Titular de la Cátedra de Manejo del Fuego, Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile. Entrevista personal efectuada el 19 de noviembre de 2007.

En cuanto a los tramos y sectores a recorrer por cada patrullero, el programa permitirá la protección de toda el área, dando énfasis a las zonas que históricamente han sido las más críticas en relación a la ocurrencia de incendios y según el grado de peligro puedan presentar mayores complicaciones.

Siguiendo con lo anterior, este programa ha incluido el patrullaje en horarios clasificados como no críticos, el cual transcurre entre las 21 hrs. de un día hasta las 11 hrs. del día siguiente, períodos en los cuales habitualmente no debería patrullarse. Sin embargo, para grados de peligro medios a extremos, las condiciones ambientales pueden reportar alguna situación de conflictividad, principalmente en el tramo AJ-1, que históricamente presenta la más alta ocurrencia, por lo que se propone activar el sistema en estas ocasiones. Otra excepción la presenta un incendio en desarrollo que pueden mantenerse como frente activo durante la noche, razón por la cual se indica apoyar las faenas de control y vigilancia.

También puede entrar en discusión realizar el patrullaje en rango de ocurrencia histórica media durante las 19 hrs. y las 21 hrs. Esto se justifica por el contenido de humedad de la vegetación, ya que en este horario, esta presenta su condición de mayor sequedad, y por consiguiente la propagación de incendios por la baja cantidad de agua en los tejidos de los combustibles es mucho mayor que en otras horas del día.

Otro punto a considerar son los tiempos tanto de detección como de parada en cada punto de observación, los cuales pueden variar en algunas situaciones, debido a la conflictividad de los incendios activos, generalmente incrementando su valor y su permanencia en miradores cercanos al problema.

Por otro lado, de manera de hacer aún más consistente este estudio, se propone considerar dos mecanismos complementarios para su implementación; el primero de ellos realizar una asociación con el Aeródromo Tobalaba, de manera de reportar incendios detectados por los aviones al descender o ascender desde este lugar. La segunda consideración consiste en la creación de una sociedad de cooperación con la municipalidad de Lo Barnechea para capacitar al personal municipal para realizar

funciones de patrullaje terrestre o para facilitar los móviles, instrumentos y/o equipos para su ejecución.

Finalmente, el método diseñado en este trabajo en el cual se identifican las áreas factibles y se propone un sistema de patrullaje terrestre ha considerado todas las variables necesarias para establecer este tipo de detección, por lo que su aplicación resulta factible para otros lugares, ya que se ha construido en función de: prioridades de protección, red vial, estadísticas de incendios y un mapa topográfico, además del reconocimiento y validación en terreno. Factores que si bien son específicos para cada zona, pueden ser obtenidos y empleados de manera semejante a como se ha planteado en esta memoria.

6. CONCLUSIONES

Sobre la base de la discusión de los resultados de la presente memoria se puede concluir que:

- a. El área de estudio, correspondiente al sector precordillerano de los Andes, es una zona de alto valor, clasificada por los especialistas en incendios forestales como de primera prioridad de protección; se encuentra desprotegida frente a este tipo de siniestros.
- b. Con respecto a los sistemas de detección establecidos por CONAF para la Región Metropolitana, los cuales son la observación por torres y el patrullaje terrestre; el porcentaje de cobertura para el área de estudio es de 29,3% y 97,6%, respectivamente.
- c. La determinación de prioridades de protección es un método que se puede emplear para cualquier superficie y con cualquier objetivo de protección, y su función principal es delimitar aquellas zonas que por su valor requieren mayor atención en cuanto a la asignación de recursos. Para este estudio las zonas prioritarias fueron aquellas clasificadas como de primera y segunda prioridad no visibles por la torre Antilén y denominadas “áreas factibles”; su porcentaje con respecto al total de la zona analizada es de un 67,5%.
- d. El estudio determinó la factibilidad de integrar variables como: rutas de patrullaje, miradores, grado de peligro, oportunidad de incendios y prioridades de protección para elaborar el programa de patrullaje; y con esto determinar de manera estimativa los tiempos de recorrido y el número de patrulleros necesarios para que en condiciones extremas la duración del trayecto sea mínima.
- e. El análisis de los antecedentes de la zona de estudio llevó al establecimiento de cinco rutas, las cuales fueron reestructuradas en nueve segmentos. Así también, se determinaron en función de su visibilidad individual y conjunta, 26 puntos de

observación, los que en su conjunto cubren un 97% de la superficie de primera prioridad no visible por la torre.

- f. El grado de peligro fue clasificado en cinco rangos: nulo, bajo, medio, alto y extremo, según los valores empleados por CONAF. En el caso de la oportunidad de incendios, la frecuencia de sus valores determinaron la existencia de tres niveles: no crítico (21 – 11 hrs.), medio (11 – 13 hrs. y 19 – 21 hrs.) y crítico (13 – 19 hrs.).
- g. En este contexto, la propuesta de patrullaje indica activar el sistema bajo diferentes situaciones dependientes del grado de peligro y la oportunidad de incendios; por ello se tendrán móviles en posición de espera (stand-by), vehículos recorriendo tramos conflictivos y patrulleros vigilando toda el área de estudio.
- h. En relación a la propuesta misma, se concluyó la conveniencia de incluir el patrullaje en horarios no críticos y medios (19 - 21 hrs.) para grados de peligro medio a extremos, razón que se justifica por las condiciones ambientales presentes en estos niveles y que podrían traducirse en una situación conflictiva. Por otro lado, si existiese un incendio de mayores proporciones y que pudiese permanecer como frente activo toda la noche, también se propone activar el sistema de manera preventiva.
- i. En el caso de los periodos más conflictivos como son los horarios críticos con grados de peligro alto a extremo, la propuesta indica activar el sistema con dos patrulleros recorriendo el área de manera independiente, es decir, uno de ellos cubriendo el sector oriente de la zona y el otro el sector poniente. En el caso de grado de peligro medio, se sugiere también mantener dos vigilantes, el primero de ellos transitando las zonas más conflictivas y el segundo, alrededor de toda el área de estudio.
- j. Los tiempos de recorrido y de detención en cada punto de observación (cinco minutos) indicados en esta memoria son referenciales para estimar la duración del

patrullaje, no obstante, estos pueden variar por alguna situación específica que ocurra en el transcurso del mismo.

Finalmente, el método propuesto para determinar áreas factibles en el establecimiento de un programa de patrullaje terrestre puede ser aplicado a cualquier zona, ya que las variables que se incluyen en su implementación pueden ser obtenidas y aplicadas de manera semejante a como se ha planteado en esta memoria.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AICON, H. 1979.** Proposición de una metodología para establecer planes de vuelo de detección aérea. Programa de Manejo del Fuego, CONAF. Región del Maule. 26 p.
- CASTILLO, M. 2007.** Práctico 11. Distancia y Camino Óptimo. Curso de Gestión de Información territorial mediante SIG. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 7 p.
- CASTILLO, M.; JULIO, G. Y PEDERNERA, P. 2004.** Diseño e implementación de herramientas computacionales para la prevención y combate de incendios forestales. Laboratorio de incendios Forestales. Departamento de Manejo de Recursos Forestales, Universidad de Chile. [En-línea] <<http://146.83.41.79/profesor/migcasti/linfor/articulos/Herramientas%20comp%20para%20el%20combate%20de%20incendios.pdf>> [Consulta: 23 de Mayo de 2007]
- CONTRERAS, L. 2001.** Diseño e implementación de una aplicación Arc Info para determinar Prioridades de Protección en el Manejo del Fuego. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Manejo de Recursos Forestales. Santiago, Chile. 78 p.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 1995.** Estadística de Ocurrencia y Daño de Incendios Forestales en la Temporada 1964 – 1995. Informe Estadístico N° 44. Gerencia Técnica. Santiago, Chile. 147 p.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2001.** Incendios Forestales en Chile. Santiago, Chile. 9 p.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2001b.** Informe Estadístico Final 2000 - 2001. Documento de Trabajo N° 346. Programa Manejo del Fuego. Región Metropolitana. Santiago, Chile. 113 p.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2002.** Informe Estadístico Final 2000 - 2001. Documento de Trabajo N° 361. Programa Manejo del Fuego. Región Metropolitana. Santiago, Chile. 118 p.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2003.** Informe Temporada 2002 - 2003. Volumen 1, Regiones III, IV, V RM. Documento de Trabajo N° 379. Departamento de Manejo del Fuego. Santiago, Chile. 108 p.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2004.** Informe Estadístico Final 2000 - 2001. Documento de Trabajo N° 394. Programa Manejo del Fuego. Región Metropolitana. Santiago, Chile. 106 p.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2005.** Informe Estadístico Final 2000 - 2001. Documento de Trabajo N° 416. Programa Manejo del Fuego. Región Metropolitana. Santiago, Chile. 104 p.

- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2006.** Informe Estadístico Final 2000 - 2001. Documento de Trabajo N° 442. Programa Manejo del Fuego. Región Metropolitana. Santiago, Chile. 133 p.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2007.** Protección contra Incendios Forestales. [En línea] <http://www.conaf.cl/?seccion_id=e995e1e82b80a6866c25a6ba63561c1c&unidad=0> [Consulta: 16 de Octubre de 2007]
- DE LA FUENTE, G.; ATAURI, J. Y DE LUCIO, J. 2004.** Influencia de la Heterogeneidad del paisaje en la calidad escénica: el caso precordillerano andino de la cuenca de Santiago. [En-línea] <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/300/30003206.pdf>> [Consulta: 30 de Mayo de 2007]
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). 2007.** Performing a viewshed analysis. [En línea] <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?id=4820&pid=4815&topicname=Performing_a_viewshed_analysis> [Consulta: 25 de Octubre de 2007]
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). 2007b.** Raster math (3D Analyst). [En línea] <[http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?id=1014&pid=1009&topicname=Plus_\(3D_Analyst\)](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?id=1014&pid=1009&topicname=Plus_(3D_Analyst))> [Consulta: 25 de Octubre de 2007]
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO). 2007.** Cambio climático favorece a los incendios forestales. [En línea] Lignum en internet. 31 de Mayo de 2007. <www.lignum.cl> [Consulta: 16 de Octubre de 2007]
- GAJARDO, P. 1993.** Diseño y Evaluación de un sistema de detección de incendios forestales mediante patrullaje terrestre. Memoria para optar al Título de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 70 p.
- GIROZ, G. 1984.** Estudio comparativo de aviones y torres de observación como sistemas alternativos de detección de incendios forestales en Chile. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 96 p.
- INSTITUTO FORESTAL (INFOR). 2007.** Distritos Agroclimáticos IV a VIII Regiones. [En-línea] <http://www.infor.cl/webinfor/pw-sistemagestion/ag_01/map08.swf> [Consulta: 28 de Agosto de 2007]
- JULIO, G. 1975.** Terminología en el control de incendios forestales. Programa de protección contra incendios forestales. CONAF, Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 97 p.
- JULIO, G. 1990.** Diseño de Índices de Riesgo de Incendios Forestales para Chile. Revista Bosque 11(2):59-72, Universidad Austral. Valdivia, Chile.

- JULIO, G. 1992.** Método de determinación de Prioridades de Protección. Manual Docente N°10. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 28 p.
- JULIO, G. 1997.** El desarrollo tecnológico del Manejo del Fuego en Chile. Actas IX Silvotecna, CORMA. Concepción, Chile. 20 p.
- JULIO, G. 2005.** Fundamentos del Manejo del Fuego. Quinta edición. Santiago, Chile. 325p.
- JULIO, G. 2005b.** Más de 155 mil incendios se han registrado en Chile durante los últimos 42 años. [En línea] La Segunda en internet. 29 de Noviembre de 2005. <http://www.fire.uni-freiburg.de/media/2005/news_20051129_chil.htm> [Consulta: 5 de Diciembre de 2007]
- LAGNO, F. 1970.** Proyecto de detección aérea de incendios forestales para la provincia de Concepción. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 59 p.
- MALDONADO, F. 1999.** Áreas prioritarias para protección contra incendios forestales en la comuna de San Clemente. Tesis para optar al grado de Licenciado en Ciencias Forestales. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales. Talca, Chile. 101p.
- MUÑOZ, R. 2002.** Plan de Protección contra incendios forestales para el Parque Nacional Puyehue. Tesis de grado para optar al Título de Ingeniero Forestal. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 77 p.
- PABST, G. 1983.** Proposición de un proyecto de detección aérea de incendios forestales para las provincias de Valdivia, Osorno y Llanquihue, Décima Región. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 97 p.
- PROTEGE. 2007.** Nuestras montañas: La Cordillera de los Andes de Santiago. [En-línea] <http://siteresources.worldbank.org/INTLACINSPANISH/Resources/2_Nuestras_montanas.pdf> [Consulta: 23 de Mayo de 2007]
- REYNOLDS, H. 1941.** Use of patrols in prevention and suppression of forest fire. Journal of Forestry en internet. <<http://www.ingentaconnect.com/content/saf/jof/1941/00000039/0000009/art00008>> [Consulta: 02 de Noviembre de 2007]
- SANTIBÁÑEZ, F. 1993.** Atlas Agroclimático de Chile. Regiones V y Metropolitana. Universidad de Chile, Laboratorio de Agroclimatología. Santiago, Chile. 65 p.
- TAPIA, R. 1983.** Proposición de un sistema de detección de incendios forestales para la costa de la VII Región. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 146 p.

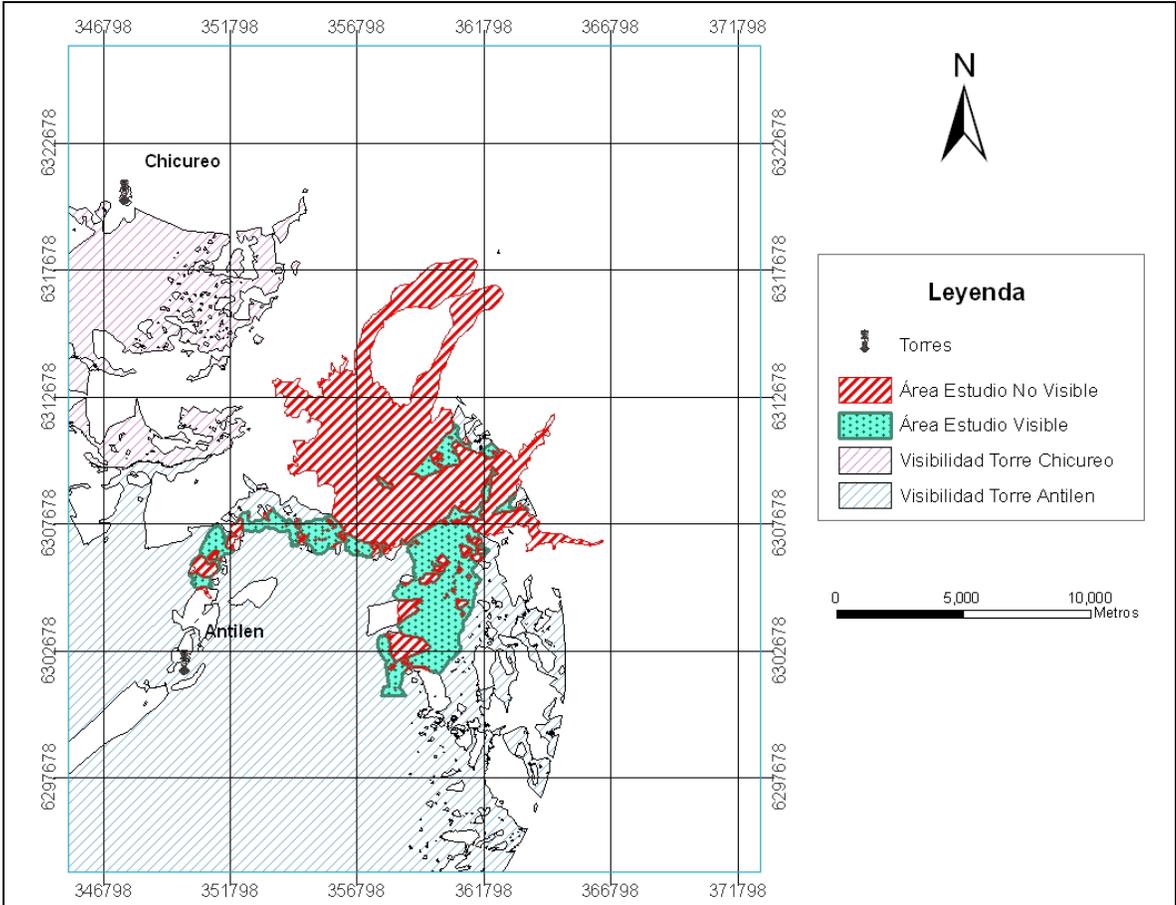
UNIVERSIDAD DE CHILE, GOBIERNO REGIONAL METROPOLITANO DE SANTIAGO, GTZ. 2005. Bases para el ordenamiento territorial ambientalmente sustentable de la Región Metropolitana de Santiago (OTAS). [En-línea] <<http://Sistema de Información Territorial – Gobierno Regional Metropolitano de Santiago.mht>> [Consulta: 04 de Junio de 2007]

8. ANEXOS

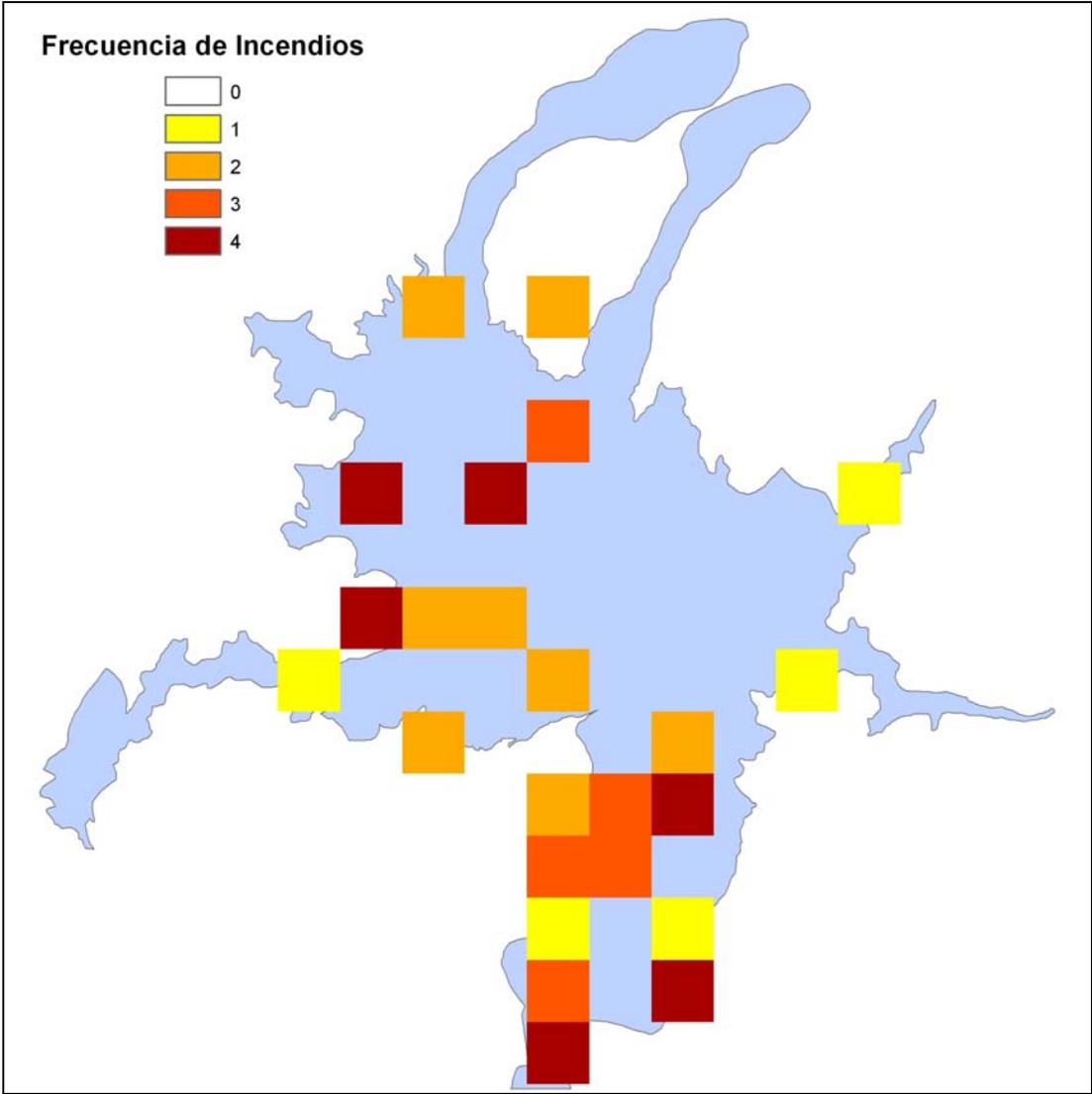
ANEXO I. VARIABLES Y PUNTAJES NORMALIZADOS PARA DETERMINAR PRIORIDADES DE PROTECCIÓN

VARIABLES	PUNTAJE
ANÁLISIS DEL RIESGO	40
Ocurrencia Histórica	22
Ocurrencia Potencial	18
Cercanía a Caminos	5
Densidad Poblacional	4
Alta Accidentabilidad	1
Interés Turístico o Poblacional	4
Sectores de Quemas	3
Faenas Silvoagropecuarias	1
ANÁLISIS DEL PELIGRO	30
Potencial de Propagación	7
Resistencia al Control	6
Pendiente	6
Exposición	2
Clima	5
Accesibilidad al Sector	4
ANÁLISIS DEL DAÑO	30
Valor Comercial	7
Valor Ecológico	13
Protección (suelos, aguas, cuencas)	4
Ecosistemas de Interés	3
Unidades del SNASPE	4
Patrimonio Privado Valioso	2
Valor Social	10
Interés del Paisaje, Turismo y Recreación	4
Interés Científico y/o Cultural	3
Fuente de Trabajo	3

ANEXO II. VISIBILIDAD TORRE ANTILÉN

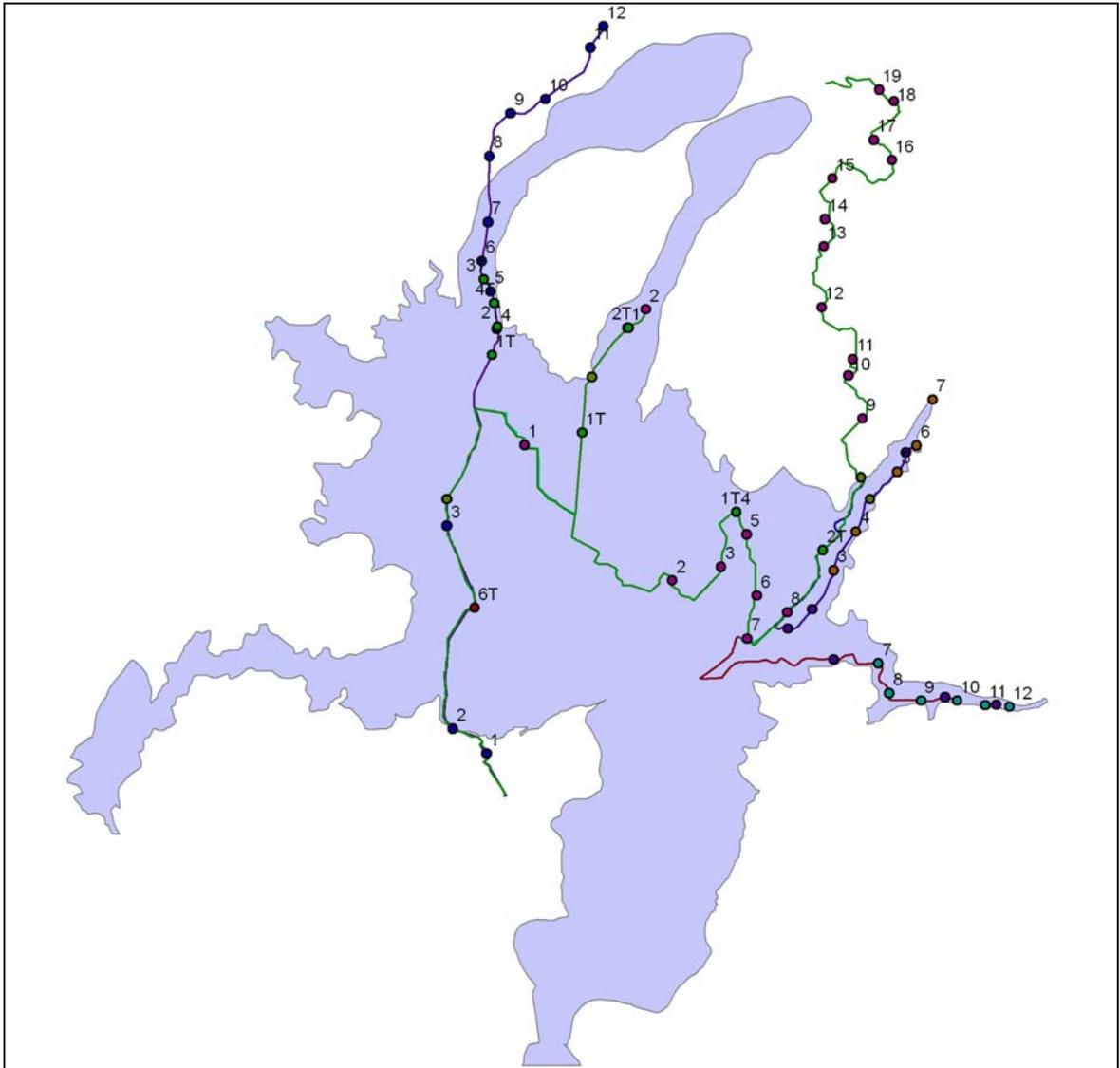


ANEXO III. FRECUENCIA DE INCENDIOS FORESTALES PARA EL ÁREA DE ESTUDIO. TEMPORADAS 2002-2007



9. APÉNDICES

APÉNDICE I. PUNTOS DE OBSERVACIÓN ESCOGIDOS POR ANÁLISIS DE PERFILES TRANSVERSALES Y EN TERRENO.



APÉNDICE II. SUPERFICIE DE VISIBILIDAD SEGÚN PRIORIDAD DE PROTECCIÓN PARA LOS PUNTOS DE OBSERVACIÓN SELECCIONADOS LUEGO DEL PRIMER ANÁLISIS DE VISIBILIDAD

RUTA	PUNTO	PRIMERA (HA)	SEGUNDA (HA)	TERCERA (HA)
A	1	69.95	2.55	0.00
	2	8.73	2.30	3.87
	3	355.70	52.72	3.26
	4	1.35	4.36	0.90
	5	3.98	1.99	0.02
	6	0.45	4.21	3.37
	7	2.90	16.04	2.42
	8	1.51	5.60	0.62
	10	19.44	10.22	0.09
	12	0.01	1.14	0.00
	1T	33.58	7.16	0.26
	2T	0.33	0.10	0.00
	3T	1.93	6.13	1.19
	4T	0.11	7.87	0.05
	5T	266.51	63.26	2.47
	6T	152.43	24.24	0.01
	TRASLAPE	211.69	263.98	77.57
	TOTAL	1130.61	473.86	96.09
C	1	410.44	142.55	15.47
	2	509.33	41.95	11.55
	3	5.21	17.98	0.00
	4	0.12	0.01	0.00
	5	0.04	0.00	0.00
	6	5.47	0.82	0.00
	7	21.05	11.10	0.13
	8	95.10	15.25	0.62
	11	0.53	0.19	0.00
	12	0.33	0.58	0.00
	1T	23.12	0.22	0.00
	2T	29.49	2.43	0.00
	3T	52.03	6.44	0.18
	TRASLAPE	440.73	68.99	9.95
	TOTAL	1592.98	308.52	37.89
E	3	13.30	0.47	0.00
	4	6.74	2.24	0.31
	5	3.79	0.74	0.00
	6	5.22	0.33	0.00
	7	0.22	0.05	0.00
	1T	19.23	0.64	0.06
	2T	1.82	0.20	0.00
	3T	0.38	0.14	0.00
	4T	6.85	0.82	0.00
	TRASLAPE	156.60	40.36	1.81
TOTAL	214.15	45.98	2.18	

RUTA	PUNTO	PRIMERA (HA)	SEGUNDA (HA)	TERCERA (HA)
F	1	8.07	7.54	0.21
	2	17.29	12.74	0.00
	1T	284.08	34.07	4.27
	2T	1.09	0.88	0.07
	3T	2.26	0.26	0.06
	TRASLAPE	184.37	83.48	6.31
	TOTAL	497.15	138.96	10.92
I	7	25.52	9.98	0.00
	8	17.28	16.23	1.84
	9	4.41	1.62	0.00
	10	4.58	0.35	0.00
	1T	1.02	5.20	0.00
	2T	2.01	0.08	0.00
	3T	3.66	3.76	0.13
	TRASLAPE	86.31	31.87	0.06
	TOTAL	144.79	69.08	2.03
TOTAL		3579.67	1036.40	149.11

APÉNDICE III. SUPERFICIE DE VISIBILIDAD SEGÚN PRIORIDAD DE PROTECCIÓN PARA LOS PUNTOS ESCOGIDOS COMO OBSERVADORES DE LA RUTA DE PATRULLAJE TERRESTRE.

RUTA	PUNTO	SUPERFICIE DE VISIBILIDAD SEGÚN PRIORIDADES DE PROTECCIÓN (HA)		
		PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA
A	1	86.60	3.25	0.00
	3	357.05	52.82	3.26
	5	20.66	16.89	0.92
	10	20.76	16.02	0.09
	1T	42.83	9.66	0.49
	5T	270.00	67.65	2.61
	6T	152.43	24.24	0.01
	T	209.15	199.47	73.32
	TOT	1159.47	390.00	80.71
C	1	411.11	142.55	15.47
	2	509.42	41.95	11.55
	7	21.15	11.10	0.13
	8	95.12	15.25	0.62
	1T	23.12	0.23	0.00
	2T	29.50	2.44	0.00
	3T	52.13	6.44	0.18
	T	428.13	65.99	9.25
TOT	1569.68	285.95	37.19	
E	3	13.50	0.49	0.00
	5	3.89	0.74	0.00
	6	5.22	0.36	0.00
	1T	19.24	0.88	0.06
	4T	6.95	0.82	0.00
	T	149.25	40.36	1.81
	TOT	198.05	43.65	1.87
F	1	8.09	7.74	0.21
	2	17.29	12.77	0.00
	1T	284.28	34.07	4.27
	T	174.87	75.28	6.10
	TOT	484.52	129.86	10.58
I	7	27.32	9.98	0.00
	8	17.48	16.53	1.94
	10	4.78	0.35	0.00
	3T	3.66	3.78	0.14
	T	84.84	30.57	0.03
	TOT	138.08	61.20	2.12
TOTAL		3549.80	910.67	132.47

APÉNDICE IV. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y ALTITUD DE LOS PUNTOS SELECCIONADOS PARA LA RUTA DE PATRULLAJE.

RUTA	PUNTO	UTM X	UTM Y	ALTITUD (M)
A	1	357144	6306126	848.16
	3	356487	6309926	942.98
	5	357218	6313836	1097.44
	10	358131	6317046	1466.84
	1T	357235	6312772	987.32
	5T	356483	6310370	900.00
	6T	356948	6308557	850.00
C	1	357778	6311276	949.82
	2	360239	6309013	899.41
	7	361483	6308046	995.19
	8	362146	6308481	946.23
	1T	361301	6310158	1008.81
	2T	362739	6309524	950.00
	3T	363375	6310736	1148.44
E	3	362919	6309187	980.53
	5	363982	6310831	1057.84
	6	364301	6311265	1100.00
	1T	362156	6308208	900.00
	4T	363527	6310374	1000.00
F	1	359491	6313230	1145.73
	2	359794	6313533	1150.00
	1T	358735	6311477	966.68
I	7	363669	6307632	1046.89
	8	363844	6307132	1045.98
	10	364981	6307007	1048.52
	3T	362922	6307694	900.00

APÉNDICE V. TRAMOS RUTA DE PATRULLAJE TERRESTRE

