

# PROPOSICION DE UNA METODOLOGIA PARA DISEÑAR SISTEMAS DE DETECCION DE INCENDIOS FORESTALES BASADOS EN TORRES DE OBSERVACION

C. D. Oxf., 432.21

Ernesto Weil P. \*

## RESUMEN

El presente trabajo propone una metodología moderna para llevar a efecto la instalación de un sistema de detección de incendios forestales basado en torres de observación en la costa de la provincia de Valdivia, X Región.

La metodología incluye como paso preliminar una estratificación del área de estudio de acuerdo con los sectores prioritarios a proteger, basada en la combinación de los antecedentes respecto al riesgo, peligro y valor del recurso forestal. Este paso preliminar sirve además de modelo para la organización de recursos en otras operaciones y actividades referidas al control de incendios forestales, tanto en el área de estudio, como en otras zonas de Chile.

La proposición de localización de torres de observación se efectúa en base a una selección iterativa sobre 25 ubicaciones alternativas, comparando las cumbres más elevadas de la Costa Valdiviana. El aspecto esencial de este método son sus ecuaciones, que ponderan los antecedentes de visibilidad y exclusividad.

Del análisis se concluye que el sector suroeste presenta una baja aptitud para este tipo de detección. El resto del área posee condiciones regulares, alcanzando hasta un 46% los porcentajes de visibilidad.

## SUMMARY

This paper proposes a modern method to set up a forest fire detection system, based on lookouts, in the coast of the province of Valdivia, X Region.

The procedure includes first of all a stratification of the area, according to the priorities in the control of forest fires, where the information of risk, hazard and value was combined. This part can also be considered as a model for the organization of resources in other activities of fire control, either in the area or in other parts of Chile.

The proposition of lookout locations was worked out by means of a repetitive selection

of 25 alternative places, where the highest elevations of Valdivia's Coast were compared. The main parts of this method are its equations, which weigh the information of visibility and exclusivity.

From the analysis of lookout locations was concluded that the southwest sector is not fit for this kind of detection. The rest of the area has regular conditions, where the percentages of visibility reach 46% as a maximum.

## I.— INTRODUCCION

La Costa Valdiviana se ha caracterizado en las últimas temporadas de verano por una alta tasa de ocurrencia de incendios forestales. De acuerdo a los antecedentes oficiales (CORPORACION NACIONAL FORESTAL 1978 y 1979) en las temporadas 1977-1978 y 1978-1979 ocurrieron 28,8 incendios/1000 Km<sup>2</sup>/año, lo que puede considerarse "extremo" según la escala de SIMMARD (1975).

A pesar de esta situación, el programa especial de detección de incendios forestales es aún deficiente y se apoya exclusivamente en el patrullaje aéreo, no obstante que las características orográficas del área presentan las condiciones adecuadas para la implantación de un sistema basado en torres de observación.

Considerando los aspectos expuesto, se llevó a efecto el estudio de la factibilidad de implantar un sistema de torres de detección, analizando tanto las diferentes alternativas de localización para los observadores, como también las combinaciones de ellos que entregarán la vigilancia más eficaz.

El estudio se planteó los siguientes objetivos:

- a) Determinar sectores prioritarios para el control de incendios forestales en la Costa Valdiviana, proponiendo una metodología al respecto.
- b) Ensayar la alternativa de cuantificar la información básica requerida en el control de incendios forestales.
- c) Estudiar la topografía del área con el fin de estimar la factibilidad de detectar incendios forestales mediante torres de observación.

---

\* Ingeniero Forestal, Casilla 798, Valdivia Chile.

## 2.—AREA DE ESTUDIO

El área de estudio, denominada como Costa Valdiviana, se encuentra ubicada en la provincia de Valdivia, Décima Región. Abarca una superficie de 396.200 há y se encuentra enmarcada por los paralelos 39° 38' y 40° 21' latitud S, y los meridianos 72° 48' y 73° 43' longitud O.

El **límite norte** comprende a la línea divisoria entre la comuna de Valdivia y las comunas de San José de la Mariquina y Mafil, hasta el río Calle-Calle y a través de este último hasta la localidad de Antilhue; el **límite sur** corresponde al río Bueno; el **límite este** a la línea central de FF.CC. del Estado; y el **límite oeste** es el Océano Pacífico.

Las unidades de relieve corresponden a la Cordillera de la Costa y a las Colinas de Catamutún, de acuerdo a la descripción de IREN (1974). La elevación máxima alcanza los 1.048 m.s.m. (Cerro Mirador) y la mínima el nivel del mar.

De acuerdo a la clasificación de Koeppen puede ser descrito el clima como de Costa Occidental con influencia mediterránea (Cfsb), con temperaturas medias anuales que fluctúan entre 11°C y 12°C (IREN, 1974) y precipitaciones que varían entre 1.200 mm y 4.000 mm anuales (ALMEYDA y SAEZ, 1958).

## 3. — DESCRIPCION DE LA PROPOSICION

El desarrollo del estudio incluyó en su metodología dos etapas claramente diferenciadas:

- a) Determinación de sectores prioritarios.
- b) Estudio de selección y localización de torres de detección.

### 3.1. Determinación de sectores prioritarios

Bajo el concepto de prioridad se consideró la diferenciación de acuerdo con la necesidad relativa de controlar incendios forestales. Interesa saber "cuánto más importante" es un sector respecto a otro. Para estimar esta diferencia se descompuso la prioridad en tres aspectos: riesgo, peligro y valor (BROWN y DAVIS, 1973; FAC. ING. FORESTAL, 1976).

Previo al estudio de cada uno de los aspectos se definió la unidad de superficie. Esta correspondió a 2 x 2 km (400 há) y fue el nivel de detalle al cual se registró la información. El cuadrículado respectivo se hizo coin-

cidir con aquel de las cartas regulares 1:50.000 del Inst. Geográfico Militar de 1970 a 1972.

### 3.1.1. Análisis del riesgo

En el control de incendios forestales se conoce como riesgo a "la probabilidad de inicio de incendio, determinada por la presencia y actividad de agentes causativos" (BROWN y DAVIS, 1973).

Se recopilaron los antecedentes de incendios registrados desde la temporada 1965/1966 hasta 1976/1977, concentrándose el 85% de los 52 incendios en las cuatro últimas temporadas. Las fuentes fueron la Corporación Nacional Forestal y Carabineros de Chile.

Para el empleo de los antecedentes sobre incendios ocurridos en temporadas pasadas, como estimadores del riesgo, se recomienda considerar superficies entre 4.000 há y 10.000 há (U.S. FOREST SERVICE, 1960; FAC. ING. FORESTAL, 1976).

Debido a la baja disponibilidad de antecedentes sobre incendios fue necesario diseñar un sistema de representación de la ocurrencia que sirviera de base al análisis del riesgo; Para ello se consideraron unidades móviles de 10.000 há en torno a cada uno de los incendios. De esta forma la unidad de superficie en donde se había registrado el siniestro actuaba de centro, proyectando este acontecimiento hasta completar las 10.000 há. La valorización fue levemente descendente al alejarse del foco, asignando un puntaje inicial de 5 a la unidad de superficie del incendio, 4 a las inmediatamente a continuación y 3 a la franja exterior. Esto se ejemplifica en la Fig. 1.

A continuación se transformó este puntaje inicial a valores enteros entre 2 y 5, lo cual constituyó el puntaje normalizado tanto para el riesgo como también para el peligro y el valor (puntos 3.1.2 y 3.1.3).

Respecto al riesgo, la transformación de puntaje inicial a normalizado se realizó de la siguiente forma: Se asignó el valor mínimo de 2 a todas las unidades de superficie que presentaron un puntaje inicial de cero, las que sumaron un total de 566. Las otras 464 unidades de superficie se separaron en tres grupos tales que su número fuese similar. Esto entregó los puntajes normalizados que aparecen en el cuadro N° 1.

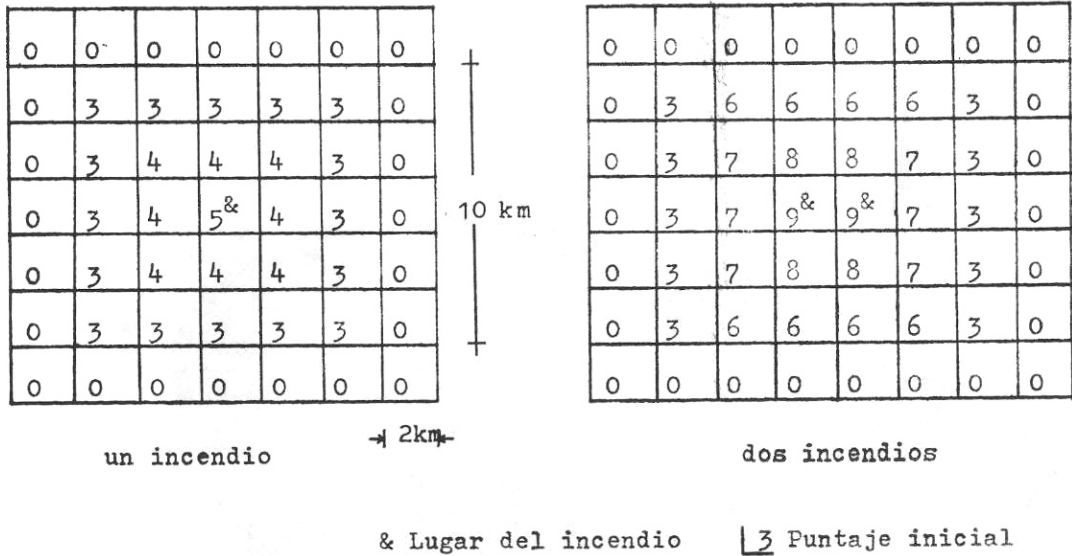


Fig. 1. Ejemplo de la asignación de puntaje inicial de riesgo, según los incendios registrados.

CUADRO N° 1  
**Distribución del puntaje inicial y normalizado como cuantificación del riesgo.**

Puntaje Inicial	Puntaje Normalizado	Clase de Riesgo	Número de Unidades de Superficie
0	2	bajo	566
3	3	medio	132
4 — 8	4	alto	146
9 — 36	5	muy alto	186
Total de unidades			1.030

En la Fig. 2 se entrega la localización de las diferentes clases de riesgo.

**3.1.2. Análisis del peligro**

El peligro, en el control de incendios forestales, se identifica con "las características del combustible, tales como tipo, disposición, tamaño, condición, ubicación y que establecen condiciones de ignición o de resistencia al control" (BROWN y DAVIS, 1973).

Las clases de peligro se estimaron en función de las diferentes cubiertas vegetales. Los tipos en que se estratificó el área de estudio cumplían fundamentalmente dos condiciones: 1. Presentaban características que permitían suponer un comportamiento definido del fuego y 2. Eran fácilmente identificables mediante fotografías aéreas de escala 1:20.000.

Se diferenciaron las siguientes cubiertas vegetacionales:

- a) Plantaciones jóvenes de pino insigne (sólo convenios CONAF).
- b) Plantaciones adultas de pino insigne.
- c) Tipo forestal Alerce.
- d) Bosque nativo denso, excluido el tipo Alerce.
- e) Matorrales y bosque nativo abierto.
- f) Praderas y terrenos de cultivo.
- g) Terrenos sin peligro.

Se confeccionó un mapa base de escala 1:50.000 tomando como referencia las cartas regulares del I.G.M. (1970 a 1972), incorporando la información sobre las cubiertas vegetacionales por antecedentes proporcionados por la CORPORACION NACIONAL FORESTAL (1977), INST. FORESTAL (1967) y fotografías aéreas escala 1:20.000 del vuelo SAF 3 provincias de 1972/73.

El paso dado a continuación, una vez estratificado el mapa base según las cubiertas vegetacionales, fue diferenciar estas últimas de acuerdo a la peligrosidad que cada una repre-

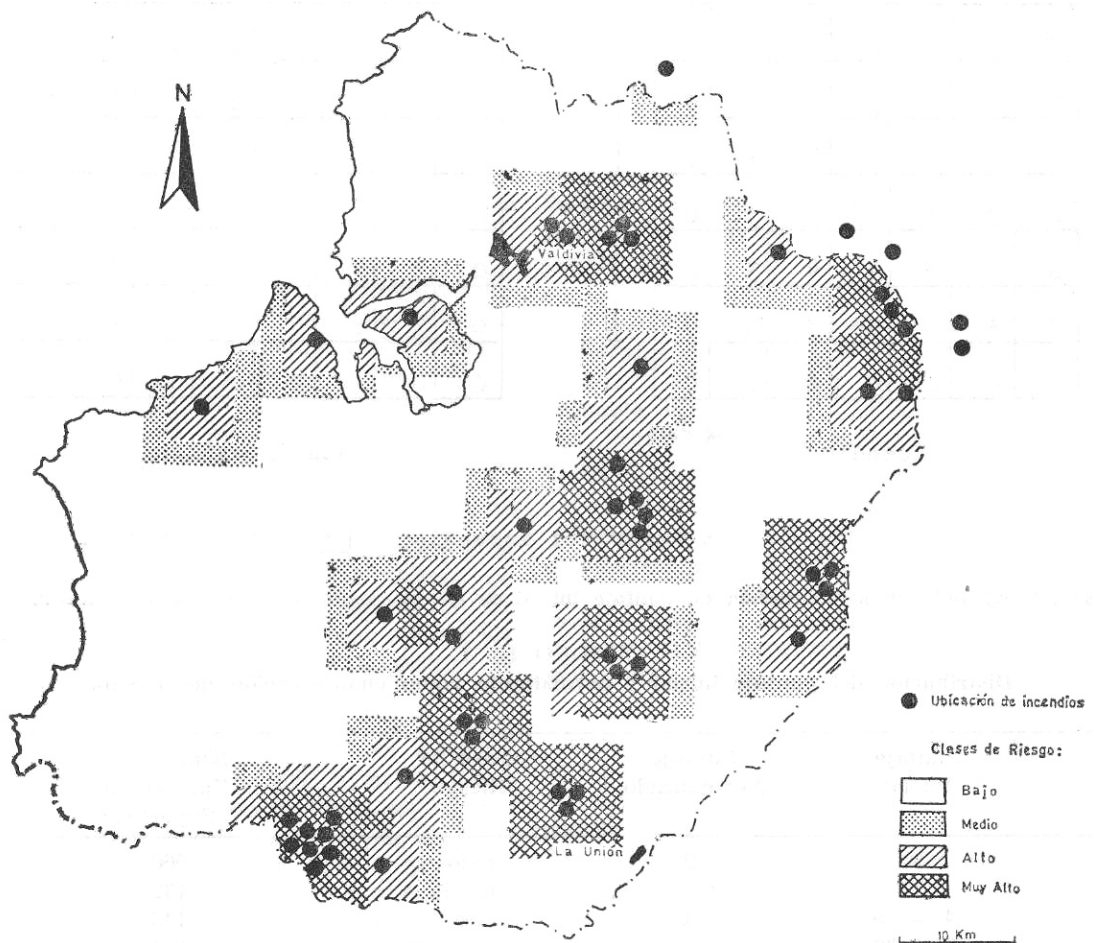


Fig. 2. Ubicación de las diferentes clases de riesgo en el área de estudio.

sentaba. Esta característica se descompuso en dos factores: Velocidad de propagación y resistencial al control, de acuerdo a las recomendaciones del Servicio Forestal de los Estados Unidos (U.S. FOREST SERVICE, 1969).

La calificación de valores de acuerdo al grado de peligrosidad de las cubiertas vegetacionales se expone en el Cuadro N° 2. En la confección de esta tabla se consideraron antecedentes proporcionados por dos fuentes: Por un lado valores preliminares procedentes de la Cátedra de Control de Incendios Forestales de la Universidad Austral de Chile (JULIO, 1976) y por otro, antecedentes de los 17 tipos vegetacionales que el Servicio Forestal de los Estados Unidos (U.S. FOREST SERVICE, 1969) identificó para el Estado de California. Se consideró a esta última fuente de información debido a la similitud climática y vegetacional que presenta el Estado de California con la zona central y sur de Chile.

A continuación se procedió, al igual que

en el caso del riesgo, a la transformación al puntaje normalizado.

### 3.1.3. Análisis del valor

Conocida la probabilidad de inicio de incendio y las características físicas del material vegetal que afectan al comportamiento del fuego, resta diferenciar sectores de acuerdo con las pérdidas económicas que resultan de un incendio de intensidad determinada.

Estas pérdidas podrán o no ser cuantificables en el mercado.

#### 3.1.3.1. Valores cuantificables en el mercado

Se refiere a lo que habitualmente se conoce como productos forestales. Su característica principal es que su valor puede ser medido adecuadamente por el sistema de precios (LESLIE, 1971). Se consideraron dos elementos al respecto, el valor de la vegetación por

CUADRO N° 2

**Valores tomados por los tipos vegetacionales del área de estudio al cuantificar su peligrosidad**

Tipo Vegetacional	Puntaje Normalizado
Pino insigne joven	5
Pino insigne adulto	5
Alerce	5
Bosque nativo denso	3
Matorrales - bosque nativo abierto	4
Pradera - cultivos	3
Sin peligro	0

hectáreas y la distancia de los mercados.

Para obtener el valor de la vegetación por hectárea se empleó la estratificación realizada para cuantificar el peligro. Por otra parte se supuso la ocurrencia de un incendio de igual intensidad en los diferentes tipos vegetacionales; el aspecto peligro ya los había diferenciado según el comportamiento del fuego en cada clase de combustible considerada.

La pérdida por concepto de incendio se supuso de un 100% del valor del vuelo, para el caso del tipo pino insigne joven. El daño que causa el fuego a plantaciones menores es generalmente grande, haciendo necesaria una reforestación. Por otra parte, no existe habitualmente un aprovechamiento del bosque joven afectado por un incendio forestal.

En el caso de los demás tipos con vegetación leñosa, los incendios provocan pérdidas que varían grandemente, pero que normalmente no alcanzan al 100% del valor del vuelo. Se supuso para todos ellos una pérdida del 80% del valor del vuelo.

El estrato pradera - cultivo se asimiló todo a pradera para efecto de la valorización. Se supuso una pérdida de producción de pasto por incendio de 90 días, 0,6 kg de carne/há/día (STEHR, DURAN y FLORES, 1972) y US\$ 1,02/kg de carne (EMPRESA DE COMERCIO AGRICOLA, 1978), lo que dio una pérdida de US\$ 54/há.

Las plantaciones jóvenes y adultas se valorizaron en una misma aproximación. Se tomó la cifra que entrega anualmente la Corporación Nacional Forestal de costo de plantación (X Región, 2.000 plantas/há, plantas 1-0, roce moderado) como valor del vuelo a los 0 años. Este valor a mediados de 1977 correspondió a US\$ 167/há.

En el otro extremo se supuso que la edad de rotación era de 28 años, obteniéndose el volumen promedio que para la zona de Valdivia calculó GONZALEZ (1971). Este último corresponde a 340 m<sup>3</sup> ssc aserrables y 240 m<sup>3</sup> ssc pulpables.

Para valorizar la madera aserrable se asimiló como valor de mercado el precio promedio pagado por el CENTRO EXPERIMENTAL FORESTAL (1977) durante 1977. Este valor fue de US\$ 0,234/pulg. pin. en pie. De acuerdo con los factores de transformación que establecen KAWAS y ZILLER (1975) se obtiene un precio de US\$ 5,19/m<sup>3</sup> y US\$ 1.766/há en madera aserrable.

A la madera pulpable no se le asignó valor, dado que su mercado es limitado en la zona y la elevada incidencia del transporte hace que sólo en lugares muy cercanos a las industrias consumidoras se pueda establecer un precio.

Entre los años 0 y 28 se supuso una limpieza el año 1, a un costo de US\$ 42/há, y un costo anual de administración valorado por la Corporación Nacional Forestal a mediados de 1977 en US\$ 7,2 por há. Con estos datos la tasa interna de retorno fue de 6,6% anual.

Las plantaciones de convenios de la Corporación Nacional Forestal tenían una edad promedio de 2 años a 1977. A esa edad y con los datos anteriores el valor del vuelo era de US\$ 249 por há.

Para las plantaciones adultas se supuso la misma distribución de edades que calculó GONZALEZ (1971) en rodales ubicados hasta 60 km de la ciudad de Valdivia. La edad promedio fue de 18 años a 1977. Con los mismos antecedentes anteriores, el valor del vuelo correspondió a US\$ 888 por há.

El vuelo del bosque nativo denso fue evaluado en términos del volumen neto de fuste, 4.857 pulg. mad. por há (COX y PETERS, 1975), y un valor de US\$ 0,13 por pulg. mad. (MORALES y OLIVARES, 1977). Ambos factores entregaron un producto de US\$ 631/há.

Al tipo Alerce se le asignó la misma cifra anterior, en cuanto a valor cuantificable en el mercado.

Por su parte al tipo matorral-bosque abierto se le asignó un valor arbitrario, equivalente al 25% del bosque nativo denso. Esto correspondió a US\$ 158/há.

Todos los valores de pérdida por há se transformaron a puntaje normalizado (2 a 5). Los aspectos de distancia a los centros consumidores y valores no cuantificables en el mercado se incluyeron posteriormente, modificando la escala básica.

La mayor pérdida, con US\$ 710/há, tomó el

puntaje normalizado 5 (pino insigne adulto) en tanto el tipo pradera-cultivos (US\$ 54 por há) recibió el extremo menor. Para los restantes se realizó una interpolación lineal, aproximando al entero. Los puntajes normalizados al igual que un resumen de los valores y pérdidas por há se entregan en el Cuadro N° 3.

CUADRO N° 3

**Valores asignados a las diferentes cubiertas vegetales, pérdidas por incendio y puntaje normalizado**

Tipo Vegetacional	valor de la vegetación (US\$/há)	Porcentaje de pérdida	Pérdida por incendio (US\$/há)	Puntaje Normal
Pino insigne joven	249	100	249	3
Pino insigne adulto	888	80	710	5
Alerce	631	80	505	4
Bosque nativo denso	631	80	505	4
Matorral - bosque abierto	158	80	126	2
Pradera - cultivos	—	—	54	2

Para considerar la distancia a los mercados se definieron dos centros consumidores equivalentes: las ciudades de Valdivia y Osorno. Se adoptó un factor corrector por tipo de camino a partir de los precios relativos del Sindicato Provincial de Dueños de Camiones de Valdivia a Julio de 1976 (1 camino pavimentado, 1,2 camino con agregado pétreo y 1,3 para caminos de tierra). Así la ubicación de un rodal a 100 km por pavimento de uno de los centros consumidores era equivalente a la de otro a 83 km por camino con agregado pétreo.

Se definieron tres estratos de distancia a las ciudades de Valdivia u Osorno.

- I) Menos de 50 km pavimentados o su equivalente.
- II) Entre 50 y 100 km pavimentados o su equivalente.
- III) Más de 100 km pavimentados o su equivalente.

Para la estratificación se incluyeron sólo los caminos que aparecen en las cartas camineras de la Dirección de Vialidad, escala 1:250.000 de 1969, y según la carpeta de rodado que entrega esa fuente.

El factor distancia a los mercados se aplicó adicionalmente al puntaje normalizado básico. La modificación consistió en incrementar en una unidad el puntaje normalizado de valor de aquellas unidades de superficie que se encontraban en el estrato I (menos de 50 km) y reducirlo en una unidad en aquellas ubica-

das en el estrato III (más de 100 km). Una excepción fue el tipo pradera-cultivos, que no sufrió cambio al respecto. El alto valor por unidad de peso de los productos provenientes del tipo pradera-cultivos hace que éste no se vea afectado tan fuertemente por la distancia a los mercados, en comparación con los tipos con vegetación leñosa.

### 3.1.3.2. Valores no cuantificables en el mercado

Puede definirse a éstos como "servicios producidos y distribuidos en forma tal, que es imposible cuantificar lo recibido por cada beneficiario" (LESLIE, 1971). Abarca el servicio de la vegetación como protectora del suelo, reguladora de la producción de agua, recreación, entre otros.

En el presente estudio se consideraron sólo dos casos de valores no cuantificables en el mercado. Por una parte, se incrementó en una unidad el puntaje normalizado de valor de todo bosque nativo que se encontrara en un terreno con pendiente mayor del 40%, debido a su servicio protector del suelo y regulador del agua.

Por otra parte, independientemente de las modificaciones ya mencionadas, se incrementó en una unidad el puntaje normalizado de valor del tipo Alerce, por el carácter de Monumento Natural de su especie principal, **Fitzroya cupressoides** (Mol.) Johnston.

**3.1.4. Determinación de sectores prioritarios de protección.**

Los puntajes normalizados de riesgo, peligro y valor se promediaron y aproximaron al entero. De esta forma se obtuvieron los valores de prioridad para el control de incendios forestales.

La localización de los sectores de diferente importancia para el control de incendios forestales es posible apreciarla en la Fig. 3. Con elevada prioridad está la franja que comen-

zando con Llancacura por el extremo sur, se prolonga en forma de un cordón hacia el norte; pasa por los sectores de Sta. Elisa — La Sombra, Cumleufu, Tres Chiflones y Los Uimos; continúa luego en la zona de Sto. Domingo, el área entre la ciudad de Valdivia y Pishuenco, sigue por la ribera norte del río Calle-Calle, finalizando cerca de la carretera Longitudinal Sur en el sector de Cayumapu.

Además de este largo eje, se pueden apreciar dos pequeños sectores de alta prioridad, uno en el área de Corral-Quitaluto y otro en los alrededores de Los Lagos.

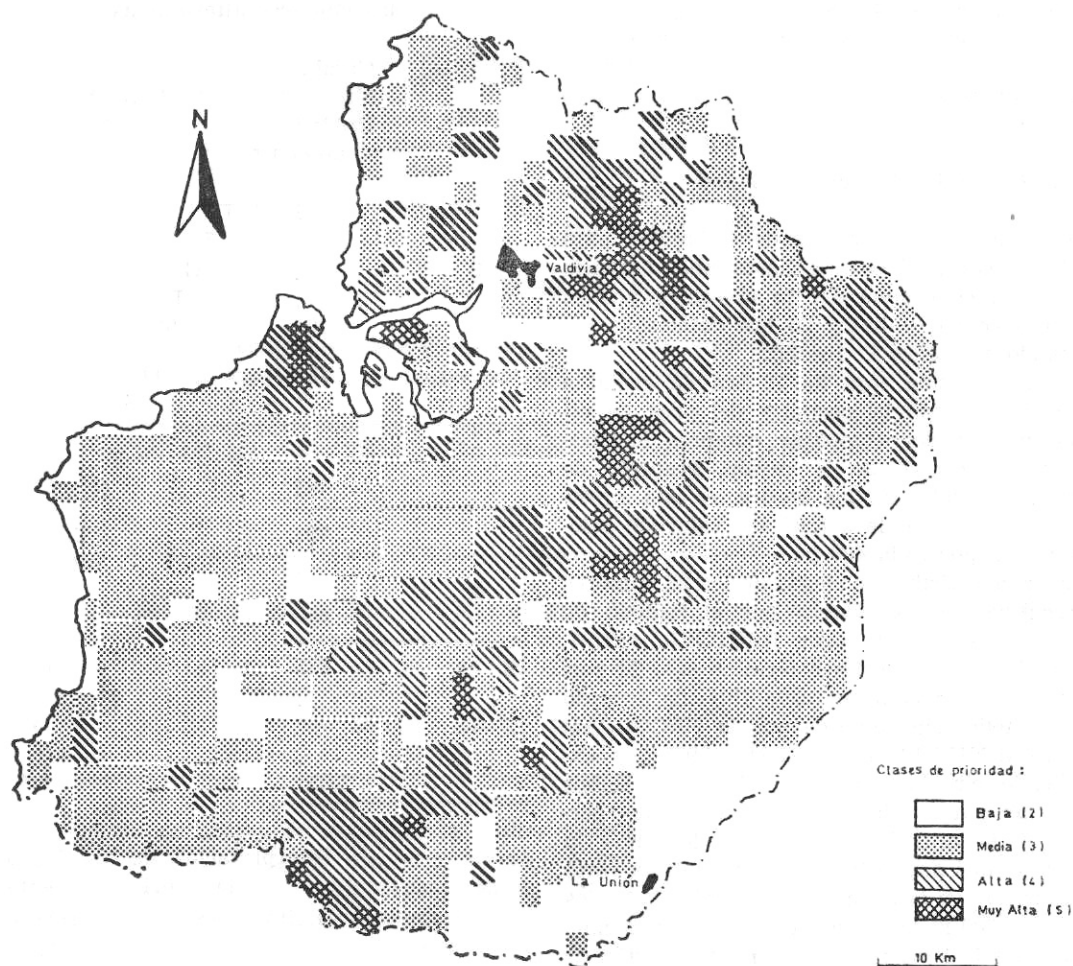


Fig. 3. Ubicación de las diferentes clases de prioridad en el área de estudio.

**3.2. Selección y localización de torres de detección.**

Esta etapa del estudio incluye todos los análisis necesarios para determinar las diferentes alternativas de cantidades y localizaciones de

torres de observación de incendios forestales para la Costa Valdiviana.

Para ello fue necesario previamente identificar todas las cumbres del área de estudio que potencialmente servirían de base para la instalación de torres de observación.

El estudio de las cartas del I.G.M. (1970 a

1972) y de otros antecedentes, revelaron la presencia de 25 cumbres que podrían considerarse como alternativas de miradores o puntos de observación.

Posteriormente, para cada una de ellas fue necesario determinar el nivel de visibilidad que en forma independiente poseían y también los márgenes de visibilidad que se alcanzaban combinando dos o más posiciones consideradas conjuntamente.

La visibilidad de cada una de las diferentes situaciones fue calculada ponderándola por el grado de prioridad de protección que poseía el sector bajo observación.

Finalmente, mediante un sistema iterativo fueron seleccionadas las combinaciones de cumbres, hasta llegar a la mejor proposición de diseño de torres de observación para el área de estudio.

### 3.2.1. Determinación de visibilidad

Se definieron dos radios de visibilidad para el área, estimándose que hasta una distancia de 12 km es posible dar la ubicación precisa de un incendio y hasta 20 km detectarlo, entregando al menos el rumbo.

Se agregó una faja de 12 km de ancho a lo largo de toda la periferia del área de estudio para poder comparar cumbres localizadas en el centro de la región, respecto de aquellas situadas en los bordes. A esta superficie periférica se le asignó un valor de prioridad de 2 por cada 400 há.

Las zonas visibles y ciegas de las 25 cumbres alternativas se obtuvieron por el método de perfiles topográficos según RESTOVIC (1973), confeccionando en primer término solo 24 perfiles para cada cumbre (cada 15°), de acuerdo a la metodología sugerida por la FACULTAD DE INGENIERIA FORESTAL (1976), y extendiendo circularmente en 7,5° hacia ambos lados las partes visibles y ciegas de los perfiles. A la altitud del cerro se le sumó la altura de una supuesta torre. Esta última varió de acuerdo con la primera. Los puntos ubicados sobre los 500 m.s.n.m., entre 500 y 300 m.s.n.m., y bajo los 300 m.s.n.m. tuvieron una adición de 10 m, 15 m y 20 m, respectivamente.

La variación en la altura de las torres se debe a que las cumbres de gran altitud están generalmente expuestas a fuertes vientos y su accesibilidad es mala. Esto hace que una construcción elevada resulte significativamente más onerosa.

La información de zonas visibles y ciegas se transformó en términos de unidades de superficie. Además se diferenció por distancia

desde la cumbre alternativa.

En resumen, se obtuvo la relación de cada unidad de superficie respecto a cada una de las 25 cumbres alternativas, en términos de distancia entre ellas (0-12 km, 12-20 km, más de 20 km) y que proporción era observada (0%, 50%, 100%). La información se ordenó en una matriz, la cual se encuentra esquematizada en el cuadro N° 4. Esta matriz fue la base del programa computacional de selección.

CUADRO N° 4  
Esquema de la matriz de datos, que entrega la relación entre las unidades de superficie y las cumbres alternativas

Prioridad	Cumbre alternativa	1	2	3	4	...	25
	Unidad de superficie						
		1					
		2					
2		.					
		.					
		184					
		185					
3		.					
		.					
		793					
		794					
4		.					
		.					
		984					
		985					
5		.					
		.					
		1.030					

Interpretación de los dígitos:

Dígito	Distancia (km)	Porcentaje observado
1	12 — 20	50
2	12 — 20	100
3	0 — 12	50
4	0 — 12	100
5	12 — 20	0
6	0 — 12	0

### 3.2.2. Selección de Cumbres

Se elaboró un sistema iterativo para seleccionar las mejores cumbres. Esto fue necesari-



rio dado que otros métodos como el de Brown y el de maximización pura no se adaptaban al problema (WEIL, 1979). Se procesó computacionalmente la información de la siguiente manera.

En primer lugar se calculó la suma de los valores de prioridad que abarcaba cada una de las 25 cumbres. Este puntaje se obtuvo desgregado según visibilidad, distancia y grados de exclusividad. Para la segregación se establecieron seis categorías, las cuales coincidían con los dígitos de la matriz de datos (cuadro N° 4).

La diferenciación por exclusividad consistió en que cada categoría se subdividió en tres. La subcategoría "A" incluía a aquellas unidades de superficie sobre las cuales las demás 24 cumbres no tenían visibilidad. "B" significaba que el resto de las alternativas apreciaban sólo el 50% de la unidad. Finalmente la subcategoría "C" expresaba la condición de que las demás cumbres apreciaban completamente la unidad de superficie.

Se entrega a continuación un ejemplo de lo anterior. Se desea saber de la cumbre alternativa N° 17, cuánto puntaje de prioridad tipo 1-A, 1-B, 1-C, 2-A, . . . . 6-C posee. Para obtener el puntaje 1-A deben sumarse las unidades de superficie, multiplicadas por su valor de prioridad, en las cuales se verifique que la cumbre N° 17 tenga un dígito 1 en la matriz de datos y todas las demás cumbres presenten sólo 5 y 6 (no la aprecian). El puntaje 3-C es la suma de las unidades de superficie ponderadas, en las cuales la cumbre N° 17 presenta el dígito 3 en la matriz de datos y las otras 24 cumbres alternativas presentan al menos un 2, ó un 4 ó dos 1 y 3 (la aprecian en su totalidad).

A continuación se plantearon tres ecuaciones, que ponderaban de diferente manera las 18 clases de puntaje.

En el cuadro N° 5 se entregan los coeficientes de cada ecuación.

CUADRO N° 5

**Coefficientes de las ecuaciones 1, 2 y 3, empleadas para seleccionar cumbres alternativas. (Valores expresados en porcentaje del coeficiente 4-A de cada ecuación).**

Variable Ecuación	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C	6A	6B	6C
1	40	35	20	100	85	70	35	30	15	100	85	70	—20—25—30			—30—35—40		
2	19	16	9	50	42	35	38	32	18	100	85	70	—12—15—17			—25—30—35		
3	30	25	15	75	64	52	36	31	16	100	85	70	— 5—7—8			— 9—11—12		

En seguida el programa contemplaba ordenar las cumbres de acuerdo con el valor alcanzado por la ecuación. Posteriormente eliminaba las cuatro inferiores y calculaba el nuevo puntaje, desgregado en las mismas categorías, para las 21 cumbres restantes. A continuación se aplicó la ecuación, ordenó, eliminó otras cuatro y así sucesivamente hasta obtener las cinco mejores. Este grupo también se ordenó según la ecuación, con el último puntaje desgregado.

El procedimiento iterativo se llevó a cabo para cada una de las tres ecuaciones en forma independiente.

Para el ordenamiento final de las cumbres

alternativas se le dio el doble de ponderación a los resultados de la ecuación 3, respecto a las otras dos.

Se calculó lo apreciado por grupos de 5, 7, 9, 13 y 17 puntos, agregando cumbres de acuerdo con el ordenamiento final.

**3.2.3. Proposición de diseño del sistema de torres de detección.**

Los 25 puntos alternativos estudiados presentan en conjunto visibilidad sobre el 83,3% de la superficie del área de estudio ponderada por su prioridad. Sus ubicaciones se entregan en la Fig. 4.

La cobertura alcanzada por grupos desde 1 hasta 17 cumbres se entregan en el cuadro N° 6 y en la Fig. 5.

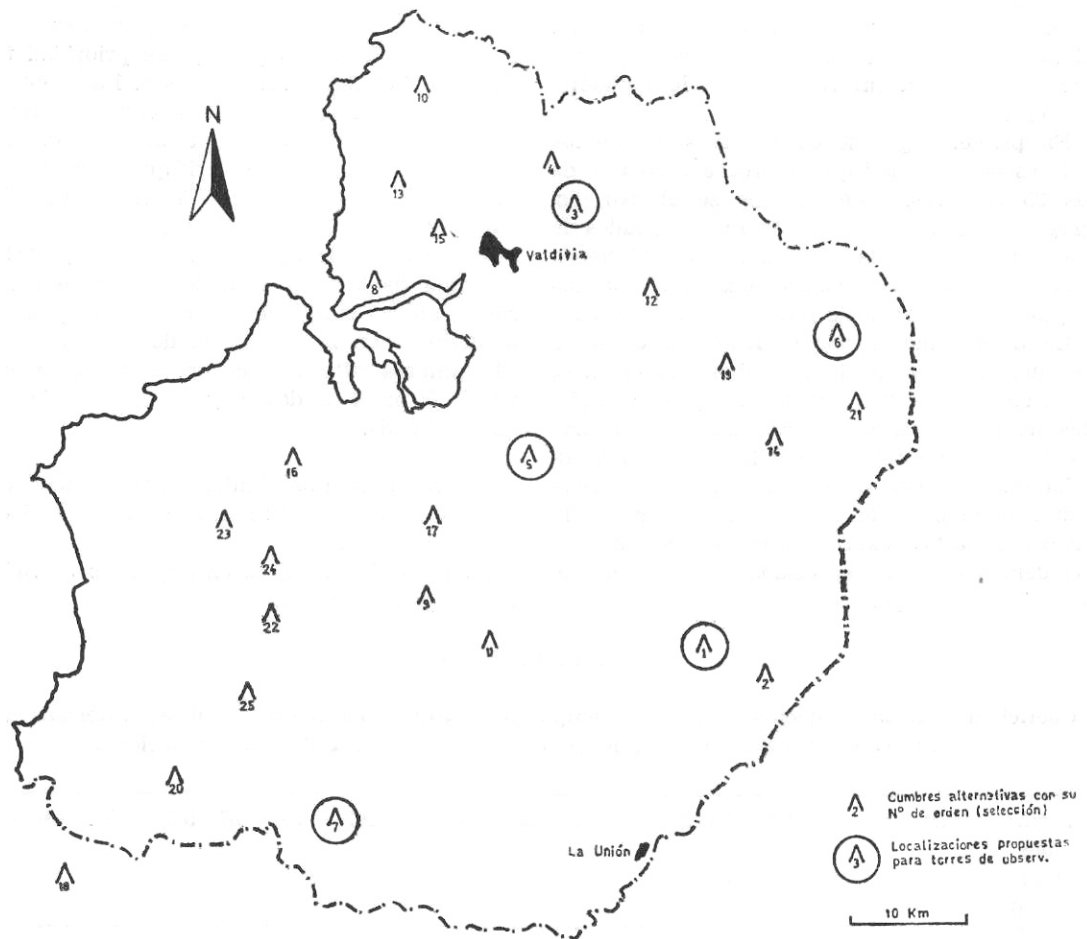


Fig. 4. Ubicación de las cumbres alternativas y de las localizaciones propuestas para torres de observación.

Del cuadro N° 6 y especialmente de la Fig. 5 es posible apreciar los grados de complementación de las cumbres. Las primeras siete poseen esta característica en alto grado. Al aumentar el número de puntos de observación se advierte una importante superficie apreciada en exceso.

En la Fig. 4 se destaca la ubicación de las mejores localizaciones para torres de observación. Estas ubicaciones se basan en la selección y también en un análisis de las prioridades del área periférica.

4.— CONCLUSIONES

a) La Costa Valdiviana presenta una elevada proporción de su superficie (59%) con una prioridad uniforme para el control de incendios forestales. A pesar de lo anterior se distingue claramente una zona de alta prioridad. Se trata de una franja de un

ancho promedio de 10 km, que se extiende en dirección NE desde Llancacura hasta Santo Domingo y continúa con rumbo N hasta Cayumapu.

- b) La diferenciación de sectores según su necesidad relativa de controlar incendios forestales tiene un uso potencial en toda la planificación del control de incendios forestales en la Costa Valdiviana. La metodología empleada se adapta a zonas como la estudiada en donde la información existente es escasa y puede ser actualizada con facilidad.
- c) La selección interactiva constituye una alternativa para comparar ubicaciones de torres de detección. El aspecto esencial de este método son sus ecuaciones, que ponderan visibilidad y exclusividad.
- d) Por las condiciones escarpadas del relieve, no es posible esperar porcentajes de visibilidad mayores del 46% para torres de detec-

CUADRO N° 6

**Superficie del área de estudio y periférica visible, para diferentes intensidades de detección.**

Cumbre agregada	Visibilidad individual (há)	Suma de las visibilidades individuales (há)	Visibilidad conjunta (há)	Aumento promedio por cumbre agregada (há)
1	38.987	38.987	38.987	38.987
2	34.726			
3	37.897			
4	36.776			28.743
5	32.195	180.581	153.960	
6	27.102			25.836
7	24.859	232.542	205.633	
8	25.436			21.655
9	30.914	288.892	248.944	
10	23.225			
11	31.715			
12	27.614			9.210
13	19.702	391.148	285.784	
14	24.347			
15	23.930			
16	19.702			9.530
17	24.379	483.506	323.906	

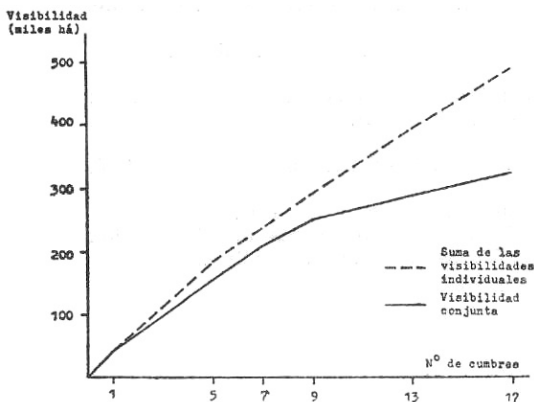


Fig- 5. Superficie del área de estudio y periférica visible, para diferentes intensidades de detección. (El orden de agregación de las cumbres proviene de la selección de éstas).

ción, considerando un radio de 20 km. Este reducido porcentaje se ve compensado parcialmente por una gran complementación de las ubicaciones seleccionadas como las siete mejores.

Esta complementación se refleja en el hecho de que mediante cinco puntos de observación es posible definir la ubicación exacta de un incendio en una superficie de

154.000 há (39% del área de estudio). Al ascender a siete y nueve los puntos de detección, la cantidad aumenta a 206.000 há (52%) y 249.000 há (63%) respectivamente.

- e) El sector suroeste de la Costa Valdiviana presenta bajas condiciones para la detección de incendios forestales mediante torres de observación. Los porcentajes de visibilidad alcanzan como máximo al 20%.
- f) La parte oriental del área de estudio posee las mejores condiciones para una detección mediante torres de observación. Se conjugan aquí los mayores porcentajes de visibilidad con las altas prioridades.
- g) En la instalación de torres de detección es necesario incluir sectores adyacentes al área de estudio, dado que los mejores lugares para localizar torres de detección se ubican en la periferia.
- h) La accesibilidad de los puntos seleccionados como los mejores para detectar incendios forestales es en general mala. Esto hace difícil la ejecución de un sistema como el planteado.
- i) Dentro de los tópicos que aún es necesario investigar, para una mejor determinación de prioridad en la zona, se destaca el comportamiento del fuego en las asociaciones vegetacionales.

R E F E R E N C I A S

- ALMEYDA, E. y SAEZ, F. 1958: Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos. Min. de Agricultura. Santiago.
- BROWN, A. y DAVIS, K. 1973: Forest fire control and use. 2nd ed. Mc Graw-Hill. New York.
- CENTRO EXPERIMENTAL FORESTAL. 1977: Registros internos. Fac. Ing. Forestal U.A.CH. Valdivia.
- CORPORACION NACIONAL FORESTAL, 1977: Archivo cartográfico.
- CORPORACION NACIONAL FORESTAL, 1978: Informe final temporada 77-78. Programa de protección contra incendios forestales, X Región. Mimeo. Osorno.
- CORPORACION NACIONAL FORESTAL. 1979: Informe final temporada 78-79. Programa de protección contra incendios forestales, X Región. Mimeo. Osorno.
- COX, F. y PETERS, R. 1975: Inventario forestal de la Cordillera de la Costa de la Provincia de Valdivia. (Publicación mimeografiada de circulación restringida).
- EMPRESA DE COMERCIO AGRICOLA. 1978: Boletín mensual N° 942. pp. 9.
- FACULTAD DE INGENIERIA FORESTAL. 1976: Diagnóstico sobre el control de incendios forestales efectuado por la CMPC. U.A.CH. Valdivia.
- GONZALEZ, M. 1971: Existencia y abastecimiento de pino insigne en la región occidental de la provincia de Valdivia. Tesis, Fac. Ing. Forestal U.A.CH. Valdivia.
- INSTITUTO FORESTAL. 1967: Clasificación preliminar del bosque nativo de Chile. Inf. Técnico N° 27. Santiago.
- INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES. 1974: Estudio integrado de los recursos naturales renovables provincia de Valdivia. CORFO. Santiago.
- JULIO, G. 1976: Comunicación Personal.
- KAWAS, N. y ZILLER, A. 1975: Estudios cuantitativos sobre aprovechamiento de trozos de pino insigne en aserradero mecanizado de sierra alternativa, Tesis, Fac. Ing. Forestal U.A.CH. Valdivia.
- LESLIE, A.J. 1971: Economic problems in tropical forestry. FAO. Roma.
- MORALES, E. y OLIVARES, B. 1977: Tasación del fundo La Esperanza. Fac. Ing. Forestal. U.A.CH. Valdivia.
- RESTOVIC, J. 1973: Análisis del sistema de detección basado en torres de observación en la zona de los arenales. Tesis, Fac. Ciencias Forestales U. de Chile. Santiago.
- SIMMARD, A. 1975: Wildland fire occurrence in Canada. Environment Canada - Forestry Service. Ottawa.
- STEHR, W., DURAN, R. y FLORES, J. 1972: Crecimiento de novillos en la zona precordillerana de Los Lagos (provincia de Valdivia). Archivos de Medicina Veterinaria 1(4): 21-23. U.A.CH. Valdivia.
- U.S. FOREST SERVICE. 1960: Forest Service handbook; title 5100 Fire Control. Washington D.C.
- . 1969: Fireline Notebook; Región V. Washington D.C.
- WEIL, E. 1979: Detección de incendios forestales mediante torres de observación en la Costa Valdiviana. Tesis, Fac. Ing. Forestal U.A.CH. Valdivia.