

DISTRIBUCION ESPACIAL Y CRONOLOGICA DE LA OCURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN CHILE

Guillermo Julio Alvear (*)

RESUMEN

Se estudia el comportamiento de la ocurrencia de incendios forestales con el objeto de identificar los sectores y períodos en los cuales este problema alcanza los niveles críticos de mayor significación.

Para tal propósito, se analizaron alrededor de 45.000 incendios forestales registrados en el período 1979-88 por el Sistema Estadístico de Manejo del Fuego de la Corporación Nacional Forestal, para el área comprendida entre las regiones Quinta y Décima, inclusives.

El estudio incluye además análisis de los efectos de la densidad poblacional y el clima en la localización espacial y cronológica de la ocurrencia de incendios forestales. Con los resultados obtenidos se pretende contribuir a la mejor planificación y programación del manejo del fuego en Chile.

Palabras claves : Manejo del Fuego, Ocurrencia de incendios forestales.

ABSTRACT

Forest fire occurrence is studied for identifying the sectors and periods where this problem has the highest critic levels.

For the purpose above described, around 45.000 forest fires recorded during 1979-88 on the Fire Management Statistic System of the Corporación Nacional Forestal, in the area comprised between the Fifth through Ninth Regions, were analyzed.

The study includes also analyses about the effects of population density and climate on the spacial and cronological distribution of the forest fires ocurrence.

It is expected that the results of the study will contribute for better planning of the forest fires management in Chile.

Keywords: Fire Management, Forest Fires Ocurrence.

(*) Ingeniero Forestal, Profesor del Departamento de Manejo de Recursos Forestales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile. Casilla 9206, Santiago.

INTRODUCCION

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

Es un hecho ampliamente conocido que los incendios forestales constituyen un factor de destrucción grave y constante de los recursos naturales renovables. Este problema genera, en la mayoría de los países del mundo, un grave deterioro a los procesos de desarrollo basados en los productos forestales, además del impacto ambiental negativo de significación que se incrementa año tras año, por el efecto acumulativo que se provoca en la alteración de los ecosistemas (FAO, 1982).

Chile no está ajeno a este problema. De acuerdo a antecedentes proporcionados por Julio (1985), actualizados a febrero de 1991, las pérdidas ocasionadas por los incendios forestales ascienden a alrededor de 30 millones de dólares anualmente. Esto es, sin considerar el daño a los ecosistemas ni sobre los diversos servicios o beneficios intangibles que proveen los recursos naturales renovables.

Por tal razón, tanto la Corporación Nacional Forestal como la mayoría de las empresas forestales de importancia en el país, han establecido sistemas para el control de los incendios forestales que significan, en los actuales momentos, un desembolso estimado de siete millones de dólares al año, exclusivamente para financiar operaciones directas de prevención y combate.

Los montos indicados son, indudablemente, de consideración, y exigen que los sistemas de manejo del fuego que se apliquen sean, no sólo efectivos, sino que también altamente eficientes, a fin de asegurar que las asignaciones presupuestarias estén dirigidas preferentemente hacia los aspectos prioritarios del problema, y que los gastos mismos sean ejecutados de manera que retribuyan los mejores resultados.

Una limitación permanente en el desarrollo del manejo del fuego en Chile es el insuficiente aprovechamiento de la gran cantidad de información básica que se genera en la prevención y combate de los incendios forestales, lo que indudablemente afecta a la formulación de estrategias, la programación de las operaciones y el diseño mismo de los sistemas que requieren ser aplicados.

En tal sentido, el presente artículo pretende contribuir al mejor conocimiento de los incendios forestales en el país, analizando la ocurrencia en las zonas del territorio nacional que están siendo afectadas en mayor grado por este flagelo. Concretamente se ha perseguido el objetivo de analizar:

- La distribución espacial de la ocurrencia y los niveles de concentración de la misma.
- Los efectos del clima y la densidad poblacional en la distribución espacial de la ocurrencia.
- Las fluctuaciones de la ocurrencia en el transcurso de una temporada.

Los resultados del estudio, que vienen a corresponder en cierta medida al Análisis de Riesgos de incendios forestales en el país, contribuyen a la recolección de los antecedentes necesarios para la confección de una carta nacional de prioridades de protección, la que definitivamente podrá tenerse cuando, en estudios posteriores, se lleven a afecto el Análisis del Peligro y la Evaluación del Daño Potencial.

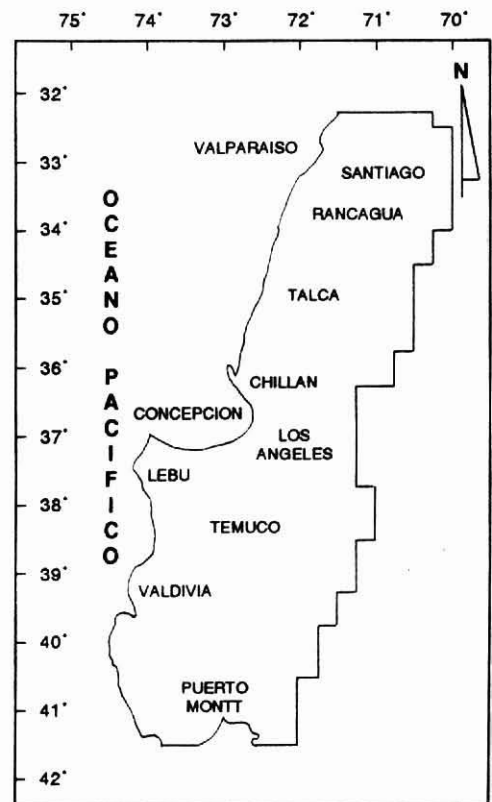
MATERIAL Y METODO

Area de Estudio

Se considera la extensión del territorio nacional comprendida entre los 32° 30' y 41° 45' de Latitud Sur (alturas de Zapallar en la V Región y Canal de Chacao en la X Región, respectivamente), el Mar de Chile y las altas cumbres de la Cordillera de los Andes (hasta los límites vegetacionales).

En el área señalada, que se puede apreciar mejor en la Figura 1 y que corresponde aproximadamente al 21,5% del territorio nacional, se produce alrededor del 96% de la ocurrencia de incendios forestales de todo el país (Julio 1989). Además, cabe señalar que en las regiones no consideradas en el estudio, la información disponible en la materia se consideró que no era suficientemente completa y confiable. En el Cuadro 1 se exponen algunos detalles del área de estudio.

Figura 1
AREA DE ESTUDIO



Cuadro 1
SUPERFICIES TOTAL Y POR REGIONES DEL AREA DE ESTUDIO

REGIONES	SUPERFICIE DE ESTUDIO (ha)	SUPERFICIE REGIONAL (ha)	%
QUINTA METROPOLITANA	1.046.760	1.637.820	63,9
SEXTA	1.038.830	1.578.170	65,8
SEPTIMA	1.509.140	1.594.970	94,6
OCTAVA	2.304.580	3.051.810	75,5
NOVENA	3.383.060	3.600.720	94,0
DECIMA	2.899.940	3.247.180	89,3
DECIMA	4.151.660	6.903.920	60,1
TOTAL	16.333.970	19.976.770	81,8

Información utilizada

Se recolectaron, en el Sistema Estadístico de Manejo del Fuego de la Corporación Nacional Forestal, datos relativos a fichas de 45.055 incendios forestales, registrados en el área de estudio durante un período de 10 años (1979 - 88). El total de incendios forestales, clasificados por quinquenio y por Regiones, se exponen en el Cuadro 2.

Cuadro 2
NUMERO DE INCENDIOS FORESTALES CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO

REGIONES	SUB PERIODO 1979 - 83	SUB PERIODO 1984 - 88	TOTAL PERIODO 1979 - 88
QUINTA METROPOLITANA	4.536	5.838	10.374
SEXTA	2.030	2.967	4.997
SEPTIMA	1.452	1.251	2.703
OCTAVA	1.790	1.739	3.529
NOVENA	5.102	7.758	12.860
DECIMA	2.106	3.732	5.838
DECIMA	2.159	2.595	4.754
TOTAL	19.175	25.880	45.055

En cada ficha de incendio forestal se obtuvo la siguiente información:

- Fecha y hora de inicio del siniestro.
- Localización geográfica del punto de origen del fuego (GEOREF).
- Causa del incendio.

Sin embargo, los datos sobre la hora de inicio y causa del incendio se descartaron posteriormente del estudio, por estimarse de baja confiabilidad el registro de esa información. Igualmente, además de las 45.055 fichas consideradas, alrededor de otras 200 fueron eliminadas, principalmente por estar incompletas.

Los antecedentes climáticos corresponden a los publicados por Almeyda y Saez (1958), y se refirieron a los promedios de las variables que se indican, en un período de 30 años.

- Pluviometría de otoño.
- Pluviometría de primavera.
- Pluviometría de verano.
- Temperatura media de enero.
- Temperatura máxima promedio de enero.
- Nubosidad media anual.
- Cantidad anual de meses secos.
- Humedad relativa media de enero.

Estos antecedentes se complementaron con los registrados por 33 estaciones meteorológicas en el período 1985 - 88, recolectados y procesados por Julio (1989), en la confección del Índice de Ocurrencia de Incendios Forestales.

En cuanto a la información sobre Densidad Poblacional, se empleó la elaborada por el Instituto Nacional de Estadística, publicada por el Instituto Geográfico Militar en 1988. Estos antecedentes están referidos a la población y la superficie de cada una de las comunas existentes dentro del área de estudio.

Unidades de superficie

Toda el área de estudio fue clasificada en unidades territoriales que correspondieron a las Cartas Regulares IGM, que a su vez coinciden con las Cartas Par de Letras del Sistema Cartográfico GEOREF, utilizadas por los Programas de Manejo de Fuego de la

Corporación Nacional Forestal y de las empresas forestales. Cada una de estas unidades territoriales contiene, en promedio, una superficie aproximada de 61.000 ha.

Estas unidades poseen una forma rectangular, alcanzan un total de 288 y 46 de éstas presentan una superficie parcial a la anteriormente indicada, por situarse principalmente en los límites con la costa del Mar de Chile.

Procesamiento de la información

Los antecedentes recolectados sobre incendios forestales se clasificaron en las unidades territoriales indicadas en el punto anterior, lo que no representa dificultad alguna, puesto que corresponden a la base cartográfica utilizada por el Sistema Estadístico de Manejo del Fuego de la Corporación Nacional Forestal. Con el objeto de normalizar la presentación de los datos (debido a que no todas las unidades territoriales poseían la misma superficie), se aplicó el concepto de Densidad de Incendios propuesto por Simard (1975), que establece valores de la ocurrencia para una extensión constante e idéntica y por una unidad de tiempo. Para el presente caso, este indicador se expresó en términos de número de incendios ocurridos por año y para una superficie de 10.000 ha. En cambio, para los antecedentes climáticos y de densidad poblacional fue necesario calcular los valores promedios ponderados por unidad territorial. En el caso del clima, los antecedentes se expresaron en base al Índice de Clima, propuesto por Julio (1989) para la delimitación de Zonas de Riesgos, que relaciona las diferentes variables descritas en el punto anterior, ponderadas de acuerdo a su peso o importancia en la ocurrencia de incendios forestales.

Los antecedentes sobre incendios forestales, clima y densidad poblacional, una vez ordenados de acuerdo a lo ya expuesto y por unidades territoriales, fueron tratados con diferentes pruebas estadísticas, principalmente con correlaciones y regresiones, a fin de cumplir con los objetivos propuestos para el presente estudio.

En el análisis de concentración espacial y cronológica de los incendios se optó por la aplicación del Coeficiente Gini (Gini, 1936), que es utilizado frecuentemente por los economistas agrarios para evaluar el grado de distribución de la propiedad de la tierra. El diseño de este indicador permite su empleo en materias muy diversas, como lo demostró De Camino (1976), en su estudio de determinación de homogeneidad de rodales.

Para el presente caso, tal como se comprueba con los resultados obtenidos, se consideró apropiado el empleo del Coeficiente Gini, ajustando su fórmula original de manera que midiera las diferencias acumuladas entre el porcentaje de incendios forestales

realmente ocurridos y el porcentaje teórico de ocurrencia en las clases correspondientes.

En la aplicación del Coeficiente, tanto para cada región en particular como para el total del área de estudio, se establecieron 10 clases de idéntica magnitud dentro de los límites dados por las unidades territoriales que presentaron la mínima y máxima ocurrencia. Es decir, la ocurrencia teórica por clase fue siempre la misma en cada una de las aplicaciones del método y es lo que correspondería al caso de una ocurrencia real con una distribución perfecta o totalmente homogénea.

En consecuencia, la fórmula aplicada fue la siguiente:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (N_i)}{\sum_{i=1}^{n-1} (N_i - V_i)}$$

donde:

H = Coeficiente de Concentración de Incendios Forestales.

N_i = Suma del % de ocurrencia teórica hasta la clase i.

V_i = Suma del % de ocurrencia real hasta la clase i.

El coeficiente posee una variación teórica que va desde 1 hasta el infinito, pero en la práctica no se observan valores superiores a 11 (De Camino, 1976). Mientras mayor es el valor, más alto es el nivel de homogeneidad en la distribución espacial de los valores (en el presente caso, la mayor desconcentración de la ocurrencia). Por el contrario, el valor 1,0 estará indicando la máxima concentración espacial o cronológica de la ocurrencia.

RESULTADOS Y DISCUSION

Densidad de Incendios Forestales

Se comprobó una significativa diferencia entre los valores promedios de densidad de incendios obtenidos para el total del período 1979 - 88, calculados por Regiones, tal como se puede apreciar en el Cuadro 3.

Cuadro 3

DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES EN EL TOTAL DEL AREA DE ESTUDIO Y POR REGIONES. DECENIO 1979-88

REGION	DENSIDAD DE INCENDIOS (Incend./Año/10.000 ha)	CALIFICACION
QUINTA	9,91	EXTREMA
METROPOLITANA	4,81	ALTA
SEXTA	1,79	MEDIA
SEPTIMA	1,53	MEDIA
OCTAVA	3,80	ALTA
NOVENA	2,01	MEDIA
DECIMA	1,15	BAJA
TOTAL	2,76	

El valor correspondiente a la V Región conduce a calificarla como de una extrema de densidad de incendios forestales, puesto que excede en varias veces a los calculados en las otras regiones del área de estudio. En la posición opuesta, se observa para la X región el menor valor, con una calificación relativa de muy baja densidad.

El valor de 2,76 incendios forestales por año y por 10.000 ha, obtenido para el total del área de estudio podría calificarse como de densidad media, en comparación a los niveles que poseen otros países, según se puede apreciar en el Cuadro 4.

Cuadro 4

DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES EN DIVERSOS PAISES

PAIS	DENSIDAD INCENDIOS (Inc./Año/10.000 ha)	PAIS	DENSIDAD INCENDIOS (Inc./Año/10.000 ha)
ISRAEL	61,00	GRECIA	1,41
PORTUGAL	7,47	REINO UNIDO	1,24
ITALIA	7,22	ALEMANIA FEDERAL	0,88
FRANCIA	5,13	SUECIA	0,74
EE.UU.	3,54	SUIZA	0,44
IRLANDA	3,23	AUSTRIA	0,42
R.D.A.	2,76	CANADA	0,25
ESPAÑA	2,38	FINLANDIA	0,22

FUENTE : FAO (1982)

Sin embargo, debe señalarse que si en el cálculo de la densidad de incendios para Chile hubiera sido posible incluir los antecedentes correspondientes a las regiones IV, XI y XII, es indudable que el valor de 2,76 habría resultado notablemente más bajo (estimativamente, entre 1,0 y 1,3).

Lamentablemente no fue posible establecer una comparación entre Chile y otros países latinoamericanos, debido a la inexistencia de registros confiables en éstos últimos.

Distribución Espacial de la Ocurrencia

Los resultados obtenidos a nivel de unidad territorial (alrededor de 61.000 ha), reflejan en mayor grado las diferencias que existen en la densidad de incendios entre distintos sectores del área de estudio.

En el Cuadro 5, en donde se presentan en forma resumida y ordenados según categorías de densidad de incendios, los valores obtenidos para la totalidad de unidades territoriales, se aprecian las fluctuaciones antes mencionadas.

Cuadro 5

VARIACION DE LA DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES AL NIVEL DE UNIDADES TERRITORIALES. DECENIO 1979-88

CATEGORIA DE DENSIDAD	RANGO DE DENSIDAD (Incend./Año/10.000 ha)	NUMERO DE UNIDADES TERRITORIALES	%
NULA	0	8	2,78
MUY BAJA	0,01 - 0,10	34	11,81
BAJA	0,11 - 1,00	109	37,85
MEDIA	1,01 - 3,00	81	28,12
ALTA	3,01 - 10,00	34	11,81
EXTREMA	> 10,00	22	7,64

Es interesante señalar que el 7,64% de las unidades territoriales, correspondientes a la categoría de extrema densidad, concentraron alrededor del 51% del total de la ocurrencia registrada en el período de estudio (22.978 incendios forestales).

Las unidades territoriales en que se observaron los mayores valores de densidad de incendios forestales, se presentan a continuación en el Cuadro 6.

Cuadro 6
UNIDADES TERRITORIALES CON LOS MAYORES VALORES
DE DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES. DECENIO 1978-88

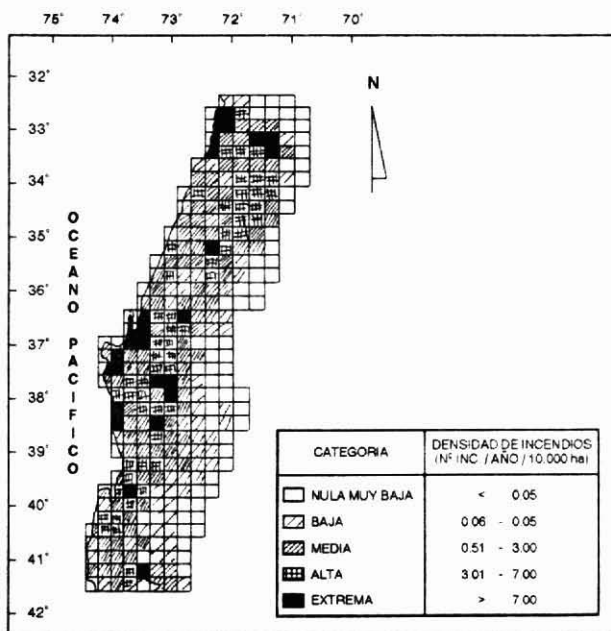
CARTA GEO - REF	CARTA REGULAR IGM	REGION	DENSIDAD INCENDIOS (Inc./Año/10.000 ha)
AU	VALPARAISO	V	100,48
AO	QUINTEROS	V	65,49
GA	CONCEPCION	VIII	44,28
BF	SANTIAGO	RM	40,38
AV	QUILPUE	V	32,60
ET	TOME	VIII	22,93
GL	CORONEL	VIII	16,01
AP	LIMACHE	V	15,55
GT	CURANILAHUE	VIII	14,73
ES	TALCAHUANO	VIII	14,65

En general se observó que la ocurrencia de incendios forestales tiende a concentrarse en núcleos bien definidos, destacándose sectores tales como la costa central de la V Región, alrededores de la ciudad de Santiago, costa de las provincias de Concepción y Arauco y alrededores de la ciudad de Los Angeles.

En cambio, los sectores con menores valores de densidad de incendios forestales se ubican preferentemente en la precordillera y cordillera andina, prácticamente en toda la extensión del área de estudio.

La distribución espacial de la ocurrencia puede apreciarse en mejor forma en la Figura 2.

Figura 2
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA
DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES



Concentración Espacial de la Ocurrencia

Tal como se indicó en el punto Material y Método, la concentración de la ocurrencia de incendios forestales para el total del área de estudio y cada una de las Regiones comprendidas, fue evaluada estadísticamente a través del empleo del Coeficiente Gini. En el Cuadro 7 se expone un resumen de los resultados de la aplicación de ese indicador.

Cuadro 7
VALORES DEL COEFICIENTE GINI PARA EL TOTAL DEL AREA
DE ESTUDIO Y PARA CADA UNA DE LAS REGIONES

REGION	COEFICIENTE GINI
QUINTA	1,113
METROPOLITANA	1,305
SEXTA	1,972
SEPTIMA	1,752
OCTAVA	1,323
NOVENA	1,528
DECIMA	1,484
TOTAL	1,279

En términos generales, para el total del área de estudio y también en todas las Regiones, los valores del Coeficiente Gini reflejan una alta concentración de la ocurrencia, por la proximidad de todos ellos a 1,0, que expresa la máxima concentración teórica de la ocurrencia. Este resultado viene a corroborar lo expuesto en el punto anterior, referido al análisis de la distribución espacial de la densidad de incendios forestales.

Se reitera la situación de la V Región por la alta concentración y elevados niveles de ocurrencia. También los resultados de la aplicación del indicador Gini reafirman la condición de la Región Metropolitana y de la VIII Región como zonas críticas en el sentido que la mayoría de los incendios forestales se localizan en unos pocos sectores.

No obstante, las menores concentraciones espaciales se comprueban en las Regiones VI y VII, que anteriormente se señalaron con un nivel medio de densidad de incendios forestales. Esto lleva a concluir que no existiría una asociación absolutamente

clara entre los niveles de densidad de incendios forestales y el grado de concentración de la ocurrencia misma, que se comprueba con el cálculo del respectivo coeficiente de correlación ($r = 0,756$ para 6 grados de libertad, que corresponde a un nivel de significación de 0,05).

Efectos de la Densidad Poblacional en la Distribución Espacial de la Ocurrencia.

En países como Chile, donde prácticamente la única causa de los incendios forestales es la actividad humana, es lógico suponer la estrecha relación que debe existir entre la ocurrencia y la densidad poblacional. En el presente estudio se pretendió comprobar esa hipótesis, y un resultado resumido de ello puede observarse en el Cuadro 8.

Cuadro 8

RELACIONES ENTRE LA DENSIDAD POBLACIONAL Y LA OCURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES. QUINQUENIO 1984-88

DENSIDAD POBLACIONAL (Hab/km ²)	DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES (Inc. Año/10.000 ha)							TOTAL
	REGIONES							
	V	RM	VI	VII	VIII	IX	X	
> 5	---	---	0,83	---	0,06	0,12	0,15	0,104
6 - 10	0,18	0,42	0,46	0,34	0,55	0,58	0,41	0,429
11 - 15	---	0,70	1,02	1,16	0,69	1,84	0,96	1,132
16 - 20	0,89	1,70	0,79	1,43	2,26	3,22	0,82	1,640
21 - 25	4,61	1,26	1,72	1,59	3,35	2,36	0,91	2,293
26 - 30	0,02	0,02	2,75	2,40	3,56	3,30	2,38	2,864
31 - 50	0,34	0,79	2,46	1,70	4,71	3,81	3,03	2,926
51 - 100	3,07	3,87	3,57	---	7,56	3,68	3,77	4,409
101 - 300	16,91	0,95	1,55	7,12	12,61	9,22	---	9,680
> 300	88,44	14,50	---	---	21,40	---	---	28,146
CORREL (r)	0,365	0,823	0,595	0,619	0,263	0,370	0,437	0,424
GRADOS LIB.	23	24	29	43	70	55	78	286
NIVEL SIGNIF.	0,1	0,001	0,001	0,001	0,05	0,01	0,001	0,01

Los antecedentes expuestos comprueban la hipótesis de la existencia de una muy alta asociación entre la densidad poblacional y la densidad de incendios forestales, tanto para el total del área de estudio como para cada una de las Regiones comprendidas en ella.

No obstante, al comparar los niveles de significación del coeficiente de correlación entre los valores calculados por Regiones, se observan algunas diferencias interesantes de destacar y discutir.

En efecto, las Regiones con los menores valores promedios de densidad poblacional (VI, VII, IX y X), presentan los niveles más altos de asociación entre las variables analizadas. La excepción se encuentra en la Region Metropolitana, lo que podría explicarse por la existencia, al interior de la ciudad de Santiago, de numerosas áreas verdes que poseen una alta tasa de ocurrencia (Parque Metropolitano, La Reina, Las Condes, etc.).

En cambio, en las Regiones V y VIII, que poseen una alta densidad poblacional promedio, la asociación con la densidad de incendios forestales, siendo también significativa, es la más baja. En este caso, la explicación podría estar dada por la escasa ocurrencia al interior de las ciudades (con la excepción del Cerro Caracol en Concepción), y por el poderoso efecto que constituye el desplazamiento de la población hacia las áreas boscosas localizadas en los alrededores de los centros urbanos y otros lugares distantes de las ciudades mismas.

Efectos del Clima en la Distribución Espacial de la Ocurrencia de Incendios Forestales.

Las condiciones ambientales que prevalecen en el transcurso de la temporada de verano, expresadas por medio del Índice Climático ya descrito en el punto Material y Método, a diferencia de lo observado con la densidad poblacional, no demuestran un grado de asociación tan significativa con la densidad de incendios forestales.

La correlación para el total del área de estudio, aunque presenta un valor inferior al calculado para el caso anterior (Densidad Poblacional / Ocurrencia), refleja también un alto nivel de significación (0,01). Sin embargo, este resultado aparentemente se origina por el efecto de una suerte de compensación al promediar los resultados obtenidos a nivel de Regiones.

Tal como puede comprobarse al analizar el Cuadro 9, existen diferencias importantes entre las Regiones, no sólo entre los niveles de asociación entre el Clima y la Ocurrencia, sino que también en la distribución de los valores según los rangos del Factor Climático considerados.

Cuadro 9
RELACIONES ENTRE EL CLIMA Y LA OCURRENCIA DE
INCENDIOS FORESTALES. QUINQUENIO 1983-88

FACTOR CLIMA	DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES (Inc. Año/10.000 ha)							TOTAL
	REGIONES							
	V	RM	VI	VII	VIII	IX	X	
1 - 10	---	---	---	---	---	---	0,50	0,50
11 - 20	---	---	---	---	0,03	0,30	1,51	1,22
21 - 30	---	---	---	---	0,03	1,49	1,42	1,21
31 - 40	---	0,13	---	0,03	3,34	3,22	---	3,19
41 - 50	---	---	0,49	0,41	7,24	4,89	---	4,12
51 - 60	4,18	0,50	1,13	1,74	4,52	5,02	---	3,30
61 - 70	15,74	1,29	2,57	1,67	2,10	---	---	4,14
71 - 80	0,83	10,61	---	7,12	---	---	---	6,60
CORREL (r)	0,187	0,351	0,525	0,371	0,182	0,483	0,122	0,184
GRADOS LIB.	23	24	29	43	70	55	78	286
NIVEL SIGNIF.	0,15	0,05	0,01	0,02	0,15	0,001	0,20	0,01

Incluso, a excepción de la Región IX, en todos los casos la correlación es de una clara menor significación que la calculada en los respectivos análisis de asociación entre la Densidad Poblacional y la Ocurrencia.

Si se comparan los valores de correlación calculados para las regiones, expuestos en los Cuadros 8 y 9, podrá observarse que, en general, a mayor grado de asociación de la ocurrencia de incendios forestales con la densidad poblacional, corresponde un menor nivel de significación con el Clima, y viceversa. Esta situación, que no se refleja claramente en las Regiones V y VIII, estaría señalando que los factores estudiados provocan un efecto diferente y de peso variable en la iniciación de incendios.

Efecto Combinado en la Densidad Poblacional y el Clima en la Distribución Espacial de la Ocurrencia de Incendios Forestales.

Anteriormente, al comparar separadamente los niveles de asociación de la densidad poblacional y del clima con la distribución espacial de la ocurrencia, se observó el diferente efecto que provocan estas variables, lo que es claramente explicable por la distinta naturaleza del fenómeno que ellas representan.

Sin embargo, al analizar el efecto combinado de éstas mismas variables se comprueba que es acumulativa la influencia que ellas ejercen en la ocurrencia, tanto para cada una de las Regiones, como para el total del área de estudio.

Cuadro 10
RELACION COMBINADA DENSIDAD POBLACIONAL/CLIMA Y LA
DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA OCURRENCIA DE INCENDIOS
FORESTALES. QUINQUENIO 1984-88

REGION	CORREL. (r)	GRADOS LIBERTAD	NIVEL SIGNIFIC.	RECTA DE REGRESION (*)
V	0,195	22	0,050	$Y = 73,75 + 0,044 \times 1 - 1,00 \times 2$
RM	0,681	23	0,001	$Y = -3,07 + 0,008 \times 1 + 0,059 \times 2$
VI	0,431	28	0,001	$Y = -3,009 + 0,016 \times 1 + 0,068 \times 2$
VII	0,423	42	0,001	$Y = -1,49 + 0,028 \times 1 + 0,037 \times 2$
VIII	0,100	69	0,010	$Y = -3,84 + 0,028 \times 1 + 0,173 \times 2$
IX	0,296	54	0,001	$Y = -2,34 + 0,036 \times 1 + 0,120 \times 2$
X	0,192	77	0,001	$Y = 0,337 + 0,055 \times 1 + 0,0065 \times 2$
TOTAL	0,189	286	0,001	$Y = 0,736 + 0,014 \times 1 + 0,037 \times 2$

(*) Y - Densidad de Incendios Forestales (Nº Inc./Año/10.000 ha).

X1 - Densidad Poblacional (Nº Hab./Km²).

X2 - Factor Clima (Escala 1 a 100).

Los antecedentes expuestos revelan, para la mayoría de los casos una asociación con un extremadamente elevado nivel de significación (0,001). Sólo se escapan a esta tendencia la VIII Región, que también posee un alto grado de asociación (nivel de 0,01), y la V Región que, aunque igualmente observa una correlación significativa (nivel 0,05), su valor es inferior.

Distribución Cronológica de la Ocurrencia de Incendios Forestales.

Chile es un país notable en cuanto a la neta definición de la temporada de ocurrencia de incendios forestales, debido a la presencia, en todo su territorio, de un verano seco con temperaturas muy altas y un invierno que concentra las precipitaciones con temperaturas bajas. Esta condición no es frecuente en la mayoría de las zonas del planeta.

La temporada de incendios forestales, entendiéndose por tal al período del año que presenta una ocurrencia que justifica económicamente la operación de sistemas de combate (Brown and Davis, 1973), presenta una extensión que fluctúa entre 3 y 7 meses,

dependiendo de la latitud y, en consecuencia, de la duración de la estación seca.

No obstante, al analizar un lapso de 6 meses (noviembre a abril, inclusive), durante cinco temporadas (1984 a 1988), se observa un comportamiento de la curva de ocurrencia que difiere al comparar las diferentes Regiones consideradas en el estudio (Cuadro 11).

La distribución cronológica de la ocurrencia, expresada en el Cuadro 11 por medio de la cantidad total de incendios forestales registrados en cinco temporadas y clasificados en períodos de un tercio mensual de extensión, revelan una tendencia general que se asemeja a la de una curva normal.

Cuadro 11
DISTRIBUCION CRONOLOGICA DE LA OCURRENCIA DE INCENDIOS
FORESTALES POR REGIONES Y PARA EL TOTAL DEL
AREA DE ESTUDIO. QUINQUENIO 1984-88

PERIODO DE LA TEMPORADA	REGIONES (Total de Incendios Forestales)							Total Area de Estudio
	V	RM	VI	VII	VIII	IX	X	
NOVIEMBRE								
01 - 10	64	18	1	7	52	0	2	144
11 - 20	163	111	7	24	129	7	2	443
21 - 30	210	192	12	47	190	23	49	723
DICIEMBRE								
01 - 10	432	279	55	67	277	67	56	1233
11 - 20	537	294	48	81	389	142	124	1615
21 - 31	595	228	66	125	480	261	218	1973
ENERO								
01 - 10	674	285	92	159	680	336	356	2582
11 - 20	559	291	121	169	606	336	375	2467
21 - 31	549	239	165	190	809	400	325	2677
FEBRERO								
01 - 10	372	231	110	168	898	395	280	2454
11 - 19	242	127	88	151	581	368	278	1835
20 - 29	359	160	94	131	608	271	171	1794
MARZO								
01 - 10	187	129	90	102	766	592	167	2033
11 - 20	175	121	66	89	588	282	148	1469
21 - 31	221	95	79	109	367	148	25	1044
ABRIL								
01 - 10	149	74	69	56	227	88	0	663
11 - 20	147	47	55	31	49	9	0	338
21 - 30	101	41	30	17	38	4	0	231
TOTAL	5736	2962	1248	1723	7724	3729	2576	25698
(%)	98,2	99,8	99,8	99,1	99,6	99,9	99,3	99,7

Es indudable que esta tendencia es producto del efecto regulador que provocan los factores climáticos, que a fines de primavera comienzan a apreciarse cada día con una mayor intensidad, llegando a un período de máxima sequía y temperatura en la mitad de la temporada, para luego decrecer paulatinamente con la aproximación del otoño.

En la Figura 3 se puede apreciar gráficamente el comportamiento de la ocurrencia en el transcurso de la temporada, expresada ahora en términos del número promedio de incendios diarios producidos. Allí es fácil observar que, para el total del área de estudio, la normalidad de la tendencia es más clara que en las curvas de las respectivas Regiones comprendidas en ella. Sin embargo, esta curva está afectada levemente por un segundo período de máxima ocurrencia, que se presenta en el primer tercio de marzo y que corresponde a la época que en mayor grado se aplican quemas controladas para la eliminación de desechos en la preparación de terrenos destinados a cultivos agrícolas y a la forestación o reforestación.

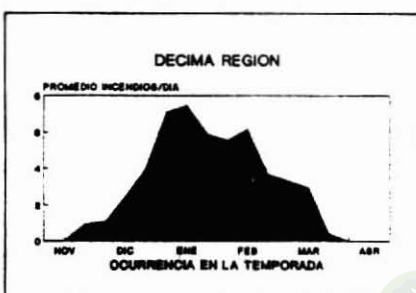
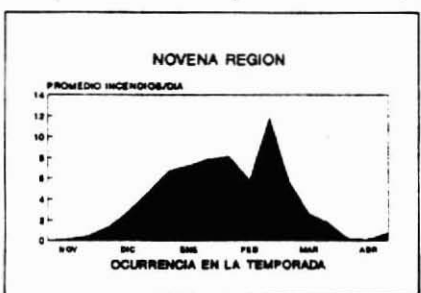
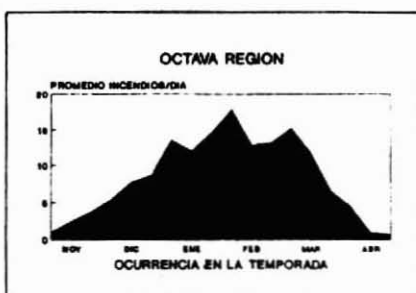
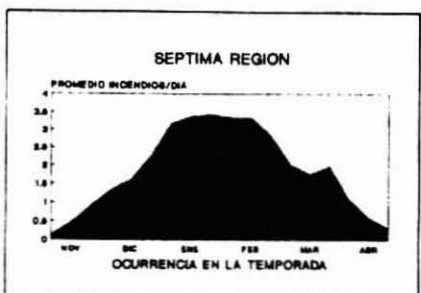
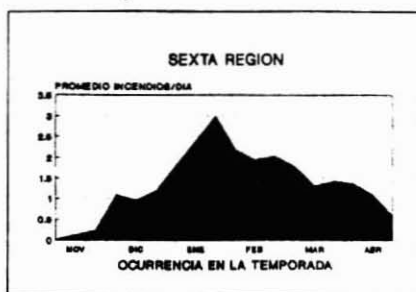
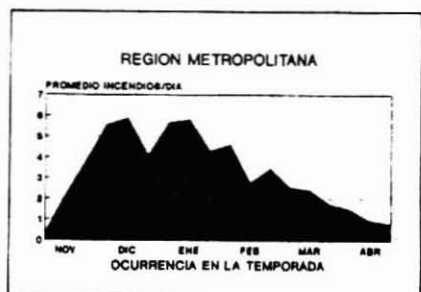
Al analizar separadamente las curvas de la ocurrencia por Regiones, se observa que el segundo período de máxima ocurrencia se va presentando en una forma más notoria hacia el sur del área de estudio, donde la actividad forestal es mayor. La excepción la constituye la V Región, lo que es explicable por la existencia de una importante superficie de plantaciones en su zona costera.

Igualmente, el momento de máxima ocurrencia no se presenta en el mismo período en todas las Regiones. Se puede comprobar que el lapso con la mayor cantidad de incendios se va atrasando a medida que se recorren las Regiones de norte a sur. En efecto, en las Regiones V y Metropolitana, ello se verifica entre mediados de diciembre y mediados de enero; en cambio, en la VI y VII ocurren en el tercer tercio de enero, en la VIII a comienzos de febrero y en la IX a comienzos de marzo. Es indudables que este fenómeno puede estar dado por el inicio del período de sequía, que es más temprano en el norte.

Otro aspecto interesante a destacar en el comportamiento de la ocurrencia son las características del comienzo y término de la temporada de incendios forestales. Al observar las curvas expuestas en la Figura 3, puede comprobarse que en las Regiones del norte, el comienzo de la temporada es violento, en cuanto al incremento del número de incendios diarios que se producen y, al mismo tiempo, una vez pasado el lapso de máxima ocurrencia, esta tasa va decreciendo suavemente. En cambio, en las regiones del sur la tendencia se manifiesta justamente de una manera inversa, con un inicio muy suave o paulatino, pero con lapso demasiado corto entre el momento de máxima ocurrencia y el término mismo de la temporada.

También, el fenómeno recién descrito, puede ser explicado por el efecto regulador del clima en la ocurrencia, porque en el norte ya en la primavera comienzan a sentirse

Figura 3
DISTRIBUCION CRONOLOGICA DE LA OCURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN EL TOTAL DEL AREA DE ESTUDIO Y POR REGIONES QUINQUENIO 1984-88



los efectos del período seco y cuando las temperaturas suben la tasa de incendios se incrementa aceleradamente. Ello no ocurre en el sur, porque por lo general la primavera es lluviosa, y el efecto de la temporada seca es gradual.

Respecto al término de la temporada de ocurrencia, en el norte la tasa desciende lentamente porque la sequía se prolonga en el otoño. En cambio, en el sur, las lluvias aparecen regularmente en forma anticipada, a comienzos de otoño, lo que provoca el cese repentino de inicio de incendios forestales.

También se ha considerado de interés analizar el grado de concentración de la ocurrencia de incendios forestales en el transcurso de la temporada. Para tal propósito se aplicó el Coeficiente de Gini, cuyos resultados se exponen en el Cuadro 12.

Cuadro 12

GRADO DE CONCENTRACION DE LA DISTRIBUCION CRONOLOGICA DE LA OCURRENCIA, SEGUN EL COEFICIENTE DE GINI, PARA EL TOTAL DEL AREA DE ESTUDIO Y POR REGIONES (1984-88)

REGION	COEFICIENTE GINI
QUINTA	1,738
METROPOLITANA	3,076
SEXTA	2,913
SEPTIMA	2,869
OCTAVA	2,665
NOVENA	2,035
DECIMA	1,829
TOTAL	2,817

De estos resultados se puede comprobar que el máximo de la concentración de la ocurrencia, es decir, la mayor cantidad de incendios forestales en el lapso de menor extensión, se observa en las regiones V y X. En la primera de ellas, aunque la ocurrencia se presenta en forma significativa en todo el período de 6 meses estudiado, sólo en 60 días (diciembre y enero), se produce alrededor del 58% de ella. Esta situación puede atribuirse al efecto del clima marítimo en la zona costera, que provoca un descenso de la temperatura y un aumento de la humedad relativa antes de que termine el verano propiamente tal.

En cambio, en la X Región, la alta concentración de la ocurrencia se debe a la menor extensión de la temporada, debido a la presencia de precipitaciones inmedia-

tamente antes y después del verano.

Por el contrario, las menores concentraciones de la ocurrencia se observan en las Regiones Metropolitana y Sexta, que están afectadas por un clima mediterráneo, con un período más prolongado de altas temperaturas y sequía.

CONCLUSIONES

Los resultados del análisis de la ocurrencia de incendios forestales en el área de estudio (Quinta a Décima Regiones, inclusives) y por un período de 10 años (temporadas 1978 / 79 a 1987 / 88), permiten expresar las siguientes conclusiones principales:

a) La densidad de incendios forestales, cuyo promedio general se estimó en 2,76 incendios ocurridos anualmente y por cada 10.000 ha, podría ser considerada como de un nivel medio, en comparación con la registrada en otros países que poseen estadísticas confiables.

b) Sin embargo, al comparar los valores de densidad de incendios entre las diferentes Regiones del país, se observan diferencias significativas, que varían desde la Quinta Región que posee un nivel extremo (9,911 incendios por año y por 10.000 ha) hasta la Décima Región, cuyo nivel puede ser calificado como bajo (1,145 incendios por año y por 10.000 ha).

c) En general, los valores más altos de la densidad de incendios forestales tienden a presentarse básicamente en unos pocos núcleos, que se caracterizan por una elevada tasa de acurrencia, entre los cuales cabe destacar a las zonas costeras de las provincias de Valparaíso, Concepción y Arauco, y los alrededores de las ciudades de Santiago, Chillán, Los Angeles y Puerto Montt. Debe señalarse, al respecto, que en alrededor del 7% del área de estudio se concentra sobre el 50% de los incendios forestales registrados.

d) La distribución espacial de los incendios forestales fué evaluada por medio del Coeficiente de Gini, a través del cual se volvió a comprobar, para el total del área de estudio, una significativa concentración de la ocurrencia, avalada por el valor calculado de 1,279. En el análisis de las Regiones, los mayores niveles de concentración se presentaron en las Regiones Quinta, Metropolitana y Octava, que observaron coeficientes de 1,113, 1,305 y 1,323, respectivamente. Por el contrario, aunque también con elevados niveles de concentración de la ocurrencia, los valores más bajos del coeficiente correspondieron a los de las Regiones Sexta y Séptima (1,972 y 1,752, respectivamente).

e) Se comprobó un estrecha asociación entre la densidad poblacional y la densidad de incendios forestales, tanto para el total de área de estudio como para cada una de las

Regiones comprendidas en ella. No obstante, al comparar los valores de las Regiones, se observaron diferencias importantes en los valores del coeficiente de correlación.

f) Llama la atención que las Regiones con las menores densidades poblacionales (Sexta, Séptima, Novena y Décima) son justamente las que presentan los niveles más altos de asociación con la densidad de incendios. La excepción está constituida por la Región Metropolitana, lo que podría atribuirse a la presencia de diversas zonas de elevada ocurrencia al interior mismo de la ciudad de Santiago.

g) Contrariamente a lo recién expuesto, las regiones Quinta y Octava, que poseen elevadas densidades poblacionales, presentan, aunque también significativos, los niveles más bajos de correlación con la densidad de incendios forestales. En éste caso, la explicación podría atribuirse a la generalmente escasa ocurrencia registrada al interior de las ciudades mismas, y por el poderoso efecto que constituye el desplazamiento de la población hacia las áreas boscosas localizadas en los alrededores de los centros urbanos y otros sectores más distantes.

h) Respecto a la influencia del clima, también se constató para el total del área de estudio una correlación significativa de éste factor con la densidad de incendios forestales. Sin embargo, los niveles de asociación son menores que los encontrados en el análisis del efecto de la densidad poblacional.

i) En el análisis del efecto del clima por Regiones, se comprobó en todos los casos una correlación significativa con la densidad de incendios forestales, aunque se reiteraron niveles más bajos de asociación que los observados en las respectivas evaluaciones efectuadas con la densidad poblacional. Solamente en la Novena Región se determinó un efecto más importante del clima en la ocurrencia.

j) Es interesante destacar que los efectos de los factores densidad poblacional y clima, aunque son claramente de una muy diferente naturaleza, son acumulativos. Esto se comprobó al analizarlos en forma combinada respecto a la asociación con la densidad de incendios forestales, por cuanto se obtuvieron los niveles más elevados de correlación. Tanto para el total del área de estudio como para las Regiones, el grado de significación fué del orden de 0,001. Sólo escapan a esta tendencia las regiones Quinta y Octava, que observaron niveles de 0,05 y 0,01, respectivamente, lo que representa indudablemente un alto nivel de asociación.

k) En cuanto al comportamiento de la ocurrencia en el transcurso de la temporada, basado en el promedio de un período de cinco años, se determinó que la tendencia de la curva para el total del área de estudio, expresada en el promedio del número de incendios diarios, se asemeja a la normalidad, con un período máximo crítico que se extiende entre mediados de diciembre y mediados de enero. Sin embargo, esta curva está afectada levemente por

un segundo período de máxima ocurrencia en el primer tercio de marzo, el que se atribuye al efecto de la época en la cual se efectúa un mayor uso del fuego en la preparación de terrenos para cultivos agrícolas y forestales.

l) En el análisis por Regiones, se observó que este segundo período crítico de ocurrencia se va presentando en una forma más notoria hacia el sur del área de estudio, justamente en donde la actividad forestal es de mayor dimensión e intensidad. La excepción la constituye la Quinta Región, lo que es explicable por la existencia de una importante superficie de plantaciones en su zona costera.

m) También se comprobó que el período de máxima ocurrencia se va atrasando en la medida que se recorren las Regiones de norte a sur, observándose que en la Quinta Región se presenta a mediados de diciembre, luego, en las regiones Sexta y Séptima en el tercer tercio de enero, en la Octava a mediados de febrero y, en la Novena, a comienzos de marzo. La explicación de éste fenómeno puede estar dada por el inicio del período de sequía, que es más temprano en el norte.

n) Por otra parte, el comienzo de la temporada es considerablemente más violento en las Regiones del norte que en las del sur, en lo que respecta al incremento del número de incendios diarios que se producen, lo que también puede atribuirse al efecto regulador del clima, porque en el norte los efectos de la sequía ya comienzan a sentirse a fines de la primavera, y cuando las temperaturas suben, la tasa de incendios se incrementa aceleradamente.

ñ) Contrariamente a lo expuesto precedentemente, el término de la temporada es más paulatino en las Regiones del norte, porque la sequía puede prolongarse hasta mediados o fines de otoño. En cambio, en las regiones del sur, el término abrupto a la ocurrencia se explica por el más temprano inicio del período de lluvias, que frecuentemente se presenta a comienzos del otoño, incluso a fines del verano.

o) Finalmente, el grado de concentración de la ocurrencia en el transcurso de la temporada fué también evaluado a través del Coeficiente de Gini, determinándose un alto nivel para el total del área de estudio y para todas las regiones, aunque de menor significación que los valores calculados en el análisis de la distribución espacial.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Almeyda y Saez, F. 1958 Recopilación de datos climáticos de Chile y Mapas Sinópticos Respectivos. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. 125 p.

Brown, A. A., Davis, K. P. 1873 Forest fire control and use. Mc Graw Hill, N. York. 686 p.

Corporación Nacional Forestal 1989 Registros de incendios forestales. Sistema Estadísticos de Manejo del Fuego - Temporada 1978 / 79 a 1987 / 88.

De Camino, R. 1976 Determinación de la homogeneidad de rodales. Bosque. Fac. Cs. Forestales, U. Austral de Chile. Valdivia. Vol. 1 (2) 110:115.

Gini, C. 1936 Li base scientifiche della politica della popolazione. Catania, Italia. 80 p.

Instituto Geográfico Militar 1988 Atlas geográfico de Chile para la educación . Publicación IGM, Santiago. 138 p.

Julio, G. 1985 Análisis del manejo del fuego en Chile y la necesidad de investigar en la materia. In: Simposio Pinus radiata - Investigación en Chile. U. Austral, Valdivia. Tomo I 305 - 324.

Julio, G. 1989 Índice de ocurrencia de incendios forestales. U. Austral de Chile, Fac. Cs. Forestales, Valdivia. Serie Técnica, Inf. Convenio 166. 38 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 1982 Statistiques des incendies de forêt. Bull. du Bois pour Europe, Vol. 34, Supl. 10. Génova, Suiza. 24 p.

Simnard. A. 1975 Wildland fire occurrence in Canada, Canadian Forestry Service, Ottawa 12 p.