

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Silvicultura

DETERMINACION DE LA HUMEDAD DE EXTINCION EN
COMBUSTIBLE MUERTO FINO DE *Pinus radiata* D.Don Y

Eucalyptus globulus Labill



MAURICIO EUGENIO LEONIDAS JEREZ VEJAR

CONCEPCION - CHILE
1999

DETERMINACION DE LA HUMEDAD DE EXTINCION EN COMBUSTIBLE
 MUERTO FINO DE *Pinus radiata* D.Don Y *Eucalyptus globulus*
 Labill

Profesor Asesor

 Eduardo Peña Fernández
 Profesor Asistente.
 Ingeniero Forestal M. Sc.

Profesor Asesor

 Miguel Espinosa Bancalari
 Profesor Titular.
 Ingeniero Forestal Ph. D.

Director Departamento
 Silvicultura

 Manuel Sánchez Olate
 Profesor Asistente.
 Ingeniero Forestal Dr.

Decano Facultad de
 Ciencias Forestales

 Fernando Drake Aranda
 Profesor Asociado.
 Ingeniero Forestal

Calificación de la memoria de título:

Eduardo Peña Fernández : noventa y dos puntos.
 Miguel Espinosa Bancalari : noventa y dos puntos.

*A mi querida y por siempre
recordada Abuela*



INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION.....	1
II METODOLOGIA.....	6
2.1 Area de ensayo.....	6
2.2 Materiales.....	6
2.3 Método.....	6
Diseño experimental.....	6
Unidad experimental.....	7
Preparación de muestras.....	7
Ejecución de las quemas.....	8
2.4 Variables a medir.....	8
Eficiencia de quema.....	8
Tiempo de quema.....	9
Humedad de extinción.....	9
2.5 Análisis de datos.....	9
III RESULTADOS Y DISCUSION.....	10
IV CONCLUSIONES.....	17
V RESUMEN.....	18
VI SUMMARY.....	19
VII BIBLIOGRAFIA.....	20
VIII APENDICE.....	22
IX ANEXO.....	24

INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
<u>En el texto</u>		
1	Valores promedio de EQ a los diferentes CH aplicados al combustible de pino y eucalipto....	11
2	Valores promedio de TQ a los diferentes CH aplicados al combustible de pino y eucalipto....	14
<u>En el Apéndice</u>		
1A	Aplicación de tratamientos de quema en combustible de pino y eucalipto.....	22
2A	Análisis de varianza para la variable EQ en combustible de pino y eucalipto.....	22
3A	Análisis de regresión para la variable EQ en combustible de pino y eucalipto.....	22
4A	Análisis de varianza para la variable TQ en combustible de pino y eucalipto.....	23

En el Anexo

1B	Uso del fuego como causa de incendios forestales en la Octava Región durante la temporada 97/98..	24
2B	Clasificación de combustibles forestales según tamaño.....	25
3B	Condiciones meteorológicas registradas en el día y a la hora que se realizaron las quemas.....	25



INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
<u>En el texto</u>		
1	Componentes y dimensiones de la parcela de quema	7
2	Relación entre la EQ promedio y el CH en combustible de pino y eucalipto.....	12
3	Relación entre el TQ promedio y el CH en combustible de pino y eucalipto.....	15



I INTRODUCCION

En Chile, el fuego se ha utilizado principalmente en habilitar nuevas tierras para la agricultura, ganadería, eliminar desechos y preparar el sitio para plantación. La vegetación natural y su rebrote se han considerado como un impedimento para el desarrollo económico de la actividad forestal; el resultado ha sido la destrucción de grandes superficies boscosas de buena calidad y una intensa erosión facilitada por la pérdida de la materia orgánica (Peña 1996). En la actualidad, el uso del fuego se encuentra legalmente regulado por el Decreto Supremo N°276 del Ministerio de Agricultura de 1980, el cual establece normas técnicas permanentes sobre el uso racional del fuego en terrenos agrícolas, ganaderos y de aptitud preferentemente forestal, en la forma de quema controlada.

Las plantaciones forestales cubren una superficie de 2.118.836 ha, de las cuales un 83% corresponde a la especie *Pinus radiata* D.Don y un 14% a *Eucalyptus globulus* Labill (CONAF 1998). El cultivo de estas especies se caracteriza por generar una gran cantidad de desechos, especialmente en las faenas de cosecha, por lo que la ejecución de un programa de establecimiento de plantaciones forestales requiere, frecuentemente, habilitar el sitio seleccionado removiendo o eliminando el material leñoso que pudiese representar un obstáculo a las faenas de plantación y al posterior desarrollo del rodal. En estas condiciones, la aplicación del fuego en la forma de quema prescrita contribuye eficientemente a la eliminación del material combustible.

Pyne (1984), define quema prescrita como cualquier fuego que alcanza objetivos de manejo. A su vez, la quema prescrita se divide en quema bajo dosel y quema de desechos, siendo esta última modalidad conocida en Chile como quema controlada.

La aplicación de las quemas controladas es motivo de una constante polémica, especialmente por el riesgo que involucra en la ocurrencia de incendios forestales y por los efectos ecológicos que se provocan en los sectores tratados. Durante la temporada 97/98 las quemas legales e ilegales fueron responsables de un 2,4% de los incendios forestales ocurridos en la Octava Región, lo que representa un 0,9% de la superficie total afectada (Tabla 1B). Esto indica que los potenciales efectos negativos del fuego sobre el suelo son los principales elementos en contra de la aplicación dirigida del fuego en el manejo de la vegetación.

Peña (1996), señala que los efectos del fuego sobre las propiedades físicas y químicas y los microorganismos del suelo mineral dependen principalmente de la cantidad de energía calórica generada en la combustión que es transferida a los horizontes superficiales del suelo. Menciona los siguientes factores como los más importantes en determinar la cantidad de energía calórica transferida hacia el suelo mineral: carga y tamaño de combustible, contenido de humedad del combustible (CH), contenido de humedad de la materia orgánica, contenido de humedad del suelo y conductividad térmica del suelo.

Para planificar y ejecutar una quema es indispensable saber como afectan al fuego separada y combinadamente todos los elementos del clima: temperatura, humedad relativa, viento y precipitación, además de la topografía y condición del combustible. De todos estos factores, el CH es el más crítico para el desarrollo de la quema (Lundsford y Wade 1990; Miller 1999; Peña 1996; Pozo 1985; Pyne 1984).

Peña (1998), define combustible forestal como todo aquel material vegetal que se encuentra disponible en terrenos forestales y que bajo ciertas condiciones de energía calórica y disponibilidad de oxígeno es capaz de alcanzar la ignición y combustión. Algunas de las propiedades más importantes de los combustibles forestales son sus propiedades físicas, la calidad y la condición.

Las propiedades físicas como carga, tamaño, distribución, compacticidad y continuidad, son extremadamente variables según el tipo de combustible, rigiendo el comportamiento del fuego en un sitio dado, al actuar de manera significativa sobre la probabilidad de ignición, velocidad de propagación e intensidad calórica.

La calidad del combustible representa el potencial de ignición e inflamabilidad de los combustibles forestales y depende de factores tales como composición química, poder calorífico y densidad de los tejidos vegetales. Mientras que la condición se define como la susceptibilidad del combustible a la ignición e inflamabilidad y se relaciona con el CH y temperatura de este. El CH es el factor más importante en determinar cuánto del total de combustible

estará disponible para quemarse, y finalmente, cuánto será consumido (Miller 1999).

La humedad de extinción de un combustible forestal (HE) es definida como el contenido de humedad al cual el fuego no se propaga, siendo dependiente de características del combustible, tales como, tamaño, carga, arreglo y composición química (Albini 1976 citado por Miller 1999; FAO 1986; The National Wildfire Coordinating Group 1981). Bajo condiciones de quema favorables, la HE tiene un escaso efecto en el comportamiento del fuego, pero cuando las condiciones son adversas, puede causar cambios significativos en el comportamiento del fuego (Rothermel 1983 citado por Miller 1999).

La HE es una herramienta que ayuda a regular el tipo y cantidad de combustible que será consumido durante la acción del fuego. Teniendo especial importancia en los combustibles ligeros, los cuales determinan la tasa de ignición y de propagación del fuego durante la ejecución de una quema prescrita.

Esta condición del combustible forestal ha sido estudiada en los Estados Unidos tanto en combustibles vivos como en muertos. Sin embargo, en Chile se desconocen antecedentes sobre la HE en combustibles forestales.

En consideración a lo anteriormente señalado, el objetivo de este estudio fue determinar la HE del combustible muerto fino de pino y eucalipto. Para lo cual se planteó los siguientes objetivos específicos: determinar la eficiencia

de quema y el tiempo de quema a distintos contenidos de humedad.



II METODOLOGIA

2.1 Area de ensayo.

El sector elegido para la realización de los ensayos se ubicó en el predio La Cantera y El Guindo propiedad de la Universidad de Concepción, el cual se localiza en la Octava Región, Provincia de Concepción, Comuna de Concepción.

Los ensayos de quema se realizaron en terreno plano, sobre suelo descubierto de vegetación.

2.2 Materiales.

Se utilizó combustible muerto de pino y eucalipto perteneciente a la categoría de tamaño 1 (Tabla 2B), el que se obtuvo a través de la selección aleatoria de dos individuos desde rodales de 13 y 10 años de edad respectivamente, ambos ubicados en el predio La Cantera y El Guindo. Los árboles seleccionados fueron derribados y desramados en el mes de enero de 1999. El material se mantuvo en terreno durante un mes. A continuación se procedió a recolectar, desde los árboles señalados, el combustible fino a utilizar en los tratamientos de quema.

2.3 Método.

Diseño experimental. El experimento se desarrolló utilizando un Diseño Aleatorio Simple, con tres repeticiones para cada tratamiento. Los tratamientos fueron los contenidos de humedad considerados dentro del rango 12-30%, en intervalos de dos por ciento, a los cuales se realizaron las quemas.

Unidad experimental. La unidad experimental la constituyó una parcela de quema de 50 * 30 cm. Cada parcela se subdividió transversalmente en su eje principal, en dos secciones cada una de 25 cm de longitud.

La primera sección contenía combustible fino seco destinado a iniciar y mantener la combustión, el que se recolectó desde la litera de los rodales antes señalados. La segunda, contenía los diferentes tratamientos considerados. En ambas secciones el combustible se distribuyó homogéneamente sobre el suelo y con similar compactación.

Las dimensiones y componentes de la unidad experimental se detallan en la Figura 1.



Figura 1. Componentes y dimensiones de la parcela de quema.

Preparación de las muestras. En la sección 1, el combustible fue secado en horno a 105°C hasta peso constante. En seguida se obtuvieron muestras de 100 g de combustible seco, las que fueron almacenadas en bolsas plásticas herméticas hasta el día en que se efectuaron la

quemadas.

En la sección 2, el combustible fue secado a 105°C hasta peso constante. A continuación, se obtuvieron muestras de 100 g de combustible seco las que fueron humedecidas hasta alcanzar los contenidos de humedad considerados dentro del rango 12-30%. Finalmente, las muestras fueron depositadas en bolsas plásticas herméticas y refrigeradas a 4°C durante 48 horas. En estas condiciones las muestras estaban listas para aplicar los tratamientos.

Ejecución de las quemadas. Los tratamientos de quema se aplicaron los días 2, 3, 4 y 5 de marzo de 1999 (Tabla 1A). Las quemadas se llevaron a cabo entre las 8 y 10 de la mañana, momento en el que las condiciones meteorológicas tienen un menor efecto sobre el comportamiento del fuego. Además, se registró las condiciones meteorológicas imperantes: velocidad del viento, temperatura atmosférica y humedad relativa (Tabla 3B).

El fuego se aplicó en cada parcela utilizando la técnica de quema frontal.

2.4 Variables a medir.

Eficiencia de quema (EQ). Corresponde al combustible efectivamente quemado en relación al combustible disponible expresado en porcentaje.

Después de ejecutada la quema, el combustible no consumido por el fuego se recogió y llevó a hornos de secado para posteriormente determinar su peso seco.

La EQ se determinó mediante la siguiente relación:

$$EQ = \left(1 - \frac{PCNC}{PCD} \right) * 100$$

en dónde:

EQ = eficiencia de quema (%)

PCNC = peso seco del combustible no consumido (g)

PCD = peso seco del combustible disponible (g)

La determinación de pesos, secado y refrigerado de las muestras se realizó en el Laboratorio de Semillas de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.

Tiempo de quema (TQ). Corresponde al tiempo, en minutos, transcurrido desde el encendido hasta la extinción total del fuego en cada parcela.

Humedad de extinción. Corresponde al contenido de humedad, expresado en porcentaje, al cual la eficiencia de quema es igual a cero.

2.5 Análisis de datos.

Las variables respuesta se analizaron estadísticamente según el tipo de experimento y diseño utilizado, a través del análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%. Para la variable EQ, se realizó un análisis de regresión mediante el programa estadístico SYSTAT. Previo a esto, se verificó los supuestos del análisis de regresión.

III RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se entregan los valores promedio obtenidos por tratamiento para la EQ en el combustible de pino y eucalipto. En ambas especies, el análisis de varianza para la EQ determinó que las diferencias entre los tratamientos son significativas con un nivel de confianza del 95% (Tabla 2A).

Inicialmente, el combustible de pino y eucalipto con bajo CH alcanza elevados valores de EQ, llegando a un máximo de 93,1% y 69,1%, para luego disminuir a medida que aumenta el CH hasta alcanzar valores mínimos de 11,1% y 10,5%, respectivamente (Tabla 1). Esto concuerda con lo señalado por Miller (1999) y Pyne (1984) en términos de que en combustibles con bajo CH se demanda una menor cantidad de energía calórica para evaporar el agua presente en el material combustible, facilitando el precalentamiento y como resultado la ignición de las nuevas partículas de combustible.

A medida que aumenta el CH, la EQ decrece como consecuencia de una reducción en la cantidad de energía liberada por el fuego debido a que el agua, por su alto calor específico, absorbe parte del calor generado durante la combustión, provocando una disminución en el calor disponible para precalentar las partículas de combustible, impidiendo que estas alcancen la temperatura de ignición (Pyne 1984).

Tabla 1. Valores promedio de EQ a los diferentes CH aplicados al combustible de pino y eucalipto.

Tratamiento	CH (%)	EQ (%)	
		Pino	Eucalipto
1	12	89,8	69,1
2	14	93,1	63,9
3	16	55,5	37,2
4	18	69,8	39,8
5	20	51,3	20,1
6	22	38,8	19,0
7	24	36,5	10,5
8	26	27,7	15,4
9	28	25,6	15,1
10	30	11,1	13,5

Brumm (1970) citado por Pozo (1985), señala que el CH afecta negativamente el proceso de combustión al diluirse el vapor de agua en el oxígeno que rodea a la partícula de combustible. En situaciones de combustibles con alto CH, la presión de vapor de agua tiende a nivelarse con la presión atmosférica, de forma que gran cantidad de oxígeno es excluido de sectores adyacentes a éstos.

El combustible de pino presentó, en general, mayor EQ que el de eucalipto en los tratamientos de quema aplicados. Esto se debe a la composición química de las acículas de pino, las que presentan una mayor cantidad de compuestos tales como terpenos, ceras, resinas y otros, que favorecen la ignición y propagación del fuego (Pyne 1984).

En general, en ambas especies, para todos los tratamientos,

la EQ disminuye a medida que aumenta el CH. Sin embargo, en el combustible con un CH del 30% la combustión continúa, lo que implica que el material aún no ha alcanzado la HE (Figura 2).

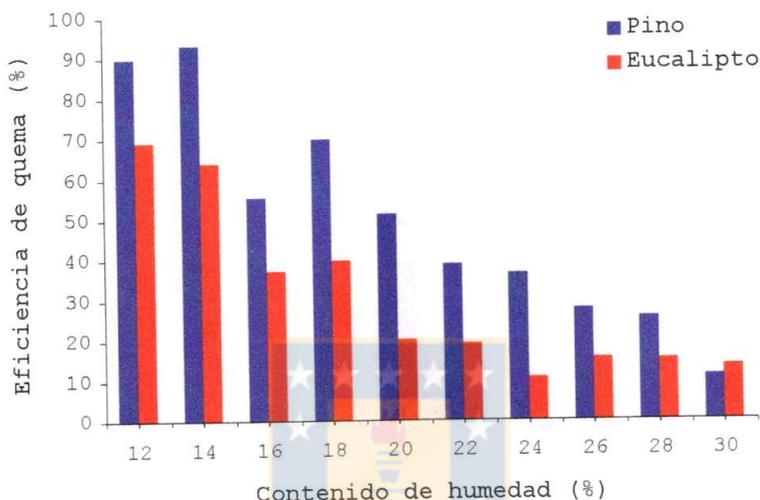


Figura 2. Relación entre la EQ promedio y el CH en combustible de pino y eucalipto.

Los resultados obtenidos difieren con lo señalado por Albini (1976) citado por Miller (1999) y The National Wildfire Coordinating Group (1981) quienes mencionan una HE del combustible muerto fino entre un 12% y un 30%. Esto tendría explicación en la calidad del material combustible empleado en los tratamientos. Al no verse aún afectadas las partículas de combustible por los procesos naturales de descomposición, estas conservan sus compuestos químicos que facilitan la ignición y propagación del fuego (Pyne 1984).

Norum (1992) citado por Miller (1999), afirma que estos

compuestos generan durante la combustión gases volátiles que permiten la combustión del material, no obstante este presente un alto CH. Los compuestos químicos de mayor importancia en el comportamiento del fuego son los terpenos, los que tienen un punto de ebullición menor al del agua, permitiendo que se liberen gases volátiles inflamables durante la combustión (Pyne 1984).

Sin embargo, como lo señalan los resultados, tanto el combustible de pino como el de eucalipto no alcanzan la HE. Para lograr este objetivo fue necesario estimar la HE a partir de un modelo de regresión.

El análisis de regresión determinó que el mejor modelo para el comportamiento de la variable EQ, tanto en el combustible de pino como en el de eucalipto, fue $EQ=a+b*CH^c$ (Tabla 3A). La HE estimada para el combustible de pino fue de un 34%, mientras que para el combustible de eucalipto alcanzó a un 30,5%.

En la Tabla 2 se entregan los valores promedio obtenidos por tratamiento para el TQ en el combustible de pino y eucalipto. El análisis de varianza para el TQ determinó que las diferencias son significativas con un nivel de confianza del 95% (Tabla 4A).

Tabla 2. Valores promedio de TQ a los diferentes CH aplicados al combustible de pino y eucalipto.

Tratamiento	CH (%)	TQ (minutos)	
		Pino	Eucalipto
1	12	19,5	9,1
2	14	20,3	6,6
3	16	12,2	9,9
4	18	18,9	6,6
5	20	13,4	10,0
6	22	13,9	5,9
7	24	10,0	5,1
8	26	10,9	6,2
9	28	13,6	3,4
10	30	9,9	3,3

Los resultados de las mediciones del TQ confirman el efecto negativo del CH sobre el proceso de combustión. En general, tanto en el combustible de pino como en el de eucalipto, el TQ disminuye a medida que aumenta el CH. Esto significa que al disminuir la EQ el tiempo requerido para quemar el combustible también disminuirá. De la misma manera, al presentar el combustible de pino mayor EQ que el de eucalipto, también alcanza mayor TQ en todos los tratamientos de quema aplicados (Figura 3).

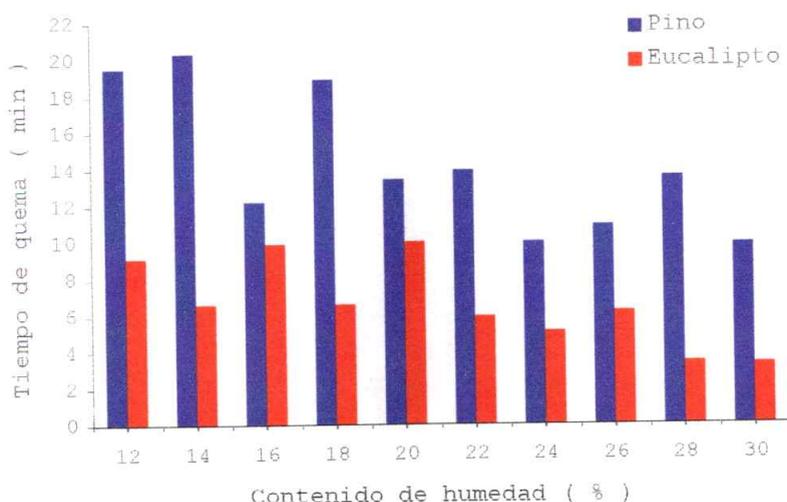


Figura 3. Relación entre el TQ promedio y el CH en combustible de pino y eucalipto.

Cuando el combustible fino presenta un CH inferior a su HE, el fuego actuará sobre él y sobre los combustibles de mayor tamaño, pero cuando el combustible fino presenta un CH superior a su HE, el fuego sólo se propagará sobre los combustibles medianos y gruesos, puesto que estos tienen una HE superior a la de los combustibles finos (Pyne 1984). Como consecuencia, la tasa de ignición y la velocidad de propagación del fuego disminuirán.

Brumm (1970) citado por Pozo (1985), señala que, generalmente, la velocidad de propagación del fuego es mayor en aquellos combustibles compuestos por partículas pequeñas, que en aquellos compuestos por partículas de mayor tamaño. Esto se debería a que una variación en la superficie expuesta a la fuente calórica en un tipo de combustible dado, implicará cambios en los tiempos de

evaporación del CH de ese combustible, y por lo tanto de la energía necesaria para inflamarlo.



IV CONCLUSIONES

- El contenido de humedad afecta negativamente la eficiencia de quema del combustible muerto fino de *P. radiata* y *E. globulus*.
- El combustible muerto fino de *P. radiata* logra mayor eficiencia de quema que el de *E. globulus*.
- El contenido de humedad afecta negativamente el proceso de combustión disminuyendo el tiempo de quema del combustible muerto fino de *P. radiata* y *E. globulus*.
- La humedad de extinción estimada para el combustible muerto fino de *P. radiata* es de 34%.
- La humedad de extinción estimada para el combustible muerto fino de *E. globulus* es de 30,5%.
- El combustible muerto fino de *P. radiata* alcanza mayor tiempo de quema que el de *E. globulus*.

V RESUMEN

Para determinar la humedad de extinción en combustible muerto fino de *P. radiata* y *E. globulus*, se realizó un ensayo con un diseño completamente aleatorio, donde el factor considerado correspondió al contenido de humedad del material combustible. Los tratamientos aplicados fueron los contenidos de humedad considerados en el rango 12-30%, en intervalos de dos por ciento.

La unidad experimental la constituyó una parcela de quema de 50*30 cm, cada parcela se subdividió en dos secciones de igual longitud. La primera sección contenía combustible seco destinado a iniciar y mantener la combustión; la segunda, contenía los diferentes tratamientos considerados. Una vez ejecutada la quema se recolectó el combustible no consumido por el fuego, se secó en horno y se determinó la eficiencia de quema.

Como resultado se obtuvo que la eficiencia de quema disminuye a medida que aumenta el contenido de humedad. No obstante, no se alcanzó la humedad de extinción cuando se utilizó combustible con un contenido de humedad del 30%, por lo cual la humedad de extinción se estimó a partir de un modelo de regresión. La humedad de extinción estimada para el combustible de pino fue de un 34%, mientras que para el combustible de eucalipto alcanzó a un 30,5%.

VI SUMMARY

To determine the extinction moisture in the fine dead fuel of *P. radiata* and *E. globulus*, an trial using a complete randomized design was realized, where the factor considered corresponded to the moisture content applied to fuel material. The treatments applied were the moisture contents considered in the range 12-30%, in intervals of two percent.

The experimental unit was a 50*30 cm plot, each plot was subdivided in two sections of equal length. The first section contained dry fuel destined to begin and maintain the combustion; the second contained the different treatments applied. Once executed the burns the fuel not consumed by the fire, was collected and dried in oven to determine the burn efficiency.

The results show that the burn efficiency diminish according as the moisture content increase. Nevertheless, the extinction moisture was not reached with the maximum moisture content applied (30%). Because of that, the extinction moisture was estimated with a regresion model which determined that extinction moisture of fine fuel is 34% and 30,5% for radiata pine and eucalyptus spp. respectively.

VII BIBLIOGRAFIA

Corporación Nacional Forestal. 1998. Informe final, Temporada 1997/1998 Región del Bío Bío. Documento de trabajo N° 288. Unidad de gestión manejo del fuego, CONAF. Concepción, Chile. 104 pp.

Corporación Nacional Forestal. 1998. Estadísticas forestales. <http://www.conaf.cl/estadist.html>.

Departamento Física de la Atmósfera y del Océano. 1999. Libro de observaciones meteorológicas. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento Física de la Atmósfera y del Océano. Concepción, Chile. 52 pp.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1986. Wildland fire management terminology. FAO. Rome, Italy. 257 pp.

Lundsford, J. y Wade, D. 1990. La quema como medio de ordenación forestal: el uso de quemas controladas en el sur de los Estados Unidos. *Unasyuva* 41:162.

Miller, M. 1999. Chapter II: Fire behavior and characteristics. <http://fire.r9.fws.gov/ifcc/monitor/Guide/fire%20behavior.htm>.

- Peña, E.** 1996. Resumen de algunos aspectos en quema prescrita. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento Silvicultura. Concepción, Chile. 25 pp.
- Peña, E.** 1998. Combustibles forestales. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento Silvicultura. Concepción, Chile. 13 pp.
- Pozo, J.** 1985. Determinación y clasificación de combustibles forestales en la IV Región, basado en el comportamiento del fuego. Tesis de grado. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 159 pp.
- Pyne, S.** 1984. Introduction to wildland fire: Fire management in the United States. Wiley Interscience. New York, United States. 455 pp.
- The National Wildfire Coordinating Group.** 1981. Fire behavior S-390: Unit V fuel moisture. The National Wildfire Coordinating Group. Montana, United States. 27 pp.

VIII APENDICE

TABLA 1A. Aplicación de tratamientos de quema en combustible de pino y eucalipto.

Día	Martes 2	Miércoles 3	Jueves 4	Viernes 5
Especie	pino	pino	eucalipto	eucalipto
Tratamientos	T1, T2, T3 T4, T5	T6, T7, T8 T9, T10	T1, T2, T3 T4, T5	T6, T7, T8 T9, T10

TABLA 2A. Análisis de varianza para la variable EQ en combustible de pino y eucalipto.

Variable	Especie	F calculado	Diferencias significativas
EQ	pino	15,609	*
	eucalipto	29,455	*

F tabulado al 0,05% = 2,393

* = diferencia significativa al 95%

TABLA 3A. Análisis de regresión para la variable EQ en combustible de pino y eucalipto.

Especie	Modelo	R ² ajustado	EEE	EEE (%)
pino	EQ = a+b*CH	0,802	12,804	25,647
	EQ = a+b*CH ^C	0,809	12,606	25,250
eucalipto	EQ = a+b*CH	0,738	11,166	36,768
	EQ = a+b*CH ^C	0,804	9,666	31,823

TABLA 4A. Análisis de varianza para la variable TQ en combustible de pino y eucalipto.

Variable	Especie	F calculado	Diferencias significativas
TQ	pino	23,308	*
	eucalipto	53,341	*

F tabulado al 0,05% = 2,393

* = diferencia significativa al 95%



IX ANEXO

TABLA 1B. Uso del fuego como causa de incendios forestales en la Octava Región durante la temporada 97/98.

Causas	N°	%	Superficie (ha)	%
FAENAS FORESTALES				
Quemas desechos explotación, legal	3	0,40	8,30	0,18
Quemas desechos explotación, ilegal	7	0,93	9,95	0,21
Quema habilitar terreno plant., legal	2	0,27	0,60	0,01
Quema habilitar terreno plant., ilegal	6	0,80	23,85	0,50
Explotación maderera	5	0,66	78,90	1,67
Manejo forestal	1	0,13	63,00	1,33
Extracción de otros productos	3	0,40	20,20	0,43
Otras	2	0,27	1,02	0,02
Sub-total	29	3,85	205,82	4,35
FAENAS AGRICOLAS				
Quema desechos agrícolas, legal	13	1,73	33,29	0,70
Quema desechos agrícolas, ilegal	9	1,20	84,07	1,78
Cosechas	3	0,40	12,27	0,26
Otras quemas	22	2,92	42,63	0,90
Sub-total	47	6,24	172,26	3,64
OTRAS ACTIVIDADES				
Quema de basuras	7	0,93	4,21	0,09
Otras	3	0,40	3,02	0,06
Sub-total	10	1,33	7,23	0,15
TOTAL	86	11,42	385,31	8,15

Fuente : CONAF (1998).

TABLA 2B. Clasificación de combustibles forestales según tamaño.

Categoría	Diámetro (cm)
1. Finos o ligeros	0 - 0,6
2. Regulares	0,6 - 2,5
3. Medianos	2,5 - 7,6
4. Gruesos o pesados	mayor a 7,6

Fuente : Miller (1999).

TABLA 3B. Condiciones meteorológicas registradas en el día y a la hora que se realizaron las quemas.

Día Hora	Martes 2 8:00	Miércoles 3 8:00	Jueves 4 8:00	Viernes 5 8:00
Velocidad del viento (km/h)	22,2	0	0	3,7
Temperatura (°C)	13,2	10,2	14,2	12,2
Humedad relativa (%)	81	90	90	82

Fuente : Departamento Física de la Atmósfera y del Océano (1999).

