

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
Departamento de Silvicultura



CARACTERIZACION DEL COMBUSTIBLE EN LA INTERFASE URBANO  
RURAL, EN LA CIUDAD DE CONCEPCION



SERGIO RODRIGO GUZMAN MONCADA

MEMORIA PARA OPTAR  
AL TITULO DE  
INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION - CHILE

1999

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
Departamento de Silvicultura



CARACTERIZACION DEL COMBUSTIBLE EN LA INTERFASE URBANO  
RURAL, EN LA CIUDAD DE CONCEPCION



SERGIO RODRIGO GUZMAN MONCADA

MEMORIA PARA OPTAR  
AL TITULO DE  
INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION - CHILE

1999

CARACTERIZACION DEL COMBUSTIBLE EN LA INTERFASE  
URBANO - RURAL EN LA CIUDAD DE CONCEPCION  
VIII REGION

Profesor Asesor

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

Profesor Asesor

-----  
Jaime García Sandoval;  
Profesor Asociado;  
Ingeniero Forestal,

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: 87 puntos (ochenta y siete puntos)  
Jaime García Sandoval : 87 puntos (ochenta y siete puntos)

## INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I        INTRODUCCION.....	8
II        METODOLOGIA.....	12
2.1 Materiales.....	12
2.1.1 Areas de estudio.....	12
2.1.2 Caracterización cualitativa de las zonas bajo estudio.....	12
2.2 Método.....	14
2.2.1 Delimitación de las zonas de Interfase.....	14
2.2.2 Obtención del plano.....	15
2.2.3 Forma y superficie de la unidad muestral.....	15
2.2.4 Tamaño de la muestra.....	15
2.2.5 Variables de interés en la caracterización del combustible en zonas de interfase.....	16
2.2.5.1 Carga de combustible.....	16
2.2.5.2 Clasificación por tamaño del combustibles.....	16

	2.2.5.3 Combustibilidad de los materiales.....	17
	2.2.5.4 Contenido de humedad.....	17
	2.3 Proposición de modelamiento de combustible en la interfase urbana.....	18
	2.4 Premuestreo.....	18
III	RESULTADOS Y DISCUSION.....	20
	3.1 Caracterización del combustible.....	20
	3.1.1 Carga de combustible.....	20
	3.1.2 Distribución por tamaño de los combustibles.....	23
	3.1.3 Combustibilidad de los materiales	24
	3.1.4 Contenido de humedad.....	24
	3.2 Proposición complementaria de modelamiento en la interfase urbana.....	25
IV	CONCLUSIONES.....	28
V	RESUMEN.....	29
	SUMMARY.....	30
VI	BIBLIOGRAFIA.....	31
VII	APENDICE.....	33
VIII	ANEXO.....	39

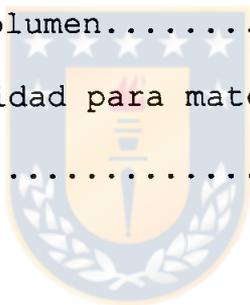
## INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
<u>En el texto</u>		
1	Variabilidad de los combustibles en el premuestreo.....	19
2	Número de U. muestrales a tomar por zona y estrato.....	19
3	Tabla resumen de modelamiento.....	27
<u>En el Apéndice</u>		
1 A	Formulario para la toma de datos de carga de combustible en la interfase urbano - rural.....	34
2 A	Clasificación del combustible rural y porcentajes de incidencia.....	35
3 A	Datos y ajuste de datos para obtener un modelo predictor de la carga anhidra en combustibles rurales.....	35
4 A	Clasificación del combustible urbano.....	37
5 A	Tabla resumen carga de combustible.....	38

En el Anexo

## PAGINA

1 B	Variables que determinan los tipos de incendio.....	40
2 B	Diferencias entre un incendio de características Urbanas y otro Rural.....	41
3 B	Contenido de humedad de algunos combustibles.....	42
4 B	Carga de combustible disponible.....	43
5 B	Algunos valores de la relación área superficial/volumen.....	44
6 B	Tasa de inflamabilidad para materiales comunes.....	45



## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Magnitud de la carga de combustible en zonas de interfase.....	20
2 Distribución de carga de combustible en los estratos urbanos y rurales para las zonas de Lonco y Aguita de la Perdíz.....	21
3 Porcentaje de combustible grueso y fino por zona de interfase rural.....	23
4 Porcentaje de material combustible y no combustibles en las zonas de interfase urbana	24
<u>En el apéndice</u>	
1 A Gráfica del modelo predictor de carga anhídrica, a partir de carga con un contenido de humedad superior al 12%.....	36

## I. INTRODUCCION

La interfase urbana - rural corresponde al "punto donde el combustible que provoca los fuegos incontrolados (incendios) cambia de combustible natural(rural) a uno hecho por el hombre (urbano)" (Lee 1980 citado por Dannenberg 1983). En esta se encuentran recursos materiales de variados orígenes y de un alto valor tanto paisajístico como económico, incluida la presencia de personas, estas características le confieren a la interfase una particular condición en el control y prevención de los siniestros que allí se generen.

Las características de una zona de interfase están dadas principalmente por el tipo y propiedades del combustible presente, siendo este también el factor que determina la dificultad en el control de un incendio. Así, por un lado existen asociaciones vegetales como bosques, arbustos o material celulósico y por el otro las construcciones utilizadas por el hombre más el entorno que hace posible su desarrollo, tal como lo señala Peña (1996) quien sostiene que, "En los últimos años las compañías de bomberos y brigadas de control de incendios se están enfrentando a un tipo de siniestro que es una mezcla del incendio forestal y urbano". Además, se debe tener en cuenta que existe un aumento de residencias en los sectores rurales ya sea para captar la sensación de naturaleza o por razones de tipo socioeconómico, distinguiéndose por consecuencia dos escenarios posibles de acción, uno urbano y otro rural, como lo ratifica Lee (1980) citado por Dannenberg (1983) "el desarrollo de residencias que a menudo ocupan lugares en tierras con una visión panorámica, y abundancia de

vegetación estéticamente agradable, donde las casas están ubicadas muy cerca de la vegetación densa de modo de capturar esa sensación de privacidad y naturaleza". Es en esta combinación de escenarios donde Peña (1996) y Moreno (1997) comprueban la existencia de dos tipos de interfase, determinada por el tipo de construcciones presentes. La primera corresponde a una población marginal, que no tiene otra opción para localizar sus viviendas, y el segundo grupo correspondiente a viviendas de alto costo, presentes en condominios y parcelas de agrado.

En los incendio de interfase urbano - rural se plantea la siguiente problemática: "Para minimizar las pérdidas materiales de recursos humanos y económicos, los hogares comprometidos y las organizaciones de control de incendios, necesitan entender las fuerzas involucradas en un incendio de interfase urbano - rural" (Latham y Anderson, 1991; Chandler et al., 1983), el cual es determinado por el combustible, la topografía y el estado atmosférico (Julio, 1990).

Existiendo la necesidad de estudiar y analizar cuidadosamente el fenómeno, para ser eficaces en el combate de incendios en la interfase junto con dimensionar implicancias sociales y económicas.

En el país, estudios como "Evaluación de la noción de peligro y peligrosidad de incendios forestales en la interfase urbano - rural", "Incendios en la interfase urbano - rural, tierra de nadie" por Moreno (1997) y Peña (1996) respectivamente, reconocen la existencia de dos tipos de interfase dada por el estrato socioeconómico de la

población que ocupa esos lugares y la actitud de estos grupos de personas frente a un incendio, sin embargo, son escasos y otros estudios como "Clasificación de los combustibles forestales", "Uso del fuego en el manejo de recursos forestales", "modelo de combustibles forestales" por Peña (1995), Julio (1990) y (1995) respectivamente, se enmarcan en la investigación por separado de los ambientes que intervienen en incendios de interfase urbano - rural. No existe un estudio integrado que cuantifique o modele las variables que intervienen en los incendios en interfase.

De esta forma el marco general de investigación en zonas de interfase urbano - rural, está dado por un estudio integral de los incendios en estas zonas y el establecimiento de una metodología de trabajo en esta área junto a la posterior generación de modelos predictores que facilitarán el enfrentamiento a dichos fenómenos.

Así, el mayor desafío corresponde al de generar un criterio técnico, que permita delinear la construcción en zonas rurales, estableciendo una labor preventiva en lo que a incendios de interfase se refiere.

Por los antecedentes antes mencionados es necesario la realización de un estudio en este ámbito, para conocer y comprender las fuerzas involucradas en el fenómeno y las variables que en él intervienen, de forma tal que permitan enfrentarlo con una menor incertidumbre.

El presente estudio tiene como objetivo principal la caracterización del combustible en la interfase urbano - rural en dos sectores residenciales, uno ubicado en la

comuna de Concepción y el otro en la comuna de Chiguayante. Además, de generar un complemento a los modelos de combustibles forestales que describan la condición urbana, en zonas de interfase urbano - rural.



## II. METODOLOGIA

### 2.1 Materiales.

Los materiales utilizados se pueden agrupar como directos o indirectos, los primeros corresponden a los utilizados en terreno para la recopilación de la información y los restantes son aquellos que se utilizaron en el procesamiento y análisis de la información.

**2.1.1 Areas de estudio.** Se estudiaron los sectores Agüita de la Perdíz y Lonco, el primero es una quebrada del Cerro Caracol ubicado en la comuna de Concepción y el segundo ubicado en la comuna de Chiguayante. Ambos sectores corresponden a parte del área de estudio utilizada por Moreno (1997), quien los señala como "zonas de prioridad extrema en la protección contra incendios forestales". El presente estudio establece una pequeña variación respecto a los límites urbanos establecidos por el autor antes mencionado (ahora se incluyó solo la primera corrida de casas y no dos corridas de casas perimetrales, como en el estudio anterior), a considerar en el muestreo de los combustibles.

**2.1.2 Caracterización cualitativa de las zonas bajo estudio.** Lonco Urbano: Caracterizado por viviendas de un alto valor económico, residenciales, cuya superficie superan los 150 m<sup>2</sup> edificados, apreciándose una norma de construcción bajo algún tipo de regulación preestablecida. La topografía es irregular asociada a la presencia de cerros, que en muchos casos forman minicuenca en las cuales se establecen las construcciones y pendientes que fluctúan entre un 15 a un 45%.

Lonco Rural: Caracterizado por una variabilidad de asociaciones vegetales entre las que podemos destacar plantaciones de pino (*Pinus radiata* D. don) con manejo básico, plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus labill.*), aramo australiano (*Acacia melanoxilon*), matorral nativo denso y ralo, presentándose desechos de raleo (de pino) en algunas áreas. La topografía es escarpada, con una pendiente entre 50% a 80%, la vegetación predominante es un sotobosque denso compuesto principalmente por eucalipto, aramo australiano. Llama la atención la cercanía que existe entre estas masas vegetales y las viviendas.

Agüita de la Perdíz Urbana: Caracterizada por viviendas de bajo precio comercial, con ausencia de una red de alcantarillado, las viviendas se aglutinan formando grupos, no existe una línea de construcción, mas bien es al azar. Las construcciones ocupan la parte baja y media de los cerros, distribuyéndose las viviendas en las laderas de la cuenca. Una característica importante son las fuertes pendientes que existen en el lugar, que fluctúan entre 80 y 100%.

Agüita de la Perdíz Rural: Esta se caracteriza por la presencia de material de tipo arbustivo, zarza, pastos, rebrote y regeneración de aramo australiano en forma abundante hacia el sector poniente, se puede distinguir la presencia de un cortafuego realizado por Conaf y lugareños en la temporada estival diciembre 1998 - marzo 1999. La presencia de plantaciones de pino de entre 35 a 45 años de edad y eucalipto, colocan al sector urbano en una especie de encajonamiento, en donde las vías de escape son mínimas.

La topografía es sinuosa y con fuertes pendientes (entre 60 a 100%). La ubicación de las viviendas en la cuenca es en la parte media-alta de los cerros que la componen.

## **2.2 Método.**

Corresponde a una aplicación del muestreo aleatorio estratificado descrito por Steel (1988) y Cancino (1995). La aplicación de este método obedeció a la aleatoriedad con que se distribuían los combustibles en la superficie, así como la diferencia de magnitud entre las cargas del estrato rural y urbano de Lonco como de Agüita de la Perdíz respectivamente, manifestada en la descripción cualitativa previamente realizada, y reafirmado por Chandler et al. (1983). Además, cada zona con sus respectivos estratos, fue muestreada como una entidad aislada, ya que la aplicación es de tipo local, y las posibles medidas paliativas contra incendios, si se requiriesen, serán únicas.

La asignación de unidades muestrales, se hizo en forma proporcional a la superficie que comprende cada sector y estratos.

### **2.2.1 Delimitación de las zonas de Interfase.**

La zona se extendió en forma perimetral a los sectores mencionados (Lonco y Agüita de la Perdíz), alcanzando un ancho uniforme de 30 m desde la última corrida de casas hacia el interior de la vegetación. Cuando no existió línea urbana de construcción, el borde urbano estuvo dado por la sección de casas periféricas que pertenecen a un conglomerado. Entendiéndose por conglomerado a una asociación de casas, ubicadas al azar y caracterizadas por su cercanía entre sí.

**2.2.2 Obtención del plano.** Se utilizó como base fotografías aéreas color escala 1:10000 del fundo "La Cantera y el Guindo", a partir de la cuales se generó un plano escala 1:10000 por cada sector, en el se delimitaron las áreas de interfase, tanto las áreas urbanas como rurales. La medición de áreas se realizó con un planímetro polar, realizando un mínimo de 3 mediciones para cada una de las áreas, a partir de las cuales se obtuvo un promedio. Posteriormente estas zonas fueron demarcadas en una ampliación de las fotografías aéreas, que se usó como referencia para la ubicación de las parcelas en terreno.

**2.2.3 Forma y superficie de la unidad muestral.** Tanto en la zona rural como en la urbana se trazaron parcelas cuadradas de 0,25 m<sup>2</sup> (50 x 50 cm).

**2.2.4 Tamaño de la muestra.** Esta se obtuvo a través de un muestreo efectuado en forma aleatoria en los sectores bajo estudio, realizándose 109 unidades muestrales. El propósito de este fue estimar la variabilidad de la población y obtener el número de unidades muestrales a medir en el muestreo final.

El número de unidades muestrales que se realizó en cada sector fue 70 en Lonco y 57 en Aguita de la Perdíz, de las cuales 42 y 31 fueron rurales y las urbanas fueron 28 y 26 para Lonco y Aguita de la Perdíz respectivamente. Lo cual está directamente relacionado con el error deseado, "un error del 20% o menos, son probablemente niveles de precisión adecuados para la mayoría de problemas en combustibles" (Sánchez y Zerecero, 1983). De acuerdo a los objetivos trazados un error de un 20% con una confianza del

95% cumplió con las expectativas previstas, respondiendo además a la alta variabilidad de los combustibles.

### **2.2.5 Variables de interés en la caracterización del combustible en zonas de interfase.**

En cada unidad muestral se determinó la carga de combustible, distribución por tamaños, la combustibilidad y el contenido de humedad.

#### **2.2.5.1 Carga de combustible.**

Se obtuvo pesando en una balanza portátil el material presente en la superficie de la parcela. La carga de combustible se expresó como combustible anhidro en ton/ha, utilizando un ajuste de regresión entre la carga combustible seca y la de terreno, a partir de una submuestra.

Para la carga urbana se observó el tipo de material y proporción volumétrica de cada combustible presente en la unidad muestral. Este volumen, asociado a la densidad del combustible proporcionó la carga urbana por parcela, obteniendo en forma posterior las toneladas métricas de combustible urbano.

#### **2.2.5.2 Clasificación por tamaño del combustible.**

Esta se realizó en los combustibles rurales, estableciéndose dos categorías: combustibles finos, aquellos cuyo diámetro es inferior o igual a 2,5 cm y combustibles gruesos, aquellos cuyo diámetro es superior a 2,5 cm. En la parcela se separó el combustible grueso del fino utilizando un calibrador de diámetros, en forma inmediata este fue pesado en una balanza portátil.

La aplicación de una clasificación por tamaños en el estrato urbano no se realizó, debido a que estos se encuentran formando parte de una estructura mayor y su separación es compleja. No estudiándose en el estudio.

**2.2.5.3 Combustibilidad del material.** Se incluyó esta propiedad como una forma de apreciar el aporte de combustible que realmente puede quemarse, especialmente en las zonas urbanas, lo que se tradujo en la creación de dos categorías: combustible y no combustible, la que se determinó en forma ocular durante el muestreo. Considerando que en los estratos rurales el 100% de los combustibles es susceptible de combustionar.

**2.2.5.4 Contenido de humedad.** El contenido de humedad del combustible urbano se asumió que es de un 12% o similar a la humedad de equilibrio en ambientes cerrados, debido a que el contenido de humedad del mismo, depende en gran medida de las condiciones internas de la casa por sobre las condiciones medio ambientales externas (Chandler et al., 1983). En cambio, en los combustibles de tipo rural este contenido de humedad se calculó, debido a que cambia según las condiciones ambientales del día y estación del año (Lathan Y Anderson, 1991).

Del total de unidades muestrales por sector, se obtuvo una submuestra de 12 unidades muestrales, que incluyó material fino y grueso de la unidad muestral, la cual se llevó al laboratorio usando bolsas de papel para determinar su peso seco, este proceso se realizó colocando la submuestra en un horno a 105 °C hasta alcanzar humedad constante.

Posteriormente se realizó un ajuste de un modelo predictor lineal, entre el combustible con humedad superior al 12% (variable independiente) y el combustible seco (variable dependiente). Tanto el sector Lonco y Aguita de la Perdiz ocupan una misma zona climática, por lo cual el ajuste es válido para ambas situaciones.

El modelo fue:  $Carga\ s/H_2O = a + b*(Carga\ c/H_2O)$  cuyo análisis se detalla en apéndice 3A.

Este ajuste se utilizó para determinar la carga anhidra de combustible, como una forma de hacer comparables los valores de carga obtenidos.

### **2.3 Proposición complementaria de modelamiento de combustibles en la interfase urbana.**

La formulación de la proposición de modelamiento descriptivo en la interfase urbana, se realizó teniendo en cuenta antecedentes de superficie edificada y porcentaje de material combustible, recopilados en el proceso de muestreo y análisis posterior de los estratos urbanos. La cual es un complemento a la realizada por Julio (1995).

### **2.4 Premuestreo.**

A partir de las 109 unidades muestrales se obtuvo los indicadores de variabilidad, desviación estándar y coeficiente de variación.

TABLA 1. Variabilidad de los combustibles en el pre-muestreo.

	Lonco		Agüita de la Perdíz	
	Urbano	Rural	Urbano	Rural
Superficie (ha)	2,485	7,630	1,023	5,900
Media (kg/parc)	11,560	17,220	7,070	2,536
Varianza	20,260	168,361	6,914	2,916
Desv. Estandar	4,501	12,975	2,629	1,708
C. de Variación	39%	75%	37%	67%

Los resultados del pre-muestreo que se muestran en la tabla 1, más el error de muestreo de 20%, se utilizaron para generar el número de unidades muestrales a realizar por cada sector, tanto en el estrato urbano como en el rural, que se presenta en la tabla 2.

TABLA 2. Número de unidades muestrales a tomar por zona (Lonco y Agüita de la Perdíz) y estrato (urbano y rural).

	Lonco		Agüita de la Perdíz	
	Urbano	Rural	Urbano	Rural
Superficie (ha)	2,485	7,630	1,023	5,900
N° de U. Muestrales	14	42	6	31
Total de U. Muestrales	56		37	

### III. RESULTADOS Y DISCUSION.

Los resultados se expresan de acuerdo a las variables estudiadas.

#### 3.1 Caracterización del combustible.

##### 3.1.1 Carga de combustible.

En la figura 1, observamos claramente la diferencia de magnitud en la carga de combustible entre la zona de interfase Lonco la cual alcanzó 610,84 ton/ha y la zona de interfase Agüita de la Perdíz que llegó a 128,13 ton/ha, debido a que las dos zonas pertenecen a interfases diferentes, la carga de combustible que posee cada una de estas expresa su diferente naturaleza, ratificando la diferencia entre las dos interfases manifestada por Peña (1996) y Moreno (1997).

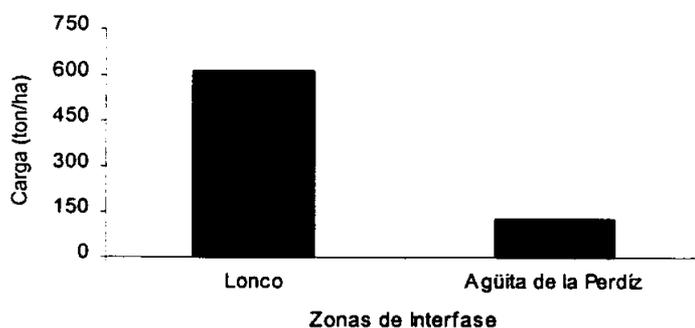


FIGURA 1. Magnitud de la carga de combustible en las zonas de Interfase.

Para los dos sectores estudiados los resultados indican una gran diferencia en la carga rural (FIGURA 2), esto se explica por dos situaciones, una de carácter social y otra de tipo fortuito. En Aguita de la Perdíz el combustible que se encuentra cercano a las viviendas es utilizado por los pobladores del sector como una fuente de energía (leña), en cambio en Lonco la vegetación natural y combustible aledaña no son utilizados por la población. Además, en la temporada estival (enero 1999) la municipalidad de Concepción construyó un cortafuego en algunos sectores perimetrales a la población Aguita de la Perdíz, reduciendo considerablemente el combustible cercano a las viviendas.

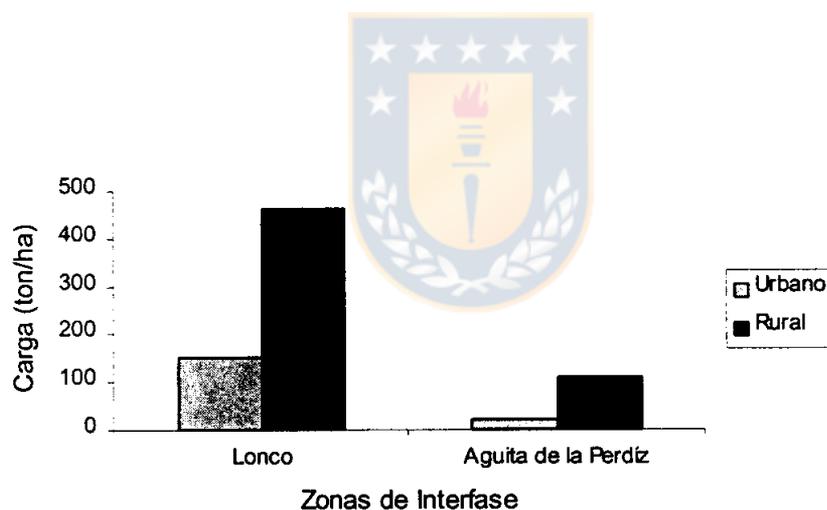


FIGURA 2. Distribución de la carga de combustible en los estratos urbanos y rurales para las zonas de Lonco y Aguita de la Perdíz.

La figura 2 muestra como se distribuyó la carga de combustible en los estratos que conforman cada una de las zonas, es así como ambas presentan los mayores valores en

el estrato rural, alcanzando 460,78 ton/ha en Lonco y 109,19 ton/ha en Agüita de la Perdíz, a diferencia de los estratos urbanos que solo alcanzaron magnitudes de 150,07 y 18,93 ton/ha para Lonco y Agüita de la Perdíz respectivamente. Los resultados del estudio difieren con lo expresado por Chandler et al. (1983), quien describe los cascos urbanos como grandes centros de carga combustible, esto es verdadero, pero teniendo en cuenta donde se obtuvieron estos resultados, que son lugares donde el combustible rural podría estar sujeto a regulación fiscal o particular o son áreas con baja producción de biomasa por hectárea, además el procedimiento de cálculo de combustible no se especifica, pudiendo variar lo que realmente fue cuantificado. Sin embargo, el resultado obtenido obedece a una condición propia de nuestro país, y la gran magnitud de las diferencias se debe principalmente a la presencia de combustible arbóreo y restos de raleo en la periferia de casco urbano del sector Lonco, en cambio en Agüita de la Perdíz la mayoría es de naturaleza arbustiva, sumado a esto, la carga de las estructuras habitacionales urbanas, que están básicamente compuestas por una sola habitación de 6 a 9 m<sup>2</sup>.

### 3.1.2 Distribución por tamaño de los combustibles.

En forma particular, la zona rural de Lonco presenta una distribución en el tamaño de los combustibles que está dominada por los de tipo grueso con un 73,09% del total, en cambio los finos solo llegan a un 26,91%. De esta forma una mayor proporción de combustible grueso en Lonco facilitaría alcanzar una alta intensidad calórica al desarrollarse un incendio.

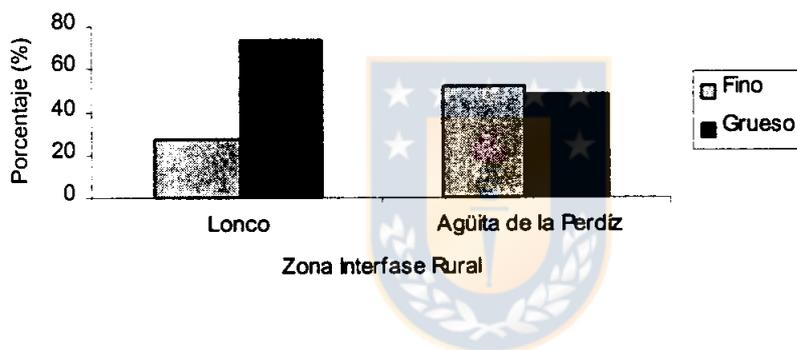


FIGURA 3. Porcentaje de combustible grueso y fino por zona de interfase rural.

De forma distinta es la distribución de los combustibles en el sector Agüita de la Perdiz, ya que los gruesos alcanzan un 47,97% y los finos un 52,03%, observándose una mayor uniformidad en lo que a cantidades se refiere, pero con una susceptibilidad al fuego diferente. Esta última condición obedece a la disminución del combustible por acción comunitaria y por parte de Conaf.

### 3.1.3 Combustibilidad de los materiales.

Considerando los combustibles urbanos y su combustibilidad, la figura 4 muestra que en el sector de Lonco sólo el 13% de la carga total de material es de tipo combustible, en cambio en el sector Agüita de la Perdíz ésta llega al 54,73% de la carga total, es decir, si nos referimos por unidad de estructura, las viviendas de Agüita de la Perdíz poseen una mayor proporción de componentes combustibles que las de Lonco.

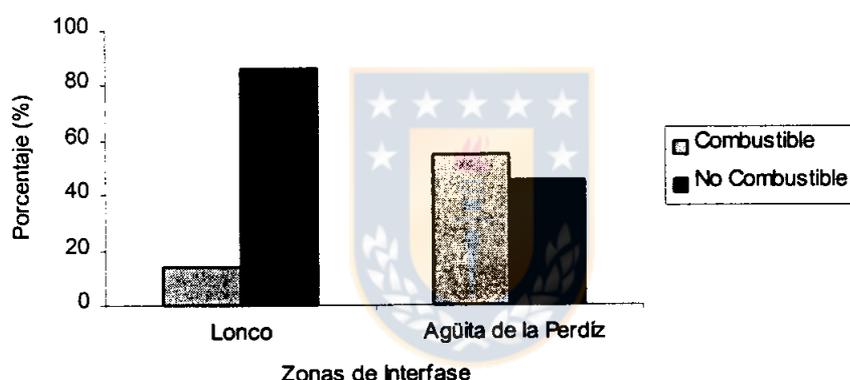


FIGURA 4. Porcentaje de material combustible y no combustibles en la zona de interfase urbana.

**3.2.4 Contenido de humedad.** Se encontró un contenido de humedad promedio de 61,35% (apéndice 3) en base seca para los combustibles rurales en ambas zonas.

Este contenido de humedad está acorde a la estación del año en que se efectuó el muestreo, aunque pudo estar influenciado por la presencia de lluvias previas a la fecha

de efectuado el muestreo (mayo 1999), dentro de un período caracterizado por la ausencia de ellas, esto se apreció principalmente por la falta de lluvias que se arrastra desde junio de 1998 lo cual es un fenómeno atípico para la región.

Esto podría significar que las condiciones de sequía podrían mantenerse por más tiempo lo que se traduce en una pérdida de humedad, que facilitaría la ignición del combustible y la propagación del fuego.

### **3.2 Proposición complementaria de modelamiento en la interfase urbana.**

La propuesta hecha por Julio (1995) satisface la necesidades estrictamente forestales, es por esto que es interesante agregar algunos complementos que expresen la realidad en las zonas de interfase. Así se propone la siguiente zonificación:

**I<sub>1</sub>:** Zona de interfase que corresponde a viviendas, cuya superficie construida es superior a 150 m<sup>2</sup>, cuya composición contiene sobre un 50% de material celulósico o susceptible de combustionar.

**I<sub>2</sub>:** Zona de interfase que corresponde a viviendas cuya superficie construida es superior a 150 m<sup>2</sup>, cuya composición es inferior a un 50% de material celulósico o susceptible de combustionar.

**I<sub>3</sub>:** Zona de interfase que corresponde a viviendas cuya superficie construida es inferior a 150 m<sup>2</sup>, cuya

composición de material celulósico aporta sobre un 70% de la carga total de la vivienda.

**I<sub>4</sub>**: Zona de interfase que corresponde a viviendas cuya superficie construida es inferior a 150 m<sup>2</sup>, cuya composición de material celulósico aporta entre un 40 a 70% de la carga total de la vivienda.

**I<sub>5</sub>**: Zona de interfase que corresponde a viviendas cuya superficie construida es inferior a 150 m<sup>2</sup>, cuya composición de material celulósico aporta menos de un 40% a la carga total de la vivienda.

La proposición tiene el objetivo lograr describir en forma más precisa las zonas de interfase, mediante una nomenclatura que puede agregarse a la propuesta hecha por Julio (1995) en el artículo "Modelación de combustibles forestales".

Su aplicación se define como una herramienta descriptiva y uniformadora de criterios frente a los combustibles urbanos, en zonas interfase, especialmente bajo el supuesto que ocurra un incendio de interfase urbano - rural.

Tabla 4. Tabla resumen de modelamiento.

Nomenclatura	Superficie (m <sup>2</sup> )	Material Celulósico (%)
I <sub>1</sub>	>150	>50
I <sub>2</sub>	>150	<50
I <sub>3</sub>	<150	>70
I <sub>4</sub>	<150	Entre 40 a 70
I <sub>5</sub>	<150	<40



#### IV. CONCLUSIONES

La zona de interfase de Lonco posee una carga potencial de combustible de 610,8 ton/ha, repartidos aproximadamente en 150,0 ton/ha de combustible urbano y de 460,8 ton/ha de combustible rural.

La carga de combustible que alcanzó el sector Agüita de la Perdíz fue de 128,1 ton/ha, repartida en 109,2 ton/ha de combustible urbano y 18,9 ton/ha de combustible rural.

En los sectores estudiados la carga de combustible rural es superior a la urbana, 75% y 85% para Lonco y Agüita de la Perdíz respectivamente.

Las casas ubicadas en Agüita de la Perdíz (Interfase Urbana) presentan una mayor susceptibilidad al fuego que las de Lonco, debido a que poseen una mayor proporción de material combustible en la constitución de su estructura, 54,7% y 13% respectivamente

En la Interfase Rural la zona de Lonco existe un predominio de los combustibles gruesos (73,09%) por sobre los finos (26,91%). En cambio en Agüita de la Perdíz la relación combustible fino versus grueso se equilibra en valores similares (47,97% y 52,03% respectivamente)

## V. RESUMEN.

Se realizó una caracterización del combustible de la Interfase Urbano - Rural en dos sectores residenciales, Lonco ubicado en la comuna de Chiguayante y Aguita de la Perdiz ubicado en la comuna de Concepción, determinándose la carga de combustible, tamaño de los combustibles, combustibilidad de los materiales y contenido de humedad de ellos.

El método de muestreo utilizado fue de tipo aleatorio estratificado con asignación proporcional a la superficie del estrato. En cada unidad muestral se determinó la carga de combustible anhidra en ton/ha y se clasificó el combustible según dos categorías de tamaño y dos de combustibilidad.

Los resultados indican que en ambas interfaces estudiadas, la carga de combustible total es dominada por el combustible rural 75,43% y 85,22% para Lonco y Aguita de la Perdiz respectivamente. Las viviendas de la interfase de Aguita de la Perdiz poseen una mayor proporción de material combustible que el sector de Lonco 54,7% y 13% respectivamente.

## SUMMARY

It was due a characterization of the Urban-Wildland Interface fuel in two residential areas, Lonco located in Chiguayante and Agüita de la Perdíz, located in the province of Concepción. It was determined, for this purpose, the fuel load, fuel size, flammability and their moisture content.

The method of sampling was aleatory, stratified with proportional assignation to the surface area of the stratum. In each sample unit it was determined dry weight fuel load in ton/ha and the fuel was classified in two size class, and two flammability class.

The results show that in both residential areas, the total fuel load is dominated by the rural fuel, 75,43% and 85,22% for "Lonco and Agüita de la Perdíz" respectively. The "Agüita de la Perdíz" houses have a larger proportion of fuel with a high flammability than those from Lonco area, 54,7% and 13% respectively.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Cancino, J. 1995. Métodos de Muestreo Aplicados a Inventarios Forestales, Universidad de Concepción, Chile.
- Dannenberg, M. 1983. Fire Protection in the Wildland/Urban Interface: a Montana Viewpoint, Master of Forestry, University of Montana, USA.
- Chandler C., Cheney P., Thomas F., Trabaud L., Williams D., 1983. Fire at the Urban - Forest Interface, Chapter eight.pp 189 - 206. In Fire in forestry, Vol II, Editorial John Wiley & Sons, USA.
- Julio, G. 1990. Uso del Fuego en el Manejo de Recursos Forestales, Manual, Forestal Millalemu, Chile.
- Julio, G.; Castillo E. Y Reserñera, P. 1995. Modelación de Combustibles, Actas del Taller Internacional, Prognosis y Gestión en Control de Incendios Forestales, Proyecto FONDEF FI-13, Universidad de Chile, Chile.
- Latham y Anderson 1991. Fire Behavior and the Wildland/Urban Interface: The American Experience, Intermountain Fire Sciences Laboratory, Missoula, MT USA.38-44p

- Moreno, M. 1997. Evaluación de la Noción de Peligro y Peligrosidad de los Incendio Forestales en la Interfase Urbano - Rural en la Ciudad de Concepción VIII Región, Memoria de título, Universidad de Concepción, Chile.
- Peña, E. 1995.- Clasificación de los Combustibles Forestales, Apunte de Asignatura Manejo del Fuego, Universidad de Concepción, Chile.
- Peña, E. 1996. Incendio en la Interfase Urbano - Rural, Tierra de Nadie, Revista Chile Forestal 243 :24-26, octubre 1996. Chile.
- Pyne, S. J. 1984. Introduction to Wildland Fire: Fire Management in the United States, John Wiley And Sons, New York, U.S.A., 455p.
- Pérez, V. 1990. Manual de Cálculo de Construcción en Madera: Aplicaciones, Instituto Forestal; Corporación de fomento de la Producción, Chile.
- Sánchez, J. y G. Zerecero, 1983. Método Práctico para Calcular la Cantidad de Combustibles Leñosos y Hojarasca, Centro de Investigaciones del Norte, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Nota Divulgativa N°9, México.
- Steel, R. Y J. Torrie, 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos, Mc Graw-Hill/Interamericana de México, México.



**VII APENDICES**



**APENDICE 2: Clasificación del combustible rural y porcentajes de incidencia.**

TABLA a. Distribución porcentual del combustible rural.

	Lonco		Agüita de la Perdíz	
	Fino	Gruoso	Fino	Gruoso
Carga (ton/ha)	176,666	479,913	51,452	47,437
Porcentual (%)	26,91	73,09	52,03	47,97

**APENDICE 3: Datos y ajuste de datos para obtener una modelo predictor de la carga anhidra en combustibles rurales.**

TABLA a. Datos para ajuste de modelo predictor.

Nº	Sub- Muestra		%	Peso H <sub>2</sub> O gr
	Peso c/H <sub>2</sub> O gr	Peso s/H <sub>2</sub> O gr		
1	234,87	115,58	103,21	119,29
4	298,21	187,44	59,10	110,77
6	482,26	238,14	102,51	244,12
7	246,12	132,58	85,64	113,54
8	216,94	116,62	86,02	100,32
18	397,33	290,99	36,54	106,34
1	397	222	78,83	175
2	720	523	37,67	197
5	1020	808	26,24	212
6	430	332,13	29,47	97,87
7	490	340,4	43,95	149,6
19	230	156,41	47,05	73,59

media	61,35	141,62
varianza	808,062427	2857,79938

Para el modelo  $Carga\ s/H_2O = a + b * (Carga\ c/H_2O)$

TABLA b. Estadística de la regresión para carga anhidra a partir de carga con humedad superior al 12%.

Coefficiente de correlación múltiple	0,983
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,966
R <sup>2</sup> ajustado	0,96
Error típico	39,19
Observaciones	12

TABLA c. Análisis de varianza de la regresión (1).

	Gd. de libertad	S.de cuadrados	Prom de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	432489.3808	432489.3808	281.5916	1.18447E-08
Residuos	10	15358.74606	1535.874606		
Total	11	447848.1268			

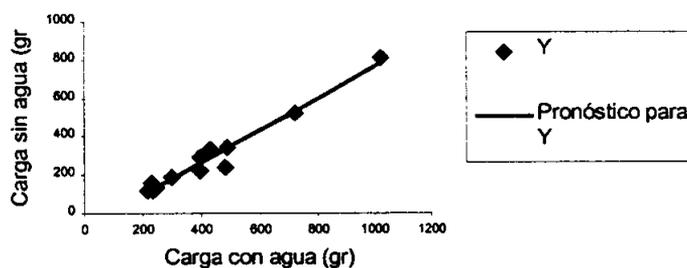


FIGURA 1A. Gráfica del modelo predictor de carga anhidra, a partir de carga con un contenido de humedad superior al 12%.

TABLA e. Intervalos de confianza y prueba de t para los coeficientes de la regresión.

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-72.07841277	24.28962817	-2.967456408	0.014107052	-126.1990864	-17.95773917
Variable X 1	0.838360897	0.049959855	16.78069115	1.18447E-08	0.727043384	0.94967841

Así tenemos que:

$$\text{Carga s/H}_2\text{O} = -72.07841277 + 0.83636069(\text{Carga c/H}_2\text{O})$$

#### APENDICE 4: Clasificación del combustible urbano.

TABLA a. Distribución porcentual de combustibles y no combustibles para el estrato urbano.

	Lonco		Agüita de la Perdiz	
	Combustible	No Combustible.	Combustible	No Combustible.
Carga (Kg/ha)	11,56	71,45	7,07	5,85
Porcentual (%)	13,93	86,07	54,73	45,27

**APENDICE 5: Tabla resumen carga de combustible por zona.**

TABLA 3. Carga de combustible por zona.

	Lonco		Aguita de la Perdiz	
	Urbano	Rural	Urbano	Rural
Superficie (ha)	2,485	7,630	1,023	5,900
Carga (Kg/ha)	15,27		3,20	
Error estándar	1,47		0,27	
Inter. de Confianza	12,34-18,20		2,66-3,75	
Carga (ton/ha)	610,84		128,13	
Carga total (ton/sect)	6178,69		887,02	
Part. Del total (ton)	1517,91	4660,74	131,07	755,95





## Anexo 1

VARIABLES QUE DETERMINAN LOS TIPOS DE INCENDIO

Combustible	Oxigeno	Calor
Contenido de humedad Cantidad Tamaño Ordenamiento Horizontal Vertical	Viento Pendiente Humedad relativa Exposición	Fuente de ignición Luminosidad Causa humana Incendio generado Tasa de avance Longitud de llama Antorchamiento Coronamiento Reconocimiento

Fuente : Chandler et al (1983)



## Anexo 2

### Diferencias entre un incendio de características Urbanas y otro Rural

- 1.- La carga de combustible en construcciones son típicamente mayores que en uno del tipo forestal.
- 2.- La humedad del combustible en las construcciones esta controlada por la humedad relativa interna, no directamente de las fuerzas externas del sol, viento y precipitaciones.
- 3.- La mayor energía radiante en un incendio en construcciones es atrapada en el interior de la construcción; la mayor energía radiante en un incendio forestal escapa al espacio.
- 4.- La mayor energía convectiva provenientes de un incendio, en una construcción, se encuentra acumulada inicialmente en el interior de esta. La mayor energía convectiva de un incendio forestal se diluye a la atmósfera.
- 5.- El acceso de aire fresco al interior de una construcción esta severamente limitado; el acceso de aire fresco al interior de un incendio forestal es virtualmente ilimitado.
- 6.- El combustible en un incendio de construcciones incluyen una variedad de combustibles; los combustibles en un incendio forestal es exclusivamente celulósico.

Fuente: Dannenberg (1983) y Peña (1996).

**Anexo 3**

## Contenido de humedad de algunos combustibles

Combustible	Contenido de Humedad (%)
Hojas tiernas, brotes anuales al principio de la temporada de crecimiento.	300
Hojas en desarrollo, todavía creciendo.	200
Hojas completamente desarrolladas y hojas viejas.	100
Hojas al final del período de crecimiento con decoloración.	50
Tejidos muertos sumergidos en agua o suelo mineral.	200 a 300
Combustible muerto sobre el suelo mineral.	1 a 30

Fuente : The National Wildfire Coordination Grup. S-390  
 "Fire behavior. Unit V, Fuel moisture content. Student work  
 book. U.S.A. 1981. 29p

## Anexo 4

## Carga de combustible disponible

Area	Tipo de combustible	Toneladas/hectárea
Forestal	Pasto y arbustos	5
	Rastrojos pesados	100
Urbana	Máximo	26 tiempo edad en años
	Casas, oficinas, escuelas*	200-500
	Departamentos	400 sin piso
	Tiendas	500-1000
	Industrias y bodegas	300-3000 o más

(\*)Excluyendo archivos, librerías y etc.

Fuente : Chandler et al (1983).



**Anexo 5**

Algunos valores de la relación área superficial / volumen.

Combustible	Metro cuadrado/metro cúbico
1 m3 de madera	6
Ramilla de 13 mm de diámetro	308
Acícula de pino	5600
Pasto	6600

Fuente: Pyne (1984). "Introduction to Wildland Fire".  
U.S.A.



## Anexo 6

Taza de inflamabilidad para materiales comunes.

Material	Taza de inflamación ideal Gr/cm <sup>2</sup> sg x 10 <sup>4</sup>
Benzeno (líquido)	149
Styreno (líquido)	114
Heptano(líquido)	93
Metilmethacrylato (líquido)	76
Espuma de polyuretano rígido	45
Alcohol etílico	40
Polystyreno (sólido)	35
Espuma de polyuretano flexible	32
Alcohol metílico	32
Policarbonato (sólido)	25
Polimetilmethacrylato (sólido)	24
Fibra de vidrio reforzada en polyester	18
Polyoximetileno (sólido)	16
polyetileno (sólido)	14
Polypropileno (sólido)	14
Fenólicos (sólidos)	13
Madera (pino oregón)	13

Fuente : Tewarson y Pion citado por Chandler et al (1983).