



“ASESORIA PARA EL LEVANTAMIENTO Y SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN ASOCIADA A LA OFERTA DE LEÑA Y OTROS ENERGÉTICOS SÓLIDOS DERIVADOS DE LA MADERA DESDE LA REGIÓN DE VALPARAÍSO HASTA LA REGIÓN DE AYSÉN”

---

LICITACIÓN PÚBLICA N° 584105-26-LP14

Para:  
GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARIA DE ENERGÍA



Informe Final

Preparada por CDT

Santiago, 25 de Agosto 2015

## Indice Contenidos

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Objetivo general .....	1
1.2	Objetivos específicos.....	1
1.3	Estructura del documento .....	1
2.	INICIATIVAS Y PROGRAMAS DE APOYO A LA OFERTA DE LEÑA .....	3
2.1	Objetivo, alcance y consideraciones preliminares. ....	3
2.2	Metodología. ....	3
2.2.1	Levantamiento información: línea base y canales de solicitud .....	4
2.2.2	Sistematización de información.....	7
2.3	Resultados .....	12
2.3.1	Organismos informantes .....	12
2.3.2	Descripción y categorización de programas .....	14
2.3.3	Beneficiarios.....	19
2.4	Mapas de Iniciativas públicas .....	23
2.4.1	Antecedentes y acuerdos previos con la contraparte .....	23
2.5	Generación Mapas .....	24
2.6	Guía para la interpretación de los mapas de iniciativas públicas .....	24
2.7	Conclusiones del capítulo .....	25
2.8	Anexos físico del capítulo .....	26
3.	CATASTRO PRODUCTORES Y COMERCIALIZADORES DE LEÑA Y DERIVADOS .....	27
3.1	Objetivo, alcance y consideraciones preliminares del capítulo .....	27
3.2	Metodología .....	27
3.3	Bases de datos productores y comercializadores.....	27
3.3.1	Construcción de base de datos .....	27
3.4	Resultados .....	31
3.4.1	Ficha de registro (estadística descriptiva).....	31
3.5	Generación de Mapas de Catastro de Oferta de Leña y sus derivados .....	34
3.6	Guía para la interpretación de los mapas de oferta .....	35
3.6.1	Infografía que orienta el análisis de información .....	37
3.7	Conclusiones del capítulo .....	40
3.8	Anexos del capítulo.....	40
4.	METODOLOGIA DE ESTIMACIÓN DE OFERTA DE LEÑA SECA .....	41
4.1	Objetivo, alcance y consideraciones preliminares del capítulo .....	41
4.2	Desarrollo metodología cuantificación .....	41
4.2.1	Cuantificación del potencial de venta de leña .....	41
4.3	Modelo de estimación de la humedad y volumen de leña seca .....	42
4.3.1	Conceptos preliminares .....	42
4.3.2	Información previa utilizada para el diseño del modelo que permite estimar el tiempo de secado al aire .....	45
4.3.3	Hipotesis del modelo.....	53

4.3.4	Obtención de los parámetros del modelo.....	54
4.3.5	Resumen final del modelo .....	61
4.3.6	Implementación del modelo .....	63
4.3.7	Datos requeridos para aplicar el modelo.....	66
4.3.8	Estimación del potencial de venta de leña seca unitaria .....	68
4.4	Desarrollo del Piloto .....	69
4.4.1	Descripción general .....	69
4.4.2	Marco muestral.....	69
4.4.3	Instrumento .....	71
4.4.4	Proceso de Levantamiento de Datos .....	72
4.4.5	Validación del modelo .....	73
4.4.6	Estimación de la venta de leña seca en una determinada zona .....	75
4.5	Aplicación del modelo a todas las encuestas realizadas y todas las partidas.....	76
4.6	Mapa clima.....	78
4.6.1	Metodología generación de variables.....	79
4.6.2	Relación de aplicación al modelo .....	83
4.6.3	Resultado Mapa Técnico.....	85
4.6.4	Alcances, limitaciones y conclusiones del capítulo .....	86
4.7	Referencias bibliográficas .....	88
4.8	Anexo del Capítulo.....	89

## Indice Tablas

Tabla 1. Organismos públicos que enviaron listas de beneficiarios .....	6
Tabla 2. Tabla de conversión para agrupar información puntual sobre beneficiarios a nivel comunal .....	9
Tabla 3. Descripción de elementos campos base de datos. ....	10
Tabla 4. Instituciones a las cuales se solicitó información. ....	12
Tabla 5. Variables consideradas por programa .....	13
Tabla 6. Total beneficiarios por programas. ....	20
Tabla 7. Número global de beneficiarios declarados por programas por región .....	21
Tabla 8. Número global de beneficiarios declarados por programa. ....	21
Tabla 9. Detalle de información de localización de beneficiarios por región. ....	23
Tabla 10. Total de comercializadores por región. Elaboración Propia CDT. ....	31
Tabla 11. Total de comercializadores de leña por región. Elaboración Propia CDT. ....	31
Tabla 12. Humedad de equilibrio promedio para algunas zonas de Chile. ....	45
Tabla 13. Resultados del tiempo de secado artificial para Roble y Eucalipto. ....	49
Tabla 14. Tiempo de secado artificial varias especies .....	50
Tabla 15. Resultados se secado para trozos de 1 m de largo .....	53
Tabla 16. Resultados se secado para trozos de 0.33 m de largo, extraído de ref. [5] .....	53
Tabla 17. Tiempo en meses para alcanzar la humedad de 50% y 40% respectivamente a partir de la fecha de tala del árbol. El inicio de las mediciones es en noviembre. ....	54
Tabla 18. Parámetros para la estimación del tiempo de secado para el agua libre. ....	55
Tabla 19. Valores de $F_1$ del modelo. Tamaño de la leña almacenada. ....	57
Tabla 20. Valores de $F_{2p}$ casos de referencia. ....	58
Tabla 21. Valores de $F_{2p}$ para el presente estudio. ....	59
Tabla 22. Valor de $F_3$ para el presente estudio. ....	60
Tabla 23. Valores generales para $T_{sp}$ en la etapa 1 del modelo. ....	61
Tabla 24. Resumen de datos para la aplicación del modelo. ....	63
Tabla 25. Ejemplo de resultados de la aplicación del modelo. ....	63
Tabla 26. Ejemplo de Información requerida por comercializador respecto al tiempo de secado y volumen comprado a productores .....	67
Tabla 27. Tratamientos de secado de leña definidos por CONAMA. ....	67
Tabla 28. Estratos de comercializadores. ....	69
Tabla 29. Distribución de la muestra. Conurbación Rancagua-Machalí. ....	70
Tabla 30. Distribución de la muestra. Conurbación Temuco- Padre las Casas. ....	70
Tabla 31. Resultados de la medición de humedad y de las calculadas mediante el modelo. ....	74
Tabla 32. Valores promedios para todas las leñarías entre la humedad calculada y la humedad medida. ....	75
Tabla 33. Ejemplo de Cálculo de la humedad de la leña vendida en R06 .....	76
Tabla 34. Humedad de la leña a lo largo del año de cada una de las partidas de compra. ....	77
Tabla 35. Resumen de la estimación de la humedad de la leña en base a las encuestas y al modelo de cálculo. ....	78
Tabla 36. Organización de la información recopilada en planillas de cálculo. ....	80
Tabla 37. Grupos de covariables .....	81
Tabla 38. Clase de uso de suelo algoritmo MODIS-derived LAI/fPAR scheme .....	82
Tabla 39. Resumen de variables de clima asociados la modelo .....	84

## Indice Figuras

Figura 1. Esquema metodología solitud de información organismos públicos .....	6
Figura 2. Mapa técnico programas de apoyo a la oferta de leña. Ejemplo Región de los Ríos.....	25
Figura 3. Tipología de vendedores de leña, briqueta, pellets, carbón vegetal, despunte de madera y aserrín/viruta.....	32
Figura 4. Tipo de producto que comercializa.....	32
Figura 5. Tamaño de empresa comercializadoras de leña .....	33
Figura 6. Venta anual total leña comercializadores y productores de leña y sus derivados según región ...	34
Figura 7. Mapa técnico oferta de leña. Ejemplo Comuna de Temuco Región de la Araucanía .....	37
Figura 8. Iconografía generada para mapas infográficos regionales .....	38
Figura 9. Humedad de equilibrio de la madera.....	43
Figura 10. Humedad de equilibrio mensual para varias especies en Concepción.....	44
Figura 11. Resultados para el secado de leña (Roble) cortada en astillas de 33 cm y cubierta. ....	46
Figura 12. Foto del tipo de almacenamiento en trozos de 33 cm, con rieles y cubierta de poliestireno.....	47
Figura 13. Resultados de secado para las trozas interiores y exteriores (Roble). ....	47
Figura 14. Curvas de secado para Puerto Montt (Roble). ....	48
Figura 15. Comparación de curvas de secado artificial.....	49
Figura 16. Curvas de secado en Pillanlelbun .....	52
Figura 17. Curvas de secado en Catripulli .....	52
Figura 18. Relación entre DH y la variación mensual de la humedad de la leña para la etapa 2 de secado. ....	56
Figura 19. Humedad en función del tiempo para el caso del ejemplo. ....	65
Figura 20. Caso hipotético, humedad en función del tiempo para el caso en que el comerciante adelantara en 3 meses la compra de la leña. ....	66
Figura 21 Entrevista al comercializador Erwin Castet de Temuco el 12 de Mayo de 2015 .....	72
Figura 22: Entrevista a Evaldo Contreras de Temuco el 12 de mayo de 2015 .....	73
Figura 23 Distribución espacial en el territorio chileno de las estaciones en las cuales se recopiló información climática de temperatura y precipitación .....	79
Figura 24. Mapas topoclimáticos: a) Temperatura mínima, b) Temperatura máxima, c) Temperatura Media .....	83
Figura 25 Resultado mapa teórico de humedad final de la leña primeros días de Abril para sexta región. .	85
Figura 26. Resultado mapa teórico de humedad de la leña primeros días de Abril para décima región. ....	86

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Objetivo general

Crear un instrumento de gestión actualizable, que permita orientar el desarrollo de políticas de comercialización y producción de energía en base a biomasa.

## 1.2 Objetivos específicos

- a. Elaborar un catastro georreferenciado de proveedores y comercializadores de leña y otros energéticos sólidos derivados de la madera, con énfasis en el mercado no certificado. Desde la región de Valparaíso hasta la Región de Aysén.
- b. Sistematizar programas desarrollados en el sector de la leña y otros energéticos sólidos derivados de la madera, por el sector público y privado.
- c. Generar mapas que permitan orientar el análisis de la información.
- d. Desarrollar una metodología para la cuantificación anual de la producción de leña y otros energéticos sólidos derivados de la madera.

## 1.3 Estructura del documento

El informe final presenta una estructura de desarrollo que detalla cada uno de los objetivos como un capítulo independiente, es decir en cada uno se presenta los objetivos, alcance y consideraciones, revisión de literatura (si corresponde), metodología planteada, resultados, análisis y producto final. El objetivo c, está inserto como visualización de los resultados de los objetivos a y b. El objetivo d se describe en el informe bajo la lógica del proceso de creación del Modelo (más conceptual), la versión más operativa y de aplicación del modelo se presenta en un documento complementario.

De esta manera, el informe cuenta con dos documentos complementarios:

- Documento complementario N1. “Manual de Construcción de Capas Geográficas” que describe de manera detallada la metodología de construcción de los mapas y su actualización.
- Documento complementario N2. “Modelo de Cálculo: Manual y tutorial de uso”, que tiene como objetivo describir de manera aplicada el uso de la herramienta diseñada y simular cálculos a través de dos ejemplos de cálculo.

Finalmente, mencionar que los resultados entregados en versión digital, como archivos independientes al presente informe son:

- Bases de datos programas e iniciativas públicas (Excel) y Metadatos (shapefile).
- Base de datos productores y comercializadores (Excel) y Metadatos (shapefile).
- 187 mapas técnicos generados en pdf: Programas (9) - productores y comercializadores (176) – Modelo de humedad (2). (PDF).
- 10 unidades de material infográfico generado para orientar mejor el análisis de la información (1 nacional y 9 regionales). (PDF y Illustrator)
- Carpeta Documento complementario N1. “Manual de Construcción de Capas Geográficas”. que contiene el documento Manual. (Word y PDF)
- Carpeta Documento complementario N2. “Modelo de Cálculo: Manual y tutorial de uso”, que contiene:
  - Manual del Modelo de Estimación de la humedad de la leña (Word y PDF)

- Tutorial Aplicación práctica del modelo de predicción de humedad de la leña (Power Point y PDF)
- Modelo de Cuantificación (EXCEL)
- Dos ejemplos de cálculo: Temuco y Rancagua (EXCEL)

Al presente acompañan como anexos en versión impresa:

- Anexo 1. Pauta entrevista y lista de chequeo.
- Anexo2. Muestra de comercializadores en la Zona.
- Anexo 3. Mapas técnico iniciativas públicas: escala regional.
- Anexo 4. Mapas Técnico oferta de leña: comuna Temuco y padres las casas.
- Anexo 5. 10 Infográficos
- Anexo 6. Manual de construcción de capas geográficas

## **2. INICIATIVAS Y PROGRAMAS DE APOYO A LA OFERTA DE LEÑA**

### **2.1 Objetivo, alcance y consideraciones preliminares.**

En esta instancia se buscó realizar un levantamiento de la información disponible (fuentes secundarias) relativas a proyectos y programas de apoyo a la oferta de leña, con el fin de sistematizar y poder geolocalizar a los beneficiarios de los mismo y así vincular las iniciativas a la cadena de oferta de leña y sus derivados. Durante el desarrollo de la asesoría, en coordinación con la contraparte técnica, se fue acotando el alcance de este objetivo, la priorización de programas y la visualización de los resultados en los mapas en función, principalmente, de las características de la información entregada por las instituciones responsables.

De manera clara se presenta un punteo comparativo entre los alcances planteados al inicio de la asesoría y los alcances finales a los cuales responde el desarrollo del capítulo.

- El levantamiento correspondía a iniciativas públicas y privadas. Las solicitudes realizadas a las instituciones privadas no fueron respondidas en ningún caso por temas de privacidad de información y resguardo de datos personales. Por lo tanto se trabajó solamente con los datos entregados por las instituciones públicas.
- La metodología de trabajo planteada, consideraba sistematizar la información por (i) institución responsable que implementa el programa y (ii) visualizar a los beneficiarios de manera o individual (coordenas xy). Sin embargo, del análisis de la información entregada los resultados se trabajaron de manera agregada a escala comunal (escala espacial común en la Base de Datos), asignado un número total de beneficiarios a esta escala. Por otra parte se priorizo la visualización de los dos programas más representativos: Recambio de calefactores y Dotación de infraestructura para leña (acopio y/o secado).

### **2.2 Metodología.**

La metodología para geolocalizar iniciativas y programas de apoyo a la oferta de leña inició (i) con un piloto de levantamiento de información vía web, recopilando un total de 32 iniciativas Público-Privadas que se sistematizaron bajo parámetros de: Programa-Datos beneficiario-Geolocalización, el resultado del análisis de información demostró que ninguno contaba con información georreferenciada de las beneficiarios, se entregaba el número global de beneficiarios vinculados a diferentes escalas espaciales. En consecuencia se modificó la metodología de levantamiento a través de (ii) solicitudes directas y solicitudes formales (con código o folio Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública) dirigidas a diferentes instituciones públicas, especificando la necesidad de contar con la dirección o coordenadas de cada beneficiario para poder geolocalizarlo, sin embargo las instituciones se negaron a entregar información particular que permita una identificación o trazabilidad de cada beneficiario por un tema de resguardo de privacidad, en consecuencia se recibió información heterogénea y de poco nivel de detalle espacial. El proceso de solicitud por transparencia duró un periodo aproximado de dos meses y medio hasta la recepción de la información. Posteriormente se generó una base de datos en Excel de iniciativas públicas, que cuenta presenta en cada fila la información del beneficiario: Organización/empresa: Comuna, Región, dirección, Coordenadas, Programa, Categoría de programa, año de programa, Institución que entrega la información, Institución responsable de la implementación del programa. Con los datos sistematizados se realizó un análisis estadístico y se construyó un Excel adaptado para la construcción de mapas que permita la visualización territorial de los resultados (Excel para Shapefile).

A continuación se presenta de manera detallada, cada uno de estos pasos metodológicos.

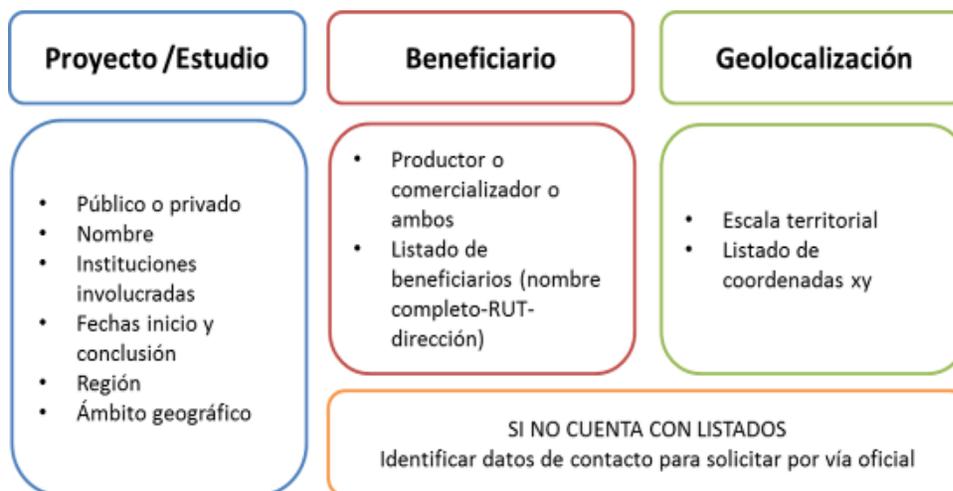
## 2.2.1 Levantamiento información: línea base y canales de solicitud

### 2.2.1.1 Generación de Base de datos con lista de programas

Se realizó el levantamiento de información de programas públicos y privados relacionados a la comercialización y producción de energía en base a leña y sus derivados a través de búsquedas en internet, para un levantamiento inicial más general dentro de Chile. Esto se refirió a proyectos y programas que se hayan realizado en los últimos años y que poseían como beneficiarios a proveedores y comercializadores de leña y/o derivados. En este ítem se consideraron programas que tengan que ver, por ejemplo con capacitación en secado de leña, formación de competencias en comercializadores y emprendedores, programas de articulación del sector, programa de recambio de calefactores, etc.

La metodología planteada para el levantamiento de información consideró, como parámetros iniciales de búsqueda, el origen de la iniciativa tales como páginas web oficiales de las diferentes instituciones (SERCOTEC, INDAP, CORFO, CONAF, GOREs, MINENERGIA, SNLC).

Posteriormente, las iniciativas identificadas se centralizaron y se caracterizaron de acuerdo a información que permitió realizar un primer filtro de los estudios directamente relacionados al objetivo de la presente asesoría. Los criterios considerados para el filtro inicial fueron los detallados a continuación:



La información considerada en esta primera etapa fue:

Objetivos del programa y público objetivo;

- Área de cobertura: se trabajó con puntos y una zona de influencia alrededor de estos (buffer), asociados a los puntos de comercialización informal, y se le atribuyó información de carácter indicativo;
- Tiempo de ejecución y/o implementación (fecha de inicio y previsión de término para los programas o proyectos);
- Información sobre comercialización y producción de energía en base a leña y sus derivados, de preferencia especializada o georreferenciada (coberturas de información geográfica);

- Cobertura: número de personas beneficiarias;
- Para validar esta metodología se realizó un ejercicio piloto de búsqueda y se identificaron un total de 32 proyectos y estudios relacionados a leña (no exclusivos de oferta) pero que indicaban información relacionada a: productores, comercializadores, infraestructura, capacitación técnica, mapas;
- Se aplicó el primer filtro de caracterización y se sistematizaron estas 32 iniciativas. En este caso se pudo concluir que, en casi ninguno de los programas es posible obtener listados de beneficiarios con información que permita su georreferenciación (dirección o coordenadas xy).

Sin embargo, esta instancia permitió identificar los principales organismos involucrados en los programas y dar paso al envío de solicitudes formales. Los organismos se detallan a continuación:

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| • CONAF Araucanía     | • Agrupación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo |
| • CONAF Biobío        | • Consejo Producción Limpia                                |
| • CONAF Los Lagos     | • CORFO Araucanía  |
| • CONAF Los Ríos      | • GORE Aysén   |
| • CONAF Valparaíso    | • INDAP Aysén  |
| • CONAF Metropolitana | • INDAP Los Lagos  |
| • MMA Araucanía       | • INFOR central  |
| • MMA Biobío          | • INFOR Aysén  |
| • MMA O'Higgins       | • INFOR Biobío   |
| • MMA Talca           | • INFOR Valdivia   |
| • MMA Aysén           | • Microdatos   |
| • MMA Los Lagos       | • Sercotec   |
| • MMA Valparaíso      |  |
| • MMA Metropolitana   |  |

De este proceso resultó que algunos organismos e instituciones respondieron con información de número global de beneficiarios a diferentes escalas territoriales, dependiendo del programa. Sin embargo, la gran mayoría derivaron las solicitudes a oficinas a nivel central.

En contacto con las unidades centrales se solicitó que la lista de beneficiarios de programas hagan referencia a beneficiarios de todos los programas que tuvieran relación con la oferta y comercialización de la leña y sus derivados, y no exclusivamente a los especificados en la carta únicamente.

En las solicitudes se señaló que la información de cada beneficiario debía contar con al menos los siguientes requisitos:

- Localización del beneficiario: en forma de coordenadas geográficas, dirección o identificación de comuna.
- Nombre del programa o iniciativa: identificación del programa y el año del cual el individuo o sociedad fue o es beneficiario.

Es importante señalar que algunas de las respuestas fueron negativas en una primera solicitud, debido a las características de la información requerida. En estos casos los organismos argumentaron que no podían entregar datos personales de los beneficiarios tales como el nombre o la dirección, por lo que se realizaron reuniones explicativas del proyecto dejando claro el uso y privacidad de la información.

Sin embargo en acuerdo con los representantes se solicitó nuevamente la información, dando como solución a este problema la no necesidad de contar con el nombre, sino más bien un identificador con fines cuantitativos (ID alfanumérico o numérico) y la no obligatoriedad de localización domiciliaria específica, sino la comuna del beneficiario con fines cartográficos.

Figura 1. Esquema metodología solicitud de información organismos públicos



Fuente: Elaboración Propia, CDT.

Finalmente, la información se obtuvo a través de dos mecanismos principales, (i) por solicitud de transparencia a nivel central, como fue el caso del Ministerio de Medio Ambiente y la CONAF, así como (ii) por contacto directo con algún encargado clave, como fue el caso de INDAP, CPL, CORFO, que a pesar de recibir la solicitud por vía de transparencia, pidieron una reunión preliminar para entender el uso, alcance y manejo de información privada de los beneficiarios.

Por lo mencionado se presenta una tabla resumen de los organismos que enviaron información y las personas de contacto.

Tabla 1. Organismos públicos que enviaron listas de beneficiarios

Mecanismo	Organismo	Contacto	Cargo contacto	Correo
Contacto telefónico/mail	Consejo Producción Limpia	Antonio Opazo Aldunce	Coordinador APL	antonio.opazo@cpl.cl
Solicitud Transparencia	CONAF	Rony Pantoja	Encargado Nacional Unidad Dendroenergía OC	rony.pantoja@conaf.cl
Contacto telefónico/mail	INDAP Aysen	Alejandro Henriquez	Profesional de Apoyo departamento de Gestión Estrategica	ahenriquez@indap.cl
Contacto telefónico/mail	INDAP	Renato Coda		rcoda@indap.cl
Reunión presencial	CONAF RM	Carlos Revanal	Analista	carlos.ravanal@conaf.cl
Solicitud Transparencia	Ministerio del Medio ambiente			
Contacto telefónico/mail	CORFO	Rodolfo Olea Cortés	Ejecutivo subgerencia de planificación	rolea@corfo.cl

Fuete: Elaboración propia, 2015

## **2.2.2 Sistematización de información**

### 2.2.2.1 Recopilación de información recibida.

En esta etapa se revisó la información recibida de las instituciones que respondieron con información y se desestimaron aquellas que no contaban con información solicitada (localización del beneficiario y nombre del programa).

En los casos en que el beneficiario se encontraba asociado a un programa particular pero no a una ubicación de escala comunal como máximo en el nivel de detalle, se mantuvieron en la base de datos pero no fueron considerados para la generación de los mapas.

Los beneficiarios informados por los organismos que no presentaron programas específicos a los cuales poder asociar, se eliminaron de la tabla principal de la base de datos ya que no suponen un insumo para contabilizar beneficiarios según iniciativa o programa. Sin embargo, dada la magnitud de estos datos (364), se optó por generar una nueva hoja de información llamada “Beneficiarios sin programa”, que se encuentra en la BBDD de iniciativas públicas; con el fin de servir como insumo en estudios futuros más generales en los cuales el nombre del programa no sea un factor determinante.

### 2.2.2.2 Generación de tabla de beneficiarios

A partir de la información seleccionada se generó una tabla con los beneficiarios validados en cuanto a fuente de información y características de la información recibida como ya se señaló anteriormente, en esta nueva tabla se detalla información base para el desarrollo del proyecto contenida en los siguientes campos de información:

Información de identificación del beneficiario:

- Nombre: Nombre del beneficiario o elemento identificador entregado por la fuente de información (Numero ID o alfanumérico)
- Organización/Empresa: Nombre de la empresa u organización a la que pertenece o representa el beneficiario, si corresponde.

Información espacial del beneficiario

- Comuna: Nombre de la comuna del beneficiario, esta información se completó para las que no estaban directamente informadas, a través de la localización de la dirección o coordenadas del beneficiario.
- Región: Nombre de la región del beneficiario, esta información se completó para las que no estaban directamente informadas, a través de la comuna del beneficiario.
- Dirección: Es importante destacar que la dirección del beneficiario no se encuentra en un formato estandarizado, dadas las características de la información entregada por los organismos.
- Coordenadas: Latitud y longitud de los beneficiarios que presentaban dicha información.

Información relativa al Programa o iniciativa

- Categoría Programa o iniciativa: Categoría del programa según el análisis realizado en la etapa de procesamiento de la información, descrita en la etapa siguiente.
- Año Programa: Año informado del beneficio y programa o iniciativa.

- Año Agrupado: Periodo de tiempo agrupado de dos años con fines analíticos en la etapa siguiente.
- Fuente: Organismo informante.
- Responsable: Organismo a cargo de la ejecución del programa o iniciativa

#### Información espacial resumen

- Coordenadas: Señala si el beneficiario cuenta con la información mínima para establecer su posición a través de coordenadas geográficas.
- Dirección: Señala si el beneficiario cuenta con la información mínima para establecer su localización a través de dirección informada.
- Comuna: Señala si el beneficiario cuenta con la información mínima para establecer la comuna a la que pertenece a través de uno de los campos anteriores o a través de información directa brindada por la fuente.

#### 2.2.2.3 Procesamiento base de datos beneficiarios programas e iniciativas

En la etapa se analizó la información ya sistematizada para ser factible de generar resultados, las actividades principales fueron las siguientes:

- Análisis y procesamiento de la información: Análisis de beneficios otorgados por cada programa o iniciativa, en los cuales se categorizaron cuatro tipologías de programas, señaladas a continuación:
  - Capacitación-Asesorías: Aquellos programas o iniciativas cuyos beneficios principales consisten en brindar conocimientos y herramientas para sus participantes en forma de capacitaciones o asesorías.
  - Infraestructura: Programas cuyo beneficio principal es o fue algún tipo de infraestructura de apoyo para las labores que sus beneficiarios realizan.
  - Infraestructura y asesorías: Programas cuyos beneficios son apoyo a la infraestructura y a la producción a través de asesorías.
  - Recambio de calefactores: Programa enfocado a efectuar recambio de artefactos a leña de uso residencial por equipos menos contaminantes y de mayor eficiencia térmica.
- Categorización de años en periodos de dos años con fines analíticos.
- Unificación de Temuco y Padre las casas: La información recibida de ambas comunas no permitió diferenciar a cual comuna correspondía específicamente cada beneficiario, solo contenía la información “Temuco y Padre las Casas”. Considerando la importancia de esta conurbación de la región de la Araucanía en términos de oferta de Leña y propósitos de este proyecto, se analizaron y presentaron los resultados de ambas comunas como la conurbación “Temuco y Padre las Casas”, sin embargo en la Base de datos se mantiene identificada la comuna de origen diferenciando “Temuco” y “Temuco y Padre las Casas”.
- Generación de Base de datos espacial para generación de mapas y análisis espacial de la información.

A partir del análisis estadístico de la información procesada en el paso anterior, se generó una tabla de cuenta de beneficiarios según comuna, determinada esta última como unidad mínima cartografiada dadas las características de los datos recibidos por parte de los organismos informantes.

La tabla de cuenta de beneficiarios fue asociada a una capa espacial de formato Shapefile (shp.) en el software ArcGis a través de un campo común (Nombre de comuna), que a su vez corresponde a la entidad representada en la cuenta de beneficiarios descrita anteriormente. Es importante señalar que para poder representar la conurbación “Temuco y Padre las Casas”, la capa espacial fue modificada de igual forma que la base de datos de beneficiarios, uniéndose para este caso ambas entidades poligonales en una sola denominada “Temuco y Padre Las casas”, resultando un único polígono asociado a la base tabular. Además, en esta capa de información fue asignada la metadata, que corresponde a la descripción de los elementos más importantes del archivo, tales como resumen, fuente y propósitos principales.

A continuación se presenta una tabla que describe los criterios bajo los cuales se adecuo la base de datos a los diferentes atributos de la tabla de cuenta asociada al shapefile.

**Tabla 2. Tabla de conversión para agrupar información puntual sobre beneficiarios a nivel comunal**

Categoría en base de datos de beneficiarios de iniciativas públicas	Cantidad de tipos de entrada	Categoría en a la base de datos de beneficiarios por comuna
Comuna	Todas las comunas de Chile*	Código Único territorial (agregado de fuente externa)
		Nombre de las comunas
Programa	10 tipos de programa	Descontaminación del aire, aporte de Organizaciones campesinas en la región de O'Higgins
		Fondo de Conservación, Recuperación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo
		Fondo para la Construcción e Implementación de Centros de Acopio y Secado de Leña
		Implementación del Sistema Nacional de Certificación de Leña
		Misión de Cooperación Público-Privada Producción Limpia, Comercialización y Certificación de Combustibles Sólidos de Origen Vegetal
		Programa de Emprendimientos Locales
		Programa de Recambio de Calefactores
		Programa de transferencia y difusión que permita la adopción de tecnologías asociadas a la producción de leña de alta calidad
		Programa Nacional de Extensión Forestal
		Transferencia Técnica para el Desarrollo Dendroenergético como eje productivo
Categoría de programa	4 tipos de programa	Capacitación-Asesorías
		Infraestructura
		Infraestructura-Asesorías
		Recambio Calefactores

Año del programa	3 categorías	Periodo 2009-2011
		Periodo 2012-2014
		Periodo 2015
Fuente	7 fuentes	Fuente de información fue CONAF
		Fuente de información fue CONAF Los Lagos
		Fuente de información fue Consejo de Producción Limpia
		Fuente de información fue CORFO
		Fuente de información fue INDAP Aysén
		Fuente de información fue MMA
Responsable	9 organismos responsables	Responsable es o fue Bosque Nativo junto a MMA y CONAF
		Responsable es o fue CONAF
		Responsable es o fue CORFO
		Responsable es o fue CPL
		Responsable es o fue GORE
		Responsable es o fue MINAGRI
		Responsable es o fue MMA
		Responsable es o fue SERCOTEC
		Responsable es o fue Bosque Nativo

Fuente: Elaboración propia, 2015. \*Se excluyeron las comunas de Isla de Pascua y Juan Fernández

Resultado de la aplicación de criterios descritos en la tabla anterior se presenta la que describe los campos de la capa shapefile. El detalle de la construcción de los metadatos, y mapas se presenta en el documento complementario N1 "Manual de Construcción de Capas Geográficas" que es un documento independiente.

**Tabla 3. Descripción de elementos campos base de datos.**

NOMBRE	ETIQUETA	VALORES
COD_COM	Código Único Territorial de cada comuna.	Texto
NOM_COM	Nombre de la comuna.	Numérico como texto
Total_B	Total Beneficiarios para la entidad.	Numérico
B_P1	N° de Beneficiarios del programa "Descontaminación del aire, aporte de Organizaciones campesinas en la región de O'Higgins"	Numérico
B_P2	N° de Beneficiarios del programa "Fondo de Conservación, Recuperación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo"	Numérico
B_P3	N° de Beneficiarios del programa "Fondo para la Construcción e Implementación de Centros de Acopio y Secado de Leña"	Numérico
B_P4	N° de Beneficiarios del programa "Implementación del Sistema Nacional de Certificación de Leña"	Numérico
B_P5	N° de Beneficiarios del programa "Misión de Cooperación Público-Privada Producción Limpia, Comercialización y Certificación de Combustibles Sólidos de Origen Vegetal"	Numérico
B_P6	N° de Beneficiarios del programa "Programa de Emprendimientos	Numérico

	Locales",	
B_P7	N° de Beneficiarios del programa "Programa de Recambio de Calefactores"	Numérico
B_P8	N° de Beneficiarios del programa "Programa de transferencia y difusión que permita la adopción de tecnologías asociadas a la producción de leña de alta calidad"	Numérico
B_P9	N° de Beneficiarios del programa "Programa Nacional de Extensión Forestal"	Numérico
B_P10	N° de Beneficiarios del programa "Transferencia Técnica para el Desarrollo Dendroenergético como eje productivo"	Numérico
B_C1	N° de Beneficiarios de programas en la categoría "Capacitación-Asesorías"	Numérico
B_C2	N° de Beneficiarios de programas en la categoría "Infraestructura"	Numérico
B_C3	N° de Beneficiarios de programas en la categoría "Infraestructura-Asesorías"	Numérico
B_C4	N° de Beneficiarios de programas en la categoría "Recambio Calefactores"	Numérico
T2009-2011	N° de Beneficiarios de programas del periodo 2009-2011	Numérico
T2012-2014	N° de Beneficiarios de programas del periodo 2012-2014	Numérico
T2015	N° de Beneficiarios de programas del periodo 2015	Numérico
B_R1	N° de Beneficiarios de programas cuyo responsable es o fue Bosque Nativo junto a MMA y CONAF	Numérico
B_R2	N° de Beneficiarios de programas cuyo responsable es o fue CONAF	Numérico
B_R3	N° de Beneficiarios de programas cuyo responsable es o fue CORFO	Numérico
B_R4	N° de Beneficiarios de programas cuyo responsable es o fue CPL	Numérico
B_R5	N° de Beneficiarios de programas cuyo responsable es o fue GORE	Numérico
B_R6	N° de Beneficiarios de programas cuyo responsable es o fue MINAGRI	Numérico
B_R7	N° de Beneficiarios de programas cuyo responsable es o fue MMA	Numérico
B_R8	N° de Beneficiarios de programas cuyo responsable es o fue SERCOTEC	Numérico
B_R9	N° de Beneficiarios de programas cuya fuente de información fue Bosque Nativo	Numérico
B_F1	N° de Beneficiarios de programas cuya fuente de información fue CONAF	Numérico
B_F2	N° de Beneficiarios de programas cuya fuente de información fue CONAF Los Lagos	Numérico
B_F3	N° de Beneficiarios de programas cuya fuente de información fue Consejo de Producción Limpia	Numérico
B_F4	N° de Beneficiarios de programas cuya fuente de información fue CORFO	Numérico
B_F5	N° de Beneficiarios de programas cuya fuente de información fue INDAP Aysén	Numérico
B_F6	N° de Beneficiarios de programas cuya fuente de información fue MMA	Numérico
B_F7	N° de Beneficiarios de programas cuya fuente de información fue SERCOTEC	Numérico
COM_ESTD	Señala si es una de las comunas del estudio de la Asesoría de CDT.	Numérico

*Letra B representa beneficiarios, letra P representa programa, letra C representa categoría, letra T representa período, letra R representa organismo responsable, letra F representa fuente de la información. El número de beneficiarios está relacionado a la entidad (comuna)*

Fuente: Elaboración propia, 2015.

## 2.3 Resultados

Los resultados que se presentan a continuación se han dividido en 3 segmentos, el primero corresponde a los organismos que sirvieron de fuente de información de los programas y beneficiarios de la base de datos, se detalla quienes respondieron y los principales elementos de sus respuestas. El segundo segmento corresponde a la descripción y categorización de programas, en esta sección se analizaron los programas recopilados y se revisaron las categorías definidas en base a los beneficios de cada programa. Finalmente se trabajaron los números de beneficiarios y su distribución territorial, según diversas variables conforme a los resultados obtenidos.

### 2.3.1 Organismos informantes

En una primera etapa se consideró contactar a los municipios relacionados a programas, tal fue el caso de la Municipalidad de Coyhaique, sin embargo nos indicaron que el municipio dada sus características administrativas no cuenta con información de programas cuyos responsables son organismos centrales por lo que se solicitó información a oficinas regionales. En esta etapa algunos respondieron con información pero para la gran mayoría, las solicitudes se derivaron a un nivel central.

Los organismos/instituciones a los cuales se les solicitó información se detallan a continuación:

**Tabla 4. Instituciones a las cuales se solicitó información.**

REGIÓN	Instituciones contactadas	Respuesta
V	SEREMI MMA	Deriva a central nacional
	CONAF REGIONAL	Señala que no puede otorgar información
VI	SEREMI MMA	Deriva a central nacional
VII	SEREMI MMA	Deriva a central nacional
VIII	SEREMI MMA	Deriva a central nacional
	CONAF REGIONAL	Deriva a central nacional
	INFOR REGIONAL	Deriva a central nacional
IX	SEREMI MMA	Deriva a central nacional
	CORFO REGIONAL	Responde con información regional
X	SEREMI MMA	Deriva a central nacional
	INDAP REGIONAL	No responde
	CONAF REGIONAL	Responde con información regional
XI	SEREMI MMA	Deriva a central nacional
	CONAF REGIONAL	Deriva a central nacional
	INDAP REGIONAL	Responde con información regional
	INFOR REGIONAL	Deriva a central nacional
	GORE	Deriva a otros servicios públicos
	Municipalidad de Coyhaique	Deriva a INDAP
RM	SEREMI MMA	Deriva a central nacional
	CONAF REGIONAL	Deriva a central nacional

XIV	SEREMI MMA	Deriva a central nacional
	INFOR REGIONAL	Deriva a central nacional
	CONAF REGIONAL	Deriva a central nacional
Nacional	Microdatos	Señala que no existe información solicitada
	SERCOTEC	Responde a nivel nacional
	CONAF	Responde a nivel nacional
	Ministerio del Medio Ambiente	Responde a nivel nacional
	Consejo de Producción Limpia	Responde a nivel nacional
	CORFO	Responde a nivel nacional
	INFOR	Señala que no existe información solicitada

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la siguiente tabla, se muestra un resumen de las variables consideradas por programa, es posible ver la categoría a la que pertenece, el año o periodo de los beneficiarios informados, la fuente de información, el organismo responsable de la ejecución o gestión y las regiones en las que se registraron beneficiarios.

**Tabla 5. Variables consideradas por programa.**

Programa	Categoría Programa	Año Programa	Fuente	Responsable	Regiones
Descontaminación del aire, aporte de Organizaciones campesinas en la región de O'Higgins	Capacitación-Asesorías	2012	MMA	MMA	VI
Fondo de Conservación, Recuperación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo	Capacitación-Asesorías	2013-2014	CONAF	CONAF	RM,V, VI, VII, VIII,IX, X, XIV, XI
Fondo para la Construcción e Implementación de Centros de Acopio y Secado de Leña	Infraestructura	2011-2014	MMA, CONAF, SERCOTEC	SERCOTEC	IX, X, XIV, XI
Implementación del Sistema Nacional de Certificación de Leña	Capacitación-Asesorías	2009-2015	MMA	Bosque Nativo/MMA/CONAF	VII,VIII
Misión de Cooperación Público-Privada Producción Limpia, Comercialización y Certificación de Combustibles Sólidos de Origen Vegetal	Capacitación-Asesorías	2015	Consejo de Producción Limpia	CPL	RM, VI, VII, VIII,IX, X, XI
Programa de Emprendimiento Locales	Infraestructura-Asesorías	2014	MMA	CORFO	IX
Programa de Recambio de Calefactores	Recambio Calefactores	2012-2014	MMA	MMA	VI, VII, VIII,IX, XIV, XI

Programa de transferencia y difusión que permita la adopción de tecnologías asociadas a la producción de leña de alta calidad	Capacitación-Asesorías	2009	CONAF,CORFO, INDAP Aysén	CORFO,GORE,MINAGRI	RM,VI, VIII,IX, X, XIV, XI, XII
Programa Nacional de Extensión Forestal	Capacitación-Asesorías	2013-2014	CONAF	CONAF	RM,V,VI, VIII,IX, X, XIV, XI
Transferencia Técnica para el Desarrollo Dendroenergético como eje productivo	Capacitación-Asesorías	2012-2012	CONAF,CONAF Los Lagos	GORE	X, XI

Fuente : Elaboración propia, 2015

El periodo abarcado por los programas es del año 2009-2015, y los responsables de su gestión y ejecución son el Servicio de Cooperación Técnica (SERCOTEC), Bosque nativo, Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Corporación de fomento de la producción (CORFO), Gobiernos regionales (GORE), Ministerio de Agricultura (MINAGRI), Corporación Nacional Forestal (CONAF) y Consejo de Producción Limpia (CPL). Es importante señalar que todas las regiones del área de estudio están representadas por al menos un programa; que las regiones con mayor cantidad de programas son la IX región de la Araucanía y la XI región de Aysén con 7 programas cada una, seguida de la VI región del General Libertador Bernardo O’Higgins, la VIII región del Bio Bio y la X región de los Lagos con 6 programas, en tercer lugar están la XIV región de Los Ríos y la VII región del Maule con 5 programas cada una, finalmente las regiones con menos programas son la Región Metropolitana, con 4 y la región de Valparaíso con solo 2 programas.

### 2.3.2 Descripción y categorización de programas

Como se señaló en la metodología, los programas fueron categorizados de acuerdo a la tipología de beneficios que ofrece cada uno de ellos, a continuación se señalan los programas con sus respectivos beneficios, los cuales fueron obtenidos a partir de sitios web, a través de información facilitada por organismos informantes/responsables o a partir de la revisión de las bases de cada programa.

#### - **Capacitación-Asesorías:**

- **“Descontaminación del aire, aporte de Organizaciones campesinas en la región de O’Higgins.**

**Fuente de Información: Ministerio de Medio Ambiente.**

**Responsable: Ministerio de Medio Ambiente.**

**Año: 2012**

Es un programa destinado a capacitación y difusión de buenas prácticas asociadas a leña seca en la VI Región de O’Higgins

#### ○ Beneficios:

- Acciones formativas: reducir las quemas de residuos orgánicos agrícolas, promover el uso de leña seca y dar a conocer los procesos de certificación de leña, con dirigentes campesinos regionales del MUCECH de las comunas de: Coltauco, Doñihue, Olivar, Coinco, Graneros, Peumo, Rengo, Nancagua, Requínoa, Chimbarongo, Peralillo y San Fernando.

- Trabajo informativo dirigido a consumidores, pequeños productores agrícolas, comercializadores y/o productores de leña, focalizado en Coltauco, Coinco y Doñihue: educar en los beneficios de evitar la quema de residuos orgánicos agrícolas e instar a postular a subsidios para la incorporación de rastrojos, los usos responsables de la leña y la certificación de ésta.
    - Sensibilizar a la comunidad: entregando material informativo y realizando charlas inductivas
    - Actividades asociadas a estos beneficios:
      - Diseño, impresión y distribución de boletines informativos
      - Reuniones informativas municipalidad
      - Publicación en página web
      - charla inductiva leña de calidad
      - capacitación dirigentes regionales
      - charla en escuelas
      - día de campo
      - actualización página web
      - seminario
  - Requisitos:
    - Dirigentes locales
    - Habitantes del territorio de las comunas de Coltauco, Doñihue, Olivar, Coinco, Graneros, Peumo, Rengo, Nancagua, Requínoa, Chimbarongo, Peralillo y San Fernando.
    - Consumidores
    - Productores
- **“Implementación del Sistema Nacional de Certificación de Leña”.**

**Fuente de Información: Ministerio de Medio Ambiente.**

**Responsable: Bosque Nativo/CONAF/MMA**

**Año: 2009 a la fecha**

Es un programa que certifica cualitativamente al productor dentro de un marco regulatorio nacional

- Beneficios
  - Un sello de certificación que le permitirá diferenciarse de su competencia y ser reconocido por los consumidores.
  - Un mayor precio en relación a comerciantes no certificados.
  - Recuperar los costos de la certificación a través de mayores ventas.
  - Transformar su negocio en un proyecto de largo plazo, lograr estabilidad y crecimiento.
  - Mejorar su imagen comercial, al ofrecer un producto de mayor calidad y respetuoso del medio ambiente.
  - Ser promocionado por el sistema de certificación a nivel local, junto a otros comerciantes de leña certificados.
- Requisitos
  - Cumplir con toda la normativa vigente.
  - La leña debe provenir de un bosque con plan de manejo.

- La leña debe tener un contenido de humedad inferior al 25%.
  - Debe entregar al consumidor información precisa y veraz sobre el producto.
- **“Misión de Cooperación Público-Privada Producción Limpia, Comercialización y Certificación de Combustibles Sólidos de Origen Vegetal”**

**Fuente de Información: Consejo de Producción Limpia**

**Responsable: Consejo de Producción Limpia**

**Año: 2000 a la fecha**

Es un Programa que entrega un conjunto de herramientas para que las empresas implementen medidas y tecnologías de producción limpia.

- Beneficios
  - Asistencia técnica especializada
  - Vinculación con programas, subsidio y garantía Corfo, CPL y FNDR.
  - Un ejecutivo del CPL cada 50 empresas.
  - Un consultor según temática.
  - Atención personalizada, construyendo relaciones y confianzas para movilizar a las Pymes a la Producción Limpia.
  - Capacitaciones en la implementación de los Planes Empresariales de Producción Limpia.
  - Información de mejores técnicas disponibles
- Requisitos
  - Pequeñas y Medianas Empresas que demuestren interés, compromiso y potencial de desarrollo, de los sectores priorizados en cada región sobre los cuales se determinarán las principales brechas y oportunidades en materia de producción limpia, focalizándose en aquellas de mayor impacto, generando sinergias y economías de escala que aportan a la productividad y competitividad regional.
- **“Programa de transferencia y difusión que permita la adopción de tecnologías asociadas a la producción de leña de alta calidad”**

**Fuente de Información: CONAF**

**Responsable: GORE**

**Año: 2012 al 2014**

Es un programa de fomento de la producción basada en la difusión de prácticas asociadas al procesamiento, logística y comercialización de combustibles sólidos de biomasa, con finalidad de producción de leña de alta calidad en los productores del rubro forestal.

- Beneficios
  - Asesorías técnicas y capacitaciones que permitan a los productores del rubro conocer y entender eficientes herramientas y métodos de producción de Leña de calidad.

- **“Transferencia Técnica para el Desarrollo Dendroenergético como eje productivo”**

**Fuente de Información: CONAF**

**Responsable: GORE**

**Año: 2013**

Es un programa de transferencia de recursos desde el gobierno regional, centrada en el desarrollo Dendroenergético.

- Beneficios
  - Los beneficiarios podrán participar en diversas actividades que permitan conocer nuevas tecnologías aplicables a los procesos productivos y de transformación del mercado de la Dendroenergía y el correcto uso de la leña de calidad

- **“Fondo de Conservación, Recuperación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo” y “Programa Nacional de Extensión Forestal”**

**Fuente de Información: CONAF**

**Responsable: CONAF**

**Año: 2013-2014**

Programas basados en la Ley 20.283 de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal.

- Beneficios:
  - Asistencia técnica en todo el proceso de postulación al Concurso, elaboración del Plan de manejo forestal (PMF), control ejecución del PMF y proceso de acreditación de actividades bonificables (tramitación de solicitud de pago de bono forestal)
  - Independiente del extensionista, recibe un bono en dinero por la ejecución de actividades bonificables. Aclaro que el bono se obtiene una vez que el extensionista elabora y gestiona el proceso de bonificación forestal
  - Apoyo en búsqueda de poderes compradores de sus productos
- Requisitos:
  - Ser Pequeño Propietario (máximo 200 ha, sumando todos sus activos de terreno) o Mediano Propietario ( más de 200 ha pero tiene incapacidades financieras para abordar la presentación de un Plan de Manejo Forestal)
  - Presentar dominio vigente que es el titular de la propiedad (persona natural o sucesiones con poder asignado a uno de los sucesores)
  - Posesión de Bosque Nativo
  - interés en ejecutar el PMF

## **Infraestructura y asesoría**

- **Programa de Emprendimiento Locales**

**Fuente de Información: MMA**

**Responsable: CORFO**

**Año: 2013-2014**

Es un programa impulsado por CORFO que subsidia hasta el 50% de la inversión total en bienes de capital de las microempresas que integren el programa de Emprendimientos Locales, con tope de \$1.500.000 por empresa, además entrega asesoría y asistencia técnica para la inversión y el mejoramiento de competencias.

- Beneficios
  - Apoyo a través de un subsidio a las inversiones.
  - Acceder a los recursos y condiciones para generar nuevas oportunidades de negocio basadas en iniciativas individuales de tipo multisectorial.
  - Desarrollar competencias y capacidades.
  - Mejorar la gestión Micro empresarial
- Requisitos
  - Microempresarios con o sin inicio de actividades.
  - Cliente nuevo con nivel de ventas anuales hasta UF 3.600

## **Infraestructura**

- **Fondo para la Construcción e Implementación de Centros de Acopio y Secado de Leña**

**Fuente de Información: MMA/CONAF**

**Responsable: SERCOTEC**

**Año: 2014**

Programa destinado a financiar infraestructura y bienes necesarios para la producción de leña seca.

- Beneficios principales:
  - Inversión en herramientas, maquinarias, equipos, infraestructura, implementación entre otros. No se financian Insumos de capital de trabajo para la producción de otros productos, que se constituyen en gastos y no en inversión (maderas para cualquier fin, mercaderías varias, envases para comercialización de productos, etc.) ni mano de obra.
- Requisitos:
  - Iniciativas que constituyan la elaboración de la producción maderera o de transformación de ésta para agregar valor a un determinado producto maderero, pueden ser presentadas en este Fondo. Ejemplo, Horno a Carbón, Aserradero portátil, Galpón secador de leña, Maquina elaboradora de madera aserrada, chipeadora, maquinas elaboradoras de pellets, briquetas, entre otras.

## **Recambio Calefactores**

- **Programa de Recambio de Calefactores**

**Fuente de Información: MMA**

**Responsable: MMA**

**Año: 2012-2014**

Este programa tiene dos variantes, uno para viviendas y otro para instituciones públicas, sin embargo los beneficios y requisitos son similares para ambos:

- **Beneficios**
  - Recambio masivo de artefactos a leña de uso residencial por equipos menos contaminantes y de mayor eficiencia térmica.
  - Disminución de las emisiones de material particulado producto de la combustión residencial de leña en la ciudad.
  - Disminución del consumo de energía para calefacción de las viviendas.
  - Aceleración de recambio tecnológico de calefactores a leña.
  - Mejora en la calidad de la leña utilizada.
  - Educación y difusión a la comunidad
- **Requisitos:**
  - Ser propietario del artefacto a leña que se desea cambiar.
  - Que dicho artefacto se encuentre instalado y sea utilizado para calefacción y/o cocina.
  - Que la vivienda/institución donde está instalado el artefacto esté ubicada dentro del área urbana.
  - De los modelos que el Ministerio del Medio Ambiente pone a disposición para el recambio, el postulante deberá escoger uno y estar dispuesto a realizar un aporte en dinero dependiendo del calefactor elegido.
  - Entregar el artefacto antiguo al Ministerio del Medio Ambiente para su destrucción.
  - Estar dispuesto a cancelar una suma de dinero por concepto del kit de instalación y mano de obra.
  - No se aceptaran postulaciones en departamentos (Solo vivienda).
  - No haber sido beneficiario de algún programa de recambio anterior.

### **2.3.3 Beneficiarios**

El número total de beneficiarios de programas asociados a la oferta de leña registrados en la base de datos fue 8.476 para el área de estudio comprendida entre las regiones de Valparaíso y Aysén.

A continuación se señala el número de beneficiarios según categoría y programa.

Tabla 6. Total beneficiarios por programas.

Categoría/Nombre de programa	N° de beneficiarios
<b>Capacitación-Asesorías</b>	<b>3476</b>
Descontaminación del aire, aporte de Organizaciones campesinas en la región de O'Higgins	22
Fondo de Conservación, Recuperación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo	1173
Implementación del Sistema Nacional de Certificación de Leña	26
Misión de Cooperación Público-Privada Producción Limpia, Comercialización y Certificación de Combustibles Sólidos de Origen Vegetal	91
Programa de transferencia y difusión que permita la adopción de tecnologías asociadas a la producción de leña de alta calidad	232
Programa Nacional de Extensión Forestal	1174
Transferencia Técnica para el Desarrollo Dendroenergetico como eje productivo	758
<b>Infraestructura</b>	<b>109</b>
Fondo para la Construcción e Implementación de Centros de Acopio y Secado de Leña	109
<b>Infraestructura-Asesorías</b>	<b>37</b>
Programa de Emprendimiento Locales	37
<b>Recambio Calefactores</b>	<b>4854</b>
Programa de Recambio de Calefactores	4854
<b>TOTAL</b>	<b>8476</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015

Con respecto a la tipología de los programas, la mayor cantidad de beneficiarios corresponde a la categoría “Recambio de calefactores” con más de la mitad de beneficiarios, seguida por la categoría “Capacitación y asesorías”, con un 40% del total. En esta última categoría destacan los programas de conservación y extensión forestal, representando estos la mayor parte del total de beneficiarios de dicha categoría.

Los programas que otorgan beneficios de infraestructura componen el 1,7% del total de beneficiarios, siendo dentro de este porcentaje, la mayor parte del programa de construcción e implementación de centros de acopio y secado de leña.

El programa con menos beneficiarios fue “Descontaminación del aire, aporte de Organizaciones campesinas”, debido a que se trata de un programa de cobertura territorial más acotado que los demás (solo algunas comunas de la región de O'Higgins).

En relación a la distribución regional de tipologías de programas, la única región que presentó beneficiarios de todas las categorías fue la IX región de la Araucanía, siendo esta la mejor representada en cuanto a programas y sus beneficiarios. En segundo lugar pueden identificarse 2 regiones que tienen beneficiarios de casi todas las categorías (faltando solo la categoría “Infraestructura-asesorías”), las cuales son la región de los Ríos y la región de Aysén.

Es interesante observar que los beneficiarios de programas asociados a infraestructura para la producción y/o comercialización de leña se encuentran en la zona sur-austral del país, desde la región de la Araucanía hasta la región de Aysén mientras que las regiones más septentrionales del área de estudio tienen beneficiarios de programas que se encuentran en la categoría “Capacitación y asesorías”, dichas

regiones son las que tienen menos beneficiarios registrados, situación que contrasta fuertemente con el número de beneficiarios en el sur del país.

**Tabla 7. Número global de beneficiarios declarados por programas por región**

Región	Capacitación-Asesorías	Infraestructura	Infraestructura-Asesorías	Recambio Calefactores	Total regional
Valparaíso (V)	46				46
Metropolitana (RM)	35				35
O'Higgins (VI)	208			504	712
Maule (VII)	277			470	747
Bio Bio (VIII)	461			424	885
Araucanía (IX)	624	45	37	1870	2576
Los Ríos (XIV)	361	25		446	832
Los Lagos (X)	1039	18			1057
Aysén (XI)	421	21		1140	1582
Sin región*	4				4
<b>TOTAL</b>	<b>3476</b>	<b>109</b>	<b>37</b>	<b>4854</b>	<b>8476</b>

\*Sin región: beneficiarios en los que no fue posible identificar región ya que no fue informada su localización bajo ningún tipo de criterio señalado en la metodología, en este caso los cuatro registros corresponden al "Programa de transferencia y difusión que permita la adopción de tecnologías asociadas a la producción de leña de alta calidad"

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la siguiente tabla se observa que el programa con más beneficiarios registrados es el "Programa de recambio de calefactores", encontrándose la mayor representatividad en las regiones de la Araucanía y Aysén. Además, existen solo dos programas presentes en todas las regiones, el "Fondo de Conservación, Recuperación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo" y el "Programa Nacional de Extensión Forestal", ambos a cargo de la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

**Tabla 8. Número global de beneficiarios declarados por programa.**

Región/Nombre del programa	Valparaíso	Metropolitana	O'Higgins	Maule	Bio Bio	Araucanía	Los Ríos	Los Lagos	Aysén	Total
Descontaminación del aire, aporte de Organizaciones campesinas en la región de O'Higgins			22							22
Fondo de Conservación, Recuperación y Manejo Sustentable	23	14	87	120	156	293	180	212	88	1173

del Bosque Nativo										
Fondo para la Construcción e Implementación de Centros de Acopio y Secado de Leña						45	25	18	21	109
Implementación del Sistema Nacional de Certificación de Leña				20	6					26
Misión de Cooperación Público-Privada Producción Limpia, Comercialización y Certificación de Combustibles Sólidos de Origen Vegetal		1	9	17	20	9		19	16	91
Programa de Emprendimiento Locales						37				37
Programa de Recambio de Calefactores			504	470	424	1870	446		1140	4854
Programa de transferencia y difusión que permita la adopción de tecnologías asociadas a la producción de leña de alta calidad		6	3		123	28	1	33	34	228
Programa Nacional de Extensión Forestal	23	14	87	120	156	294	180	212	88	1174
Transferencia Técnica para el Desarrollo Dendroenergetico como eje productivo								563	195	758
<b>TOTAL</b>	<b>46</b>	<b>35</b>	<b>712</b>	<b>747</b>	<b>885</b>	<b>2576</b>	<b>832</b>	<b>1057</b>	<b>1582</b>	<b>8472</b>

Fuente: elaboración Propia, 2015

Existieron importantes diferencias con respecto a las características de la información de beneficiarios, en algunos casos fueron entregados por los organismos con coordenadas (Latitud, longitud)) por lo tanto georreferenciables, en otros, son factibles de geolocalizar a través de direcciones y en la gran mayoría, se ha identificado como elemento de mayor detalle la comuna a la que pertenece (ya sea porque estaba indicado en la información recibida o porque fue asignada a partir de su localización). El detalle a nivel regional se observa en la siguiente tabla.

Tabla 9. Detalle de información de localización de beneficiarios por región.

Región/N° de Beneficiarios	Dirección	Coordenadas	Comuna	TOTAL
Araucanía	652	40	2571	3263
Aysén	388	33	1582	2003
Biobío	457		885	1342
Los Lagos	964		1055	2019
Los Ríos	366		832	1198
Maule	259		739	998
Metropolitana	34		35	69
O'Higgins	191		711	902
Valparaíso	46		46	92
<b>TOTAL</b>	<b>3.357</b>	<b>73</b>	<b>8.456</b>	<b>11.886</b>

Como puede observarse, la información es más completa a nivel comunal, razón por la cual se optó por la entidad administrativa “Comuna” como unidad mínima cartografiada en la producción de los mapas y visualización de los resultados.

## 2.4 Mapas de Iniciativas públicas

Los mapas de iniciativas públicas representan espacialmente dos variables: (i) la cantidad de beneficiarios de programas públicos asociados a la leña y sus derivados y (ii) la proporción de cuantos de estos beneficiarios participan en programas de infraestructura o en programas de recambio de calefactores. Esta información se presenta a nivel comunal, ya que como se mencionó anteriormente, esta es la menor escala espacial común a la mayoría de las entradas de la base de datos. En la próxima sección se presentan los antecedentes relacionados a la construcción de la capa geográfica de beneficiarios de iniciativas públicas y mapas generados utilizando esta capa. Estos antecedentes están enfocados principalmente en acuerdos previos con la contraparte, que a su vez, estuvieron enfocados en las alternativas disponibles para representar espacialmente la información de la base de datos de beneficiarios.

### 2.4.1 Antecedentes y acuerdos previos con la contraparte

La construcción de los mapas se fundamenta por un lado, (i) en la información disponible en la base de datos desarrollada y por otro (ii) en los intereses de la contraparte, relacionada a la información que les interesa representar y difundir cartográficamente. Inicialmente, el objetivo era georreferenciar con coordenadas “X” y “Y” todos y cada uno de los beneficiarios contemplados en la base de datos. Sin embargo, la gran mayoría de las entradas de la base de datos no contaba con información espacial que permitiera la georreferenciación. Solamente 64 contaban con coordenadas “X” y “Y”, y de las 3.322 que contaban solamente con dirección, la forma de registro de estas direcciones en la mayoría de los casos imposibilitaba su geolocalización – algunas no estaban completas (solo indicaban un nombre de una calle, sin número, por ejemplo) y otras eran demasiado poco precisas (solo indicaban “Lote A” o “Parcela 3”, sin ninguna otra referencia, o indicaban direcciones que podrían llevar a dos o más puntos, como “Camino

Pargua, Km 70" sin indicación de donde empezaron la medición de kilometraje). Además, 4.995 entradas no contaban ni con coordenadas ni con dirección.

Frente a esta limitación, se acordó con la contraparte que la representación de esta información se haría a escala comunal, que era una especie de "mínimo denominador común" a la mayoría de las entradas de la base de datos. Ya asumiendo esta escala de representación, se produjeron versiones preliminares de los mapas, con propuestas iniciales para, en base a ellos, definir con más precisión los parámetros de la representación espacial de los productos finales.

Se acordó que los mapas de beneficiarios de programas públicos, serían desarrollados a nivel regional, representando la cantidad de beneficiarios de programas (por umbrales) y los principales programas llevados a cabo en las comunas del estudio. Se decidió en acuerdo con la contraparte que en vez de identificar los programas por sus nombres, se indicaría el tipo de beneficio que entregaron, en 2 categorías principales: infraestructura, recambio de calefactores.

## **2.5 Generación Mapas**

Para la generación de los mapas se construyó una capa geográfica en formato shapefile que asociaba los datos acerca de los beneficiarios de programas públicos a las comunas de Chile. Esta asociación utilizó como base una capa geográfica con todas las comunas de Chile, que está disponible en la página del congreso nacional. A través de un geoproceto de unión se vincularon las informaciones de beneficiarios a los polígonos de las comunas. Vale destacar que, como acordado con la contraparte, la capa geográfica contiene todas las comunas de Chile, pensando en actualizaciones futuras que podrían agregarse a esta misma capa. Además, también por un acuerdo con la contraparte, si bien en la base de datos hay información acerca de diversas comunas de Chile, los mapas generados contemplan solamente las comunas del estudio.

En lo que se refiere a la orientación y tamaño físico de estos mapas, se respetaron las indicaciones de la contraparte. Estas consisten en plantear la composición de los mismos en hojas con orientación horizontal en tamaño A3, para que así puedan ser más fácilmente sumadas a documentos impresos que quedan archivados, dado que pueden ser dobladas para ajustarse al tamaño de la hoja padrón que compone los informes.

Para mayor información respecto de la generación de mapas, consultar manual anexo en este informe.

## **2.6 Guía para la interpretación de los mapas de iniciativas públicas**

Los mapas fueron construidos en distintas escalas, considerando la mejor visualización posible de cada uno de ellos. Esto porque, una región con la geometría vectorial de Aysén (más longitudinal y de mayor extensión territorial) exige una escala distinta de una región como el Maule (que posee una forma más proporcional en relación a ancho y altura). Se optó por dar a las regiones el mayor tamaño posible dentro de los marcos establecidos., optimizando las posibilidades de una correcta visualización de todas las zonas que se enseñan. En los mapas se muestra (i) la cantidad de beneficiarios por rangos y (ii) la proporción de estos beneficiarios que participa de cada tipo de programa para cada una de las comunas en donde existe información disponible en la base de datos. Algunas de las comunas del estudio no cuentan con ningún dato acerca de beneficiarios.

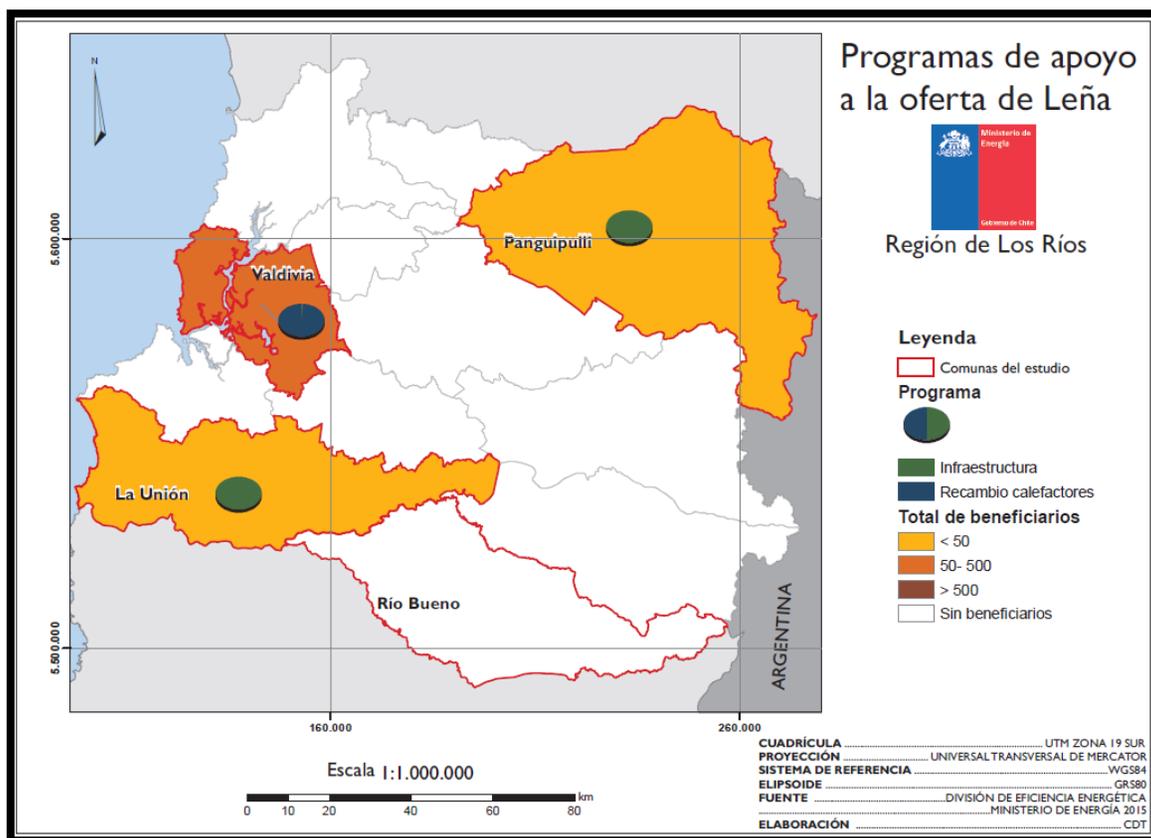
En lo que se refiere a cantidad de beneficiarios, cuando no había ningún registro para una comuna del estudio, se marcaron sus límites político-administrativos en rojo, pero se mantuvo el color blanco, que representa ausencia de datos. El color amarillo representa comunas con menos de 50 beneficiarios. El

color naranja representa comunas que tienen entre 50 y 500 beneficiarios. El color café oscuro representa comunas que tienen más que 500 beneficiarios.

Complementariamente, la información acerca de en cual tipo de programa participan estos beneficiarios se presenta en gráficos de torta. El color verde representa los programas de infraestructura, mientras el color azul representa los programas de recambio de calefactores.

En este esquema de representación, como se puede observar en el ejemplo que sigue, se puede interpretar que la comuna de Valdivia tiene entre 50 y 500 beneficiarios de iniciativas públicas y que la gran mayoría de ellos ha participado de un programa de recambio de calefactores. Por otra parte, las comunas de Panguipulli y La Unión tienen menos de 50 beneficiarios y todos ellos participaron de programas de infraestructura.

Figura 2. Mapa técnico programas de apoyo a la oferta de leña. Ejemplo Región de los Ríos



Fuente: elaboración propia, 2015.

## 2.7 Conclusiones del capítulo

La distribución nacional de beneficiarios muestra patrones propios de las características zonales del país, es así como la mayor parte de programas asociados a recambio de calefactores, infraestructura para la producción y/o comercialización de leña, se encuentran en la zona sur-austral del país mientras que en

las regiones más septentrionales predominan capacitaciones y asesorías, en este sentido es de gran importancia para la gestión pública, relacionar espacialmente esta y otras variables del presente estudio.

Una de las limitantes de este estudio es el contenido de la información brindada por los organismos públicos, la cual es incompleta y básica, teniendo en muchos casos solo el número de beneficiarios por programa y comuna. Los programas de apoyo a la oferta de leña mencionan entre sus beneficios múltiples elementos tales como monto asignado, características de la infraestructura facilitada o contenido de la asesoría brindada, que no son informados en la mayoría de los registros y que serían de gran utilidad para el análisis.

No existe una gestión de información dentro de los organismos responsables de la implementación de programas; esto se traduce en información heterogénea, con vacíos de información en años en los cuales existe cambio de administración por ejemplo.

Es importante señalar que a pesar de la factibilidad de solicitar información según la ley de transparencia, dicha información no es estandarizada ni contiene en todos los casos los requisitos para ser cartografiada a un nivel de detalle óptimo para generar análisis más profundo.

La multiplicidad de organismos responsables para un mismo programa dificultan las gestiones de solicitudes de información, por lo tanto lo óptimo es solicitar a las instancias centrales que en su mayoría son las que sistematizan la información a nivel nacional.

Las deficiencias en la gestión de información y el tipo de información recibida limitan las opciones de visualización de la información de manera territorial, manejando valores agregados a escala comunal que son de carácter indicativo por el momento.

La toma de decisiones para política pública en este aspecto deberá considerar la generación de un modelo de gestión de información que nutra de manera constante, a mayor detalle y de forma homogénea información de los programas de iniciativas públicas con el fin de realizar un análisis espaciotemporal y vincularlo con otros eslabones de la cadena de oferta y demanda de la leña y sus derivados.

## **2.8 Anexos físico del capítulo**

Anexo 1. Mapas Técnico iniciativas públicas: escala regional.

### **3. CATASTRO PRODUCTORES Y COMERCIALIZADORES DE LEÑA Y DERIVADOS**

#### **3.1 Objetivo, alcance y consideraciones preliminares del capítulo**

El informe despliega resultados de las actividades asociadas a (i) catastro georreferenciado de productores y comercializadores, (ii) análisis estadística descriptiva y (iii) mapas que permitan orientar el análisis de la información.

El catastro de se realizó en 45 comunas de centros urbanos comunales desde la Región de Valparaíso hasta la Región de Aysén, se georreferenció a productores y comercializadores aplicando una ficha de terreno diseñada con este objetivo, dando cumplimiento a lo estipulado en las bases de licitación.

Respecto a la construcción de la Base de Datos, se incorporó al catastro presencial registros de productores y comercializadores de otros estudios, que fueron pareados para no tener duplicación.

Finalmente, la metodología inicial hacía referencia a la aplicación de una encuesta de caracterización del mercado de productores y comercializadores de leña y sus derivados (270 encuestas a nivel nacional), este fue reformulado a un modelo piloto para la estimación de la oferta de leña seca a solitud de la contraparte técnica.

La visualización de resultados de la información propuesta consistía en 48 mapas iniciales, que presentarían información de seis tipos de leña y derivados y tres tipos de oferentes, sin embargo de acuerdo al análisis del información y las pruebas de presentación de información se decidió reducir las categorías de tipo de oferta de leña, así como las categorías de tipo de leña y trabajar a una escala menor de lo propuesto inicialmente. En conclusión se generaron 186 mapas:

- 176 mapas de oferta de leña y sus derivados
- 10 Infográficos (1 nacional y 9 regionales)

Debido al extenso número de mapas, al presente informe acompañan (de manera impresa) solamente los mapas que corresponden a la comuna de Temuco y Padre las Casas, la totalidad de mapas técnicos se comparten en versión digital en formato pdf y .shp. y archivos asociados, en una carpeta de dropbox a solitud de la Contraparte Técnica, para observación a través de herramientas Sistemas de Información Geográfica.

#### **3.2 Metodología**

#### **3.3 Bases de datos productores y comercializadores**

##### **3.3.1 Construcción de base de datos**

La base de datos fue construida principalmente a través de un catastro presencial a nivel territorial en el área urbana de las 45 comunas del estudio y nuestro objeto de interés fue registrar a todos los productores y comercializadores de leña y sus derivados.

A continuación se presenta la metodología de catastro realizado en el estudio:

## Cobertura

El catastro cubrió completamente los centros urbanos de las siguientes comunas del País:

- Región de Valparaíso: Valparaíso, Viña del Mar, Quilpue y Villa Alemana
- Región Metropolitana: Las Condes, Pudahuel, Maipú, Melipilla, Lampa, Paine y Talagante
- Región del L.B. O’ Higgins: Rancagua, San Fernando, Rengo, San Vicente, Chimbarongo, Machalí, Graneros, Doñihue y Mostazal.
- Región del Maule: Talca, Maule, Curicó y San Clemente.
- Región del Bío Bío: Concepción, Talcahuano, Chillán, Chillán Viejo, Los Angeles, San Pedro de la Paz y Tomé.
- Región de la Araucanía: Temuco, Padre las Casas, Angol y Villarica.
- Región de los Ríos: Valdivia, Panguipulli, La Unión y Río Bueno.
- Región de los Lagos: Puerto Montt, Osorno, Ancud y Castro.
- Región de Aysén: Coyhaique y Puerto Aysén.

## Procedimiento de levantamiento de información

### ➤ Catastro presencial

Para ejecutar la actividad de catastro, se estableció una organización que tiene como base las 45 áreas urbanas (comunas). Estas fueron divididas a nivel de distrito censal según los mapas de generación propia de la CDT en base a todos los registros SIG disponibles. Cada integrante del equipo de terreno fue responsable de al menos dos distritos comunales.

A continuación se detalla el procedimiento realizado:

- Respecto al contexto temporal, la fecha de catastro fue realizada en el mes de enero de 2015, dicho periodo estuvo estipulado en los términos de referencia del estudio, entonces, cabe señalar que el registro consta de todos los establecimientos activos en dicho período.
- La organización estuvo a cargo del jefe de campo nacional y de 9 coordinadores regionales, donde cada equipo regional estuvo compuesto al menos por 10 personas.
- Luego con los mapas asignados del territorio urbano, se recorrió íntegramente las comunas catastrando a todos los productores y comercializadores de leña y sus derivados ubicados en su interior, respetando los plazos fijados para el levantamiento de acuerdo al cronograma de trabajo.
- Los equipos de terreno programaron previamente su recorrido. Para facilitar su labor, se realizó una subdivisión del sector a catastrar, tomando para ello los límites señalados por los distritos censales.
- Con ayuda de los mapas y listados proporcionados previamente, se escogió un punto inicial en algún distrito y se comenzó el recorrido por todas las calles de la comuna. Durante el recorrido, el equipo de terreno debió anotar a todos los productores y comercializadores de leña y sus derivados de acuerdo a la información sugerida y a la aplicación la ficha de terreno.

Previo al levantamiento presencial de terreno, se realizó una revisión de todas las fuentes de comercialización de leña y derivados publicadas en estudios, avisos publicitarios de medios web o escritos. Cabe señalar, se registraron previamente 306 establecimientos y se incorporaron a los mapas utilizados por los equipos de terreno. Del total registrados, sólo 69 establecimientos fueron eliminados, y

la principal razón de eliminación fue el cambio de giro o inexistencia de venta de leña en la dirección anunciada.

### ➤ **Información a levantar de productores y comercializadores catastrados en forma presencial**

Para el levantamiento de información se aplicaron la fichas de terreno que permitieron recolectar información de índole catastral, la cual constituirá el insumo clave para la generación de información espacial georreferenciada de tipo puntual, de modo de apoyar con ello las capas de información para la producción de mapas y análisis en las etapas posteriores. Las Fichas de terreno, contuvieron los siguientes campos:

- Número identificador ID: Este campo sirvió para la organización de cada celda de información, comenzando en 1 y terminando en el último dato catastrado, este dato fue único e irrepetible en cada una de las fichas del proyecto.
- Dirección (6 campos): Este campo contiene la información asociada a la dirección administrativa de cada punto a localizar. La forma en que se registró la dirección fue rigurosa y en campos separados para evitar los problemas de procesamiento posterior. También se cuidó que los nombres estuvieran correctamente escritos. Los campos considerados necesarios fueron: Región, Comuna, nombre de la calle, número, torre (en caso de que correspondiera).
- Coordenadas (3 campos; Este, Norte, Huso): En el GPS, una vez verificados el Datum WGS84 y la Proyección UTM correspondiente a los parámetros solicitados, y verificando que la precisión EPE estuviera por debajo de los 10 metros, se procedió a anotar en la ficha las coordenadas sin comas, letras o puntos.
- Para facilitar dicho proceso y con el objetivo de que las mediciones se realizaran de manera adecuada, el equipo de terreno instaló en sus equipos celulares la aplicación “GPS Essentials” (<http://www.gpsessentials.com/>). Este programa es gratuito y permite que cualquier dispositivo celular con GPS tenga las mismas prestaciones que un navegador GPS dedicado.
- Tipo de proveedor: En este campo debió indicar si se trataba de un productor, comercializador, distribuidor/transportista o si realizaba todo el ciclo de venta.
- Producto: Este apartado identificó el tipo de producto comercializado, correspondiente a leña, pellet, briquetas, carbón vegetal, despunte de madera o aserrín/vitura/lampazo, según correspondiera.
- Datos del contacto (3 campos: nombre, correo electrónico, teléfono): En este campo se indicó el nombre del contacto, el correo electrónico completo y el teléfono sin código de área.
- Datos de la empresa (3 campos: Tamaño, número de trabajadores y antigüedad en el giro)
- Variedad de leña transada: Identificó si la leña comercializada corresponde a leña nativa o exótica.
- Volumen transado anual: Según la respuesta del proveedor, se completó este campo con un valor aproximado según indique el informante, en una unidad definida. (m<sup>3</sup>, kg).

Una vez recopiladas todas las fichas de terreno, estas se digitalizaron para su posterior georreferenciación, prestando especial atención en definir el campo de las coordenadas como numérico, para su posterior tratamiento en el software SIG.

Luego, el resultado de la etapa de catastro fue el listado de registro en formato Excel de todos los productores y comercializadores de las cuarenta y cinco (45) comunas del estudio con sus respectivas características, donde el catastro presencial levantó un total de 1.371 establecimientos de leña y/o derivados.

A continuación se presenta la ficha aplicada a los productores/comercializadores de leña y derivados:

FICHA DE LLENADO PRESENCIAL			
<small>Proyecto de Levantamiento y Sistematización de Información Asociado a la Oferta de Leña y otros energéticos Sólidos Derivados de la Madera desde la Región de Valparaíso hacia la Región de Aysén</small> 			
<b>TRAZABILIDAD</b>			
ID Correlativo Encuestador		Fecha:	__/__/____
Nombre y Apellido Encuestador			
Número de Zona en Mapa (cuadrante)		ID Mapa:	
<b>GEOLOCALIZACIÓN</b>			
Región		Comuna	
Calle			Número
Coordenada X (longitud)			
Coordenada Y (Latitud)		Error estimado (EPE)	
Huso		Área de influencia (En metros si corresponde)	
Referencia de Localización			
<b>OFERTA</b>			
Nombre y Apellido Entrevistado			
Teléfono	+56 - ____ - _____	Email:	
Tipo de proveedor (marcar la que corresponda)	a) Productor b) Comercializador	c) Distribuido/transportista d) Todo el ciclo de venta	
Biomasa con la que trabaja (marcar la que corresponda)	a) Leña b) Briqueta c) Pellet	d) Carbón vegetal e) Despunte Madera f) Aserrín, Viruta, Lampazo	
Variedad de la leña vendida	a) Nativa	b) Exótica	c) Ambas
Venta anual total		Quiénes son sus competidores informales:	
Unidad Unitaria más vendida			
Valor unitario:			
Número de trabajadores			
Antigüedad en el giro			

### ➤ Fuentes de información secundarias

Posterior al catastro de información primaria realizado por CDT, se incorporaron registros de las siguientes fuentes:

- Estudios del mercado de la leña en las regiones IX, X, XI y XIV, realizado por la Corporación de certificación de leña.
- Catastro realizado por el Ministerio de Medio Ambiente en la IX región.
- Catastro de comerciantes y productores de leña realizado por el Ministerio de Energía y el Sistema nacional de certificación de leña.
- Catastro de otras instituciones públicas.

Dicha información fue proporcionada directamente por el equipo técnico del Ministerio de Energía, y está conformada por 526 establecimientos adicionales que no fueron levantados en el catastro presencial.

Finalmente, la base de datos levantada alcanza un total de 1.891 establecimientos comercializadores de leña y derivados en las 45 comunas del estudio.

### 3.4 Resultados

#### 3.4.1 Ficha de registro (estadística descriptiva)

Para las 45 comunas se han registrado 1.897 comercializadores de leña, briqueta, pellets, carbón vegetal, despunte de madera y aserrín/viruta; con la siguiente distribución regional:

Tabla 10. Total de comercializadores por región. Elaboración Propia CDT.

REGIÓN	N° DE COMERCIALIZADORES REGISTRADOS
V	28
R.M	51
VI	239
VII	178
VIII	262
IX	566
X	291
XIV	169
XI	113
<b>TOTAL</b>	<b>1.897</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Del total de registrados, se tiene un 82 % (n=1.563) de comercializadores/productores de leña en las 45 comunas del estudio, con la siguiente distribución regional:

Tabla 11. Total de comercializadores de leña por región. Elaboración Propia CDT.

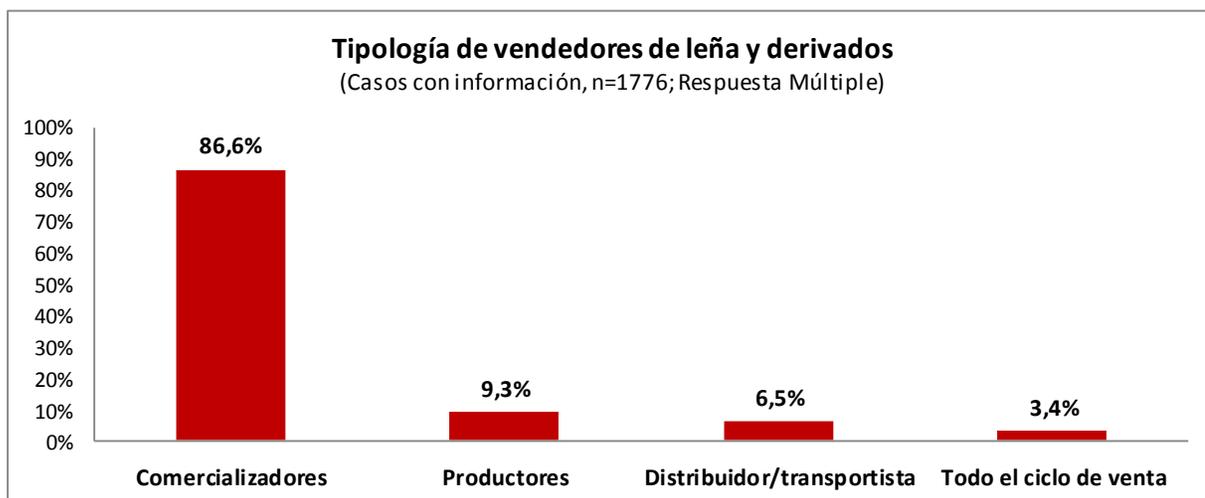
REGIÓN	N° DE COMERCIALIZADORES DE LEÑA REGISTRADOS
V	27
R.M	43
VI	219
VII	104
VIII	156
IX	461
X	275
XIV	165
XI	113
<b>TOTAL</b>	<b>1.563</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2015

La IX región presenta el mayor número de comercializadores de leña, briqueta, pellets, carbón vegetal, despunte de madera y aserrín/viruta registrado, sin embargo aproximadamente un el 19% de los registrados corresponden a comercializadores de carbón vegetal.

Del total de oferentes registrados con información declarada, se tiene que su tipología corresponde principalmente a comercializadores, alcanzando el 86,6% del total como se visualiza en la siguiente figura:

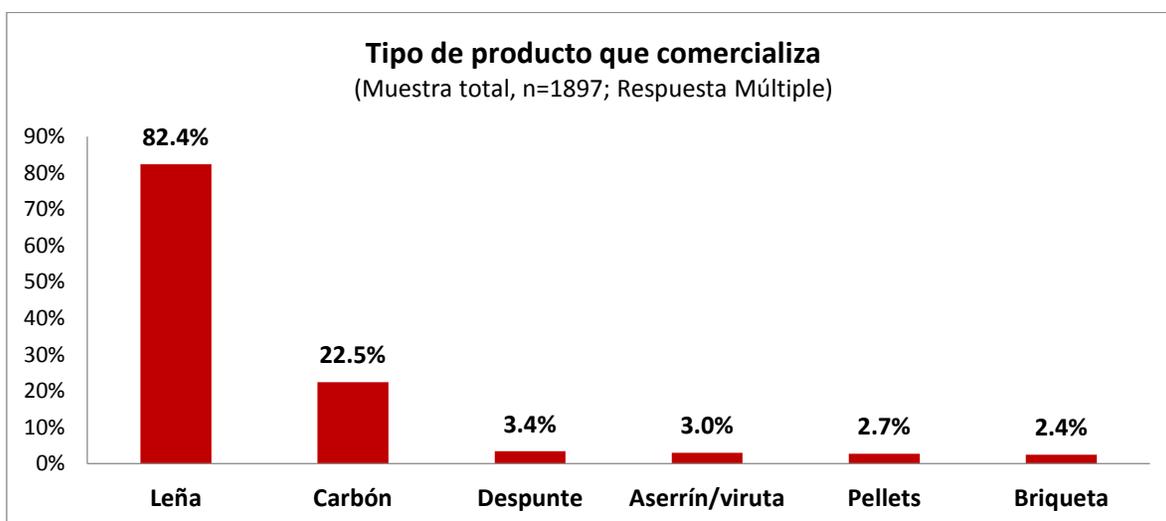
Figura 3. Tipología de vendedores de leña, briqueta, pellets, carbón vegetal, despunte de madera y aserrín/viruta



Fuente: Elaboración propia, 2015

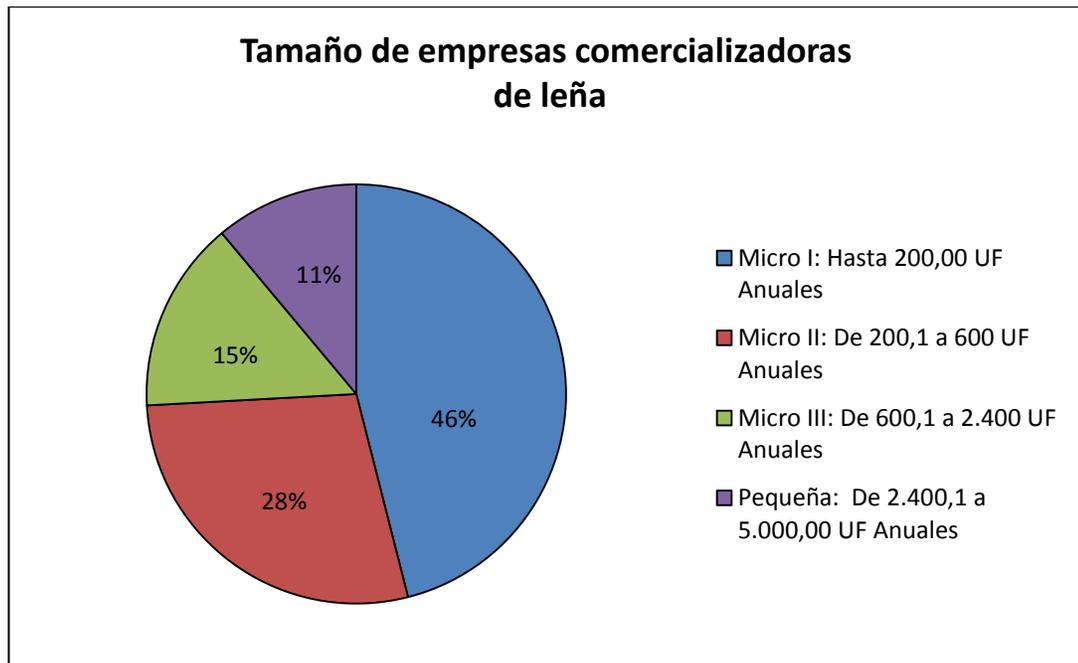
En relación al tipo de producto que comercializan, del total, se tiene un 82,4% de comercializadores de leña, seguido de un 22,5% de carbón vegetal. Como podemos observar en la siguiente figura, la comercialización de pellets y briqueta alcanza sólo un 5% del total de registrados.

Figura 4. Tipo de producto que comercializa



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Figura 5. Tamaño de empresa comercializadoras de leña



Fuente: Elaboración propia, 2015

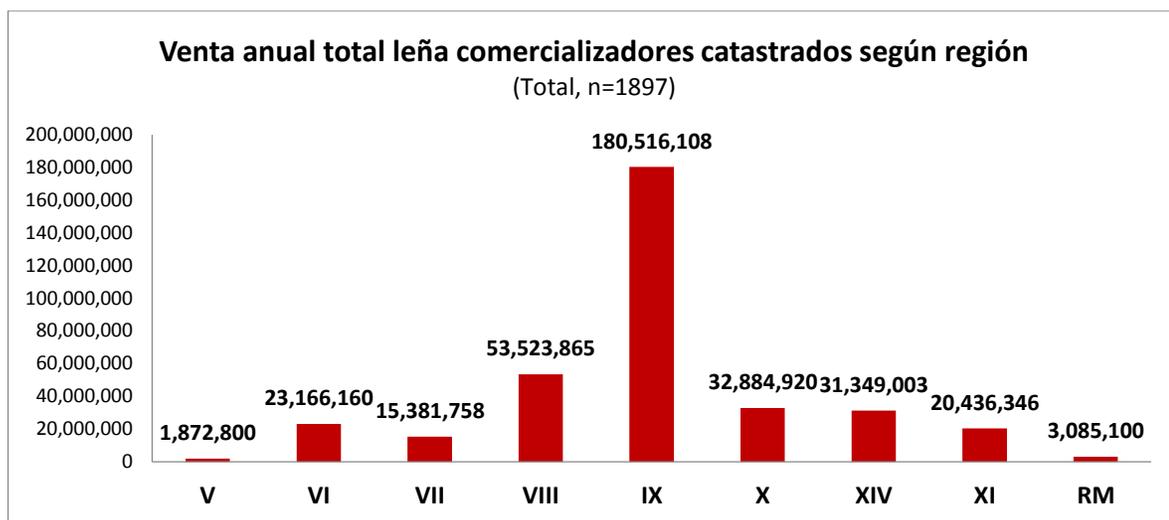
Tal como evidencia el gráfico anterior, el tamaño predominante de las empresas comercializadoras de leña es Micro en su gran mayoría, alcanzando un 46% 200 UF anuales. Le sigue un 28% que alcanza 600 UF anuales, y a su vez, un 15% que logra hasta 2.400 UF anuales. Finalmente, sólo un 11% logra ingresos estimados entre 2.400 y 5.000 UF al año.

La estimación del ingreso anual fue construido en base a la declaración del entrevistado en relación a la venta total del año 2014 y el valor unitario de venta; Todas las unidades de venta declaradas se transformaron a kilogramos y se consideró un valor referencial de \$ 80 por kilo/leña, luego se utilizó la clasificación de tamaño de empresas utilizadas por el Servicio de Impuestos Internos descrita a continuación:

- 1er. Rango Micro Empresa: 0,01 a 200 UF Anuales
- 2do. Rango Micro Empresa: 200,1 a 600 UF Anuales
- 3ro. Rango Micro Empresa: 600,1 a 2.400 UF Anuales
- 1er. Rango Pequeña Empresa: 2.400,1 a 5.000 UF Anuales

Finalmente, en relación a los comercializadores establecidos de leña catastrados en el estudio (1563), se estima una oferta total en el área urbana de las 45 comunas en estudio de 362.216.060 kg/años. En la siguiente figura se presenta la estimación a nivel de región. Cabe señalar que no es una estimación regional representativa sino sólo de las comunas cubiertas por el estudio.

Figura 6. Venta anual total leña comercializadores y productores de leña y sus derivados según región



Fuente: Elboaración Propia, 2015

### 3.5 Generación de Mapas de Catastro de Oferta de Leña y sus derivados

La generación de mapas de este tipo, al igual que los mapas de iniciativas públicas, está intrínsecamente relacionada a la generación de capas geográficas que utilizan las bases de datos generadas en esta asesoría. Por esta razón, para más detalles acerca de este proceso, se recomienda revisar el manual de construcción de capas geográficas, que figura como un anexo de este documento. No obstante, algunas características claves de este proceso se enumeran a continuación, partiendo por pequeño historial que indica cómo se llegaron a algunos de los acuerdos clave acerca de la representación espacial de esta información.

Los mapas preliminares sobre oferta de biomasa contemplaban las comunas de Temuco y de Padre las Casas, a dos escalas principales: (i) comunal y (ii) área urbana. En vista del enfoque más bien urbano del estudio, se optó por descartar la escala comunal como alternativa de representación, a causa de que gran parte del territorio contemplado a esta escala no tenía puntos georreferenciados de oferta, lo que significa, en la práctica, que no tenía relevancia para la práctica cartográfica. Vale destacar que la ausencia de puntos está directamente relacionada al levantamiento en terreno, que se realizó en base a las áreas urbanas y no abarcó zonas rurales, respondiendo a las directrices establecidas en la licitación.

Habiendo decidido por la escala enfocada en el área urbana, se contempló la posibilidad de reducir aún más la escala, subdividiendo las zonas a ser cartografiadas en grillas de menor escala. Aunque las áreas urbanas de las comunas seleccionadas se diferencian en lo que se refiere a extensión de la mancha urbana, se optó por trabajar en una escala única para todos los mapas, privilegiando la estandarización de los mismos. Para que esto no significara una pérdida de información en aquellas locaciones con muchos puntos georreferenciados, en las cuáles se observó la problemática de muchos puntos superpuestos (dificultando la comprensión de la información) se desarrollaron los mapas en una escala más reducida que la conversada inicialmente con la contraparte. En este sentido, los mapas técnicos presentados ahora se encuentran desarrollados a una escala de 1:20.000.

Otra decisión importante que representó un cambio en relación a los mapas presentados como propuestas intermedias, se refiere al mapa de referencia. Anteriormente había un mapa de referencia

más tradicional, que indicaba la ubicación del área cartografiada en relación a una escala más amplia, en este caso regional o nacional. La contraparte indicó que no les interesaba este mapa de referencia clásico y que era preferible utilizar este espacio para lograr una representación de las 3 variables seleccionadas de formas más clara y legible. Sin embargo, como se redujo mucho la escala de representación, se optó por mantener un mapa de referencia para que uno pueda observar que parte del área urbana está siendo representada. Este mapa de referencia que vincula el área representado a la zona urbana que ella conforma, ocupa un espacio reducido en la composición completa de la cartografía.

Retomando el tema de las 3 variables que serán representadas en los mapas relacionados a la oferta de leña y sus derivados, a saber: tipo de leña y derivado, tipo de oferta y volumen total de venta anual, es importante destacar que en los mapas preliminares estas estaban representadas en el mismo mapa principal, en el mismo símbolo, que variaba en lo que se refiere a color (para tipo de leña y derivados), letras (para tipo de oferta) y tamaño (para volumen). Esta forma de representación, aún que resuelta en términos conceptuales, no se tradujo bien a la representación gráfica, particularmente por la proximidad entre puntos lo que generaba una superposición de los símbolos y un decurrente ocultamiento de información.

En consecuencia de lo descrito, se decidió mantener en el mapa principal la representación de las variables LEÑA y TIPO de OFERTA, y concentrar en el mapa de apoyo la información relacionada a VOLUMEN (teniendo en cuenta que en este mapa de apoyo también se representan los puntos georreferenciados). En este esquema, el mapa de apoyo fue formulado en base a las grillas ya existentes, conformando una capa raster. En este mapa de apoyo la información acerca de la ubicación de los puntos georreferenciados también está representada, con puntos negros, sin embargo, la principal información representada son los volúmenes totales de ventas anuales, que están asociados a cada celda de esta grilla del mapa de apoyo. Es importante destacar que esta grilla que subdivide el área representada está homologada en el mapa principal, en el mapa de referencia y en el mapa de apoyo, que son los 3 mapas incluidos en la composición completa de la cartografía técnica. En este sentido, la celda inferior derecha del mapa principal representa exactamente la misma área que la celda inferior derecha del mapa de apoyo. Esta correspondencia viabiliza un análisis integrado de la información presentada en estos mapas.

### **3.6 Guía para la interpretación de los mapas de oferta**

La siguiente guía metódica orienta al observador a una correcta lectura visual de los mapas. La información relevante se destaca en diversas formas gráficas y mediante combinaciones de colores, para facilitar lectura e interpretación. En términos simples, una correcta interpretación de la información espacial mostrada considera lo siguiente:

1. Los mapas se encuentran a escala 1:20.000 dadas razones prácticas, interpretativas y formales referentes a una correcta visualización de todas las zonas que se enseñan.
2. El mapa se encuentra dividido en 3 imágenes principales (como se puede apreciar en el mapa que siguiente):
  - 2.1. **Mapa principal:** Muestra la sección de 5 x 5 Km con su respectiva subdivisión en 1 x 1 Km. Se presentan en este cuadrante los puntos de oferta asociados a leña (triángulo) y otro tipo de biomasa (cuadrado). Además se muestra el tipo de oferente diferenciado por color; las claves de cada uno de ellos son las siguientes:
    - C: Comercializador.
    - D: Distribuidor.
    - P: Productor.
    - T: Toda la cadena

- 2.2. **Mapa de oferta anual:** Cuadrante intermedio ubicado en la parte inferior derecha. Se muestran en cuadrantes de colores de 1 x 1 Km valores correspondientes a la suma de la venta anual en miles de Kg de leña y sus derivados de todos los puntos que pertenecen a él. La leyenda indica en colores los volúmenes correspondientes, en distintos tonos del color azul, organizados de más oscuro a más claro de acuerdo a las categorías de volumen representado. Este mapa ayuda a diagnosticar cuales son las zonas en las cuáles hay una mayor oferta de leña. Además, si contrastamos el color de las celdas, que nos indica el volumen ofertado, con la cantidad de puntos georreferenciados al interior de esta misma celda, podemos inferir, por ejemplo, si son muchos ofertantes que en su conjunto generan un gran volumen de venta anual, o si es solamente un gran punto de venta. Por otra parte, si es un volumen bajo y muchos puntos, podríamos inferir que son pequeños ofertantes. Esta representación visual de la información en grillas puede ser de gran utilidad para organizar salidas a terreno relacionadas al tema de la oferta de leña, como un barrido de fiscalización. Es importante tener en cuenta que para salidas a terreno, se suele dividir el territorio a ser recorrido por el equipo en grillas y en este sentido, estos mapas pueden servir un doble propósito: diagnóstico de la situación actual y guía para prácticas futuras.
- 2.3. **Mapa de Referencia:** Cuadrante más pequeño ubicado casi en la parte superior derecha que entrega la ubicación espacial de la zona mostrada en el cuadrante más grande (Mapa principal) y el intermedio (Mapa de oferta anual), la referencia directa es el cuadrante rojo. Este mapa de referencia ayuda a contextualizar el mapa principal en el contexto del área urbana completa.

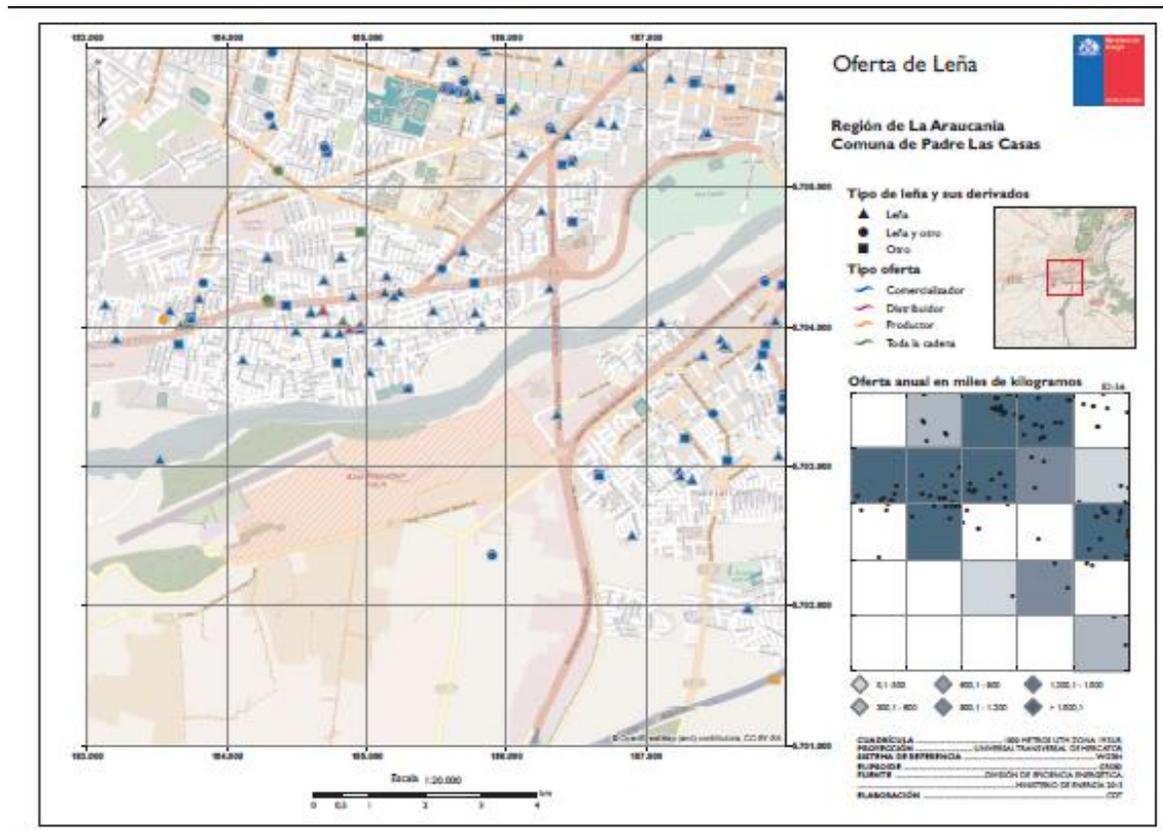
Teniendo en cuenta estos tres mapas – (i) principal, (ii) de apoyo) y (iii) de referencia – es posible hacer una serie de interpretaciones acerca del área mapeada. Además, la capa de base, de OpenStreetMap, ayuda a ubicar esta información en relación a la malla urbana de las áreas estudiadas.

Como el territorio está dividido en celdas uniformes, tanto en el mapa principal como en esta representación del volumen, los mapas entregan una información clara acerca de cuáles áreas de las zonas urbanas concentran la mayor oferta de leña y sus derivados. Esta información puede ser de gran valor para futuros levantamientos en terreno y también para la formulación e implementación de políticas públicas. Además, esta forma de representación minimiza posibles riesgos de publicar información más sensible en lo que se refiere a datos privados de los ofertantes o que puedan tener implicancias para el mercado de la leña y sus derivados. Representando el volumen agregado de las celdas y no el volumen individual de cada punto georreferenciado se generó una mayor protección a la información particular de cada punto. Esta representación en cuadrículas reflejó umbrales de volumen y no cantidades específicas.

Como ejemplo, hagamos un ejercicio con el mapa que sigue. En él se representa una parte de la ciudad de Temuco que se encuentra en un cuadrante más al nordeste de la mancha urbana, como se puede apreciar en el mapa de referencia. Esta parte de la ciudad tiene un formato más longitudinal, que acompaña las vialidades existentes, como se puede observar en la capa de base de OpenStreetMap. Como el levantamiento de puntos de oferta se hizo en la zona urbana, se puede apreciar como los íconos que representan los tipos de oferta se encuentran asociados espacialmente a la trama urbana. Esta misma

distribución de los puntos esta presente en el mapa de oferta. Comparando uno con el otro, podemos observar que si bien en el cuadrante que se encuentra en el límite urbano hay 5 puntos georreferenciados, ellos no presentan en su conjunto un gran volumen de oferta. Los mayores volúmenes de oferta están en zonas urbanas más consolidadas.

Figura 7. Mapa técnico oferta de leña. Ejemplo Comuna de Temuco Región de la Araucanía



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

El presente informe anexa en formato impreso solo aquellos mapas seleccionados bajo un criterio de mayor cantidad de puntos catastrados georreferenciados, razón que fue acordada con la contraparte técnica de la asesoría.

### 3.6.1 Infografía que orienta el análisis de información

Las infografías están contempladas en el proyecto como una herramienta de comunicación que cumple con dos objetivos clave: (i) presentar los resultados de forma jerarquizada y sencilla, destacando los contenidos considerados más relevantes, y (ii) generar o ampliar el interés de las personas en el tema de la biomasa como fuente de energía sustentable. Se desarrollaron un total de 10 infografías, siendo una de ellas más general, a escala nacional, y las demás enfocadas en cada una de las regiones del estudio.

Para la estética general de las infografías, se mantuvieron los padrones presentados en avances anteriores, con colores más cálidos, en tonos más asociados a madera, y dibujos modernos de trazos sencillos, en 2D. También se sumaron diseños e íconos facilitados por la contraparte, generando una mayor coherencia estética con otros materiales de comunicación del Ministerio de Energía. Los mapas en sí fueron exportados del SIG para garantizar su correcta representación geográfica. Para el título se utilizó

otra fuente para la palabra sustentable porque se quería justamente llamar la atención para el hecho que la leña y sus derivados, cuando utilizados correctamente, si son una fuente sustentable de energía. La tipografía distinta llama la atención para esta característica, como se fuera un beneficio extra para aquellos que usan de biomasa. También se sumaron los logos del Ministerio de Energía de Chile y de la CDT en el rincón inferior derecho, para dar mayor peso y respaldo a la información presentada, además de cumplir con cuestiones de autoría.

En la infografía de escala nacional, los datos asociados a cada una de las regiones son aquellos acerca del número de catastrados por región. Inicialmente se había contemplado la posibilidad de presentar datos más relacionados a la cantidad de oferta, utilizando el volumen registrado. Sin embargo, después de un minucioso análisis de la información contenida en las bases de datos y de reuniones con la contraparte, se acordó que el enfoque debería ser más educativo, pensando en un público objetivo más general, que incluye productores, distribuidores, vendedores y consumidores de leña y otros materiales sólidos derivados de la madera.

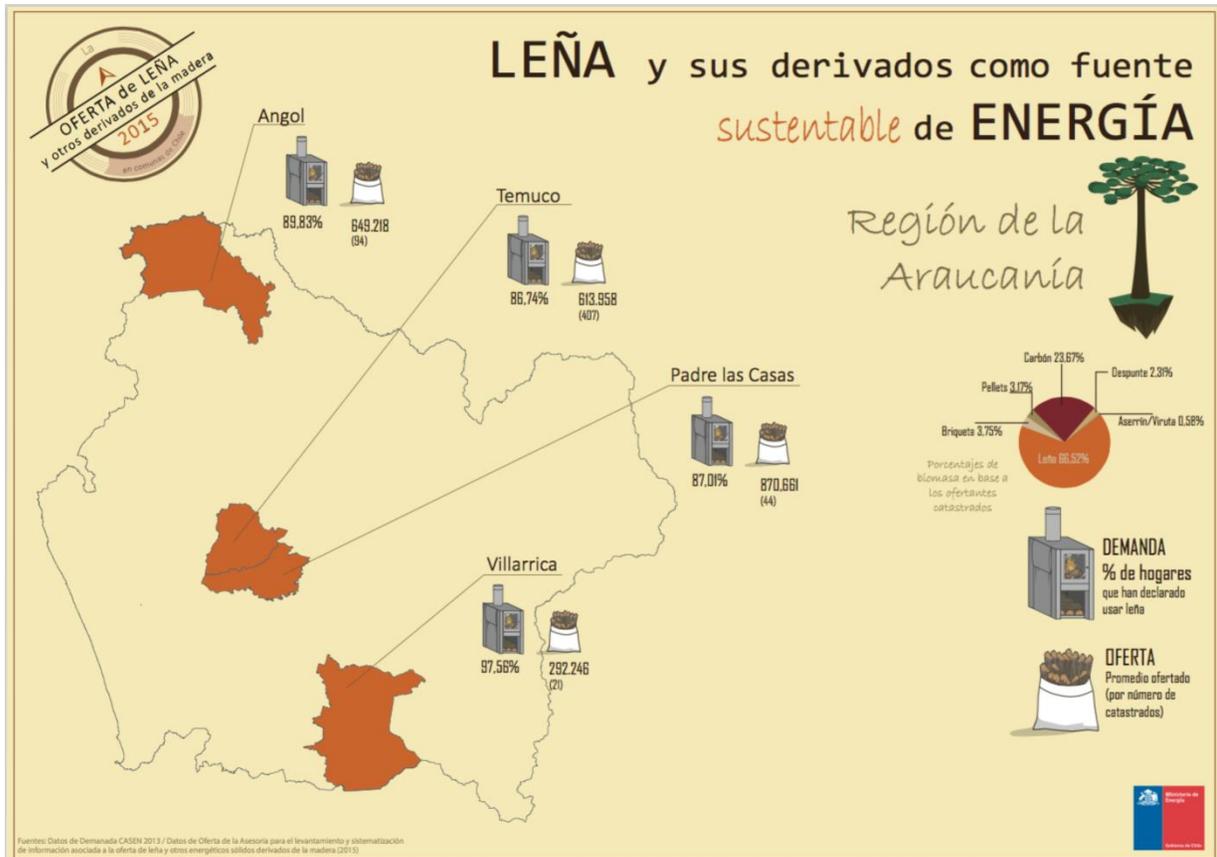
Este cambio de enfoque significó poner más énfasis en las prácticas asociadas al buen uso de la leña, destacando las ventajas de la leña seca para todos los actores involucrados en su ciclo y también las actividades necesarias para garantizar un secado eficiente. Para las infografías de escala regional, se presentaron datos de oferta (de esta asesoría) y datos de demanda (de la CASEN 2013). Inicialmente se había contemplado otra asesoría como fuente de información acerca de la demanda, sin embargo, no había datos desagregados a escala comunal. Además, se generaron diseños representativos de cada una de las regiones, respondiendo a un pedido de la contraparte (que se presentan en seguida).

Figura 8. Iconografía generada para mapas infográficos regionales



Fuente: Elaboración Propia, 2015

En seguida se presentan dos de las infografías desarrolladas.



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

### **3.7 Conclusiones del capítulo**

El catastro fue realizado íntegramente en forma presencial, es decir, recorriendo la totalidad del área urbana de las 45 comunas en estudio. Estas fueron divididas a nivel de distrito censal según los mapas de generación propia de la CDT en base a todos los registros SIG disponibles.

En total se registraron 1.897 oferentes, predominantemente comercializadores de leña de la V a las XI región, y principalmente informales de tamaño micro. Dada la informalidad de los oferentes se dificultó la obtención de los datos de caracterización, los cuales fueron recolectados a través de una cotización incógnita indagando los datos necesarios de la ficha de recolección.

Finalmente, cabe señalar que el levantamiento fue realizado en el mes de enero y se estima que en los meses de invierno aumenta la oferta de leña a través de venta móvil y establecimientos informales esporádicos.

### **3.8 Anexos del capítulo**

Anexo 1. Pauta entrevista y lista de chequeo.

Anexo 2. Muestra de comercializadores en la Zona.

Anexo 3. Mapas Técnico oferta de leña: comuna Temuco y padres las casas.

Anexo 4. Infográfico nacional y regionales

## **4. METODOLOGIA DE ESTIMACIÓN DE OFERTA DE LEÑA SECA**

### **4.1 Objetivo, alcance y consideraciones preliminares del capítulo**

La propuesta inicial consideraba como objetivo del estudio cuantificar la producción anual de leña y derivados (briquetas, pellets, carbón) en distintas localizaciones georreferenciadas. Sin embargo, esto dio un giro hacia la estimación del potencial de venta de leña seca, debido a la incertidumbre que existe respecto a su oferta a nivel nacional, y a su capacidad de abastecer la demanda, por lo que la metodología también se adaptó a este propósito. A modo de contexto, cabe señalar que el foco inicial del estudio se encuentra en la cuantificación de leña en comunas urbanas, lo cual presenta un escenario con dificultades dado que la producción se desarrolla principalmente en zonas rurales. Las zonas urbanas en esta dinámica se enfocan a la compra de leña a sus productores en las zonas rurales, encargándose del picado y de la venta minorista de esta.

Dado este escenario, y en conjunto con la contraparte técnica del Ministerio de Energía, el objetivo del modelo fue modificado y llevado a la estimación del potencial de oferta de leña seca a partir de comercio establecido formal e informal en las comunas seleccionadas, de forma de detectar mediante información del proceso productivo y de venta que pueda entregar el comercializador (período de compra, fechas de corte, tiempo de secado, infraestructura), el potencial de oferta de leña seca en una determinada zona. Se llevó a cabo pilotos en dos zonas para validar el modelo de estimación.

En relación a los otros derivados de la leña, no se han considerado debido a que por sus características, es posible cuantificarlos con estudios de mercado y son marginales respecto a la leña.

Inicialmente se propuso correlacionar variables de contaminación atmosférica y clima a datos de oferta de leña para estimar el potencial aporte que esta podría tener sobre las condiciones atmosféricas negativas, sin embargo al constar la relación directa de estas variables de clima con el modelo de estimación de leña seca se generaron variables climáticas, temperatura y humedad más un mapa de humedad de equilibrio de la madera para un ejemplo particular, y de esta manera poder visualizar los resultados de carácter espacial.

### **4.2 Desarrollo metodología cuantificación**

Dependiendo del tipo de combustible, las metodologías de cuantificación son diferentes. De esta forma, se procede a separarlos en:

- Productores y comercializadores de leña (en caso se encuentren integrados)
- Comercializadores de leña
- Comercializadores de pellets y briquetas

#### **4.2.1 Cuantificación del potencial de venta de leña**

Para estimar el potencial de venta de leña seca en comercializadores y productores-comercializadores establecidos de las 45 comunas, se desarrolló un modelo analítico del tipo “bottom – up”, donde se estimaron las ventas y el nivel de humedad de la leña en base a las condiciones de producción y comercialización de ésta. Los resultados se obtuvieron por medio de una investigación cuantitativa a una muestra representativa de comercializadores.

Este modelamiento consideró dos etapas fundamentales, las cuales se analizarán por separado:

1. Modelamiento del volumen unitario de venta y nivel de humedad de la leña.
2. Desarrollo de encuesta y medición piloto.

El modelamiento de los volúmenes y calidad de leña trae consigo dificultades derivadas de la gran cantidad de variables que pueden influir en los resultados, probablemente presentes en toda la cadena productiva. No obstante, para efectos de este modelo, dos son las variables fundamentales a estimar para conocer el potencial de venta de leña seca:

- a) Volumen de ventas anuales y mensuales de leña de los comercializadores

Este resultado permite conocer la oferta de leña de cada tipo de comercializador. La información se consiguió a partir de las respuestas a una entrevista realizada al comercializador una vez al año (descrita en la etapa del piloto).

La información recibida respecto a la identificación y caracterización básica del mercado de la leña permitió delimitar la magnitud de venta y con ello estimar el volumen de venta. De esta forma, en la entrevista fue importante profundizar en preguntas orientadas a la experiencia del propio comerciante con su producto.

- b) Calidad de la leña (nivel de humedad de la leña vendida)

Este cálculo fue más complejo que el anterior, dado que no fue posible de realizar a partir de las respuestas de los comercializadores. Por esta razón, se deben identificar las variables que afectan la humedad de la leña, y levantar con la mayor certeza posible esta información.

Para determinar el nivel de humedad de la leña, el estudio se basó en 3 formas de obtener la información:

- a) Pregunta directa
- b) Medición en terreno (comerciantes) de acuerdo a la norma NCh 2965 y 2907
- c) Modelo de estimación de la humedad de la leña en base a preguntas indirectas y verificación de la infraestructura disponible.

La propuesta final, se basó prácticamente en la forma c. Las anteriores se utilizan para validar la propuesta realizada a partir del punto c.

## **4.3 Modelo de estimación de la humedad y volumen de leña seca**

### **4.3.1 Conceptos preliminares**

Fases de secado:

**Fase 1:** Pérdida del agua libre contenida en las cavidades celulares. Esta fase termina cuando se alcanza el punto de saturación de la fibra (donde se ha eliminado el agua libre y las paredes celulares se encuentran saturadas). La humedad en que se alcanza el punto de saturación de la fibra varía aproximadamente entre 21 a 30% dependiendo de la especie. En general, más frecuentemente se encuentra entre 28 al 30% para la mayoría de las especies [1]. En el presente trabajo se considera un valor típico de 30%.

**Fase 2: Punto de equilibrio. Disminución de la humedad de las paredes celulares.** Esta fase comienza con el llamado Punto de Equilibrio. En este punto, la humedad de la madera se encuentra en equilibrio con la humedad ambiental. En la fase 2, la madera se seca hasta alcanzar un equilibrio con el medioambiente. La humedad de equilibrio depende por un lado de la especie de la leña y por otro de las condiciones ambientales, principalmente humedad relativa y temperatura. Este es un proceso en general más complejo y más lento que el de la fase 1.

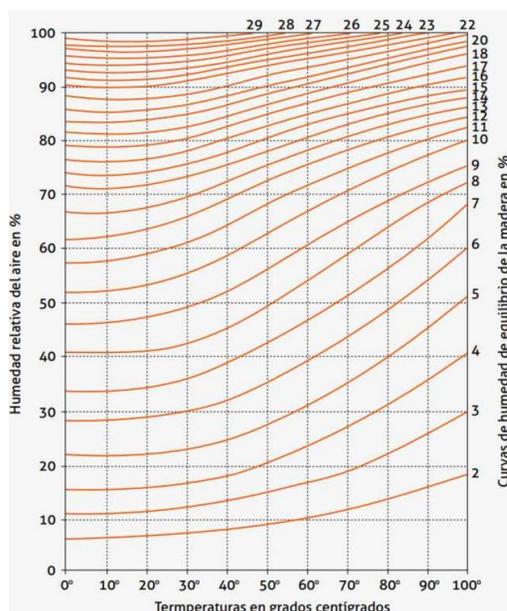
**Secado Artificial.** Se puede considerar como parte de la etapa 2, en que las “condiciones ambientales” han sido modificadas en forma muy importante para acelerar el proceso de secado. En el caso en que la leña se someta a un proceso de secado artificial (con muy baja humedad y alta temperatura), esta llega a niveles de humedad menores respecto a lo que se tendría si se dejara al ambiente natural (humedad de equilibrio natural) y en tiempos menores también, que es lo más relevante. En [1] se puede ver que la humedad en secador artificial a 100 °C para roble americano, alcanza un valor del orden de 10% de humedad en 50 horas aproximadamente.

El secado de la fase 2 es un proceso lento y netamente dinámico, y por tanto es bastante difícil de modelar y calcular. Sin embargo, se debe aclarar que el secado artificial no se encuentra incluido en el modelo que se desarrollará acá, ya que se basa en resultados empíricos para condiciones ambientales naturales y por tanto se aplica solo en este rango.

Como aporte al secado de la etapa 2, existen las llamadas curvas de humedad de equilibrio de la madera, que relacionan la humedad de equilibrio con la humedad relativa del aire y la temperatura.

En general, se acepta que la humedad de equilibrio higroscópico de la madera tiene una débil dependencia de la especie en particular. Además, la mayor parte de los autores utiliza un modelo único para todas las especies. Este corresponde al modelo de Kollman<sup>1</sup>, representado en la presente figura.

Figura 9. Humedad de equilibrio de la madera.



Fuente: Extraído de ref. [10]

<sup>1</sup> KOLLMAN, F. 1959. “Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones, Tomo 1”. Ministerio de Agricultura, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, IFIE, Madrid

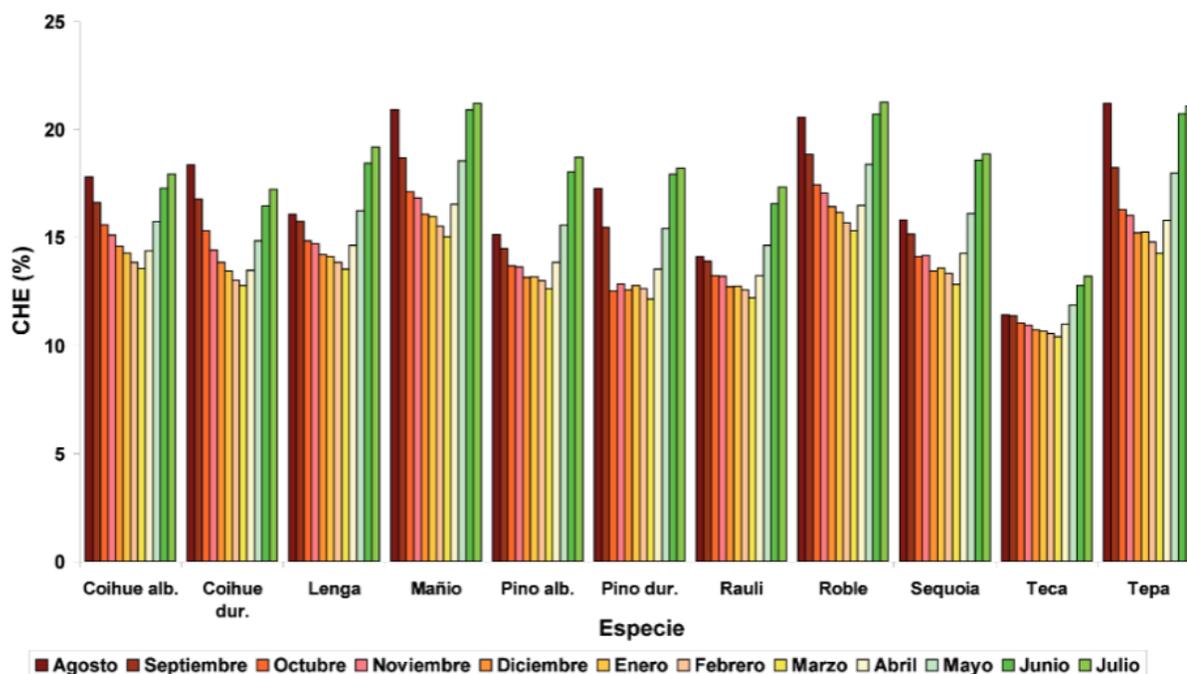
En una cierta localidad, la humedad y temperatura varían durante el día y también durante los diferentes meses del año, por lo que se hace difícil aplicar directamente la figura anterior. Dado que el proceso de secado al aire es un proceso lento, sin duda la transferencia de humedad en un día es netamente dinámica, y no necesariamente es un fenómeno lineal, por lo que no necesariamente puede ser comprendido en función de los promedios diarios, mensuales o anuales.

Si se lleva el fenómeno a un análisis mensual, se debe entender también que un mes es un tiempo muy corto para alcanzar la humedad de equilibrio. Lo que si sucederá, es que en un mes más seco el contenido de humedad de la leña bajará más rápido que en un mes más húmedo.

Por otro lado, también influye en el proceso de secado, el gradiente de humedad entre la madera y el ambiente; y por tanto, mientras mayor sea el gradiente (es decir si la madera está más húmeda) las tasas de secado serán mayores para una misma humedad y temperatura del aire.

La figura siguiente, muestra la variación del contenido de humedad de equilibrio mensuales para maderas de diferentes especies en Concepción [3].

Figura 10. Humedad de equilibrio mensual para varias especies en Concepción.



Fuente: Extraído de Ref. [3]

Estos resultados se obtuvieron a partir de ensayos experimentales. Los autores del artículo (ref. [3]) indican que es la humedad de equilibrio, pero en realidad es el resultado de la dinámica del secado para cada mes. En la medida en que las humedades al principio del periodo anual y al final son similares, hay una mayor probabilidad que se esté efectivamente cerca de las humedades de equilibrio mensuales; sin embargo, estos resultados se tomarán solo como referenciales.

Pese a que existen variaciones durante el año en cuanto a la humedad, ninguna especie en ningún mes del año tiene la humedad de equilibrio superior al 25%.

Para ver cuál es la situación en otras zonas de Chile, considérese la tabla siguiente extraída de referencia [1], donde se presentan algunos valores de humedad de equilibrio para diferentes zonas en Chile. Sin embargo, no se indica para qué época del año corresponden.

Tabla 12. Humedad de equilibrio promedio para algunas zonas de Chile.

Zona Climático Habitacional	Designación	Humedad de Equilibrio Promedio	
		Experimental	Teórico
Norte Litoral	NL	14%	16%
Norte Desertico	ND	7%	10%
Norte Valle Transversal	NVT	15%	13%
Centro Litoral	CL	15%	16%
Centro Valle Longitudinal	CVL	13%	14%
Sur Litoral	SL	18%	17%
Sur Valle Longitudinal	SVL	18%	16%
Sur extremo	SE	18%	16%

Fuente: Extraído de Ref.[1]

Al comparar la tabla con la figura anterior, se observa que las humedades de la tabla anterior corresponden aproximadamente al periodo de invierno en la figura 8. Esto permite ampliar un poco el espectro de conclusión anterior. En efecto, en la tabla 7 se observa que las humedades de equilibrio de la zona de Concepción (que corresponde al clima de la figura 8) es una de las más altas del país, y por tanto, el hecho de que una vez de que la leña esté seca ésta no sobrepasará la humedad de 25%, sería válida para las condiciones climáticas de prácticamente todo el país.

Dado lo anterior, existe una idea general del proceso de secado y de las humedades de equilibrio. Sin embargo, en el presente se calcularon las humedades alcanzadas después de un periodo de tiempo determinado expuesto al ambiente exterior, analizadas a partir de la humedad de equilibrio.

#### **4.3.2 Información previa utilizada para el diseño del modelo que permite estimar el tiempo de secado al aire**

Inicialmente se consideraron las siguientes variables como las más relevantes al momento de determinar la humedad de la leña en un momento dado:

- Tiempo de secado de la leña (desde el momento de corte a la venta)
- Clima
- Forma de secado de la leña y formato en que se seca
- Especie
- Infraestructura del comercializador (acopio y/o secado)
- Si realiza venta con sello de certificación (APL o SNCL)

La cantidad de información disponible referente al secado de leña al aire es mucho menor que la información respecto a las humedades de equilibrio; por tanto para obtener resultados útiles se usaron utilizar ambas fuentes de información.

Una conclusión importante del análisis, es que si en algún momento la leña está seca (menos de 25% de humedad) y se almacena protegida del agua, en ninguna parte esta perderá su condición de leña seca. De esto se deduce también que si la leña llega a un cierto valor de humedad (mayor o igual a 25%), si se almacena en un lugar protegido del agua, en ningún lugar de Chile podría aumentar su humedad por el simple hecho de la exposición a la humedad ambiente. En consecuencia, si un comerciante compra leña seca y la almacena protegida de la lluvia; siempre tendrá leña seca independiente del clima local (válido para Chile).

En general, la información disponible habla de tiempo de secado natural de 6 meses para la mayor parte de las especies de leña. No obstante, en la especie Roble (*Nothofagus obliqua*), una de las más utilizadas de la zona sur de Chile, se han realizado ensayos más detallados y estimado curvas de secado (ver ref. [1]). En este documento se presentan los resultados de secado de leña en dos localidades de la Región de la Araucanía, para diferentes formas de almacenamiento y tamaño de corte.

La figura 9 muestra los resultados para el secado de leña cortada en astillas y cubiertas. La figura 01 muestra una imagen del esquema de almacenamiento.

Figura 11. Resultados para el secado de leña (Roble) cortada en astillas de 33 cm y cubierta.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ref. [6]

Figura 12. Foto del tipo de almacenamiento en trozos de 33 cm, con rieles y cubierta de poliestireno.

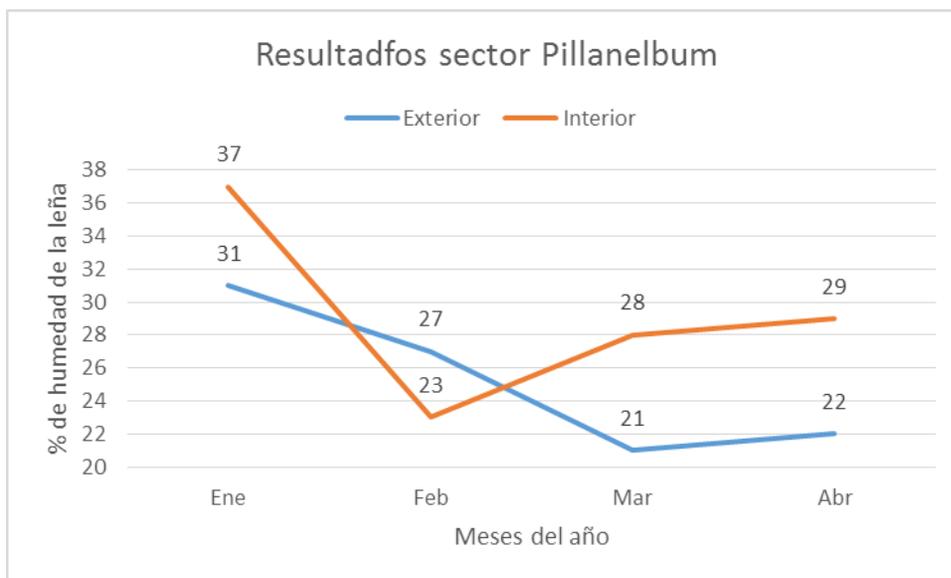


Fuente ref 6

La figura 12, muestra que tarda aproximadamente 2 meses en eliminarse el agua libre teniendo ya a los 3 meses la leña seca. Posteriormente, la humedad se mantiene e incluso sube. En base a lo expuesto anteriormente, no es posible que suba solo por el hecho de estar al ambiente, debido a que la humedad de equilibrio de los diferentes climas -en general- es menor a 20%. Es probable que la discrepancia se deba a que el valor mostrado en el gráfico es una mezcla de muestras del interior del encastillamiento y del borde de este. La ubicación de los trozos pasa a ser relevante –después de un cierto nivel de secado- debido a la eventual exposición al agua líquida que incide sobre los trozos más expuesto

La figura siguiente muestra los resultados de secado para el período después de perder el agua libre descrita anteriormente, comparando cómo se comporta la curva de secado de leña de la periferia con la del interior del encastillamiento.

Figura 13. Resultados de secado para las trozas interiores y exteriores (Roble).

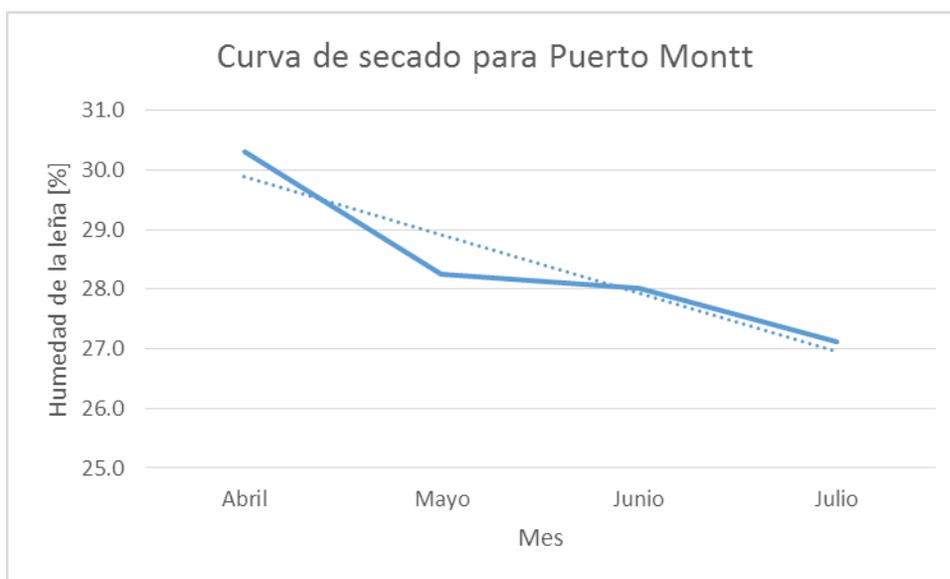


Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de ref. [6]

En esta gráfica, también se observa la tendencia a aumentar el contenido de humedad después de tener la leña seca, cuyo comportamiento que puede relacionarse al efecto del agua líquida sobre la humedad o a errores en las mediciones. Por tanto, para humedades bajas, el efecto de que la leña se moje o no parece tener cierta relevancia, al menos en las mediciones que se realizan en terreno. Eso explica la dispersión en estos resultados. Por otra parte, se sabe que el agua líquida absorbida se pierde rápidamente. Por tanto, hay que entender que este comportamiento es más bien un problema de interpretación de resultados que un problema real.

Otro de los estudios consultados sobre el secado de leña en galpones en Puerto Montt [4], reafirma que la incidencia del agua líquida proveniente de la lluvia es casi inexistente sobre el contenido de la humedad. Este estudio, también, se concentra en el secado a humedades bajas pero en otra época del año (respecto al estudio anterior). La figura siguiente, muestra el promedio de las mediciones en los diferentes galpones, y aunque se observa un punto de anomalía para el mes de mayo, la tendencia general es bastante clara.

Figura 14. Curvas de secado para Puerto Montt (Roble).



Fuente: Elaboración Propia con resultados de ref. [4]

Ambos estudios [1] y [4], se complementan respecto a variables como: época del año, localidades, humedades y formas de acopio. Por tanto, se utilizaron estos datos y se analizó la información para conformar el modelo básico de la curva para estimar la humedad de la leña a partir del tiempo y condiciones en que esta se ha mantenido después de su tala.

### Influencia de la especie en el tiempo de secado.

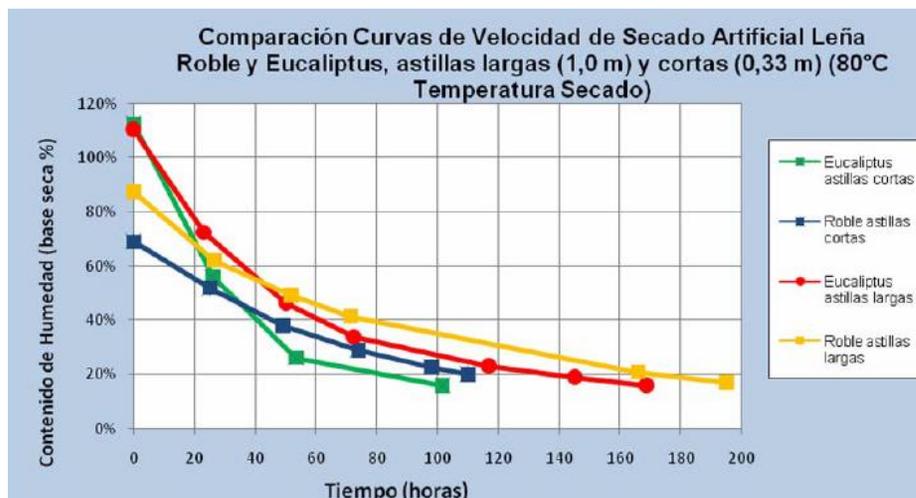
Es complejo definir la influencia de la especie en el tiempo de secado de la leña. La información relevante es escasa considerando además que la influencia no es muy grande. Los resultados para cuantificar el efecto de esta variable deben provenir del mismo estudio y la comparación debe hacerse considerando muestras sometidas al mismo clima; de lo contrario, el efecto del clima puede ser más importante que el efecto de la especie misma.

Primero, se deben identificar cuáles son las especies más utilizadas en el país. Según referencia [8] en la zona centro sur de Chile son: Roble, Eucalipto, Ulmo, frutícolas y en el sur extremo son: Lengua y Ñire.

Como no se disponen de datos de secado natural simultáneo en las mismas condiciones y para diferentes especies, el cálculo de la influencia de la especie se deberá hacer en forma indirecta mediante resultados de secado artificial, principalmente.

La siguiente figura muestra los tiempos de secado artificial para varias especies.

Figura 15. Comparación de curvas de secado artificial.



Fuente: Informe final "Modelos de Negocios para el Acopio y Secado de Leña" UCh, 2009.

Otros resultados para secado artificial de leña para diferentes especies se obtienen de referencia [7]. La tabla siguiente muestra los resultados principales resumidos.

Tabla 13. Resultados del tiempo de secado artificial para Roble y Eucalipto.

Formato leña	Especie Roble		Especie Eucalipto	
	----- Rango contenido de humedad % -----			
	70-20	40-20	110-20	40-20
Astilla larga	8.1 días	4.0 días	5.3 días	3.0 días
Astilla corta	4.4 días	3.0 días	3.1 días	1.7 días

Fuente: Extraído de ref. [7]

La siguiente tabla, muestra el tiempo de secado para diferentes especies, extraídas de referencia [7]. En este caso se entregan valores generales estimados.

Tabla 14 Tiempo de secado artificial varias especies

Especie	Tiempo mínimo de secado al exterior ---- meses ---
Roble	6
Eucaliptus	5
Álamo	5
Canelo	6
Hualo	6
Mescla nativo (peumo, Boldo, Quilla y entre otras)	6
Parra	4
Frutales	4

Fuente: Extraído de ref. [7]

Si bien es cierto, en la referencia no se explica las condiciones en que se obtienen los resultados, es una información útil ya que este tipo de datos es escaso.

### Influencia de la forma de acopio y del tamaño del trozo en el tiempo de secado.

Primero, se definen los tipos de formato de acopio. A continuación se muestran las principales formas de acopio y formatos utilizados en Chile.

#### Formato Tradicional

Se trata de trozos de 1 m de largo ubicados directamente sobre el terreno.

Fuente: Imagen extraída de [6]



#### Formato Tradicional Trozado

Se trata de leña trozada de 30 a 35 cm de largo directamente sobre el terreno.

Fuente: Imagen extraída de [6]



<p><b>Sobre Rieles</b></p> <p>Leña de 1 metro de largo apilada sobre polietileno y rieles.</p> <p>Fuente: Imagen extraída de [6]</p>		
--	--	---

<p><b>Sobre Rieles</b></p> <p>Leña de 30 a 35 cm de largo apilada sobre polietileno y rieles. Esta opción también puede ser sin polietileno, pero es poco común.</p> <p>Fuente: Imagen extraída de [6]</p>	
--	---

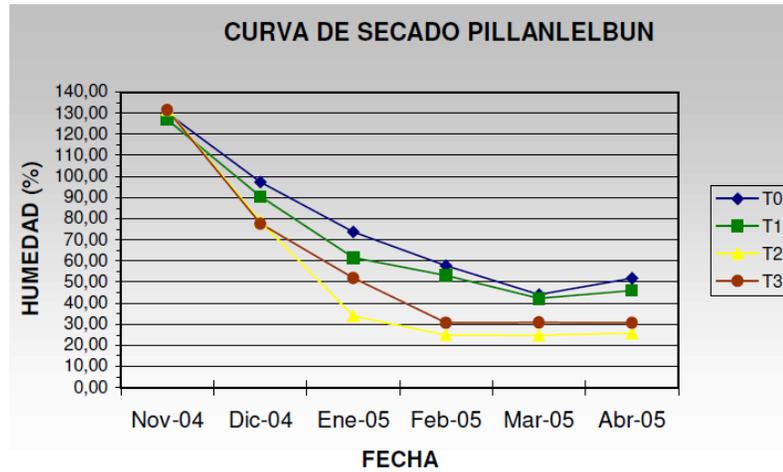
<p><b>Cubierta Superior</b></p> <p>Todos los formatos pueden tener o no una cubierta superior de polietileno.</p>		
---	--	---

En referencia [6] -que fue el estudio en que se hizo la base del modelo de **secado** al aire- se tienen también resultados con diferentes tipos de acopio. Los resultados principales se muestran en las dos figuras siguientes.

Los parámetros de las curvas son los siguientes:

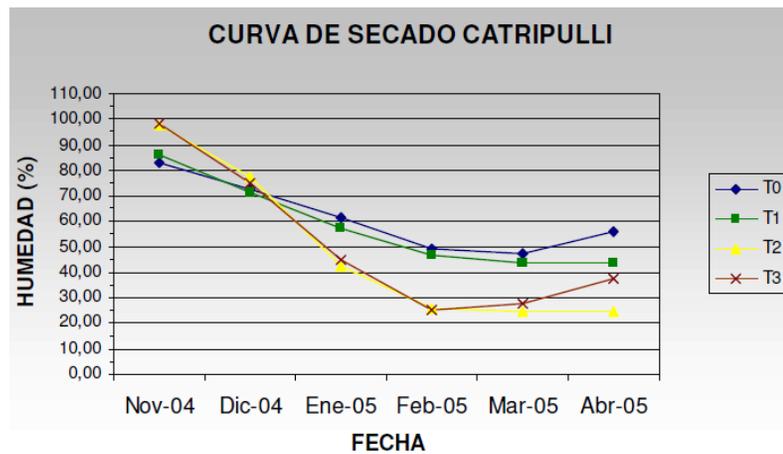
- T0: Corresponde al formato tradicional para trozos de 1 m sin cubierta.
- T1: Corresponde al formato tradicional para trozos de 1 m con cubierta de plástico superior.
- T2: Corresponde a leña picada (0.33 m de longitud) con cubierta de plástico superior.
- T3: Corresponde a leña picada (0.33 m de longitud) sin cubierta.

Figura 16. Curvas de secado en Pillanlelbun



Fuente: Extraída de Ref. [6]

Figura 17. Curvas de secado en Catripulli



Fuente: Extraída de Ref. [6]

Por otra parte, de la referencia [5] se obtienen los siguientes resultados. Estos se corresponden al secado de *Eucaliptus Globulus* en la comuna de Temuco, sector Cerro Mariposa a 7 km de Temuco.

Tabla 15. Resultados se secado para trozos de 1 m de largo

Contenidos de humedad de leña tratamientos del ensayo de 1mt. Cúbico estéreo con y sin cobertura (nylon)		
	Sector Monteverde, Temuco	
	Humedad inicial (%) Octubre Secado al aire libre	Humedad final (%) (Abril) Secado al aire libre
Leña de 1 metro cúbico estéreo	92,8	26,69
Leña 1 metro cúbico estéreo con cobertura (nylon)	92,8	28,92
Leña 1 metro cúbico estéreo encastillado sin cobertura	92,8	31,92
Leña 1 metro cúbico estéreo encastillado con cobertura (nylon)	92,8	26,92

Fuente: Extraída de Ref. . [5]

Tabla 16. Resultados se secado para trozos de 0.33 m de largo, extraído de ref. [5]

Contenidos de humedad de leña tratamiento del ensayo de 1mt. cúbico estéreos con leños de 33 cm. Con cobertura, sin cobertura, con xilema expuesto y sin xilema expuesto		
	Sector Monteverde, Temuco	
	Humedad inicial (%) Octubre Secado al aire libre	Humedad final (%) (Abril) Secado al aire libre
Leña de 33 cm apilado tradicional (m3), sin cobertura y sin xilema expuesto	75,2	21,32
Leña de 33 cm apilado tradicional (m3), con cobertura y sin xilema expuesto	75,2	22,33
Leña de 33 cm apilado tradicional (m3), sin cobertura y con una cara de xilema expuesto	108,9	20,84
Leña de 33 cm apilado tradicional (m3), con cobertura y con una cara de xilema expuesto	108,9	18,87
Leña de 33 cm encastillado (m3), sin cobertura y con una cara de xilema expuesto	108,9	20,77
Leña de 33 cm encastillado (m3), con cobertura y con xilema expuesto	108,9	22,74

Fuente: Extraída de Ref. . [5]

### 4.3.3 Hipotesis del modelo

Se propone lo siguiente como modelo de cálculo.

Si se observan las curvas anteriores, se puede ver que son más o menos lineales a partir de los 30 o 40% de humedad. Por tanto, inicialmente se considera un modelo en dos etapas. Una desde el árbol verde - con una humedad de aproximadamente 120 % en base seca (hasta 40%) y otra para valores de humedad menores a 40%.

Posteriormente, al analizar los resultados de la validación, se consideró incorporar una tercera etapa de bajo gradiente de humedad. Inicialmente se había descartado por considerarla irrelevante para la determinación de leña seca y por no contar con datos de referencia, ya que los estudios analizados duraban alrededor de 6 meses como máximo. Sin embargo, en base al trabajo realizado en terreno en el presente estudio, se puede hacer una propuesta simplificada para considerar esta etapa.

### Etapa 1. Desde la madera verde hasta 40% de humedad.

Se determina un número de meses en que se elimina el agua libre. El tiempo depende principalmente de la forma de almacenamiento y de la especie.

### Etapa 2. Disminución de la humedad de las paredes celulares.

La variación de la humedad depende del lugar, tamaño de la leña, forma de apilamiento y de la diferencia entre la humedad de la leña y la humedad de equilibrio. Esta última variable es el “motor” del secado. Al plantear el modelo en función de la humedad de equilibrio, se tiene en consideración tanto la localidad como el mes contemplado.

### Etapa 3. Etapa lenta de bajo gradiente de humedad.

Esta etapa adicional surge de la información recolectada en terreno para el presente estudio y corresponde a un proceso de secado muy lento, con un pequeño diferencial de humedad, lo que corresponde por ejemplo a tener dos años la leña cortada.

Dado que con los datos de terreno se tienen valores con mayor tiempo de exposición, se decidió incorporarlo en el modelo. En esta etapa, se considera tanto el secado como la humedad de la madera, debido a que en la dinámica del proceso, también se da el caso en que la humedad de equilibrio es mayor a la humedad de la madera en ese momento y se produce un aumento de la humedad de esta.

#### 4.3.4 Obtención de los parámetros del modelo

##### Etapa 1.

El modelo se basa principalmente en la referencia [6], donde se mide el tiempo de secado para leña de roble en dos localidades de la región de la Araucanía. La tabla siguiente muestra un análisis de resultados basado en esta publicación.

Tabla 17. Tiempo en meses para alcanzar la humedad de 50% y 40% respectivamente a partir de la fecha de tala del árbol. El inicio de las mediciones es en noviembre.

Tipo de apilamiento	Pillanlelun (cerca a Temuco)		Catripulli (sector cordillerano de la región)	
	50%	40%	50%	40%
Tradicional, en trozos de 1 m de largo, sobre el suelo y sin cubierta.	3.9	No	3.4	No
Leña en trozos de 1 m, montada sobre rieles y con cubierta de polietileno.	3.6	No	3.2	No
Leña en astillas montadas sobre rieles y cubierta de polietileno.	2.3	2.5	2.4	2.8
Leña en astillas montadas directamente sobre el piso y sin cubierta de polietileno.	2.7	3.0	2.4	2.8

Fuente: Extraída de Ref. . [6]

Para las dos primeras filas, la leña no alcanza a llegar a los 40% de humedad y sin embargo, llega al 50%. Por tanto, se consideraron ambos tiempos para el análisis y el modelo.

Los resultados de la referencia [4] muestran que los trozos de 1 m pueden alcanzar humedades de entre 25% a 30%, pero en 6 meses. Es importante mencionar, que los resultados de la referencia [4] son para eucalipto y los de la tabla anterior (ref. [6]), para roble. Sin embargo, las diferencias entre los estudios pueden ser debidas a múltiples razones y no solo debido a la especie.

Tomando en cuenta lo anterior, se propone la tabla siguiente, que muestra el tiempo en alcanzar la humedad de 40% que se asume como término de la etapa 1 del modelo.

**Tabla 18. Parámetros para la estimación del tiempo de secado para el agua libre.**

Caso	Tiempo de secado
Leña trozada (30 a 35 cm) almacenada en galpón o con cubierta de polietileno.	3 meses para alcanzar el 40% de humedad
Leña trozada pero al aire libre sin cubrir	3.5 meses para alcanzar el 40% de humedad
Leña al aire libre de 1 m de largo, y con cubierta de polietileno o en galpón.	4.5 meses para alcanzar el 40% de humedad
Leña al aire libre de 1 m de largo, y sin cubrir.	4.0 meses para alcanzar el 50% de humedad No alcanza el 40% de humedad. <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia, 2015

Los valores propuestos se han basado principalmente en los resultados de Pillanlelbun, por ser un clima más desfavorable para el secado respecto al clima cordillerano de Catripulli. Al elegir la condición más desfavorable se está considerando un factor de seguridad y ajustándose a una resolución mínima de medio mes, teniendo presente que las diferencias oscilan entre 0,1 a 0,3 meses.

Respecto a la dependencia de la especie, no se tienen datos específicos para esta variable y por lo tanto se consideraran los mismos factores de corrección obtenidos en la etapa 2, para el modelo final.

Estos valores son generales y, por tratarse de pérdida del agua libre, no se ha considerado diferenciación por clima. A pesar de ello si se considera el efecto de la lluvia, que se describe más adelante en función del parámetro asociado a la especie (definido como  $F_3$ ). Notar que este es un factor que permite corregir la velocidad de secado, por tanto es inversamente proporcional al tiempo de secado.

Finalmente, el tiempo de secado de la Etapa 1 será igual al valor de la tabla anterior, dividiendo por el factor  $F_3$ .

Si la leña no alcanza a llegar al 40% o al 50% de humedad, se considerará la humedad que tiene al final de este periodo, asumiendo una variación lineal entre el valor inicial (suponiendo 120 %), hasta el valor final al término del periodo. Esto es:

$$HF = 120 - \frac{(120 - HFE1)ME}{MT}$$

Donde:

HF: Humedad al final del período de tiempo en esa condición de la etapa 1

HFE1: Humedad al final de la Etapa 1. Esta es de 40% para la mayor parte de los caso, excepto para el último caso de la tabla anterior en que el valor es de 50%.

ME: Número de meses que efectivamente la leña estuvo en esta condición dentro de la Etapa 1.

MT: Número de meses totales para esta etapa según la tabla anterior.

<sup>2</sup> Supuesto del modelo basado en las curvas de secado obtenidas para Roble en las zonas de Pillanlelbun y Catripulli. Ésta muestran que después de 4 meses de secado, se mantienen en niveles de humedad de 40% - 50%, manteniéndose en estos niveles para el mes siguiente. Si bien es probable que disminuya su nivel de humedad en forma marginal en los próximos meses, se considera para efectos del modelo que no se seca debido a los plazos acotados de los procesos de producción y venta.

Por ejemplo, si se tiene leña en trozos de 1 m al aire libre durante dos meses, la humedad al final de período será de:

$$HF = 120 - \frac{(120 - HFE1)ME}{MT} = 120 - \frac{(120 - 50)2}{4} = 85\%$$

Si en la Etapa 1, la leña alcanza la condición de secado en 2 tiempos diferentes, se considerará el más desfavorable.

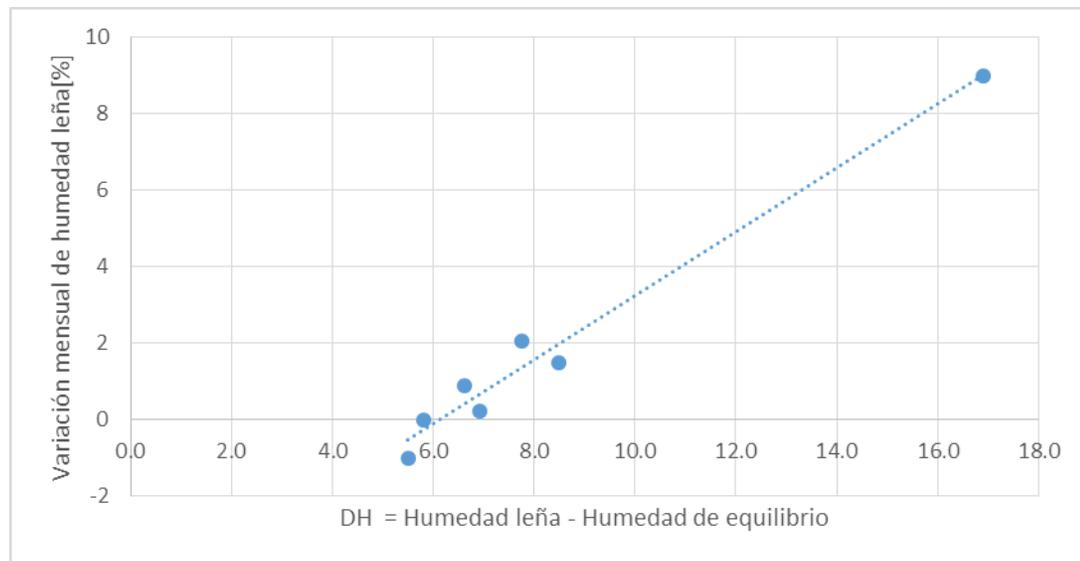
## Etapa 2.

En esta etapa se incorpora el efecto del clima a través del factor DH que se define como:

$$DH = [Humedad\ de\ la\ leña - Humedad\ de\ equilibrio\ para\ el\ mes\ considerado]$$

La siguiente figura muestra la relación entre la variación de humedad de leña mensual y DH para los casos de Temuco (ref. [6]) y Puerto Montt (ref. [4]). Donde se observa una buena correlación entre las variables.

Figura 18. Relación entre DH y la variación mensual de la humedad de la leña para la etapa 2 de secado.



Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de ref. [6] y ref. [4]

Matemáticamente, para DH sobre 6%, esta relación se puede expresar como:

$$VM = 0.8 (DH - 6) Fc$$

Donde:

VM: variación mensual de la humedad de la leña (o en otro periodo de tiempo según sea la base considerada en la aplicación del modelo).

Fc: factor de corrección que tiene en cuenta algunos elementos que no se han considerado hasta ahora como: formato de la leña, forma de almacenamiento y especie.

F<sub>c</sub>, se calcula como:

$$F_c = F_1 * F_2 * F_3$$

Donde:

F<sub>1</sub>: Factor que tiene en cuenta el tamaño de la leña almacenada

F<sub>2</sub>: Factor que tiene en cuenta la forma la forma y el lugar de acopio de la leña.

F<sub>3</sub>: Factor que tiene en cuenta el tipo de especie.

Para el cálculo de los factores, se ejecuta el modelo de secado considerando otras condiciones diferentes a las de base y se modifica el valor de F<sub>c</sub> hasta que coincida con los resultados medidos. Por ejemplo, para los resultados de la referencia 4, se aplica el modelo considerando los resultados de los trozos de 1 m. Luego se modifica el valor de F<sub>1</sub> hasta que el resultado del modelo coincida con el resultado medido.

En algunos casos la precisión de los resultados en bajas humedades es muy pequeña, ya que toman importancia una serie de factores que no se han controlado en estudios previos, como efecto de la lluvia y la posición de los leños.

Esto es importante en los casos en que el valor de F es cercano a 1, es decir cuando el efecto es menos relevante. En esos casos, se obtienen los factores mediante una comparación directa de la velocidad de secado entre la condición de referencia y la condición que se está estudiando.

Por ejemplo, para la obtención del F<sub>2</sub> en el caso de la referencia 6, se calcula la velocidad promedio en valores de humedades más altas para el caso con y sin cubierta, y luego se calcula la razón entre ambos para calcular el factor F<sub>2</sub>. Hay que notar que para tener en cuenta el efecto de la cubierta, uno de los factores que influye es el efecto de la lluvia. Como no se tiene registro de la lluvia y de los días específicos que esto ocurre, es conveniente tomar promedios más largos para calcular las velocidades de secado y sus respectivos coeficientes.

### Efecto del tamaño de la leña. F<sub>1</sub>

Para calcular este factor se consideraron los resultados de la referencia [6] y de la referencia [5]. Para la referencia 6, se utilizaron los valores de humedad más bien altos (40% a 60%), debido a la dispersión de resultados en los rangos más bajo. Los resultados para F<sub>1</sub> fueron de 0.45 para la referencia [6] y de 0.41 para la referencia [5]. Se toma un valor promedio de 0.43.

La tabla siguiente muestra los valores de F<sub>1</sub> para diferentes combinaciones.

Tabla 19. Valores de F<sub>1</sub> del modelo. Tamaño de la leña almacenada.

Descripción	F <sub>1</sub>
Leña trozada en elementos de 33 cm (lista para consumo)	1.00
Leña de 1 m de largo	0.43

Fuente: Elaboración propia, 2015

### Efecto de la forma de apilar la leña. $F_2$

En este factor, el efecto más relevante es la existencia o no de una cubierta. Para el resto de los parámetros, no se tiene información suficiente para generar coeficientes de corrección. Por ejemplo, el efecto de la forma de ordenar la leña es menor; es por esa razón que los resultados no son lo suficientemente precisos para obtener factores válidos (ver resultados de las figuras 14; 15 y de tablas 9; 10).

Por otra parte, el efecto de la cubierta está relacionado a la existencia de precipitaciones durante el periodo de mediciones. Esto se refleja directamente en los resultados, sobre todo en las mediciones de los trozos que están más al exterior en la pila.

En este ámbito es importante hacer dos menciones. En primer lugar se debe considerar que este efecto dura un tiempo breve, debido a que el agua de lluvia es absorbida de manera superficial perdiéndose rápidamente. En la práctica, luego de un periodo de lluvia, los leños sin cubierta mostrarán una velocidad de secado mayor, respecto a los otros. Por tanto, para estos casos, se saca el promedio en un periodo largo de tiempo. Luego, considerar que en las referencias que se tienen para el presente estudio, las mediciones se realizaron entre noviembre y abril que son meses más lluviosos, obteniéndose mayores diferencias entre los casos con y sin cubierta.

Por lo mencionado, el período de mediciones en los cuales se basan los resultados usados en esta asesoría corresponde a meses con niveles de lluvia más bajos que el promedio anual. En consecuencia, los resultados que se presentan a continuación son válidos solamente cuando el periodo en estudio corresponde aproximadamente al periodo noviembre – abril. Como parte de la metodología se realiza inicialmente el cálculo del factor  $F_2$  en la Araucanía y se asigna como  $F_{2p}$  para los diferentes tamaños de leña. Posteriormente se calcula  $F_2$  a partir de  $F_{2p}$ .

Para el cálculo de  $F_{2p}$ , primero, se compara la velocidad de secado para los casos con y sin cubierta de la referencia [6]. Los factores  $F_{2p}$  para los diferentes tamaños de leña son:

Tabla 20. Valores de  $F_{2p}$  casos de referencia.

	Pillanlelbun	Catripulli	Ref. 5
trozos de 1 m	$F_{2p}=0.9$	$F_{2p}=0.8$	$F_2 = 0.94$
trozos de 0.33 m	$F_{2p}=0.95$	$F_{2p}=0.65$	* $F_2 = 1.02, 0.98, 1.02$
*Se estudiaron tres formas de apilado. El contar o no con cobertura afecta mínimamente en los valores.			

Fuente: Elaboración propia en base a ref. 5 y 6

Para el resto de las formas de acopio no se tiene datos para calcular los factores de corrección, por tanto no se consideran en el modelo.

Finalmente, considerando todo lo anterior, para el periodo de análisis entre noviembre y abril en la zona sur del país, los valores de  $F_{2p}$  que se proponen para el presente modelo son:

Tabla 21. Valores de  $F_{2p}$  para el presente estudio.

Descripción	$F_{2p}$
Leña de cualquier tamaño con cubierta.	1.00
Leña trozada en elementos de 33 cm sin cubierta.	0.85
Leña de 1 m de largo sin cubierta	0.87

Fuente: Elaboración propia, 2015

Si bien, la dispersión en los resultados es grande (vista en los párrafos anteriores), los valores propuestos en la tabla 20 parecen razonables. Esto se debe a que el efecto es relativamente pequeño y el agua absorbida se pierde después rápidamente.

En el mismo periodo analizado en la Araucanía, en Temuco se tienen precipitaciones de 58 [mm/mes]; las cuales se incrementan a 136 [mm/mes] en el período mayo-octubre. A pesar que el agua superficial se pierde rápidamente, igual afecta la velocidad de secado. Si bien no existe información que permita modelar ambos efectos, se propone corregir los valores en función de la cantidad de agua caída en el lugar y mes considerado. Esta corrección se aplicaría solo en los casos en que la leña se encuentra en el exterior y sin cubierta.

$$F_2 = F_{2p} \frac{60}{PMM}$$

Donde:

PMM: precipitación media mensual para la localidad y los meses considerados

### Efecto de la especie en la velocidad de secado, $F_3$

#### Comparación Eucalipto – Roble (referencia)

Los datos de tiempo de secado natural no corresponden a un mismo estudio ni a las mismas especies; por tanto no son precisos el momento de compararlos. En consecuencia se sumarán, como parte del estudio, datos de secado artificial de Roble y Eucalipto de la referencia [9], para astillas cortas (0.33 m) y trozos largos (1m).

Para el cálculo del factor  $F_3$  se consideró la variación de la humedad entre las 20 y 80 h se secado. De la comparación entre el Eucalipto y Roble, se obtiene los siguientes resultados:

- Trozos de 1 m:  $F_3=1,46$
- Trozos de 0.33 m :  $F_3=1,2$

En la referencia [7], se entregan resultados -del secado artificial- respecto al número de días para alcanzar un cierto nivel de secado. En esta oportunidad se presentan el número de días requeridos para bajar de 40% a 20% de humedad. En este caso los resultados son:

- Trozos de 1 m:  $F_3=1,33$
- Trozos de 0.33 m :  $F_3=1,76$

El promedio de los dos estudios es:

- Trozos de 1 m:  $F_3=1,40$
- Trozos de 0.33 m :  $F_3=1,48$

En la misma referencia [7] se entrega una tabla del tiempo de secado natural (en meses) para diferentes especies. Los valores de  $F_3$  obtenidos a partir de esta tabla son:

- Roble, álamo, canelo y mezcla nativa:  $F_3=1.0$
- Eucalipto:  $F_3=1,2$
- Frutales:  $F_3=1,5$

Finalmente, se propone la siguiente tabla que tiene en cuenta los resultados anteriores.

**Tabla 22. Valor de  $F_3$  para el presente estudio.**

Especie	$F_3$
Roble, Álamo, Canelo y mezcla nativa	1.0
Eucalipto	1.3
Frutales	1.5

Fuente: Elaboración propia, en base a Ref. 7-9

La Etapa 2 inicialmente se aplicaría solo después de que la leña sale del bosque, debido a dos condiciones: (i) los datos disponibles muestran que el periodo de estadía en el bosque es relativamente corto y la leña alcanza a secar mucho más del 40%; (ii) no se tiene certeza de las condiciones en el bosque que permitan asegurar un secado más relevante. Sin embargo, se observó que en algunos casos se dan periodos más largos de estadía en el bosque, lo cual explica niveles de humedad más bajos en las mediciones realizadas durante el piloto.

Para tener esto en cuenta, se calcula también con la etapa 2 en el bosque, pero considerando una tasa de secado igual a la mitad de la tasa del modelo en las bodegas del comerciante, esto principalmente para tomar un factor de seguridad en relación a que no se conocen las condiciones reales de la leña en el bosque.

### Etapa 3

La etapa 3 se define en base a los resultados de las mediciones del piloto, donde se detectó leña con un muy bajo nivel de humedad. Esto se debe principalmente a los caso en que la leña pasó al menos dos veranos después de cortado el árbol. Esta situación no estaba presente en el modelo original debido a que no se tenían datos de estudios que consideraban largas estadías al aire ambiente.

El modelo propuesto se muestra en la ecuación siguiente:

$$VM \text{ Etapa 3} = X DH Fc$$

Para simplificar se considera el mismo  $Fc$  que para la etapa 2. El valor de  $X$  se obtiene aplicando el modelo con diferentes valores de  $X$ , y luego se determina cuál es el valor de  $X$  que entrega una mejor aproximación promedio entre el valor medido y el valor calculado. Finalmente, el valor de  $X$  que entregó una mejor aproximación fue  $X=0,4$ , por tanto el modelo queda como:

$$VM \text{ Etapa 3} = 0,4 DH Fc$$

Es importante recalcar que el valor de  $DH$  puede ser negativo o positivo y por tanto la variación mensual ( $VM$ ) puede ser también negativa o positiva. Formalmente, en la etapa 2 se definió que cuando el valor es positivo se está en etapa de secado, por tanto cuando  $DH$  es negativo significa que está aumentando la humedad de la leña.

#### 4.3.5 Resumen final del modelo

A continuación se presenta el resumen del modelo propuesto.

##### Etapa 1.

Se considera este cálculo desde que el árbol fue cortado hasta alcanzar el 40% de humedad o hasta el 50% de humedad para el último caso de la tabla.

Tabla 23. Valores generales para  $T_{sp}$  en la etapa 1 del modelo.

Caso	Tiempo de secado ( $T_{sp}$ )
Leña trozada (30 a 35 cm) almacenada en galpón o cubierta	3 meses para alcanzar el 40% de humedad
Leña trozada pero al aire libre sin cubrir	3.5 meses para alcanzar el 40% de humedad
Leña al aire libre de 1 m de largo, y con cubierta de polietileno o en galpón.	4.5 meses para alcanzar el 40% de humedad
Leña al aire libre de 1 m de largo, y sin cubrir.	4.0 meses para alcanzar el 50% de humedad. No alcanza el 40% de humedad.

Fuente: Elaboración propia, 2015

Para calcular el tiempo de secado en esta etapa se considera:

$$TSE1 = TSp/F_3$$

Donde:

TSE1: tiempo de secado de la etapa 1.

TSp: tiempo de secado de la tabla anterior.

F<sub>3</sub>: factor de corrección por tipo de especie.

Si la leña no alcanza a llegar al 40% de humedad o al 50% de humedad para el último caso de la tabla, se considerará la humedad que tiene al final de este periodo considerando una variación lineal entre el valor inicial (supuestamente de 120 %), hasta el valor final al término del periodo. Esto es:

$$HF = 120 - \frac{(120 - HFE1)ME}{MT}$$

Donde

HF: Humedad al final del período de tiempo en esa condición de la etapa 1.

HFE1: Humedad al final de la Etapa 1. Esta es de 40% para la mayor parte de los caso, excepto para el último caso de la tabla anterior en que el valor es de 50%.

ME: Número de meses que efectivamente la leña estuvo en esta condición dentro de la primera etapa.

MT: Número de meses totales para esta etapa según la tabla anterior.

Si se tiene la leña en la etapa 1 de secado, que se alcanza en dos condiciones de secado diferente, el tiempo de secado a considerar será el más desfavorable.

## Etapa 2.

Va desde el 40% de humedad o de 50% para el caso de leña al aire libre de 1 m de largo sin cubrir. La ecuación general es:

$$VM = 0.8 (DH-6) F_1 * F_2 * F_3$$

Donde:

- VM: Variación mensual del contenido de humedad de la leña en %  
DH: [Humedad de la leña-Humedad de equilibrio para el mes considerado]  
F1, F2 y F3: Coeficientes empíricos

En el coeficiente DH y F2 está considerado el efecto del clima. En F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub>, está considerado el efecto del resto de las variables relevantes.

Cuando DH es menor o igual a 6, se considera una tasa de secado nula, es decir no se toman en cuenta los valores de VM negativos.

Los valores de las constantes son:

Descripción	F <sub>1</sub>
Leña trozada en elementos de 33 cm (lista para consumo)	1.00
Leña de 1 m de largo	0.43

$$F_2 = F_{2p} \frac{60}{PMM}$$

Descripción	F <sub>2p</sub>
Leña de cualquier tamaño con cubierta.	1.00
Leña trozada en elementos de 33 cm sin cubierta.	0.85
Leña de 1 m de largo sin cubierta	0.87

Especie	F <sub>3</sub>
Roble, álamo, canelo y mezcla nativa	1.0
Eucalipto	1.3
Frutales	1.5

## Etapa 3

Esta etapa se aplica cuando el VM de la etapa 1 es cero o negativo. En este caso, el VM de la etapa 2 se reemplaza por el VM de la ecuación siguiente:

$$VM = 0.4 DH F_1 \cdot F_2 \cdot F_3$$

Donde:

F<sub>1</sub> · F<sub>2</sub> · F<sub>3</sub>: son los mismos factores que en la etapa 2.

### 4.3.6 Implementación del modelo

El modelo se implementa en una planilla Excel (anexo) donde se incorporan todas las variables necesarias. A continuación se muestra un ejemplo del cálculo del modelo.

La tabla siguiente se genera en base a los datos que resultan de las encuestas realizadas. Esta se obtiene con el análisis de las respuestas y se genera un pequeño cuadro resumen con lo más relevante para la aplicación del modelo. Específicamente se muestran resultados para la leñería de folio R05 de Rancagua para la partida de leña que se compró en junio de 2015.

**Tabla 24. Resumen de datos para la aplicación del modelo.**

Datos para el modelo	
Nombre	
Localidad	Rancagua
Especie	Nogal
F3 :	1
Fecha de compra	1 de junio de 2015
Fecha de Corte	1 de junio de 2014
<b>Etapa 1</b>	
Fecha	1 noviembre 2014
Humedad fin E1	50
F1	0.22
F2p	0.85
<b>Etapa 2</b>	
F1 :	0.43
F2p :	1
Donde la guarda	bajo techo

Fuente: Elaboración propia, 2015

A continuación, se describen los resultados tabulados de la aplicación del modelo

**Tabla 25. Ejemplo de resultados de la aplicación del modelo.**

		HE [%]	Precip.	F1	F2P	techado	HL ini	DH [%]	FC de F2	F2	Var H1	Var H2	Var H	HL final
Nov	2014	10.58	11	0.22	0.85	0.00	47.6	37.0	1.0	0.85	2.3	1.4	2.3	45.3
Dic	2014	10.79	6	0.22	0.85	0.00	45.3	34.5	1.0	0.85	2.1	1.3	2.1	43.2
Dic	2014	10.79	6	0.22	0.85	0.00	43.2	32.4	1.0	0.85	1.9	1.2	1.9	41.3
Ene	2015	10.38	0	0.22	0.85	0.00	41.3	30.9	1.0	0.85	1.8	1.1	1.8	39.5
Ene	2015	10.38	0	0.22	0.85	0.00	39.5	29.1	1.0	0.85	1.7	1.1	1.7	37.8
Feb	2015	10.27	0	0.22	0.85	0.00	37.8	27.5	1.0	0.85	1.6	1.0	1.6	36.2
Feb	2015	10.27	0	0.22	0.85	0.00	36.2	25.9	1.0	0.85	1.5	0.9	1.5	34.7
Mar	2015	10.41	1	0.22	0.85	0.00	34.7	24.3	1.0	0.85	1.3	0.9	1.3	33.4
Mar	2015	10.41	1	0.22	0.85	0.00	33.4	23.0	1.0	0.85	1.2	0.8	1.2	32.2
Abr	2015	12.87	4	0.22	0.85	0.00	32.2	19.3	1.0	0.85	1.0	0.7	1.0	31.2
Abr	2015	12.87	4	0.22	0.85	0.00	31.2	18.3	1.0	0.85	0.9	0.7	0.9	30.3
May	2015	15.31	8	0.22	0.85	0.00	30.3	15.0	1.0	0.85	0.7	0.5	0.7	29.6
May	2015	15.31	8	0.22	0.85	0.00	29.6	14.3	1.0	0.85	0.6	0.5	0.6	29.0
Jun	2015	18.96	94	0.43	1.00	1.00	29.0	10.1	1.6	1.00	0.7	0.9	0.7	28.3
Jun	2015	18.96	94	0.43	1.00	1.00	28.3	9.4	1.6	1.00	0.6	0.8	0.6	27.7
Jul	2015	18.48	68	0.43	1.00	1.00	27.7	9.3	1.1	1.00	0.6	0.8	0.6	27.2
Jul	2015	18.48	68	0.43	1.00	1.00	27.2	8.7	1.1	1.00	0.5	0.7	0.5	26.7
Ago	2015	17.45	58	0.43	1.00	1.00	26.7	9.3	1.0	1.00	0.6	0.8	0.6	26.2
Ago	2015	17.45	58	0.43	1.00	1.00	26.2	8.7	1.0	1.00	0.5	0.7	0.5	25.7
Sep	2015	15.59	31	0.43	1.00	1.00	25.7	10.1	1.0	1.00	0.7	0.9	0.7	25.0
Sep	2015	15.59	31	0.43	1.00	1.00	25.0	9.4	1.0	1.00	0.6	0.8	0.6	24.4
Oct	2015	13.71	16	0.43	1.00	1.00	24.4	10.7	1.0	1.00	0.8	0.9	0.8	23.6
Oct	2015	13.71	16	0.43	1.00	1.00	23.6	9.9	1.0	1.00	0.7	0.9	0.7	22.9
Nov	2015	11.78	7	0.43	1.00	1.00	22.9	11.1	1.0	1.00	0.9	1.0	0.9	22.0
Nov	2015	11.78	7	0.43	1.00	1.00	22.0	10.3	1.0	1.00	0.7	0.9	0.7	21.3
Dic	2015	10.54	4	0.43	1.00	1.00	21.3	10.8	1.0	1.00	0.8	0.9	0.8	20.5
Dic	2015	10.54	4	0.43	1.00	1.00	20.5	9.9	1.0	1.00	0.7	0.9	0.7	19.8

Fuente: Elaboración propia, 2015

Las primeras dos columnas corresponden a la fecha. Como se aprecia, cada fila corresponde a  $\frac{1}{2}$  mes, vale decir en cada línea se calcula el efecto del secado de la mitad del mes. Evidentemente, en este contexto, los valores de tasa de secado corresponden a la mitad de la tasa de secado mensual. El cálculo se puede hacer en diferentes bases. De la aplicación del modelo se puede decir que la base de  $\frac{1}{2}$  mes es suficiente para la precisión deseada del modelo.

Las dos columnas siguientes corresponden a la humedad de equilibrio HE [%] y precipitaciones "Precip" en [mm de agua al mes]; para cada mes y localidad en estudio; se trabaja en base a los valores medidos en la estación meteorológica más cercana. Para el caso de Temuco se usaron los valores de la estación meteorológica de Temuco y para Rancagua se consideró un promedio de los valores entre una estación meteorológica de Santiago y una de Curicó. Los valores de HE se obtiene a partir del gráfico de Kollman indicado anteriormente. Este gráfico se ha transformado en ecuaciones empíricas para facilitar su uso. El modelo de cálculo de HE ha sido alimentado con los valores promedio mensuales de temperatura y humedad relativa correspondiente a los valores reales de las localidades en estudio.

Se usaron los valores reales hasta el mes de mayo, que era el último mes disponible a la fecha de la realización de este informe. Para el resto de los meses (Junio de 2015 a Diciembre de 2015) se consideran los valores de un año típico para estas mismas localidades.

Posteriormente, viene la columna de F1, donde se indican los valores del factor mensualmente. Según el cuadro resumen -presentado anteriormente- el árbol se cortó en junio del 2014, en noviembre completa la etapa 1 de secado y llega con una humedad de 50%. A partir de este punto, se utiliza la planilla para evaluar las etapas 2 y 3 del secado. Desde noviembre de 2014 hasta mayo de 2015, la leña está en el bosque en trozos de 1 [m]. Dado el tamaño le corresponde un factor  $F1=0,43$ , pero además como está aún en el bosque, le corresponde una tasa de secado igual a la mitad de lo que indica el modelo, es decir 0,22. La leña se compra en Junio, por eso el valor de F1 cambia a 0,43, ya que ahora se encuentra en el centro de acopio del comerciante y se tiene un mejor control de lo que le paso a la leña.

Mientras está en el bosque, F2p vale 0.85 y luego cuando pasa al sitio de acopio del comerciante toma un valor de 1.

Luego, viene la indicación si la leña es almacenada en un lugar techado (valor 1) o no (0). En este caso la leña está a la intemperie entre Noviembre 2014 y Mayo 2015, luego en recinto techado.

Todas las columnas anteriores corresponden a los datos de entrada del modelo. También son datos de entrada el factor F3 que tiene en cuenta la especie, pero ese es un valor constante para todo el periodo, por lo que no aparece en los datos mensuales y el modelo lo toma directamente del cuadro resumen. También es un dato de entrada el "HLini" para noviembre de 2014, que en este caso es 50%, el cual corresponde al valor final de la etapa 1 de secado. El resto de los valores son calculados en forma automática por la planilla. Los siguientes valores de "HLini" corresponden al valor de la última columna del periodo anterior, es decir HL final del período anterior.

La columna DH corresponde a la diferencia entre la humedad inicial de la leña y la humedad de equilibrio para ese mes.

La columna "Fc de F2", corresponde al factor de corrección de F2p para obtener el F2. Este tiene que ver con el agua caída en el mes. Como se ve, el valor es 1 para los meses en que las precipitaciones son menores a 60 mm y aumenta a valores mayores que 1 en los meses de junio y julio, donde las precipitaciones son superiores a 60 mm.

Luego está la columna de F2, que se calcula multiplicando "F2p" x "Fc de F2", pero con la condición de que solo se aceptan valores de "Fc de F2" mayores que 1 cuando la leña está a la intemperie, en cualquier

otro caso se considera con un valor igual a 1. Como en este caso solo hay valores de “Fc de F2” mayores que 1 en periodos en que la leña esta guardada bajo techo, en todos los meses se cumple que  $F2 = F2p$ .

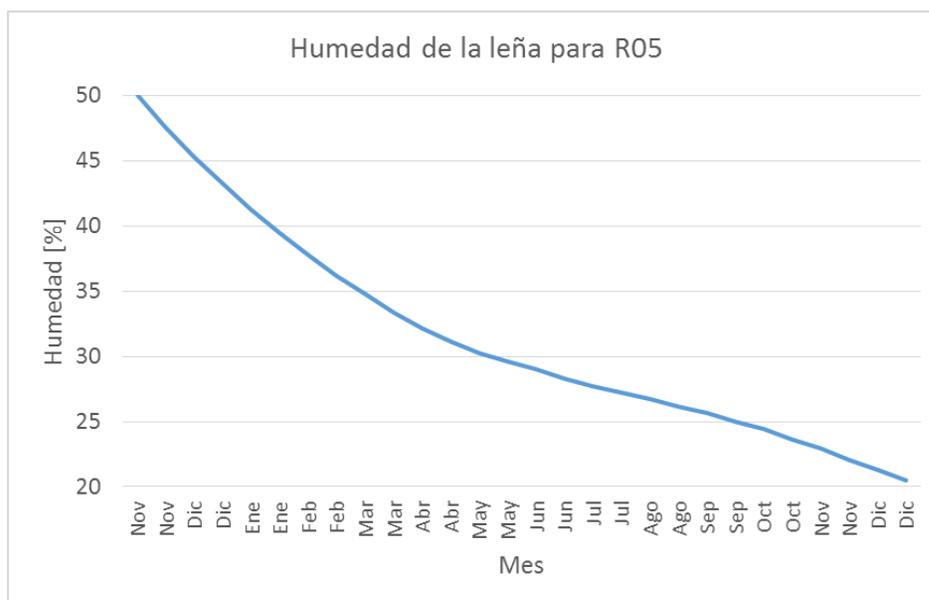
Luego están las columnas de “VM E2” y “VM E3” que corresponden a la Variación en la humedad de leña en el periodo considerado, calculado según la etapa 2 y la etapa 3 respectivamente.

Luego viene la columna de VM que es el valor que realmente se aplicará al periodo considerado. Como se indicó en la descripción del modelo, si “VM E2” es mayor que 0, se usa este valor como variación de humedad en el periodo considerado y en el caso de que “VM E2” sea negativo o cero, se usa el valor de “VM E3”. Para este ejemplo, todos los valores de “VM E2” son mayores que cero, por tanto siempre se usa el valor de “VM E2” como el valor de VM del período. Para el presente ejemplo, los valores de variación de la humedad de la leña varían entre 2.4 a 0.7 [%] cada 15 días (períodos de medio mes)

Finalmente, está la columna de “HL final” que corresponde a la humedad de la leña al final del período. Esta se obtiene restando “VM” a “HL ini” de la misma fila. Luego, se transfiere este valor (en forma automática) al valor de “HL ini” de la fila siguiente (periodo siguiente) y se continua con el cálculo.

La figura siguiente muestra la variación de la humedad de la leña a través del tiempo para las condiciones del ejemplo.

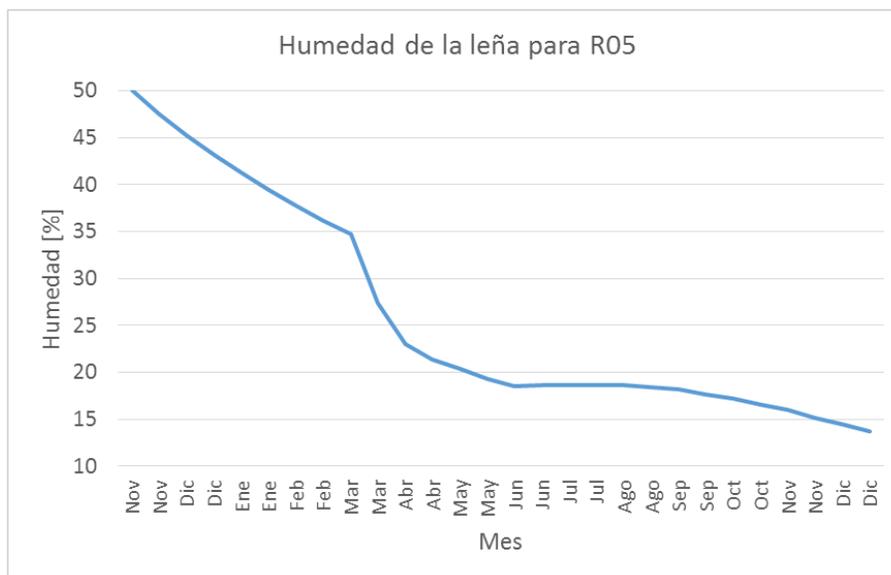
Figura 19. Humedad en función del tiempo para el caso del ejemplo.



Fuente: Elaboración propia, 2015

Se observa que esta partida de leña solo tendría la característica de leña seca (<25%) a partir septiembre, lo cual viene a ser casi al fin de la temporada. Por tanto, en estas condiciones se estaría vendiendo prácticamente leña húmeda. El problema es que la compra se hizo muy tarde en la temporada y se mantuvieron en trozos de 1 m durante casi todo el tiempo. Si el comerciante hubiera comprado tres meses antes y hubiera picado la leña a la llegada se tendría lo siguiente:

Figura 20. Caso hipotético, humedad en función del tiempo para el caso en que el comerciante adelantara en 3 meses la compra de la leña.



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Se observa un quiebre en la tasa de secado, sobre todo por el efecto de picar la leña y mantenerla en un ambiente adecuado. Además, se aprovechan los meses de marzo y abril, donde en Rancagua aun el clima era favorable, con valores de humedad de equilibrio relativamente bajos, de modo de tener un secado importante. Aquí se observa que en este escenario se tendría leña seca a partir de abril, es decir casi toda la temporada. Esto demuestra que con un pequeño cambio de hábitos del comerciante se puede lograr una mejoría importante en la calidad de la leña.

El comerciante del ejemplo, entre Mayo y Junio compra 300 m<sup>3</sup> y tiene capacidad para guardar bajo techo 200 m<sup>3</sup>. Por tanto, si bien no es la situación ideal, si compra 3 meses antes, podría almacenar 200 m<sup>3</sup> bajo techo y el resto picado en el exterior con cubierta. Estas condiciones producirían casi el mismo efecto que el indicado en la figura anterior, es decir, podría vender leña seca casi toda la temporada. Lo indicado en este ejemplo, junto con ilustrar la aplicación del modelo, permite darse cuenta de la utilidad de este. Por ejemplo, en este caso el comerciante tiene todas las posibilidades de vender leña seca pero no lo hace, tal vez sea por desconocimiento o lo más probable es que no esté dispuesto a mantener el capital inmovilizado por 3 meses adicionales (inversión en la compra tendría que hacerla tres meses antes).

#### 4.3.7 Datos requeridos para aplicar el modelo

Para la aplicación del modelo se requieren una serie de datos, los cuales fueron obtenidos de diferentes fuentes. Las encuestas a los comerciantes son la principal fuente de información.

**Tiempo en que la leña estuvo expuesta al ambiente:** Es la dimensión más importante del modelo para determinar la humedad de la leña que se vende. La obtención de este dato no es directa, ya que se obtiene de acuerdo a la información que posee el comercializador respecto al producto que él vende. En los casos en que éste mismo sea el productor, la información es directa, sin embargo en la mayor parte

de los casos, los comercializadores la adquieren de productores que le informan de la fecha de corte y del tiempo de secado.

Por otro lado, es importante considerar que la capacidad de almacenaje de los comercializadores es limitada (tanto en el local de venta o en otros sitios que él posea), por lo que es usual que adquiera la leña varias veces durante el año a medida que su stock disminuye. De esta forma será importante conocer en detalle variables orientadas a dilucidar las condiciones del proceso de venta

**Tabla 26. Ejemplo de Información requerida por comercializador respecto al tiempo de secado y volumen comprado a productores**

	1 stock	2 stock	3 stock	4 stock	5 stock	.....	n stock
<b>Meses de secado (meses)</b>							
<b>Fecha Compra (mes)</b>	Dic	Mar	Jun				
<b>Volumen compra (m3 st)</b>	300	300	200				
<b>Demora en venta (nro. meses)</b>	4	4	3				
<b>Final Venta Stock</b>	Abr	Jul	Sep				

Fuente: Elaboración Propia, 2015

**Forma de secado de la leña y formato en que se seca:** esta información se obtiene de forma directa, en caso que el productor y comercializador sean el mismo, pero de forma indirecta, en caso que el comercializador la adquiera de un productor que lleva a cabo el proceso de secado. La forma de secado y el formato (metro, astilla), inciden en la rapidez de pérdida de humedad de la leña.

De esta forma, es importante conocer de parte del comercializador, la mayor cantidad de detalle acerca de la forma de secado utilizada. Dado esto, a continuación se presentan las formas de secado establecidos por CONAMA:

**Tabla 27: Tratamientos de secado de leña definidos por CONAMA.**

TO	Testigo. Forma actual de acopiar la leña entrozos de 1 metro en el campo
T1	Leña de trozo de 1 metro con rieles y cobertura superior de polietileno de alta densidad
T2	Leña en astillas para combustión lenta con rieles y cobertura de polietileno
T3	Leña en astillas para combustión lenta sin rieles y sin cobertura de polietileno

Fuente: "Estudio de Secado de Leña y Equivalencias de unidades de comercialización" (UCT, 2005)

**Especie:** dependiendo de la especie, también existen diferentes tiempos de secado. Esta variable se considera como factor de ajuste en el modelo.

**Zona Climática:** Otro factor que influye en el contenido de humedad que posee la leña en proceso de secado natural es la humedad de equilibrio higroscópico. Por tanto, la zona climática condiciona la humedad de equilibrio de la leña. Es una variable principal del modelo. Para la aplicación de este sólo se

considera la localidad. Luego, para obtener la humedad de equilibrio se consideran las condiciones climáticas estándar de la zona.

**Infraestructura del comerciante:** la capacidad y condiciones de almacenamiento de la leña que posea el comerciante permitirá estimar, las posibilidades de frecuencia de compra de leña y tiempos adicionales de secado que deban considerarse en el modelo. De esta forma, dependiendo de la infraestructura del comercializador, se podrá estimar mediante el modelo la pérdida de humedad que tendrá la leña antes de ser vendida. Para ello, se deberá recopilar al menos la siguiente información:

- Metros cuadrados techados y no techados de almacenaje,
- Forma de apilamiento
- Rotación del stock,
- Etc.

**Venta de leña certificada:** en caso de que el comercializador declare vender leña certificada, ya sea en su totalidad o en una parte, estos volúmenes se consideran como leña seca.

#### **4.3.8 Estimación del potencial de venta de leña seca unitaria**

Con las variables antes mencionadas es posible establecer un modelo predictivo de venta de leña seca para cada comercializador. Esto se debe realizar para cada stock de leña adquirido declarado, dependiendo de las variables antes mencionadas. De esta forma se tiene:

$$\text{Volumen Total de venta comercializador} = \text{suma stock 1} + \text{stock 2} + \text{stock n}$$

Se plantea de esta forma dado que la entrevista levanta sólo información de los lotes de leña adquiridos que vende ese año, no considerándose stocks de leña que ha adquirido y vendería el año siguiente, por ejemplo.

Para estimar el nivel de humedad de cada lote de leña vendido se procede a aplicar el modelo descrito anteriormente, el cual depende de todas las variables señaladas anteriormente (tiempo de secado antes de la venta, humedad de equilibrio de la zona, tamaño de la leña almacenada, forma y lugar de acopio, especie, etc.). De esta forma, se establece los niveles de humedad de cada lote, clasificándolos de acuerdo a la norma chilena NCh 2907, Of2005:

Si Humedad stock 1 < 25%, entonces es un stock seco,

Si 25% < Humedad stock 1 < 30%, entonces es un stock semi húmedo

Si Humedad stock 1 > 30%, entonces es un stock húmedo

Finalmente, para cada comercializador, se suman los lotes de leña seca para estimar la cantidad de leña seca unitaria vendida durante ese período:

$$\text{Volumen Total de venta leña seca comercializador} = \text{suma stocks secos}$$

## 4.4 Desarrollo del Piloto

### 4.4.1 Descripción general

Como se ha mencionado anteriormente, la información es levantada a través de herramienta de investigación cuantitativa (entrevista predominantemente abierta), la cual alimenta el modelo predictivo de potencial de leña seca y que es validado mediante mediciones de humedad en terreno. De esta manera se expandirá la información para obtener valores agregados de potencial de leña seca para las siguientes dos conurbaciones comunales consideradas:

- Temuco-Padre las Casas
- Rancagua-Machalí

La elección de estas comunas se debe a que poseen características distintas en variables que afectan el modelo, tales como el formato de venta (en Rancagua hay una presencia no menor de venta de leña en saco versus Temuco donde la venta principalmente es en formato de m<sup>3</sup> estéreo), como también la humedad de equilibrio de la zona.

Como se ha mencionado anteriormente, también se realiza un muestreo empírico del nivel de humedad de la leña, de acuerdo a las normas chilenas NCh 2965 y 2907, de forma de validar el modelo. A continuación se detallan los aspectos metodológicos relativos a la aplicación del instrumento de producción de información.

### 4.4.2 Marco muestral

**Universo:** Para efectos del piloto, el universo de comercializadores corresponde al total de puntos georreferenciados de las zonas urbanas de las 2 comunas antes mencionadas. Estos corresponden al total de comercializadores de leña de estas comunas. De acuerdo a la información levantada, el Universo de comercializadores está formado por:

- 67 comercializadores de leña en la conurbación Temuco-Padre las Casas.
- 72 comercializadores de leña en la conurbación Rancagua-Machalí.

Es importante considerar distintos estratos de comercializadores, dependiendo el tamaño de la empresa, que se utilizaron para estimar patrones de comportamiento similares. Los estratos aquí considerados son:

Tabla 28. Estratos de comercializadores.

Estrato	Tipo de Empresa	Número de casos	
		Rgua-Machalí	Temuco- P. las casas
Comercializador de leña micro	Micro	16	15
Comercializador de leña pequeño	Pequeña	28	46
Retail (supermercados, ferreterías, otros locales establecidos)	Grande	13	11
<b>TOTAL</b>		<b>57</b>	<b>72</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Para el caso de las leñerías, la tipificación de los estratos se realiza en base a la venta anual en metros cúbicos estéreos declarados por el comercializador:

- Comercializador de leña micro: Venta anual hasta 100 m<sup>3</sup> estéreos.
- Comercializador de leña pequeño: Venta anual superior a 100 m<sup>3</sup> estéreos.

**Diseño Muestral:** Del universo georreferenciado, se procederá a estimar **una muestra aleatoria de los estratos definidos en la etapa anterior, y segmentados para cada conurbación**. Preliminarmente se considera una muestra de 36 casos para la conurbación Rancagua-Machalí y 41 en Temuco-Padre las casas, bajo los parámetros de varianza máxima y 95% de confianza, para un error menor al 10%. De esta manera la muestra será distribuida de la siguiente manera:

**Tabla 29. Distribución de la muestra. Conurbación Rancagua-Machalí.**

<b>CONURBACIÓN RANCAGUA-MACHALÍ</b>			
<b>Estrato</b>	<b>Total</b>	<b>Muestra</b>	<b>Factor Expansión</b>
<b>Comercializador de leña micro</b>	16	10	1,6
<b>Comercializador de leña pequeño</b>	28	18	1,6
<b>Retail</b>	13	8	1,6
<b>Total</b>	<b>57</b>	<b>36</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2015

**Tabla 30. Distribución de la muestra. Conurbación Temuco- Padre las Casas**

<b>CONURBACIÓN TEMUCO-PADRE LAS CASAS</b>			
<b>Estrato</b>	<b>Total</b>	<b>Muestra</b>	<b>Factor Expansión</b>
<b>Comercializador de leña micro</b>	15	9	1,7
<b>Comercializador de leña pequeño</b>	46	26	1,8
<b>Retail</b>	11	6	1,8
<b>Total</b>	<b>72</b>	<b>41</b>	

Fuente: Elaboración Propia, 2015

A nivel geográfico, se segmenta la muestra del piloto en las dos conurbaciones consideradas, las cuales tienen características más similares en términos de formato de venta de leña y zona climática:

- Rancagua-Machalí (Zona centro - sur): corresponde a la zona centro valle longitudinal, con humedades de equilibrio relativamente bajas y con formato de venta donde predomina el saco.
- Temuco-Padre las casas (Zona sur - Austral): considera la zonas sur valle longitudinal, que corresponde desde la VIII Región aproximadamente hacia el sur, y donde el formato de venta más usual corresponde al m<sup>3</sup> estéreo.

La información levantada en la encuesta es analizada y alimenta el modelo, de forma de determinar el potencial de venta de leña seca de cada comercializador.

De forma de validar el modelo, y específicamente de la predicción del nivel de humedad de la leña comercializada, se procede a realizar análisis de humedad de acuerdo a la normas chilenas NCh2907-2005 (Calidad de la leña) y NCh2965-2005 (Muestreo e Inspección). Esto permite comparar los resultados de las mediciones con los resultados del modelo, y de esta forma, ver la efectividad y realizar calibraciones.

De esta forma, se procede a medir el nivel de humedad en 28 comercializadores, 12 en Rancagua-Machalí y los otros 16 en la conurbación Temuco-Padre las casas.

Una vez analizado y calibrado el modelo, se procede a expandir los resultados de forma de obtener el potencial de leña seca en las dos comunas seleccionadas para el piloto.

#### **4.4.3 Instrumento**

Como se ha descrito anteriormente, el instrumento de medición consta de una entrevista y de una medición en terreno de la humedad de la leña comercializada. La entrevista se realizaría una vez al año, hacia el final de los períodos de menor temperatura (Junio – Julio), de forma de testear avanzado el invierno, la disponibilidad o escasez de leña seca.

La entrevista consta de las siguientes partes:

- 1) Adquisición de leña del comercializador al productor
  - Periodicidad de la compra del comercializador al productor
  - Volumen de la compra del comercializador al productor
  - Formato de compra del comercializador al productor
  - Tipos de especies de leña comprada del comercializador al productor
  - Antigüedad de relación de compra del comercializador al productor
  - Razones de compra del comercializador al productor
  - Existencia de métodos de control de la calidad de la leña comprada al productor
- 2) Corta de madera del productor
  - Período de corta de leña
  - Plan de manejo
  - Localización de la corta
- 3) Acopio de leña del productor
  - Tiempo de acopio de leña
  - Formato de acopio (astilla 33 cm, metro)
  - Caracterización del espacio de acopio
  - Aislación de la leña del suelo
- 4) Secado (comercializador)
  - Tiempo de secado posterior a la adquisición del stock hasta la venta (para cada stock, ver tabla 3)
  - Forma de secado (formato, cubierto)
- 5) Venta de leña
  - Venta mensual (Ene –Dic) , mediante tabla de llenado en unidad de medida y dinero
  - Venta anual en unidad de medida y dinero
  - Stock de leña actual y promedio
  - Precio de venta de leña
- 6) Información del comercializador
  - Iniciación de actividades
  - Infraestructura existente (m2 techados y no techados)

- Número de trabajadores
- Posee reparto a domicilio
- Otros

En forma paralela, se procede a medir la humedad de la leña de acuerdo a las normas chilenas enunciadas anteriormente de forma de validar y calibrar el modelo, ya que la información de la encuesta alimenta el modelo de forma de determinar el nivel de humedad, lo que deberá coincidir con las mediciones realizadas. La pauta de entrevista junto a la muestra encuestada, se detallan en el Anexo 1

#### **4.4.4 Proceso de Levantamiento de Datos**

Para llevar a cabo las entrevistas y mediciones a los comercializadores de leña, se contó con la participación de consultores pertenecientes al Sistema Nacional de Certificación de Leña, que poseen amplia experiencia en mediciones de humedad de acuerdo a la norma, y en el conocimiento de los comercializadores de sus zonas. Estos consultores fueron capacitados respecto al modelo de predicción y las variables necesarias a levantar, previo a la etapa de levantamiento de datos.

El levantamiento fue realizado durante la última quincena del mes de mayo de 2015, a la muestra de comercializadores detallada como parte de los anexos. A continuación se presentan algunas imágenes de la etapa de levantamiento:

**Figura 21 Entrevista al comercializador Erwin Castet de Temuco el 12 de Mayo de 2015**



Figura 22: Entrevista a Evaldo Contreras de Temuco el 12 de mayo de 2015



#### **4.4.5 Validación del modelo**

El modelo anterior se validó en base a las encuestas realizadas y con la medición empírica de la humedad de la leña.

Se aplicó el modelo completo, no obstante los resultados que se muestran en el presente corresponden al modelo corregido, es decir el modelo original más la etapa 3 y más la extensión de la etapa 2 a su aplicación en el bosque. De todas formas, los resultados del modelo, en promedio, no tiene una gran variación entre la aplicación con y sin las correcciones. Las correcciones vienen a afectar a algunos casos particulares en que se alejaban en forma considerable del modelo original.

La tabla siguiente muestra los resultados de las mediciones y de la aplicación del modelo. Los folios RXX corresponden a Rancagua y los TXX corresponden a Temuco. Los meses que aparecen en gris, corresponden a casos en que no se tiene certeza del lote al que se tomó la muestra. En general en estos casos se consideró que era el último lote comprado antes de realizar las mediciones.

Tabla 31. Resultados de la medición de humedad y de las calculadas mediante el modelo.

Folio	Mes de la muestra	Medido	Calculado	Diferencias
		[%]	[%]	[%]
R01	ene	13.7	16.1	2.4
R02	may	15.6	25.3	9.7
R04	Jul	22.9	16.4	-6.5
R05	Jun	13.1	28.3	15.2
R07	ene	14.7	21.6	6.9
R08	may	16.5	16.4	-0.1
R10	may	12.0	16.2	4.2
R11	oct	15.0	19.5	4.5
R12	may	16.0	57.0	41.0
R13	ene	17.3	13.6	-3.7
R15	Dic	23.3	16.1	-7.2
R35	Jun	12.5	15.4	2.9
R36	Oct	29.7	18.4	-11.3
T04	Feb	20.9	20.5	-0.4
T07	Ene	26.8	28.1	1.3
T11	May	15.5	20.2	4.7
T14	Feb	25.2	21.1	-4.1
T16	Nov	15.0	20.4	5.4
T17	Ene	22.5	20.3	-2.2
T20	May	29.0	29.0	0.0
T26	Ago	31.4	20.9	-10.5
T27	May	22.4	33.9	11.5
T31	Dic	24.4	20.9	-3.5
T32	may	24.2	21.0	-3.2
T33	may	26.2	18.4	-7.8
T36	may	27.1	35.1	8.0
T37	ene	21.6	20.4	-1.2
T40	Dic	24.8	28.5	3.7
T41	abr	24.4	23.2	-1.2
Promedio				2.0

Fuente: Elaboración propia, 2015.

En general se observa una correlación aceptable. Sin embargo en algunos casos difiere en forma importante. Por ejemplo, para el caso R12 se midió una humedad de 16% y se calculó una humedad de 57%. En este caso, se declara que el bosque se cortó en mayo y se compró la leña a fines del mismo mes. Bajo estas condiciones es imposible que se tenga una humedad de 16%, y ningún modelo podría predecir esto. Por tanto, puede que el comerciante se haya equivocado en la procedencia de la partida, pero posiblemente no sea un error del modelo. Este caso se eliminará del análisis de los promedios ya que parece ser distorsionador.

Otras diferencias importante son para el caso R05 que es el mostrado en el ejemplo, donde se calculó 28% y se midió 13%. Nuevamente, dada la experiencia, es imposible que se tenga una humedad de 13% para las condiciones de esta partida. De todas formas, para el resto de las diferencias altas no hay un patrón bien determinado que explique estas diferencias. En algunos casos se puede deber a una mala identificación de la partida ensayada o a un mal dimensionamiento del proceso de secado en el bosque. La tabla siguiente muestra las diferencias promedio entre los valores medidos y los calculados.

Tabla 32 Valores promedios para todas las leñerías entre la humedad calculada y la humedad medida.

Localidad	Diferencia promedio [%]
Rancagua	1.41
Temuco	0.04
<b>Total</b>	<b>0.63</b>

Como se ve, la diferencia promedio para toda la muestra es de 0,63 %, es decir se predice una humedad promedio de 21,6 y se mide una humedad promedio de 21,0. Para Rancagua las diferencias promedio son mayores, del orden de 1,5%, esto se debe seguramente a que por un lado la situación de Rancagua tiene condiciones particulares ya que muchas leñerías estaban trabajando con stock del año pasado, por lo cual se tiene leña muy seca y por otro lado, el modelo no es capaz de predecir en forma muy correcta la humedad de este tipo de leña, debido a que los datos usados para la generación del modelo no incluía información en este rango.

Otro indicador interesante es que el modelo predijo que el 75% de los lotes considerados correspondía a leña seca, y las mediciones identificaron la misma cantidad (para las 2 ciudades en conjunto). Si se considera cada una de las ciudades por separado, se encuentra que para el caso de Rancagua, el modelo predice un lote más de leña seca que el de la medición y para el caso de Temuco uno menos.

Si bien es cierto, algunos de los valores puntuales tienen diferencias importantes entre lo medido y lo calculado, los valores promedios se comportan en términos aceptables. Por tanto, este correspondería a un buen punto de inicio para un modelo de cálculo de potencial de leña seca.

Sin embargo, se recomienda a partir de este modelo base, seguir realizando investigación en el tema para mejorar el modelo. Por ejemplo, se sabe que el tamaño de la leña es relevante en la tasa de secado, pero en la información de base se tienen resultados muy diferentes. Por tanto, sería interesante saber por qué se dan estas diferencias. Lo más probable es que se debe a que en alguna de las experiencias que sirvieron como base, no se estaban controlando todas las variables y hay más variables relevantes sobre las que no se tenía control. En el presente estudio se tomaron los valores promedios y por eso es que los valores promedios del modelo se ajustan bien a las mediciones, pero esto puede que no ocurra para algún caso puntual, en que esa variable que no se conoce claramente y está fuera de rango, pueda hacer un efecto importante. Si se desea utilizar el modelo para definir una política pública, por ejemplo de que en todas las leñerías se debe tener la leña picada, puede que esta no tenga exactamente el impacto esperado, ya que por ejemplo además se requiere algún tipo de ordenamiento especial, ventilación etc. Por tanto, si se conociera específicamente y en detalle todas las variables en juego se podría especificar mucho mejor los requerimientos de almacenamiento y tener un impacto mucho mayor.

#### **4.4.6 Estimación de la venta de leña seca en una determinada zona**

Una de las potencialidades interesantes del modelo predictor de humedad de la leña comercializada, es que permite estimar, para una determinada zona o región, la cantidad de leña seca o húmeda que ha sido vendida en un determinado año.

Esto es posible, ya que también se obtiene de la entrevista/encuesta, la cantidad de leña adquirida para venta ese año. De acuerdo a lo descrito en el capítulo anterior, es posible obtener para cada comercializador muestreado el volumen de leña seca vendido para ese año, información que puede ser

expandida para el total del universo de comercializadores de esa zona, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Cantidad_{leña_{seca}_{zonai}} = \sum_m CLSmi \times FE_{mi} + \sum_p CLSpi \times FE_{pi}$$

Donde:

$Cantidad_{leña_{seca}_{zonai}}$  = cantidad de leña seca total vendida en un determinado año en la zona i

$CLSmi$  = Cantidad de leña seca vendida por el comercializador micro, m en la zona i

$FE_{mi}$  = Factor de expansión del estrato micro en la zona i

$CLSpi$  = Cantidad de leña seca vendida por el comercializador pequeño, p en la zona i

$FE_{pi}$  = Factor de expansión del estrato pequeño en la zona i

De esta forma, es posible, junto con la cantidad de leña seca vendida en una determinada zona, estimar los porcentajes de leña húmeda y semi-húmeda vendida por los comercializadores considerados en el marco de muestreo.

#### 4.5 Aplicación del modelo a todas las encuestas realizadas y todas las partidas.

Teniendo el modelo de estimación de la humedad de la leña validado, se puede aplicar a la totalidad de las encuestas realizadas para estimar cual es el porcentaje de leña seca que se vende en cada ciudad. La tabla siguiente muestra un ejemplo de resultados para la Leñería identificada como R06 de Rancagua.

Tabla 33 Ejemplo de Cálculo de la humedad de la leña vendida en R06

Mes	Compra M <sup>3</sup>	Año	Venta M <sup>3</sup>	Humedad %
Enero	10	2015	0	
Febrero	10	2015	4	16.6
Marzo	20	2015	10	16.5
Abril	20	2015	15	15.3
Mayo	20	2015	20	15.2
Junio	20	2015	30	17.0
Julio	10	2015	21	18.0
Agosto	0		10	17.9
Septiembre	0		0	
Octubre	0		0	
Noviembre	0		0	
Diciembre	0		0	

Total Promedio	110		110
----------------	-----	--	-----

Total promedio	16.6
% de leña seca vendida	100%

Fuente: Elaboración propia, 2015

En la tabla se indican las compras realizadas por mes. Todas las compras se realizan el 2015. Luego se indican las ventas de leña por mes. Las compras y ventas de Junio y Julio son estimaciones realizadas por el entrevistado. En todos los casos los árboles se cortaron tempranamente el 2014 y luego se mantuvieron en el bosque hasta su venta.

Luego, se realiza una relación entre la compra y la venta. Se supone que las ventas se producen primero sobre los lotes más antiguos. Por ejemplo, la venta de febrero ( $4 \text{ m}^3$ ), proviene del lote de leña comprada en enero. Quedando en stock  $6 \text{ m}^3$ . Luego, en marzo se venden  $10 \text{ m}^3$ , los que provienen de la compra de enero (los  $6 \text{ m}^3$  restantes) y febrero ( $4 \text{ m}^3$ ). De esta manera se comienza a generar la secuencia de venta mensual.

En paralelo, y en base al modelo de cálculo de humedad se calcula la humedad que tendría cada una de las partidas en los distintos meses del año. Esto se hace para cada partida de compra en forma independiente y de acuerdo a las características declaradas por el comerciante. La tabla siguiente muestra los resultados de este análisis.

**Tabla 34. Humedad de la leña a lo largo del año de cada una de las partidas de compra.**

Columnas	Fecha de la compra de cada partida							
Filas		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Humedad que tendría cada partida de todo el año	Ene	17.4	18.6	19.5	19.5	22.0	22.6	22.6
	Feb	16.6	17.5	18.5	18.2	19.7	20.1	20.1
	Mar	16.4	16.6	17.0	17.5	18.4	18.6	18.6
	Abr	15.2	15.2	15.4	15.8	17.3	17.5	17.5
	May	15.0	15.0	15.1	15.3	16.4	16.9	16.9
	Jun	16.4	16.5	16.5	16.6	17.2	17.6	17.6
	Jul	17.4	17.4	17.4	17.5	17.8	18.0	18.0
	Ago	17.5	17.5	17.5	17.6	17.8	17.9	17.9
	Sep	16.8	16.8	16.8	16.9	17.0	17.0	17.0
	Oct	15.6	15.6	15.6	15.6	15.7	16.7	15.7
	Nov	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1
	Dic	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6

Fuente: Elaboración propia, 2015

Por ejemplo, la columna “Ene”, corresponde a la humedad que tendría la leña de este lote en cada uno de los meses del año. Por ejemplo, la leña de este lote en mayo tendría una humedad de 15,0%.

Combinando esta tabla con la tabla anterior, se completan las humedades para cada lote vendido. En la tabla se destacan las fechas en que se vendió cada partida. Por ejemplo, la partida comprada en enero se vendió en febrero y marzo, la comprada en febrero e vendió en marzo y abril, etc.

Visto de otra forma, se puede decir que la leña que se vendió en Febrero corresponde a la partida comprada en Enero con una humedad de 16,6 %. La leña vendida en Marzo, corresponde a una mezcla entre la partida de enero y febrero y se considera la humedad promedio de los dos caso  $(16,4 + 16,6)/2=16,5$ . Estos valores se incorporan en la tabla general donde se anota la humedad de la leña vendida en cada mes.

Evidentemente, las humedades bajo las celdas destacadas de la tabla anterior no se consideran, ya que para esas fechas la leña ya fue vendida.

Luego, se calcula la humedad promedio de la leña vendida por este comerciante. Esta se obtiene como el promedio ponderado por la cantidad de leña vendida en cada mes.

También se calcula el porcentaje de leña seca (con humedad inferior a 25%). Esto se hace al considerar la leña vendida para cada mes. Si la leña del mes tiene un porcentaje de humedad inferior al 25%, se considera como leña seca vendida ese mes. Luego, se van sumando los m<sup>3</sup> totales vendidos secos en relación a los m<sup>3</sup> totales vendidos. En este caso todos los meses la leña tenía humedad inferior a 25%, por tanto el resultado es que este comerciante vendió 110 m<sup>3</sup> estéreo de leña seca es decir 100% de su venta.

Este análisis se realiza para cada una de las encuestas para obtener el panorama completo de leña seca vendida en Rancagua y Temuco.

La tabla siguiente muestra el resumen de % de leña seca vendida en cada localidad.

**Tabla 35. Resumen de la estimación de la humedad de la leña en base a las encuestas y al modelo de cálculo.**

Localidad	% de leña seca	% de humedad promedio de la leña
Rancagua	98.9	16.2
Temuco	76.3	22.4

Fuente: Elaboración propia, 2015

#### 4.6 Mapa clima

Conocer la climatología de variables de temperatura y precipitación, representa una ventaja para caracterizar sitios con diferentes necesidades de calefacción, estimar la demanda de esta y, para el caso de la oferta, delimitar zonas aptas por ejemplo para el almacenaje y secado.

Para ello, la disponibilidad actual de información meteorológica y satelital permite la construcción a escala mínima comunal, de mapas de temperatura y precipitación que abarquen gran parte de la zona de estudio.

El correcto almacenaje y buen secado de la leña es clave para la comercialización de un producto que cumpla con estándares de calidad adecuados. En ese sentido, la correcta combustión de las astillas de leña en cámara aumenta su capacidad de calefacción y disminuye, a su vez, la posibilidad de emisión de material particulado contaminante.

Como una forma de hacer espacialmente representativos los resultados del modelo de secado planteado, se utilizaron variables climáticas espacializadas a partir de imágenes generadas por un modelo topoclimático de estimación complejo.

Se generaron imágenes mensuales de temperatura mínima, temperatura máxima y humedad relativa a partir de datos de estaciones meteorológicas y la ayuda de diferentes imágenes espaciales potencialmente correlacionadas a los datos medidos en estación, las cuales fueron denominadas "covariables".

Estas imágenes fueron combinadas en el modelo de secado de leña propuesto para estimar el valor de humedad de leña que esta tendría en el mes de Marzo bajo el seguimiento de ciertos supuestos. Los mapas producidos muestran el resultado para dos regiones: Libertador Bernardo O'Higgins (haciendo

referencia a las comunas de Rancagua y Machalí) y de La Araucanía (haciendo hincapié en Temuco y Padre de las Casas).

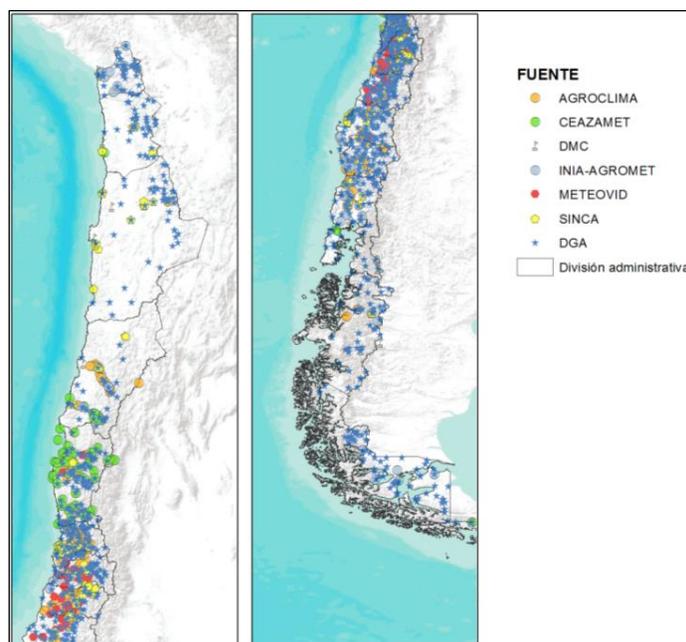
#### 4.6.1 Metodología generación de variables

##### 4.6.1.1 Recopilación de información.

Para la recopilación de información climática se consideraron datos de temperatura mínima (Tn), temperatura máxima (Tx) y humedad relativa (HR) a nivel diario en 704 estaciones meteorológicas distribuidas en la totalidad del país. Para efectos de este estudio y dada la disponibilidad de datos, se delimitó una zona de estudio entre la comuna de Camarones en la Región de Arica y Parinacota hasta la Comuna de Palena en la Región de los Lagos, debido a la extensión espacial de una de las covariables (Radiación Global) utilizadas en la elaboración de los mapas topoclimáticos. No obstante, el análisis de información posterior solo considerará desde Valparaíso hasta la Región de los Lagos, acotando al área representativa oficial de la propuesta. De este modo, el total de estaciones meteorológicas comprendidas en la zona total de estudio es de 1.043.

La información meteorológica fue recolectada a partir de siete fuentes de información: Dirección General de Aguas (DGA), Dirección Meteorológica de Chile (DMC), Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA/AGROMET), Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA), Red de Estaciones Meteorológicas de la Industria del Vino (METEOVID) y los datos de la Fundación para el Desarrollo Frutícola a través de su portal Agroclima (Figura 21)

Figura 23 Distribución espacial en el territorio chileno de las estaciones en las cuales se recopiló información climática de temperatura y precipitación



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Estos datos fueron sometidos a una rutina de homogenización para estandarizar su formato en las distintas fuentes y lograr tener una plantilla única para el total de estaciones. El formato de almacenaje para todas las fuentes se resume en la siguiente Tabla:

**Tabla 36. Organización de la información recopilada en planillas de cálculo.**

	Algarrobo Bajo [INIA]	Andacollo	Caleta Toro	Camarico [INIA]	Canela	Chiguinto	Combarbala
FUENTE	CEAZAMET	CEAZAMET	CEAZAMET	CEAZAMET	CEAZAMET	CEAZAMET	CEAZAMET
LAT	-30.6331	-30.2497	-30.7404	-30.699	-31.39	-28.8348	-31.2009
LON	-71.4514	-71.0664	-71.7004	-71.3217	-71.41	-70.3298	-71.0006
ALT							
INICIO	1/30/2011	1/13/2014	9/27/2010	5/28/2011	7/8/2013	12/9/2009	10/16/2013
FIN			7/2/2014			4/18/2013	
6/7/2014	17.8	8.6	14.9	16.9			10.4
6/8/2014	20.3	12.8	16.9	19.2			11.4
6/9/2014	22.4	22.2	15.8	23			23.1
6/10/2014	17.5	16.3	15.3	17.2			16.5
6/11/2014	14.5	12.8	15.1	13.6			11.5
6/12/2014	18	8.3	14.9	16.3			8.3
6/13/2014	19.9	17.2	14.4	19.5			17.5
6/14/2014	22	23.7	15.2	23.8			23.2
6/15/2014	25.4	24.9	16.1	26.9			25

Fuente:

Aquellas estaciones con 3 o más años de información fueron utilizadas para ser agregadas a nivel mensual, de modo de generar un año “promedio” en toda la zona de estudio, utilizando estos valores mensuales en el modelo topoclimático.

#### **4.5.1.2. Datos e Interpolación de variables**

El modelo propuesto es una aproximación estadística que busca representar valores de un atributo puntual (temperatura, precipitación) en lugares en donde no existen mediciones. Para esto, se calibra un modelo que considera una distribución espacial suficiente de puntos que representan a las estaciones meteorológicas en el espacio de estudio, de modo de cuantificar y caracterizar todas las magnitudes topográficas presentes en aquel espacio (elevación sobre el nivel del mar, orientación, pendientes, etc.).

Dentro de los modelos de interpolación existen aproximaciones denominadas geoestadísticas, las cuales buscan una correlación espacial del atributo a modelar en un punto con el mismo atributo en un vecindario de puntos predefinido. Las técnicas de interpolación más conocidas dentro de este tipo son dos: Inverso de la Distancia (IDW) el cual utiliza la distancia euclídea como medida de ponderación para dar un mayor peso a aquellos puntos que se encuentran más cercanos, disminuyendo este peso a medida que se incrementa la distancia. El segundo método corresponde a Kriging, el cual utiliza como peso la variabilidad que existe entre los puntos cercanos asumiendo que mientras más cerca estén los puntos esta variabilidad será mínima, y viceversa.

Pese a que estos métodos generan resultados aceptables, no consideran el efecto de la geografía, topología y accidentes geográficos, de modo que los resultados que entregan sólo son una abstracción de lo que ocurriría si sólo la distancia que separa los puntos tuviese una influencia completa en las zonas en donde no existe información.

Por otra parte, los modelos topoclimáticos, como el método utilizado en este estudio, intentan representar aquellas variables que los modelos anteriormente descritos no consideran. Para esto, se busca la relación lineal entre los puntos que contienen el atributo a modelar y ciertas covariables que actúan como predictores. No obstante, se necesita una gran cantidad de puntos espaciales dependiendo de las dimensiones del área de estudio.

#### 4.5.1.3. Covariables

Se utilizaron 14 covariables espaciales como predictores que ingresan como puntajes de componentes principales en modelos lineales mixtos optimizados a partir de regresiones por pasos (stepwise) mediante el método backward. Estas covariables están clasificadas en cinco grupos (Tabla 37).

Tabla 37. Grupos de covariables

Grupo de variables	Nombre de la variable
Topográficas	Modelo de elevación digital (DEM)
	Pendientes
	Orientación
De distancia	Latitud
	Longitud
	Distancia a la costa
	Distancia a cuerpos de agua
Climáticas	Radiación
	Viento
	Temperatura superficial
Vegetación	NDVI
	EVI
Efectos locales	Uso de Suelo
	Macrozonas climáticas

Fuete: elaboración Propia, 2015

Los grupos 1 a 4 contienen las covariables que actúan como predictores en los modelos, mientras que las del grupo 5 son utilizadas para ver los efectos locales (sumar o restar valores de temperatura (°C) o precipitación (mm)) en los sitios delimitados por cada clase de efecto local.

En este sentido, la variable “Uso de Suelo” contiene 11 clases entregadas por el algoritmo “MODIS-derived LAI/fPAR scheme”, del sensor MODIS (Tabla 1) mientras que la variable “Macrozonas Climáticas” divide el país en 6 macrozonas climáticas. La ZONA 0 comprende desde la comuna de Camarones hasta el sur de Tal Tal, en el extremo norte del país. La ZONA 1 continúa desde el sur de Tal Tal hasta Illapel, mientras que la ZONA 2 comprende desde el fin de la ZONA 1 hasta la Región Metropolitana. La ZONA 3

se ubica entre la Región Metropolitana y la región del Maule, mientras que la ZONA 4 desde el Maule hasta Temuco. Finalmente la ZONA 5 comprende desde Temuco hasta Palena.

**Tabla 38. Clase de uso de suelo algoritmo MODIS-derived LAI/fPAR scheme**

Número de Clase	Nombre de Clase
0	Agua
1	Praderas/Cereales
2	Matorrales
3	Cultivos anuales (hoja ancha)
4	Espinal
5	Bosque siempreverde de hoja ancha
6	Bosque deciduo de hoja ancha
7	Bosque siempreverde coníferas
8	Bosque deciduo coníferas
9	Suelo desnudo
10	Urbano

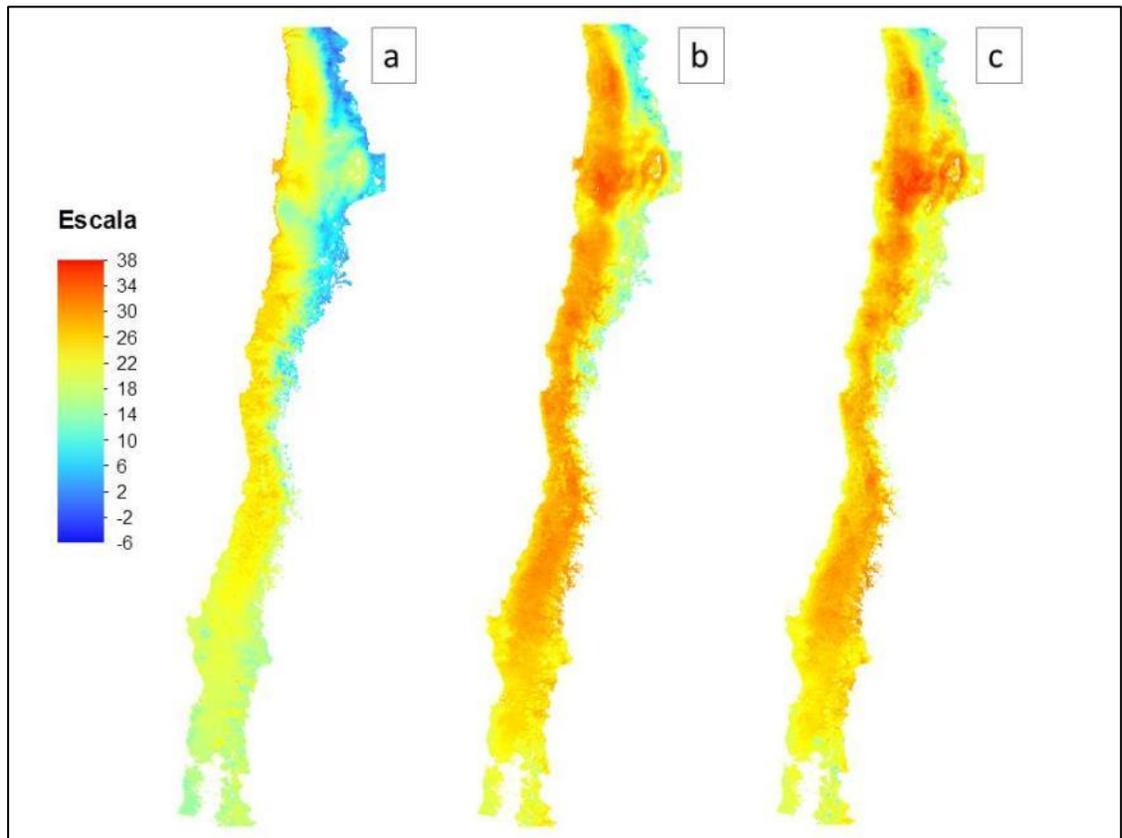
Para el caso de las temperaturas, se genera para cada mes dos modelos a partir de las covariables diferenciados por los mapas de efectos locales, esto es, un mapa representando el modelo mixto dado por clases de uso de suelo y un mapa representando el modelo mixto dado por el efecto de las macrozonas. Ambos mapas se optimizan para generar un solo producto final, mediante la ponderación de cada uno de ellos por el aporte que realizan a la estimación de los valores de temperatura.

En cuanto a las precipitaciones se considera un modelo con un efecto total de las covariables (sin efectos locales) y un modelo según el efecto local que tienen las zonas delimitadas, estos dos productos también ingresan a una optimización que devuelve el modelo que produce el menor error medio cuadrático de las estimaciones.

#### **4.5.1.4. Capas resultantes.**

El modelo evaluado de forma preliminar para temperaturas y precipitaciones de Enero y precipitaciones de Agosto de 2013, considera una resolución espacial de 1 x 1 km y sus metadatos contienen la información mínima requerida respecto de plataformas que pueden utilizarlos. Los resultados se muestran en la figura xx para la variable temperatura en toda la extensión espacial disponible para interpolar. Los resultados muestran consistencia espacial para las variables.

Figura 24. Mapas topoclimáticos: a) Temperatura mínima, b) Temperatura máxima, c) Temperatura Media



Fuente: Elboración Propia, 2015

#### 4.6.2 Relación de aplicación al modelo

Existe una relación empírica entre la humedad de equilibrio de la madera y las variables climáticas ambientales como las temperaturas extremas y la humedad relativa del aire. En ese contexto, y dado que se posee información especializada referente a dichas variables, se combinaron junto con el modelo de humedad de la leña para generar mapas representativos de humedad de producto en un momento determinado.

Este procedimiento sigue los siguientes supuestos y condiciones:

La especie a estimar su humedad es Roble. Se asume que el árbol se corta a inicios de Septiembre. Luego, después de cortar, se guarda en el campo en trozos de 1 m con cubierta durante 4 meses, para luego ser trasladado a un recinto techado y ser almacenado ahí los próximos 3 meses en formato "listo para usar". De modo que bajo estas condiciones se estimó un mapa de humedad de la leña para inicios de abril.

Las variables a considerar son:

HLi: Humedad de la leña inicial en el periodo, para este caso el valor inicial es de 40%

HE: Humedad de equilibrio en el periodo correspondiente. Su cálculo viene dado por la parametrización del abanico de Kolmann:

$$HE = A + B * HR + C * HR^2 + D * HR^3 + E * HR^4 + F * T + G * T^2 + H * T^3$$

En donde:

A	1.013
B	0.1825
C	1.03E-03
D	-4.97E-05
E	4.97E-07
F	0.01405
G	-7.26E-04
H	-7.69E-06

HR corresponde a la humedad relativa del aire para el periodo medido (%) y T la temperatura media (°C) para el mismo periodo.

DH: Delta de humedad, diferencia entre la humedad de la leña y la humedad de equilibrio en un mismo periodo.

VM: variación media de la humedad en el periodo, viene dado por  $0.8*(DH-6)$ , para el periodo que corresponda.

HLf: Humedad de la leña final, es la diferencia entre el HLi y VM.

Los periodos considerados y su asociación con las respectivas variables se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 39. Resumen de variables de clima asociados la modelo**

	HLi	DH	VM	HLf
Primera quincena de enero	40%	DH1=40%-HE	VM1 = 0.8 (DH1-6)	HLf1=HLi1-VM1
Segunda quincena de enero	HLi2=HLf1	DH2=HLi2-HE	VM2 = 0.8 (DH2-6)	HLf2=HLi2-VM2
Primera quincena de febrero	HLi3=HLf2	DH3=HLi3-HE	VM3 = 0.8 (DH3-6)	HLf3=HLi3-VM3
Segunda quincena de febrero	HLi4=HLf3	DH4=HLi4-HE	VM4 = 0.8 (DH4-6)	HLf4=HLi4-VM4
Primera quincena de marzo	HLi5=HLf4	DH5=HLi5-HE	VM5 = 0.8 (DH5-6)	HLf5=HLi5-VM5
Segunda quincena de marzo	HLi6=HLf5	DH6=HLi6-HE	VM6 = 0.8 (DH6-6)	HLf6=HLi6-VM6

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Se considera cada imagen de temperatura y humedad en la quincena del mes correspondiente como variable a utilizar en los cálculos.

Secuencialmente se sigue el procedimiento avanzando por cada quincena hasta obtener el valor HLF6, que corresponde a la humedad de la leña para los primeros días de abril.

#### 4.6.3 Resultado Mapa Técnico

El resultado obtenido se presenta en el mapa xx. Es posible notar la influencia costera sobre la humedad de la leña, y por otro lado la influencia cordillerana sobre la misma, disminuyendo el valor conforme nos movemos a zonas más calidas y menos humedad. Es posible notar también un aumento de la humedad de la leña para la primera semana de abril conforme se avanza hacia el sur.

Figura 25 Resultado mapa teórico de humedad final de la leña primeros días de Abril para sexta región.

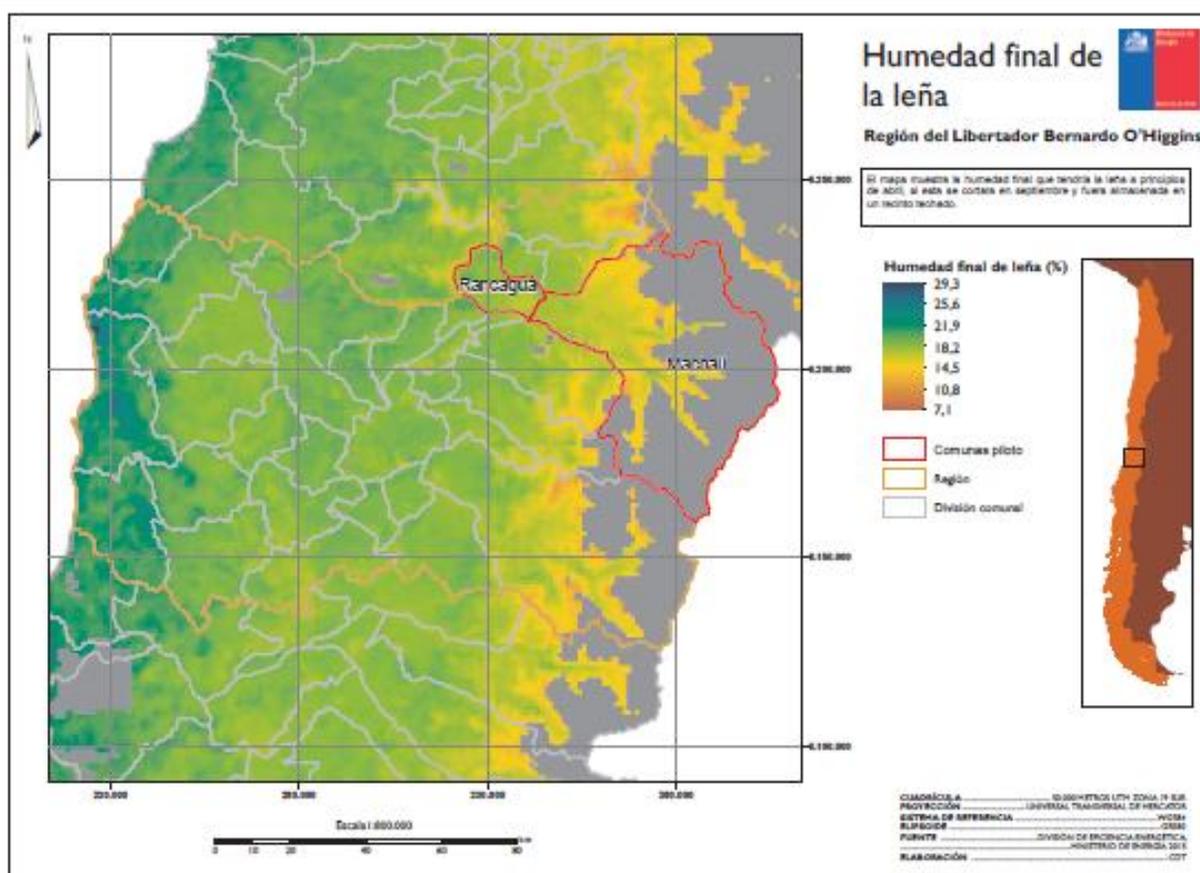
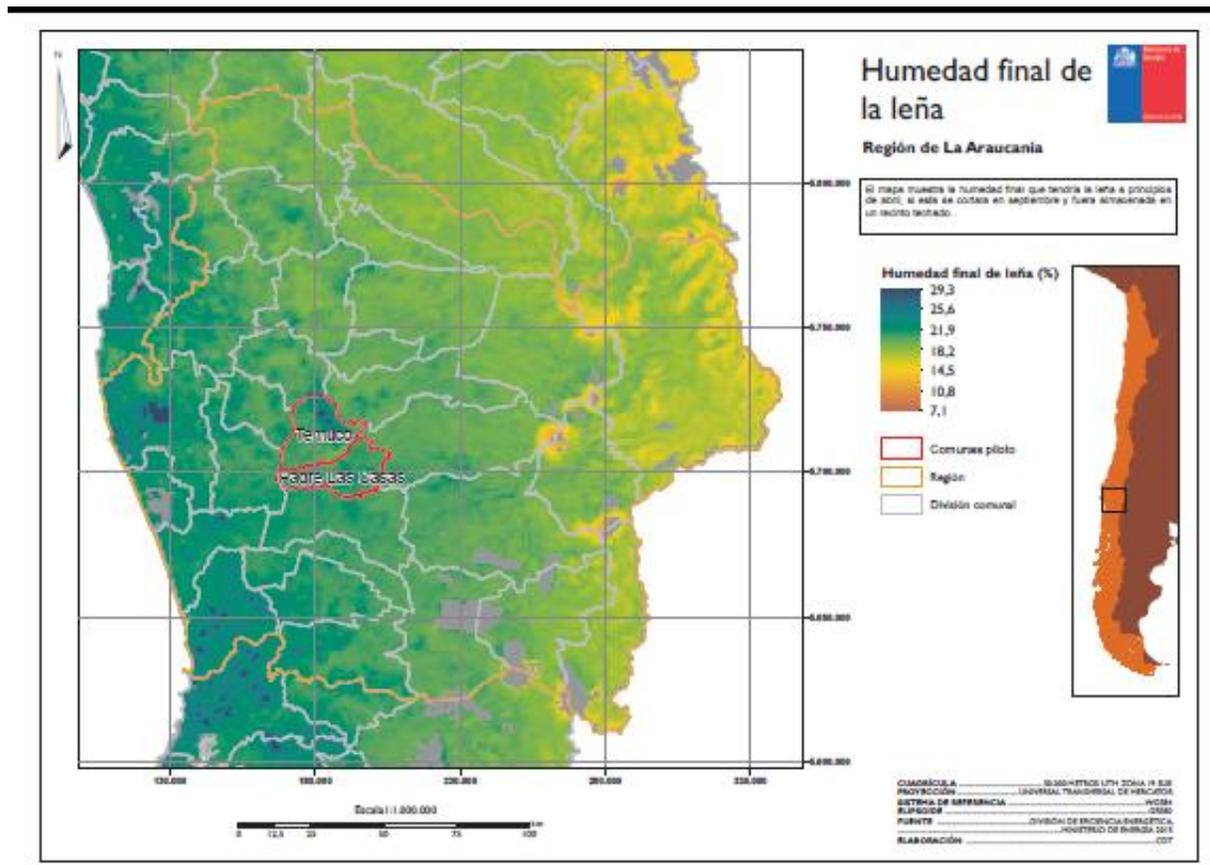


Figura 26. Resultado mapa teórico de humedad de la leña primeros días de Abril para décima región.



#### 4.6.4 Alcances, limitaciones y conclusiones del capítulo

Se creó un modelo que es capaz de predecir en forma adecuada la humedad de la leña si se conoce todo su proceso desde que el árbol fue cortado. Este procedimiento permite predecir con precisión razonable los valores promedios de varios lotes pero la predicción sobre un lote específico es menos precisa. Sobre el promedio de los lotes la diferencia entre lo medido y lo calculado es de 0.6%, sin embargo, por lote se tiene una diferencia promedio de 5%.

Por tanto, el modelo se puede utilizar para predecir el porcentaje de leña seca en una ciudad específica para un año determinado (como promedio), si se lleva a cabo una entrevista exhaustiva a una muestra de comercializadores, que permite conocer el proceso de obtención de la leña y los volúmenes adquiridos.

El modelo se puede usar para varios fines y dependiendo de eso se requiere la aplicación de una encuesta o no.

Por ejemplo, el modelo podría predecir el efecto de un verano lluvioso sobre la cantidad de leña seca en una ciudad específica a partir de la encuesta aplicada el año anterior y considerando que el resto de los parámetros generales se mantiene constante respecto al año anterior. Sin embargo, siempre es necesario tener al menos una encuesta por ciudad o al menos una encuesta única que cubra varias ciudades de comportamiento similar. Además, una vez que se tengan varios años de encuestas se podría ir

prediciendo las variación de las tendencias es en el tiempo y por tanto no sería necesario aplicarlas todos los años.

Otro ejemplo de aplicación sin encuesta, sería por ejemplo en el caso de que se tenga un año anterior con invierno templado, poder determinar cuál sería el impacto en la humedad de la leña en el año siguiente. Esto podría hacerse con la encuesta del año anterior combinando con una estimación del stock. El stock se puede obtener mediante encuestas o mediante el análisis en combinación con un modelo de demanda.

Otro ejemplo de utilización del modelo sería ver por ejemplo cual es el impacto de promover que se pique la leña una vez comprada (es decir que no exista leña entera en las bodegas de los comerciantes) o promover que se adelante la compra en algunos meses, o la combinación de ambos. Evidentemente esto se debe hacer en combinación con los resultados de una encuesta para una ciudad dada. Por ejemplo, con la encuesta se podría definir qué porcentaje de los comerciantes no pican la leña a la llegada al local, y luego ver el impacto que tendría si se logra con algún incentivo que el número de comerciantes que no pica la leña baje a la mitad.

Dependiendo del objetivo buscado, es la fecha más recomendable para hacer las encuestas. Si se quiere tener una visión previa de lo que será el próximo invierno, se puede hacer una encuesta temprana en marzo o abril basada en las predicciones del año. Sin embargo, es más preciso hacerla hacia el final del invierno (julio - septiembre) donde el grueso de la encuesta la responderán con datos recientes y no con estimaciones del año anterior.

Se recomienda además con las encuestas realizadas, ir generando información de base para mejorar el modelo, mejorar el procedimiento, simplificar los procedimientos, etc.

El piloto permitirá estimar el potencial de venta de leña (total, seca, semi-húmeda y húmeda), en las comunas consideradas, y con el modelo validado expandir al resto del país. Sin embargo, para expandir al resto del país se debe contar con una encuesta específica para la mayoría de las ciudades. Tener en cuenta también que el sistema no considera otros medios de abastecimiento como camionetas o autorrecolección, los cuales constituyen un volumen muy relevante de la oferta total. Como ejemplo de lo anterior, se puede citar a Coyhaique, donde la principal fuente de abastecimiento es a través de camiones, y casi no existe comercio de leña establecido en las zonas urbanas.

En relación al instrumento de levantamiento de datos (entrevista), existen varios puntos relevantes, que será importante trabajar, de forma de obtener resultados lo más precisos posibles. Por un lado, se pudo comprobar la importancia de entrevistadores que posean conocimientos técnicos respecto al proceso productivo de la leña, de forma de generar confianzas con los comercializadores, los que constantemente se ven enfrentados a fiscalizaciones y controles. De esta forma, será importante trabajar con técnicos que tengan cercanía con el sector, e idealmente conozcan a los comercializadores, de forma de lograr entrevistas con la información más fiable posible. Por otro lado, en términos de las preguntas y los cuestionarios, en las siguientes versiones, será importante reducirlos, y trabajar la redacción de algunas preguntas, de forma de hacer más fácil el levantamiento y adaptarse a realidades regionales (e.g. el caso de la existencia de medianía de leña de frutales en la VI región que no estaba considerada en las preguntas iniciales).

Ligado al punto anterior, para efectos de masificar el instrumento, es crucial poseer un marco de muestreo preciso, como el que se ha levantado en el marco de esta consultoría. Esto permitirá determinar muestras que permitan expandir los resultados con los errores aquí estimados. Este factor trae consigo una dificultad adicional, al ser un rubro donde constantemente entran y salen comercializadores, debido a lo inestable del rubro. Si bien es difícil realizar registros que permitan determinar el universo, si es posible realizar regularmente levantamientos secundarios (web, avisos

económicos, etc) de forma de determinar nuevos oferentes, y localización y consulta a los existentes, para identificar a aquellos que se siguen dedicando a este rubro. De esta forma, sólo se requeriría un registro profundo, cada 5 -7 años, siendo posible, en el intertanto, actualizar el marco de muestreo en forma indirecta.

Es recomendable también, usar los resultados de la encuesta y del modelo y cruzarlo con información que se pueden obtener de otras fuentes (encuesta CASEN, estudio demanda CDT, etc.), para de esta forma validar y mejorar tanto los procedimientos como el modelo. Esto permitirá determinar qué porcentaje de la leña se obtiene a través de comercio establecido y qué porcentaje mediante otras vías (recolección, entrega por camiones o camionetas, etc.) Este punto es muy relevante, ya que se estima que sólo una pequeña parte de la demanda de leña, se obtiene a través de comercios establecidos, quedando un porcentaje importante de leña que no es posible medir, y de esta forma, estimar su nivel de humedad. De esta forma, se sugiere comparar estos resultados con los de los estudios antes mencionados, de forma de estimar la participación de la oferta de los comercios establecidos, respecto al total de consumo de leña nacional.

Se recomienda también hacer al menos una vez una encuesta a nivel nacional (en diferentes ciudades) en el mismo año. De esta forma se tendría una “foto” de lo que ocurre en todo el país, se podrían tener estimaciones globales y sobretodo se podrían comparar los usos y costumbres de las diferentes ciudades o pueblos, de tal forma de poder agrupar ciudades y pueblos con comportamiento similares para luego poder disminuir el número de puntos en que se realiza la encuesta, o al menos ver que localidades no es necesario hacer la encuesta todos los años.

Se podría además tratar de diseñar métodos alternativos o complementarios a la aplicación de las encuestas. Por ejemplo, encuestas telefónicas, llenados de formularios (se le entrega un formulario y luego lo envía por correo), llenado de formularios o encuesta vía web, entrega de información relevante al realizar algún trámite, etc. Estos métodos alternativos se podrían realizar en forma paralela a la aplicación de la encuesta a nivel nacional, y de esa forma validar esta metodología alternativa o complementaria o una combinación de ambas.

A partir del modelo planteado se realizó una espacialización de la humedad de la leña para un caso de estudio puntual. Este considera la interpretación de humedad teórica de la leña para los primeros días de abril considerando que esta se corta en septiembre y se almacena al aire libre por cuatro meses para luego ser almacenada por tres meses bajo techo.

Dado el resultado es importante mencionar que existe un gradiente lógico de norte a sur y de costa a cordillera de la humedad final de la leña para los primeros días de Abril y que está en ningún caso sobrepasa el 30% de humedad.

#### **4.7 Referencias bibliográficas**

[1] Navarro et al. 2005.

[2] Secado de la madera la aire. Humberto Álvarez Noves. Informe interno.

[3] Predicción del contenido de humedad de equilibrio de la madera en función del peso específico de la pared celular y variables ambientales. Natalia Pérez-Peña, Luis Valenzuela, Juan Eduardo Diaz-vaz, Rubén A. Ananías. Maderas. Ciencia y tecnología 13(3): 253-266, 2011

- [4] Informe de resultados de ensayos de secado de leña. Proyecto: Estudio para la evaluación de la eficiencia de galpones para el secado y acopio de leña en la provincia de Chiloé. Bertín Barría 2009.
- [5] Manual de Secado de Leña. Sistema Nacional de Certificación de Leña – Universidad Católica de Temuco.
- [6] Estudio de secado de leña y equivalencia entre las unidades de comercialización. Informe final. Celso Navarro et al. 2005.
- [7] Manual de Técnica de Secado. CONAMA – Fondo de Protección del medio ambiente – Fundación Create.
- [8] Diagnostico del Mercado de Leña en Chile. Informe Final. Comisión Nacional de Energía. Andres Gomez Lobos et al.
- [9] Modelo de negocios para Acopio y Secado de leña. Universidad de Chile. 2009.
- [10] “Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones, Tomo 1”. KOLLMAN, F. 1959. Ministerio de Agricultura, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, IFIE, Madrid

#### **4.8 Anexo del Capitulo**

Anexo 1. Modelo para el cálculo de la humedad de equilibrio en función de los parámetros ambientales.