U1990
c.1

LEÑA

Una Fuente Energética Renovable para Chile

U190
C 1

CENTRO DE INFORMACION DE RECURSOS NATURALES
BIBLIOTECA
CIREN

ÍNDICE

PRESENTACIÓN 02

NOMENCLATURA 03

DENDROENERGÍA:
La Fuente Energética para Chile 04

EFICIENCIA ENERGÉTICA 07

COMBUSTIÓN Y SUS EFECTOS
EN EL MEDIO AMBIENTE 15

USO EFICIENTE DE LA DENDROENERGÍA 21

EL MERCADO DE LA LEÑA 30

PRODUCCIÓN FORESTAL Y LEÑA 32

CONCLUSIONES 35

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA 37

U190
c 1

CENTRO DE INFORMACION DE RECURSOS NATURALES
BIBLIOTECA
CIREN

ÍNDICE

PRESENTACIÓN 02

NOMENCLATURA 03

DENDROENERGÍA:
La Fuente Energética para Chile 04

EFICIENCIA ENERGÉTICA 07

COMBUSTIÓN Y SUS EFECTOS
EN EL MEDIO AMBIENTE 15

USO EFICIENTE DE LA DENDROENERGÍA 21

EL MERCADO DE LA LEÑA 30

PRODUCCIÓN FORESTAL Y LEÑA 32

CONCLUSIONES 35

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA 37

La discusión actual en Chile sobre el futuro uso y desarrollo del sector energético sigue contemplando los combustibles fósiles como las principales fuentes proveedoras de energía para el país. Sin embargo, el debate se ha ido abriendo hacia la consideración de las fuentes renovables como alternativas viables para ampliar la matriz energética nacional, considerando que su uso, a diferencia de los combustibles fósiles, se acerca más a una política cuya base sea el desarrollo sustentable.

El gobierno de Chile, a través de la Comisión Nacional de Energía (CNE), ha dado claras señales en este sentido, aceptando la existencia de impactos ambientales de carácter local o global en la producción, transporte y consumo de energía, y "por ello la necesidad de incorporar la sustentabilidad ambiental como uno de los elementos claves de la estrategia de desarrollo integral del sector". Esto implica promover una política de uso eficiente de energía, y mantener e introducir alternativas energéticas locales, limpias y renovables.

Este texto contiene información acerca de la fuente renovable más utilizada en el país: la dendroenergía o biomasa. Su objetivo es constituirse en un aporte para la necesaria discusión que incipientemente, se está produciendo en el ámbito energético y que requiere abrirse ante las oportunidades que ofrecen a la economía nacional los recursos naturales renovables.

Comité Editor
CONAF, CONAMA, DED

BMVEL
Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirdschaft
(Ministerio de Agricultura Alemán)

CNE
Comisión Nacional de Energía

CONAF
Corporación Nacional Forestal

CONAMA
Comisión Nacional de Medio Ambiente

INFOR
Instituto Forestal

UACH
Universidad Austral de Chile

ULA
Universidad de Los Lagos

DED
Deutscher Entwicklungsdienst
(Servicio Alemán de Cooperación Social Técnica)

IEA
Agencia Internacional de Energía

BIRF
Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento

PYME
Pequeña y Mediana Empresa

PCMSBN
Proyecto Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo

DENDROENERGÍA: La Fuente Energética para Chile

Poseedora de múltiples beneficios económicos, sociales y ambientales, es posible afirmar que la dendroenergía, bajo condiciones adecuadas, puede constituirse en la principal fuente energética renovable de Chile. La información existente, proveniente de documentadas y acuciosas investigaciones, así lo señalan. En el país, sin embargo, la leña es considerada un combustible "arcaico", y su uso se interpreta como señal de subdesarrollo, debido a la muy obsoleta y rudimentaria tecnología de las estufas que en general se emplean en su combustión.

El balance energético nacional señala la leña y la energía hidráulica como las dos fuentes renovables más utilizadas en el país, con un aporte conjunto del 30%. La participación de la leña en esta cifra es de un 17% (CNE, 2001), que equivale a un consumo estimado de 12.000.000 m• anuales (INFOR, 2001).

La mayor parte de esta biomasa proviene de los bosques nativos, cuya superficie total en Chile alcanza los 13,4 millones de hectáreas. De estas se intervienen aproximadamente 6 millones para la producción de leña (Catastro Forestal, 1997), lo que significa que al año se extraen unos 2 m• por hectárea. Según una estimación cuidadosa y conservadora, los bosques presentan un potencial de crecimiento promedio de 8 m•, lo que indica que la extracción anual se encuentra muy por debajo del potencial de crecimiento del bosque nativo y por ende, teóricamente, que la producción de leña no representa una amenaza de sobreexplotación, siempre y cuando provenga de un manejo forestal sustentable. Además, la mayoría de los recursos disponibles son renovales en distintos estados de desarrollo o bosques degradados, en los cuales alrededor del 90% de la masa cosechada corresponde a árboles de baja calidad, que sólo se pueden utilizar como leña o carbón, y cuya extracción es importante para elevar la calidad y el valor del bosque remanente. La sustitución de la leña por fuentes energéticas fósiles provocaría la pérdida de un importante mercado para la valorización del bosque nativo y, como consecuencia de ello, un posible nuevo incremento drástico de su sustitución (cambio de uso de suelo).

El mercado nacional de leña representa una cifra de ventas de 160 millones de dólares al año, en lo que cabe considerar un ahorro de divisas de 600 millones de dólares aproximadamente que costaría la sustitución de la leña por combustibles fósiles (estimaciones PCMSBN, 2000). La importancia de este mercado queda de manifiesto sobre todo si se considera el efecto local, por su evidente valor para las pequeñas y medianas empresas forestales y agrícolas, y por su efecto en la generación de empleos. Según estimaciones de Lobos y Burschel (2000), alrededor de 60.000 personas trabajan permanentemente en torno al rubro de la leña en el país.

Otra ventaja esencial que ofrece la dendroenergía es su precio sin competencia. Un cálculo efectuado por Theodoro Kausel (2001) muestra que la leña resulta ser varias veces más económica que el gas natural y la electricidad, en una comparación de caloría producida. Un estudio de Santana, C. (CNE, 2002), acerca de la factibilidad económica de la sustitución de leña por gas natural llega a la conclusión que no es factible, por la ventaja significativa del precio de la leña.

La combustión causa efectos negativos globales y locales. A diferencia de la energía fósil (petróleo, gas natural, etc.) el uso de leña produce un efecto neutro sobre el balance de dióxido de carbono (CO_2), es decir, no contribuye al cambio climático global, siempre y cuando provenga de un manejo sustentable. De allí que en Europa se asigne un valor tan alto al uso de la biomasa, y a través de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático se haya acordado reducir el uso los combustibles fósiles y promover el de fuentes energéticas renovables. Chile, como uno de los países que ratificó el Protocolo de Kyoto, debería tener gran interés en fomentar el uso de energía renovable y en particular de biomasa, para obtener ventajas en el comercio internacional de bonos.

El problema de contaminación local del aire atribuido a la leña, especialmente en los meses de invierno - principalmente por monóxido de carbono (CO) y micropartículas de material particulado respirable (PM10) - radica en la forma ineficiente en que se utiliza.

El uso eficiente de la leña y de la biomasa en general, presenta un gran potencial de desarrollo, ambiental y económicamente viable. El 17% que representa la leña en el balance energético de Chile podría, sin aumentar la cantidad de leña usada, crecer al doble si se aprovecharan todas las innovaciones técnicas posibles hoy en día. La moderna tecnología de combustión disponible en combinación con un combustible de alta calidad, sobre todo seco (leña con 15 – 20% de humedad), permiten aumentar el aprovechamiento de la energía hasta un 100% .

En Europa existen modernas plantas de combustión de leña que operan con valores de emisiones más favorables que las que utilizan gas natural (BMVEL, 2001). Chile posee el conocimiento técnico para introducir y producir estas tecnologías, a un precio razonable y sin mayores dificultades.

Un futuro uso masivo de dendroenergía en el país tendrá, sin duda, un efecto positivo para el clima global, la economía nacional y los mercados locales en el área rural. La leña es una fuente energética local con distancias de transporte cortas, que ofrece a las pequeñas y medianas empresas la posibilidad de generar un valor agregado y que permite, como efecto secundario, el desarrollo del bosque nativo valioso y manejado de manera sustentable.

Si Chile se decidiera por el desarrollo del área de la dendroenergía, podría – en conjunto con centrales de energía hidráulica descentralizadas – satisfacer mucho más que el 50% de su demanda energética básica. Ello permitiría al país presentar un alto grado de independencia frente al mercado internacional y un gran ahorro de divisas.

EFICIENCIA ENERGÉTICA

El crecimiento de la economía es un factor que inevitablemente trae consigo el incremento del consumo energético, presionado por un aumento de la oferta disponible. Esto conlleva a la ocurrencia de mayores impactos ambientales de carácter local y global derivados de la generación, distribución y utilización de la energía.

El país no está exento de esta situación. Por lo cual, antes de iniciar una discusión acerca de los tipos de combustibles utilizados en Chile y la tecnología que se emplea en su uso, un tema de central preocupación debería ser el aprovechamiento de todo el potencial existente a través del ahorro de energía. En este marco, la eficiencia energética, entendida como el empleo de un mínimo de energía para satisfacer una demanda, se constituiría en la base de una política que apueste por el desarrollo sustentable.

Hacer un uso eficiente de la energía implica disminuir los impactos ambientales, reducir a lo estrictamente necesario la producción y el consumo que requiera la demanda energética nacional y, prioritariamente, usar fuentes renovables que tienen además un mínimo impacto en el medio ambiente y que económicamente a largo plazo resulten más rentables en términos de costo-beneficio.

En Chile el uso de energía es muy ineficiente. Se estima que las pérdidas llegan hasta el 65%, especialmente en la empleada para el acondicionamiento térmico de las habitaciones (Campos, 1992). Se ha detectado que las pérdidas más importantes se producen por la inadecuada aislación de las viviendas, principalmente en paredes y techo, y por el uso generalizado de ventanas simples (los termopaneles se utilizan muy poco en el sur del Chile, donde las temperaturas en el invierno son bajas).

Esta situación se podría modificar si se mejorara la calidad térmica de las construcciones, considerando que el ahorro de energía obtenido luego de 10 a 15 años permite amortizar el aumento de los gastos iniciales (Campos, 1992). Este tema es fundamental para cualquier uso de energía.

Crecimiento y Fotosíntesis

El resultado del proceso del crecimiento (fotosíntesis – oxidación) de una planta es el incremento.
El aire es una mezcla de varios gases, de los cuales el nitrógeno (N) con 78% es el más importante, seguido del oxígeno (O) con 21% y argón (Ar) con 0,9 %; después, con 0,03%, se encuentra el dióxido de carbono (CO_2) y en mínimas cantidades gases nobles y otros. Con la ínfima cantidad de 0,03% presente en el aire, el CO_2 es el gas más importante para el crecimiento de todas las plantas con clorofila, junto con el agua (H_2O) y la energía solar. Del CO_2 y el H_2O, movida por la energía solar, la planta fusiona en sus hojas (clorofila) azúcar y oxígeno, en el proceso de la fotosíntesis.

$$6\,CO_2 + 12\,H_2O \xrightarrow{\text{E Solar}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

Dióxido de Carbono + Agua + Energía Solar = Glucosa + Oxígeno + Agua

La glucosa (polyglucosa) forma las diversas sustancias típicas de los organismos de la planta.

Construcción con Bajo Consumo Energético

En Chile existen experiencias para desarrollar construcciones sustentables, que incorporan el concepto de "bioclimatización". En Santiago se encuentra el ejemplo de un Green Building, en el que se utilizan métodos completamente naturales para climatizar, como la inercia térmica de la piedra, el calor de evaporación, la iluminación natural hasta el segundo subterráneo, el riego por tuberías bajo tierra, etc. Como resultado en este edificio se ha logrado reducir al 50% los consumos de agua y a un tercio el consumo de electricidad; en su conjunto, esto ha permitido llevar a 700 UF anuales los gastos de energía, que originalmente se habían previsto a 2.400 UF.

Energía Primaria y Energía Secundaria

Se denomina **energía primaria** a los recursos naturales disponibles en forma directa (energía hidráulica, eólica y solar) o indirecta (petróleo, gas natural, carbón mineral, etc.) para su uso energético, sin necesidad de someterlos a un proceso de transformación. Se refiere al proceso de extracción, captación o producción (siempre que no conlleve transformaciones energéticas) de portadores energéticos naturales, independientemente de sus características.

Se denomina **energía secundaria** a los productos resultantes de las transformaciones o elaboración de recursos energéticos naturales (primarios) o en determinados casos a partir de otra fuente energética ya elaborada (por ej. alquitrán). El único origen posible de toda energía secundaria es un centro de transformación y, el único destino posible un centro de consumo. Este proceso de transformación puede ser físico, químico o bioquímico modificándose así sus características iniciales. Son fuentes energéticas secundarias la electricidad, toda la amplia gama de derivados del petróleo, del carbón mineral, y el gas manufacturado (o gas de ciudad).

El Sector Energético y los Combustibles Usados en Chile

La matriz energética chilena está conformada, en su mayoría, por combustibles hidrocarbonatos (petróleo, gas natural, carbón mineral y biomasa), que llevan asociados todos los impactos ambientales propios de la oxidación de los hidrocarburos; el 81% de nuestros energéticos deben ser quemados para su acción energética (CNE, 2001). La excepción es la hidroelectricidad, que no logra alcanzar el 19% de la demanda nacional.

Tabla N°1
Estimaciones de Demanda de Energías Primarias. Total País. En Teracalorías.

Energético	Consumo	Conversión	Origen	Recurso
Petróleo y Crudo	38%	Combustible	Importado (95%)	No renovable
Gas Natural	19%	Combustible	Importado (98%)	No renovable
Carbón Mineral	9%	Combustible	Importado (83%)	No renovable
Leña y derivados	16,8%	Combustible	Nacional 100%	Renovable
Biogas	0,2%	Combustible	Nacional 100%	Renovable
Hidroelectricidad	19%		Nacional 100%	Renovable

Fuente: CNE, 2001.

El petróleo es la principal fuente de energía demandada en el país, constituyéndose en un recurso gravitante del riesgo económico debido a la variabilidad de su precio.

El gas natural, proveniente principalmente de Argentina, se presenta como el segundo energético más utilizado; cuyo uso en los últimos años se ha fomentado con fuerza en el país. Antes de esto la leña ocupaba el segundo lugar en la balanza energética nacional, llegando al 21% en 1994 (CNE, 2001).

La gran mayoría de los combustibles fósiles se importan del extranjero, con una preocupante dependencia de las fluctuaciones de precio y de las crisis mundiales. Alrededor del 40% de la energía usada en el país es de origen nacional y esto con una negativa tendencia, pese a que la economía chilena pierde valiosas divisas por su compra.

La cifra más alta registrada en cuanto a la cobertura del consumo interno de petróleo por la producción nacional de este combustible, se registra en 1982, con un 48%. A partir de entonces el consumo nacional aumenta tanto que en 1998 sólo un 3,3% del petróleo provino de la producción interna. Ese año se importaron 65 millones de barriles de crudo, lo que significó un aumento del 11% con respecto al año anterior (CNE, 1999).

La tabla siguiente muestra la proyección de las importaciones de energía.

Tabla Nº2
Dependencia Energética de Chile

Energía Primaria %

Año	Nacional	Importada
2001	37	63
2008	35	65
2012	34	66

Fuente: CNE, 2003

A pesar de estas cifras no se visualiza en el país una política de fomento de las energías renovables que permita, por una parte, no depender de manera tan extrema de las importaciones e impulsar una política de uso eficiente de energía, por otra.

Los Combustibles

Son sustancias orgánicas o minerales que se pueden someter a procesos físico-químicos de transformación para obtener de ellas, como producto, alguna forma de energía utilizable en beneficio del hombre.

Un grupo son aquellos compuestos por materia orgánica, principalmente por carbohidratos, como los restos de plantas (animales), la biomasa o sus formas fósiles, petróleo, gas natural, carbón mineral y otras formaciones bituminosas. Por un proceso de oxidación liberan su contenido de energía y tiene como productos de disociación, principalmente CO_2, agua y cenizas.

El otro grupo de combustibles son materiales radioactivos, los cuales por el proceso de la fusión liberan energía nuclear, como el uranio.

Energía Renovable

Las energías renovables son aquellas que aprovechan los rayos solares, o las formas transformadas de estos en biomasa o en caudales naturales. Constituyen una fuente inagotable de flujo energético, si se administran en forma adecuada. La energía hidráulica, eólica, solar, geotérmica, de los océanos y la biomasa, son energías renovables. Debido a su origen local y dependiendo de su forma de aprovechamiento, pueden generar impactos ambientales significativamente inferiores a los producidos por fuentes energéticas convencionales (fósiles, nucleares). Su uso masivo contribuiría a asegurar el suministro y la oferta de energía requerida, y a una creciente independencia de los mercados energéticos mundiales.

Biomasa

Biomasa es el conjunto de materia orgánica de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma.

La energía de la biomasa corresponde a toda energía que puede obtenerse de ella, ya sea a través de su quema directa o su procesamiento para transformarla en otro tipo de combustible.

La fotosíntesis es la única forma de aprovechamiento de la energía solar que se presenta en la naturaleza. A través de ella se sintetizan los hidrocarburos de los cuales se forman los órganos de las plantas y de los seres que los consumen. Por tanto, es posible señalar que la biomasa es energía solar ahorrada en la materia orgánica, la cual es recuperada como energía mediante la combustión.

La biomasa usada para fines energéticos se denomina biocombustible.

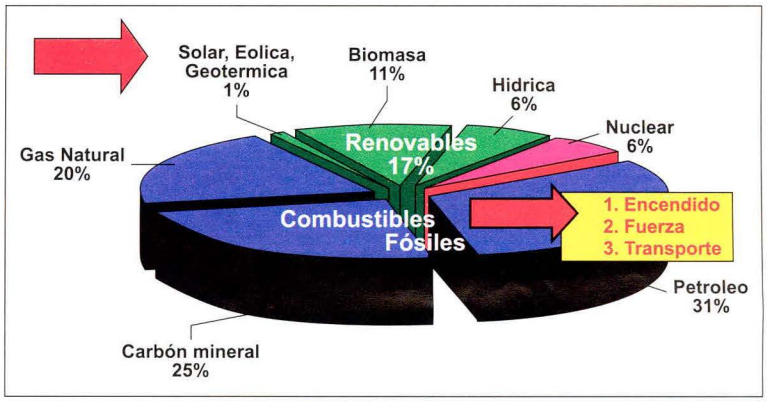
Uso Energético Mundial: una Tendencia Preocupante

El consumo mundial de energía es uno de los sectores económicos que presenta el incremento más pronunciado en los últimos 50 años.

La gran mayoría de los combustibles, con 77%, provienen de fuentes fósiles. La biomasa y la hidroelectricidad, que pertenecen a las fuentes energéticas renovables más importantes, aportan a la balanza mundial un 17%; y la eólica y solar, sólo el 1%.

Gráfico N°1

Energía Consumida en el Mundo en 1995

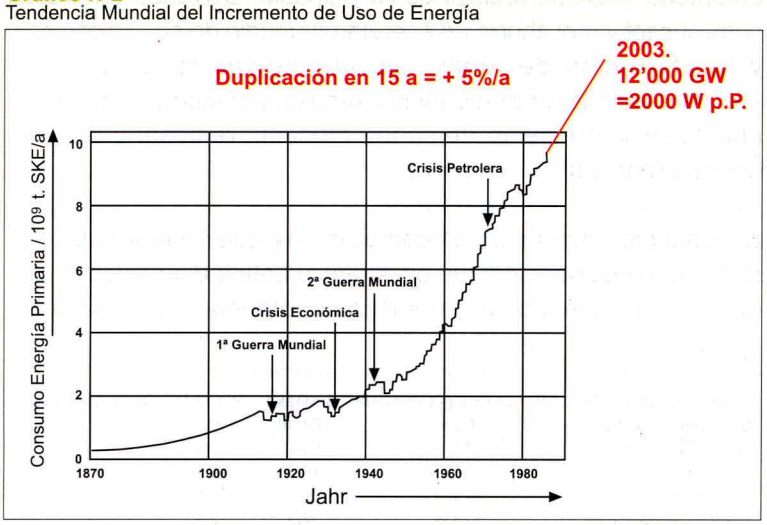


Fuente: World Energy Council, 1995

Estos datos indican que el consumo mundial depende en forma preocupante de fuentes energéticas no renovables y existe un gran potencial de desarrollo en el aprovechamiento de la energía solar, eólica y de la biomasa.

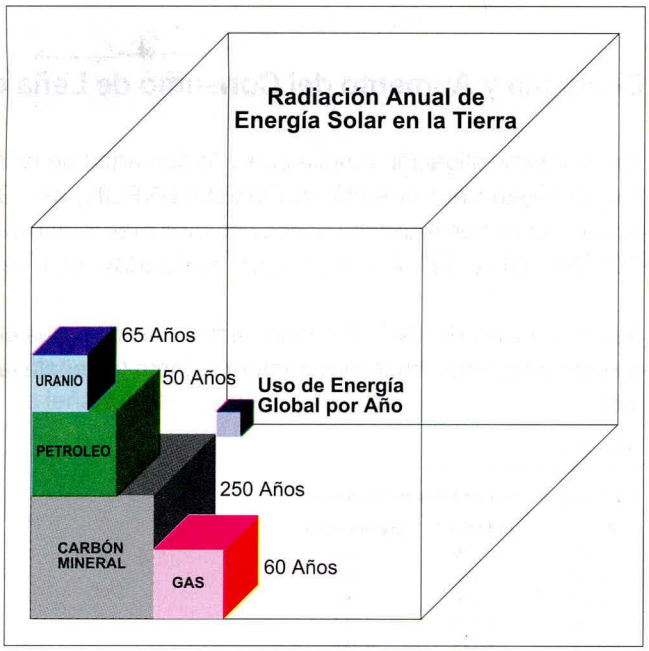
La curva con la tendencia exponencial del incremento del uso energético - que está asociada al crecimiento de la población humana mundial y en consecuencia a la demanda que requiere la satisfacción de sus necesidades – muestra un fuerte incremento del uso de combustibles fósiles. Esta situación permite prever en el mediano plazo un aumento significativo del precio de la energía, específicamente de los combustibles fósiles, con fuertes impactos en los países que no cuentan con suficientes reservas propias.

Gráfico Nº2
Tendencia Mundial del Incremento de Uso de Energía



Fuente: Kugeler y Phlippen. Modificado por Verenum, 2003

Figura Nº1
Uso de Energía Global por Año



Fuente: Enquete- Kommission Schutz der Erdatmosphäre, 1988

Combustibles Fósiles y Combustibles Renovables

La gran diferencia que presentan los combustibles fósiles frente a la biomasa (leña) es que no son renovables. Toda la materia orgánica (hidrocarburos) proviene de origen fotosintético de plantas con clorofila en sus órganos. En el caso de la energía fósil, el carbono fijado en sus moléculas corresponde a CO_2 y agua, sintetizado con un input importante de energía solar por fotosíntesis, hace millones de años.

Durante el paso de la era terciaria a la cuaternaria, en la historia evolutiva de la tierra, este material se acumuló en gran cantidades y fue atrapado por otros materiales de catástrofes naturales o movimientos tectónicos en grandes reservas subterráneas. Sometido a fuertes presiones y variaciones de temperatura, este material se transformó en petróleo, gas natural y carbón mineral. Al utilizarlos se oxidan reservas únicas, limitadas y no renovables.

Esto indica que la mejor forma de usar energía es a través de la radiación directa del sol, que anualmente es de 80.000 terawatt; o por los efectos que tiene en el clima, el viento y los ríos alimentados por lluvia y el crecimiento de la biomasa. Estas fuentes energéticas son renovables. Para la biomasa lo anterior cuenta sólo si la masa vegetal crece al mismo ritmo que se utiliza.

Lo anterior requiere realizar con anticipación acciones concretas, como incentivar el ahorro de energía por medio de su uso eficiente y la utilización de todas las alternativas renovables. El aprovechamiento eficiente de la biomasa, por ejemplo, permitiría abastecer la creciente demanda mundial, regional y local de energía renovable.

El consumo mundial de biocombustibles que se muestra en la tabla siguiente destaca que en América Latina este alcanza casi el 30%, ofreciendo un importante potencial de desarrollo.

Tabla N°3
Importancia Mundial del Consumo de Biomasa para Fines Energéticos

Utilización Global de Biomasa IEA 2002	Total de Energía Primaria (PJ/a)	Biomasa (PJ/ a)	Biomasa (%)	Otras Renovables (%)
América del Norte	51519	1362	2.64	
América del Sur	13781	4085	29.6	
Europa Oeste	34919	717	2.1	
Europa Central y Este	41535	956	2.3	
Medio Oriente y África	13925	3988	28.8	
SE Asia y Pacífico	44019	8932	20.3	
Asia del Sur	10653	5063	47.7	
Mundo	210352	25103	11.9	5.8

Fuente: IEA, 2002

Demanda y Aumento del Consumo de Leña en Chile

La última investigación amplia sobre la demanda de leña en Chile fue entregada por el Instituto Forestal (INFOR) en 1994. En la actualidad se han realizado varios estudios más regionales (UACH, CONAF, ULA, entre otros), que respaldan sus resultados.

Según cálculos del INFOR desde hace varias décadas el consumo de este energético ha ido en aumento, como lo señala la siguiente tabla:

Tabla N° 4
Consumo de Leña en Chile

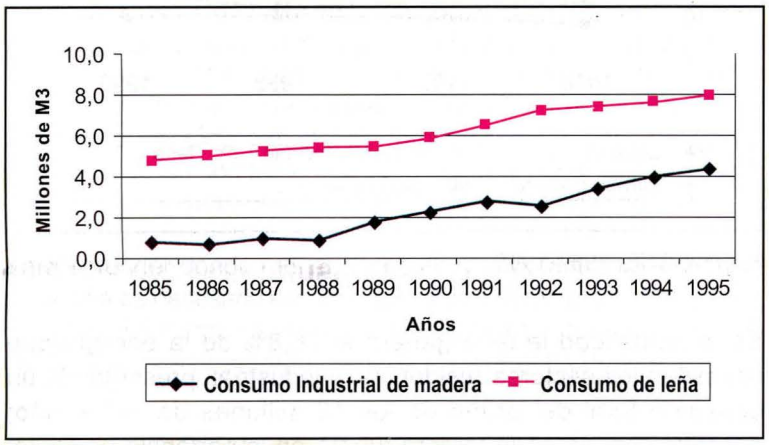
Consumo de Leña en Miles de Toneladas		
Año	Industrial	Residencial
1990	2.196	5.405
1992	3.525	5.903
1995	2.839	6.962
2000	4.174	7.981
2002	4.145	8.180

Fuente: CNE, INFOR, 2003

Los datos indican que en 1994 se consumieron 134.313 terajoules, que corresponden a 9.166.000 toneladas; cifra que cuatro años después creció a 164.533 terajoules, equivalentes a 11.226.000 toneladas (según estimaciones de la CNE e INFOR).

Un estudio de 1995, realizado por Lara *et. al*, determinó que el consumo de leña en Chile en 1995 fue de 8 millones de m^3, indicando que diez años antes (1985) había sido de 4,8 millones de m^3.

Gráfico N°3
Evolución del Consumo de Madera y Leña de Especies Nativas en Chile.



Fuente: Lara *et. al*, 1995

En estas cifras se puede apreciar que en los últimos 18 años el consumo de leña aumentó en más del doble.

Biomasa en Chile

La biomasa se utiliza principalmente para la producción de energía calórica (térmica) y en menor proporción para generar gas o electricidad.

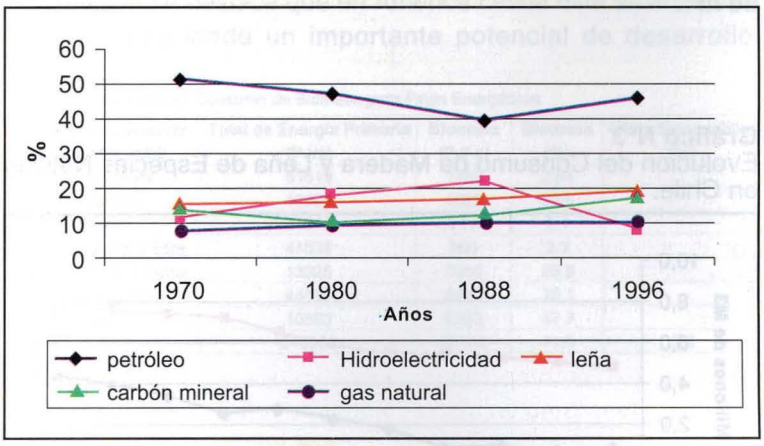
El gran uso de biomasa es en forma de leña para calefacción de las viviendas y para procesos industriales.

En algunos pocos casos es utilizada para producir electricidad, mediante plantas de cogeneración eléctrica que aprovechan los residuos (licor negro, cortezas) de otros procesos industriales como la producción de celulosa. Se genera electricidad en base de biomasa en localidades rurales aisladas, como en Metahue de la isla Butachauques, en la Xª Región.

Otra aplicación la constituye la extracción del biogás desde vertederos de basura que, luego de procesado, se utiliza como gas de ciudad en Santiago y Valparaíso.

La misma tendencia presenta la información contenida en el gráfico siguiente, que muestra la evolución de la participación de las fuentes energéticas en el consumo nacional en los últimos 30 años.

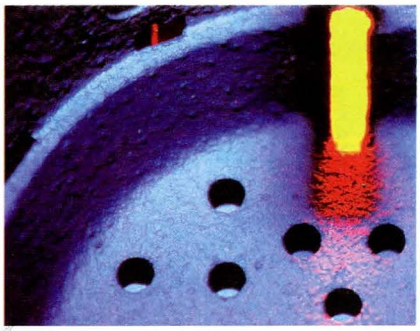
Gráfico Nº4
Evolución de la Participación de las Fuentes Energéticas en los últimos 30 años



Fuente: CNE, 1989-1996

En la actualidad la leña genera el 16,8% de la energía que necesitan los sectores residencial e industrial, presentando un consumo total del orden de los 12 millones de m^3 al año; constituyéndose en la tercera fuente en importancia en Chile, luego del petróleo y el gas natural.

La disminución de la participación de la hidroelectricidad a partir de 1988 no se debe a una baja en su consumo, sino más bien a un aumento significativo del uso de las restantes fuentes.



COMBUSTIÓN Y SUS EFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE

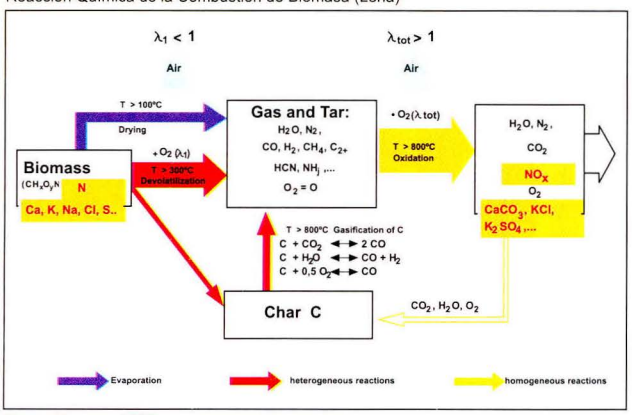
El uso de cualquier combustible produce impactos en el medio ambiente, en la medida que se logra la combustión completa de la leña sus efectos son prácticamente neutros.

El objetivo de la combustión es la máxima producción de energía en forma de calor. De allí que cualquier tipo de contaminación se puede interpretar como pérdida de la potencialidad de un combustible. Y si se habla de uso eficiente de la leña o de cualquier otra biomasa, es fundamental considerar la calidad de la combustión y el aislamiento térmico del ambiente.

La combustión incompleta de la leña es producida principalmente por la utilización del combustible en forma ineficiente. En este proceso intervienen tres componentes: la calidad de la leña (especialmente en cuanto a su contenido de humedad), la tecnología utilizada y el comportamiento de los consumidores. Cada uno de los componentes puede causar por sí solo un efecto negativo, pero también en cualquier forma de combinación.

Para entender donde radica el desafío y la potencialidad del uso de la leña es necesario estudiar qué ocurre durante su combustión. El siguiente diagrama muestra este proceso, al interior de un equipo que posee entrada primaria y secundaria de aire.

Figura N°2
Reacción Química de la Combustión de Biomasa (Leña)



Fuente: Verenum, 2003

Energía

La energía es la causa o agente que mueve al universo. En la teoría einsteniana de la relatividad la energía junto con la materia son las dos formas, como se manifiesta la naturaleza de las cosas. La expresión E=mc•, implica que la energía y la materia son intercambiables, es decir, que una puede transformarse en la otra y viceversa. Parte de este fenómeno se puede explicar con los principios de la termodinámica.

El primer principio, "de la mantención de energía", señala que la energía total en un sistema cerrado no cambia, sino que se transforma en diferentes tipos de manifestación (luminosa térmica, mecánica, etc.). El segundo, "de la entropía", indica que el flujo de calor es siempre del medio caliente hacia el frío y una recuperación de la situación inicial no es posible sin un cambio del ambiente externo del sistema.

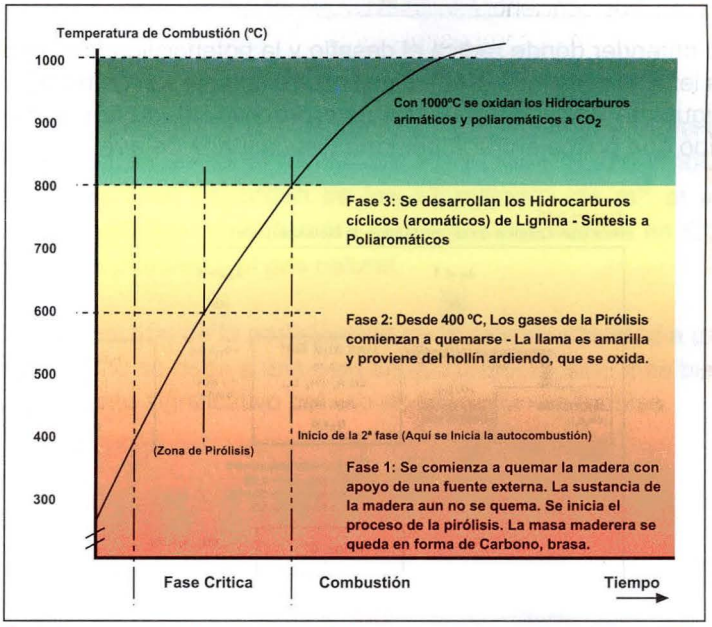
Durante la combustión la leña sufre un proceso de oxidación más o menos violento, que pasa por cuatro fases. En la primera etapa la madera se seca y emite agua, por lo cual pierde parte de la energía contenida; esta pérdida será mayor o menor dependiendo de la condición de secado de la leña empleada.

La segunda fase, denominada pirólisis, se desarrolla a una temperatura de 200 a 500°C. En esta etapa se liberan los elementos volátiles de la madera en forma de H_2, CO e hidrocarburos. En el caso de una combustión incompleta estos gases se liberan directo a la atmósferá.

En la tercera fase, denominada oxidación, se obtienen mayoritariamente como productos CO_2 y agua. En esta etapa, dependiendo de la calidad de la combustión, además se pueden obtener óxidos de nitrógeno (NO), hollín y material particulado.

En la cuarta y última fase, que ocurre a una temperatura de 600 a 800°C, se queman las partículas emitidas por la gasificación del carbono.

Gráfico N°5
Relación entre Temperatura y Tiempo de Combustión de Biomasa



Fuente: Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (aid) e.V., 1999

En un proceso de combustión no contaminante y con alto rendimiento, se deberían quemar en su totalidad los gases de la pirólisis en una segunda fase de combustión, para aprovechar al máximo la energía contenida. Aquí hay que considerar que al existir una pérdida de energía significante por la evaporación del agua en el inicio del proceso, es de suma importancia el contenido de humedad de la leña. Cuanto más húmedo se encuentre el combustible, más demora el proceso de secado y la combustión imperfecta, alargándose el lapso de tiempo durante el cual se emiten gases oxidados incompletos al ambiente y se pierde un potencial importante del contenido de energía.

Un segundo punto es la combustión ineficiente debido a la tecnología empleada del equipo utilizado. Entre otros factores puede existir un déficit en la disponibilidad de oxígeno, la temperatura del hogar de la estufa puede ser insuficientemente alta para lograr la combustión completa de los gases, o puede no existir una buena relación entre los gases que son producto de la quema y el aire al interior del equipo en la segunda cámara de combustión.

La superación de estos problemas pasa en primer lugar por la generación de conciencia en cuanto a la necesidad de acondicionar adecuadamente el combustible leña, obteniendo principalmente un buen secado antes de usarlo; y en segundo lugar, por el mejoramiento de los diseños de los equipos de combustión, reemplazando las tecnologías obsoletas que aún se utilizan para la generación de energía de calefacción y cocción de alimentos.

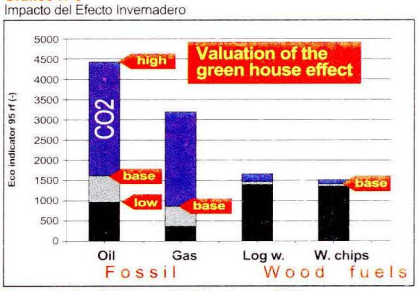
Contaminación Local

La leña no es contaminante en sí misma, su combustión ineficiente puede generar emisiones tóxicas que producen contaminación ambiental y daño a la salud de las personas. La mayoría de los centros urbanos del sur de Chile tienen graves problemas de contaminación del aire durante los meses de invierno y un importante factor causante es el uso ineficiente de la leña.

Normas Primarias de Calidad del Aire

En Chile se han establecido normas primarias de calidad del aire, con valores de concentración para material particulado respirable (MP10), dióxido de azufre (SO_2), ozono (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2) y plomo (Pb); con el fin de evitar que estos contaminantes sobrepasen el nivel ambiental normal. Para MP10 se considera sobrepasada la norma primaria de calidad del aire de 24 horas, cuando en una estación de monitoreo el percentil 98 de concentraciones de 24 horas durante un año es mayor a 150 µg/m3, o si se registran más de 7 días durante el periíodo de un año con concentraciones de 24 horas superiores a 150 µg/m3. En cuanto a la norma de calidad del aire anual, ésta se considera sobrepasada cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de tres años calendario consecutivos, en cualquier estación de monitoreo, sea mayor o igual que 50 µg/m3N.

Gráfico N°6
Impacto del Efecto Invernadero



Fuente: Kessler y Frischknecht 2000; Nussbaumer 2001

Entre las sustancias contaminantes, la más importante es el material particulado respirable (MP10), que corresponde a partículas sólidas o líquidas con un diámetro inferior a 10 micrómetros (1 micrómetro es la milésima parte de 1 milímetro). La fracción más pequeña de MP10 es 100% respirable, se conoce como MP2.5. Su composición química la hace muy agresiva para la salud y su pequeño tamaño y liviandad facilitan su transporte, permiten que permanezca más tiempo en el aire y que forme parte de la contaminación en distintos lugares.

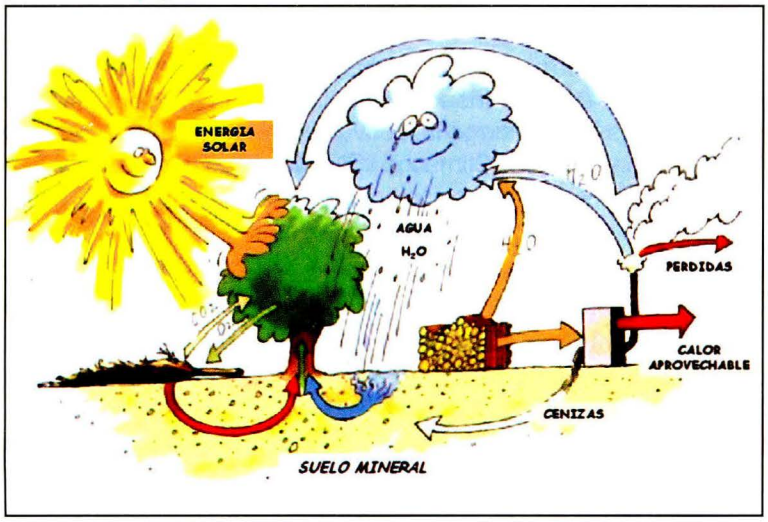
En la distribución de responsabilidades en las emisiones anuales de MP10, se distinguen como principales fuentes emisoras la combustión residencial de leña, el transporte vehicular, las quemas agrícolas e incendios forestales.

Contaminación Global

El CO_2 es un gas no tóxico que naturalmente forma parte del aire, con una participación bajísima de 0.025%. En los últimos 150 años, por el masivo uso de energía fósil y la destrucción de grandes superficies de bosques, aumentó significativamente llegando a 0.033% (Kugeler & Philippe, de Nussbaumer 2002). Esto produjo que pasara de ser un gas esencial para el crecimiento de las plantas a constituirse en una sustancia contaminante que, por su características químicas y físicas, provoca el calentamiento de la atmósfera.

Toda combustión genera CO_2, sin embargo la leña o la biomasa en general se encuentran en un ciclo cerrado de producción, en la oxidación y captación de este gas durante el crecimiento de los árboles; siempre y cuando provenga de una producción sustentable, donde se cosecha tanto como se mantiene en producción. En el proceso de crecimiento de las plantas todo el CO_2 emitido en la combustión es fijado por estas en forma de carbono o más bien hidrocarburos. Esto se debe a que la combustión de biomasa es la liberación de carbono de la misma tropósfera, produciendo un efecto neutro sobre el balance de CO_2, a diferencia de lo que ocurre con las fuentes de energía fósil.

Figura N°3
Ciclo de Energía Renovable



Fuente: Nussbaumer; 2003

Lo anterior puede dilucidarse mediante un ejemplo: con 1,44 kg de CO_2 y 0,56 kg de agua y el input, 18,5 MJ de energía solar se obtiene 1kg de madera, y como producto de disociación, 1kg de oxígeno; de la combustión resultan las mismas sustancias iniciales y, teóricamente, la liberación de energía de 18,5 MJ. Con el crecimiento de los árboles el ciclo se reinicia. Esta representación simplificada muestra por qué internacionalmente (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático) la emisión de CO_2 en la combustión de madera se evalúa como neutra (es decir, no contribuye al efecto invernadero) y por qué en Europa se asigna un valor tan alto a la explotación de la biomasa. Para este ejemplo rige la condición fundamental que el combustible leña provenga de bosques manejados de manera sustentable y que sea de alta calidad.

Cambio Climático

Conocido también como "efecto invernadero", es el fenómeno resultante de la acumulación de gases que controlan el flujo de energía en la atmósfera.

Existen sustancias responsables de este fenómeno: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), dióxido de nitrógeno (NO_2), y cloro fluoro carbonos (CFC); siendo el primero el más importante. El aumento de CO_2 en la atmósfera proviene de actividades de combustión de combustibles fósiles (industria, transporte, etc.), de la destrucción de los bosques y los cambios en el uso de suelo; el metano se genera de actividades agrícolas y ganaderas, y del manejo de desechos sólidos y líquidos; las otras sustancias son desechos de procesos industriales.

La acumulación de estos gases en la tropósfera permite que pasen los rayos solares hacia la superficie de la tierra, donde cambian la longitud de la onda de los rayos y vuelven en forma de rayos caloríficos hacia el espacio. Los gases del efecto invernadero impiden el retorno de los rayos y como resultado, este calor se acumula y aumenta la temperatura de la atmósfera. El creciente calentamiento de la tropósfera está produciendo una intensificación de eventos climáticos extremos (sequías, inundaciones, etc.), el deshielo de los depósitos terrestres y con esto el incremento del nivel del mar. Estudios recientes muestran que Chile podría verse afectado principalmente por un avance del desierto hacia el sur, mayores precipitaciones en la zona sur, y fenómenos de El Niño más frecuentes e intensos.

Convención Marco de ONU y Protocolo de Kyoto

El objetivo de esta convención marco UNFCCC (que entró en vigor a nivel mundial en marzo de 1994) es estabilizar en la atmósfera las concentraciones, por causas antrópicas, de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), a un nivel donde se estima no existan interferencias significativas con el sistema climático.

Entre los compromisos establecidos se acordó que los países firmantes deberán presentar inventarios de emisiones de GEI (actualizados periódicamente) por fuente, y su absorción por sumideros; desarrollar programas nacionales y/o regionales para mitigar el cambio climático y adaptarse a los potenciales efectos y reducir o prevenir las emisiones antrópicas de los GEI; promover programas de educación y sensibilización pública acerca del cambio climático y sus efectos.

La convención establece reuniones de la Conferencia de las Partes (COP, hasta ahora se han efectuado nueve reuniones; la primera en Berlín en 1995). Durante la tercera conferencia, llevada a cabo en Kyoto en 1997, se adopta el Protocolo de Kyoto cuya principal misión fue instaurar compromisos más estrictos de reducción y limitación de emisiones de GEI para los 38 países industrializados (listados en el Anexo B del Protocolo) estableciendo un calendario específico para cumplir dichas obligaciones. El acuerdo principal fue alcanzar la reducción conjunta de las emisiones de GEI, al menos en un 5% bajo los niveles existentes al año 1990, para el primer período de compromisos comprendido entre los años 2008 al 2012. En 2001 se logró con los acuerdos de Marrakech (7 COP) dar un marco regulador al Protocolo de Kyoto y al UNFCCC.

Todavía falta la ratificación de Rusia y de los Estados Unidos, que frenan el proceso por intereses económicos.

Compromiso Internacional

Debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, como consecuencia de un mayor consumo de combustibles fósiles, surge la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMCC). En ella se establecen compromisos y diferentes acciones para que los países puedan hacer frente a esta problemática.

En la Cumbre de Río, en 1992 Chile firma esta Convención, la ratifica el 22 de diciembre de 1994 y es Ley de la República desde el 13 de abril de 1995.

Tabla N°5
Otros Acuerdos Internacionales de Protección del Medio Ambiente Suscritos por Chile

Convenio, Acuerdo o Tratado	Lugar y Fecha de la Firma	Fecha de Firma (F), Ratificación (R) y Entrada en Vigor (V) en Chile	Objetivo General
Protocolo de Montreal sobre Sustancias que Disminuyen la Capa de Ozono	16/9/1987, Montreal, Canadá	14/6/1988 (F) 26/3/1990 (R) 28/4/1990 (V)	Proteger la capa de ozono tomando medidas precautorias para controlar las emisiones globales de las sustancias que provocan su disminución.
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático	9/5/1992, New York, EEUU	9/5/1992 (F) 22/12/1994 (R) 13/4/1995 (V)	Estabilizar las concentraciones de los Gases de Efecto Invernadero en la atmósfera, a un nivel tal que ya no existan interferencias antropógenas significativas en el sistema climático.
Protocolo de Kyoto y los Acuerdos de Marrakech (2001)	Kyoto	11/12/1997 (F) 9/7/2002 (R) no a la fecha (V)	Instaurar compromisos más estrictos de reducción y limitación de emisiones de GEI para 38 países industrializados, estableciendo un calendario para cumplir dichas obligaciones Con los acuerdos de Marrakech se establece un marco regulador al Protocolo de Kyoto y al UNFCCC.
Convenio sobre Diversidad Biológica	5/6/1992, Río de Janeiro, Brasil	5/6/1992 (F) 9/9/1994 (R) 6/5/1995 (V)	Promover el uso sustentable de los componentes de la biodiversidad y fomentar una distribución equitativa de los beneficios generados por la utilización de los recursos genéticos.

Fuente: CONAMA; 2003

USO EFICIENTE DE LA DENDROENERGÍA

La calidad del combustible, la tecnología de combustión y el comportamiento del usuario son los tres factores que influyen para lograr un uso eficiente de la dendroenergía-leña y que deben ser analizados para su consecución.

Calidad del Combustible

El actual consumo de leña que se realiza en todo Chile no es eficiente. En su gran mayoría el producto se utiliza verde, es decir, con un contenido de humedad de 35 a 40%.

La leña se considera de calidad cuando cuenta con un porcentaje de humedad que no supera el 20%. Esto se obtiene con un proceso de secado de a lo menos dos años. La leña debe estar picada, para exponerse al aire cubierta en la parte superior. En la tabla siguiente se resumen los elementos que caracterizan a un combustible-leña de calidad.

Tabla N°6
Criterios de Calidad de la Leña

Origen	Provenir de un manejo forestal sustentable con plan de manejo debidamente aprobado por CONAF y con las correspondientes autorizaciones para su traslado.		
Contenido de Humedad	Debe estar entre el 15 y 20% de humedad, medido en su parte media.		
Tamaño	***Destino***	***Diámetro Máximo***	***Largo Centímetros***
	Estufas de combustión	16 cms. aprox.	35 cms. aprox.
	Industrial	20 cms. aprox.	A pedido de la industria
Adicionantes	Deberá estar exenta de maderas tratadas con productos químicos o restos de pintura, barniz o preservantes.		

Fuente: Concha 2003

Leña

Por leña se entiende la madera en bruto de troncos, ramas, y otras partes de árboles y arbustos que se utilizan como combustible para cocinar, así como para fines de calefacción y generación de energía, mediante la combustión directa, no sólo en los hogares, sino también en las industrias. La definición incluye la madera destinada a la producción de carbón vegetal y los residuos agrícolas leñosos.
Fuente: FAO, 1981. Mapa de la situación en materia de leña en los países en desarrollo.

Secado de la Leña

Para lograr un adecuado secado de la leña es preferible cortar los árboles en invierno. Se requiere trozar y picar de inmediato y el acopio debe hacerse encastillado, en sectores altos y con buena circulación de aire, cubriendo con plástico la parte superior del arrumado.

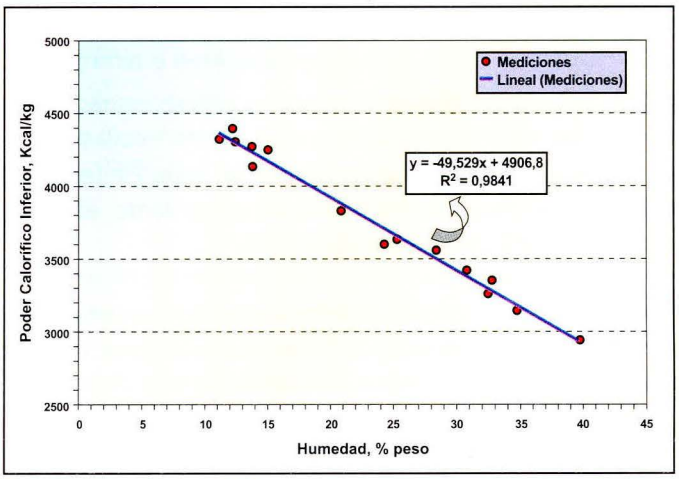
Medidas de la Comercialización de la Leña

La leña se mide de diferentes formas en todo lo largo de Chile. En Puerto Montt, Puerto Varas y en Temuco - por ejemplo - la medida es en metros; y en Concepción, en astillas. En este texto se ocupan dos medidas: metro cúbico (m^3) y toneladas. La primera se utiliza en el ámbito forestal y para fines de cálculos energéticos se transforma en toneladas.

La relación promedio de m^3 a tonelada es de 1m• es igual a 0,7 toneladas.

Usar leña seca en equipos adecuadamente diseñados para lograr una combustión eficiente, permite reducir a la mitad su consumo y es la base de una combustión limpia.

Gráfico Nº7
Relación entre Contenido de Humedad y Poder Calorífico de la Leña



Fuente: Oscar Farias, 2002

La Biomasa Madera

La madera está compuesta en su gran mayoría por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), además de elementos minerales y nitrógeno (N). Estos forman en un 75% polysacarina (dos tercios celulosa, un tercio hemicelulosa) y en un 25% lignina. Esto constituye un sistema de células y capilares típicos de la madera y único entre las distintas especies arbóricas. En los capilares se transporta el agua.

Tabla Nº7
Composición Química de la Madera

C	H	O	N	S	Cenizas
50.5	6.0	42.4	0.2	0.05	1.0

Fuente: Alarcón, 2003

En un corte radial se pueden distinguir los anillos que corresponden al crecimiento de cada año y si se trata de madera más madura (de grandes diámetros) de un cambio del contenido de humedad. El agua se transporta sólo en la parte más externa (últimos años), formando la albura. En la parte central se almacenan substancias minerales y gomosas, que cierran las células y que en muchos casos ocasionan cambios de color, formando el duramen por lo general muy estético.

Tecnología de Combustión

El segundo componente que ha contribuido a la ineficiencia energética en el uso de leña, es la utilización de equipos tecnológicamente obsoletos. En el sur de Chile se ocupa frecuentemente la cocina a leña, para cocinar y calefaccionar. La tecnología más obsoleta es la de la salamandra, que por su bajo precio continua siendo usada por los estratos bajos.

Regla de las 3 T's

Los especialistas en combustión resumen las condiciones que se deben conjugar en una estufa o caldera para garantizar una combustión completa, en 3 T's: **T**emperatura, **T**iempo y **T**urbulencia. Es así como la temperatura óptima para quemar los gases volátiles en la etapa de postcombustión debe estar entre los 800 a 1000°C; debe también darse la condición de un tiempo mínimo de residencia de los gases de combustión y una buena turbulencia o mezcla del oxígeno con estos gases (para que se produzca el quemado de la materia volátil).

Tecnología actual disponible

Los artefactos de uso domiciliario más utilizados en el sur de Chile y disponibles en el mercado son:

- Chimeneas: Su rendimiento es muy bajo, cercano al 15%, con una significativa tasa de emisión de partículas contaminantes.
- Salamandras: Su rendimiento es cercano al 35%, por lo que presenta una significativa tasa de emisión de partículas.
- Combustión lenta (estufa simple): Su rendimiento es de un 62%; si bien reduce la tasa de MP10 su aporte es considerado alto, cercano a 40 g/h.
- Combustión lenta con doble cámara: Su rendimiento está entre un 65–70%, pudiendo lograrse tasas de MP10 del orden de 4,5 g/h.
- Cocina: su rendimiento es cercano al 35%.

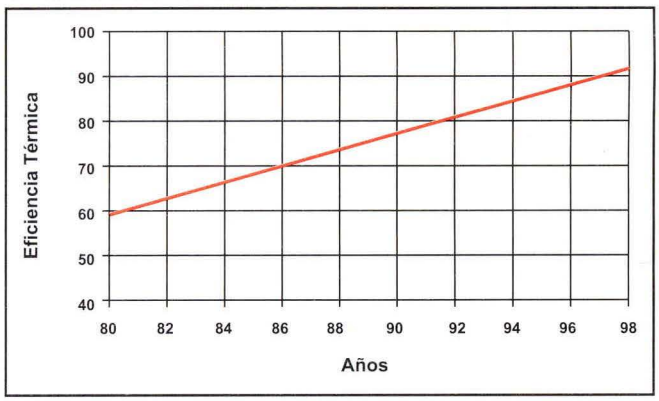
Se entenderá por: a) rendimiento (%): al cuociente entre la potencia útil y el consumo térmico del artefacto. b) potencial útil: cantidad de calor producida por unidad de tiempo aprovechada para el uso al que está destinado el artefacto se expresa en Kcal/hr. c) consumo térmico: cantidad de energía consumida por el artefacto por unidad de tiempo, el cual se estima como el producto entre la masa de leña consumida por el artefacto por unidad de tiempo y su poder calorífico(Kcal/hr).
(CNE,1985; CONAMA, 2003)

Potencial de Mejoramiento de Equipos de Combustión de Leña

Las exigencias internacionales han promovido el mejoramiento de las estufas a leña, logrando resultados comparables con el desarrollo tecnológico de artefactos que ocupan otros combustibles, como petróleo y gas. Un ejemplo de este avance se puede apreciar en los ensayos de certificación de calefactores para leña realizados en Austria.

El gráfico N°8 representa la variación de la eficiencia térmica durante los últimos 20 años. Se observa en ella que ha aumentado aproximadamente de un 60 a casi un 90%.

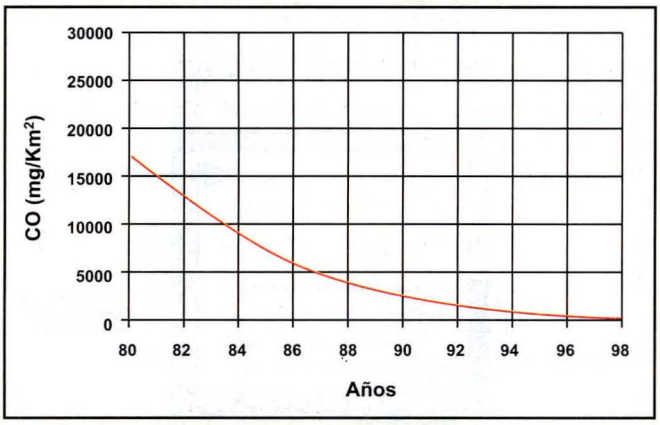
Gráfico N°8
Eficiencia térmica de calefactores a leña durante los últimos 20 años



Fuente: EVA, DLT Wieselburg, 1990

Junto al incremento de la eficiencia se logró una reducción importante en la emisión de CO, el cual es un buen indicador de la calidad de la combustión (gráfico N°9); todas las estufas ensayadas presentan índices menores a 200 mg/Nm^3 de CO.

Gráfico N°9
Emisiones de CO en calefactores a leña durante los últimos 20 años



Fuente: EVA, DLT Wieselburg, 1990

Las estufas de combustión a leña utilizadas en el país para la calefacción domiciliaria presentan un gran potencial de mejoramiento respecto a su eficiencia, reducción de emisiones, confort y seguridad. Se estima que el potencial de reducción de emisiones, que se traduce en una mayor eficiencia del equipo, es de un factor de 2 a 10 (CONAMA, 2003).

Con respecto al diseño actual de los calefactores de doble cámara, se advierte que este no garantiza el quemado eficiente de los gases de combustión, debido a que el lugar y las dimensiones donde se produce la post-combustión corresponden a la misma cámara de quemado. Su diseño incluye una entrada de aire secundario, el cual es precalentado en un dispositivo auxiliar e inyectado a la cámara de quemado, mezclándose con los gases de combustión y produciendo el quemado de la materia volátil. Una estufa mejorada debería separar la cámara de quemado de la zona de mezcla.

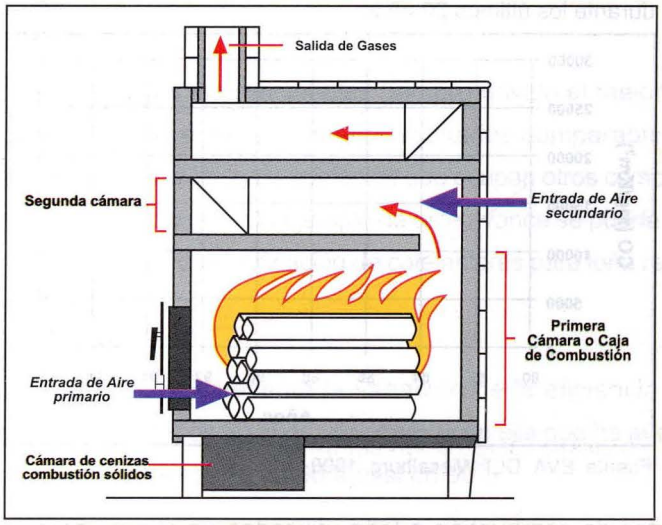
Fabricantes

Se han registrado cerca de 45 fabricantes a nivel nacional, la mayoría microempresarios o artesanos dedicados a actividades de hojalatería o fierros y que desarrollan una línea de producción muy baja de calefactores a leña.

Entre ellos seis presentan un nivel de producción importante, la que distribuyen en toda la zona centro y sur del país. Las diferencias entre los fabricantes se refleja principalmente en la información que se entrega al adquirir un equipo y en los canales de venta donde son comercializados.
La mayoría se concentra en las regiones IX y X.

(CONAMA)

Figura N°4
Proceso de Combustión de Leña en una Estufa de Doble Cámara



Fuente: Nussbaumer; 2003

De esta forma las mejoras básicamente se pueden resumir en: separar la gasificación de la leña de la combustión de los gases; la zona de mezcla con inyección de aire secundario; lograr un tamaño adecuado de la cámara de combustión para garantizar altas temperaturas; rediseñar y modificar la forma actual en que se extrae el calor y aislar los cañones de chimeneas sin pérdidas de calor a las habitaciones.

La tradicional cocina a leña, por su parte, presenta problemas análogos a los de las estufas. Sin embargo, el potencial de mejoramiento de estos artefactos es mínimo, por la baja posibilidad de modificar las dimensiones de la cámara de combustión o de generar condiciones para cumplir con las 3T's. La cámara de quemado de estos artefactos es generalmente muy pequeña y el fuego está en contacto directo con la placa superior donde se realiza la cocción de los alimentos. Este diseño no permite lograr altas temperaturas, ni el tiempo suficiente para quemar todos los gases de combustión en el hogar.

Pellets y Chips

El pellets es un compactado de aserrín, paja u otros desechos de biomasa molida, de tamaño muy pequeño (30 a 45 mm), con un contenido de humedad menor al 10%. Esta opción presenta ventajas por sus bajas emisiones, comodidad para los usuarios y por la utilización de desechos forestales y agrícolas para su elaboración.

Los equipos a combustión de pellets automatizan el proceso de alimentación y de combustión, y permiten controlar el ingreso de combustible según la temperatura deseada por el usuario. Los calefactores a pellets transfieren calor principalmente por convección. La tecnología se puede implementar en artefactos de uso domiciliario, calefacción central y calderas.

Los chips son pedazos de biomasa, frecuentemente de madera, que se producen al astillar ramas, trozos de madera y otros desechos forestales, agrícolas o del jardín. Este biocombustible requiere de equipos de combustión y espacio de almacenamiento más grande.

Se utiliza en plantas descentralizadas, con un rendimiento sobre 50 kW. También son usados frecuentemente en procesos industriales. Presenta como ventaja que en su elaboración se pueden ocupar desechos forestales o residenciales, que causan muchos problemas en los vertederos y que además son económicos.

En ambos casos, pellets y chips, se trata de tecnologías muy modernas, con una eficiencia superior al 90% y una contaminación mínima comparable con el de gas natural. El funcionamiento de sus equipos es automático y controlado por sondas que miden la relación entre los gases y el aire secundario, para optimizar el proceso de combustión.

Gasificación de la Madera

Otra opción es la gasificación de la madera, sistema que ha sido introducido en países en vías de desarrollo como la India, presentando un potencial de mejoramiento en cuanto a eficiencia y reducción de emisiones.

Estufas Catalíticas

Estos artefactos utilizan un catalizador de la combustión que opera con el mismo principio de los convertidores catalíticos de los vehículos. El catalizador es una sustancia que acelera la reacción que no se ha producido en el proceso de la combustión. Este catalizador se instala en el ducto de evacuación de los gases y permite reducir las emisiones hasta en un 90%. Sin embargo, el catalizador se deteriora con el tiempo de uso y debe ser reemplazado, ya que de lo contrario se origina mayor cantidad de emisiones que en una estufa convencional.

Normativa Nacional respecto al Uso de Artefactos de Combustión a Leña

En la actualidad en nuestro país no existe normativa ni institucionalidad que establezca condiciones para la instalación, seguridad y operación de los artefactos de combustión a leña de uso domiciliario o comercial.

La importancia de este tema requiere que se evalúe una propuesta de normativa que considere: definiciones y clasificación de los artefactos, descripción del diseño, de los materiales de construcción y funcionamiento, mantenimiento, operación, seguridad, rotulado e instrucciones (placa y manuales para el usuario), suministro de aire y evacuación de gases de combustión, entre otros. Adicionalmente, una norma de emisiones debería contener los valores o límites de emisión, señalar el método y los procedimientos que se utilizaran para medir, el área geográfica al cual está orientada la norma, entre otros aspectos.

Sin embargo todavía no están disponibles en el mercado nacional y son demasiado caros para considerarlos alternativas implementables en la actualidad. En todo caso, su utilización se visualiza viable para usos industriales, la calefacción de edificios y en plantas descentralizadas.

Usuario Informado

Junto a la combustión de leña de calidad en equipos tecnológicamente adecuados, se presenta un tercer elemento que incide en la producción eficiente de dendroenergía: la actitud del usuario del combustible y de artefactos de combustión.

Quienes finalmente utilizan la leña y los equipos en los cuales ésta es quemada son consumidores que tradicionalmente han realizado la operación de combustión de manera casi mecánica, desconociendo los efectos negativos o positivos que acarrea el uso de la biomasa con determinadas características; así como de las tecnologías empleadas en el proceso de combustión. De allí que es fundamental implementar una política educacional que fomente conductas ambientalmente responsables por parte de los usuarios finales de la dendroenergía, que contenga información acerca de los beneficios ambientales y económicos que genera el uso de leña seca y de equipos adecuados de combustión, así como de las acciones que se deben considerar en el proceso de quemado de este combustible.

Para esto es necesario facilitar el acceso de información a los usuarios en cuanto a las características que posee la leña seca para que pueda reconocerla, la época de compra y los resguardos que debe tener en su almacenamiento. En cuanto a los equipos de combustión, es importante que al momento de elegir sus artefactos conozca las características que estos poseen referidos a su eficiencia y rendimiento en la producción de calor y su participación en las emisiones de contaminantes. Se requiere como medida mínima, que los fabricantes entreguen al consumidor información al respecto y que este la solicite.

Durante el proceso de combustión el usuario cumple un rol fundamental para optimizar el proceso y lograr mayor eficiencia. Se ha detectado que existe una variación significativa de las tasas emitidas de contaminantes, dependiendo de la forma de cómo se manipula una estufa a leña. Al respecto, una publicación de origen australiano (Woodheater Emissions Management Program for the Tamar Valley-Scoping Study. Atech Group Pty Ltd.–Environment Australia). señala que las prácticas de operación influyen en los factores de emisión, y que estas pueden reducirse operando adecuadamente los equipos hasta en un 50%.

Tabla N°8
Categoría de Calefactor y Tipo de Conducta de Uso

Categoría de Calefactor y Tipo de Conducta de Uso	Factores de Emisión (g/kg)
Calefactor utilizado inadecuadamente y con leña muy húmeda	30
Modelo antiguo de calefactor operado por un usuario desinformado	15
Modelo antiguo de calefactor operado cuidadosamente	7
Calefactor aprobado AS4013, operado por un usuario desinformado	7
Calefactor aprobado AS4013, usado cuidadosamente por un usuario informado	3,5
El mejor calefactor usado de la mejor manera posible	1,5

Fuente: CONAMA, IX Región; 2003

La capacitación de la comunidad acerca de su rol en el proceso de obtención de energía, debiera tener como base el fomento de la eficiencia energética. Desde esta perspectiva la información a la que tengan acceso los usuarios debe considerar también el importante papel que juega la aislación térmica de las construcciones, para lograr mayor eficiencia energética.

Formalizar el Mercado

El mercado de la leña presenta un alto grado de informalidad, operando en él muy pocos productores o intermediarios establecidos formalmente como empresas. Por esta razón en este mercado no se pagan impuestos o permisos municipales, ni cotizaciones previsionales o de salud. Ello hace que los precios actuales del producto no reflejen todos los costos involucrados en su producción.

En Temuco y Padre de las Casas, por ejemplo, existen alrededor de 150 empresas dedicadas a la comercialización de leña, pertenecientes a las llamadas PYME, y que están compartiendo un mercado de un monto de 7 millones de $US. Estas empresas absorben una cantidad importante de mano de obra permanente. Desde el año 2003 se desarrolló un programa de formalización del mercado y de las empresas, con participación de municipios locales y servicios públicos, por medio del cual cerca de 100 empresas se encuentran en proceso de formalización.

EL MERCADO DE LA LEÑA

Mercado Local y Empleo

La leña es un producto forestal de origen nacional y que casi siempre se produce en la misma región o provincia donde se utiliza como combustible.

Su mercado es el único mercado energético que se puede catalogar como de "competencia perfecta", debido a poseer gran número de oferentes y demandantes, y porque prácticamente no presenta barreras de entrada para nuevos oferentes (Kausel, 2001).

Presenta además la diferencia, con respecto a otros combustibles, que su producción y comercialización no está en manos de unas pocas empresas. Además, su comercio involucra un número considerable de puestos de trabajo, tanto directos como indirectos, calculándose que sólo en la IX Región emplea a más de seis mil personas (Lobos, 2000).

Su efecto sobre la generación de ingresos tiene creciente importancia local y regional, ya que este energético no sólo se produce y comercializa localmente, sino que muchos de los artefactos y equipos requeridos para su combustión son fabricados también localmente.

La Energía más económica

Por motivos de tradición y costo la mayoría de las familias de bajos ingresos en el sur del país ocupan la leña como principal combustible para calefaccionar y cocinar. Además, para un segmento importante de población rural el costo monetario para utilizarla es cero, ya que puede extraerla de su propiedad o recolectarla en espacios públicos o comunitarios.

La leña es lejos el combustible más barato disponible en la zona sur del país. Así lo indican los resultados obtenidos, en un análisis comparativo de los costos de producción de la misma cantidad de energía neta obtenida con leña y con otros combustibles.

Tabla N°9
Comparación de Costos de Producción de Energía Calórica con Distintos Combustibles

	PETRÓLEO 2-D	GAS LICUADO	ELECTRICIDAD	LEÑA
Unidad	lt	kg.	kw-hora	m^3
Poder Calorífico Superior	9.156 kcal/lt	12.100 kcal/kg	860 kcal/kw-h	1.930.500 kcal/ m3
Rendimiento de Transformación	90%	92%	100%	65%
Costo/Unidad	$277	$450	$54	$10.000
Unidades por Gigacaloría neta	121,35 lt	89,83 kg.	1.162,79 kw-h	0,80 m3
Costo por Gigacaloría neta	**$33.614**	**$40.424**	**$62.791**	**$8.000**

Fuente: Teodoro Kausel, 2001

Las cifras indican que el costo del petróleo diesel guarda una relación de 4,2 veces con el de la leña, el gas licuado 5,1 y la electricidad 7,8.

Los factores que determinan los costos son: costo unitario del combustible utilizado (puesto en el lugar de uso), poder calorífico del combustible y eficiencia térmica en la transformación del contenido calórico en calor útil.

Para realizar la comparación se estimó el costo de producir una cantidad dada de calor útil o energía neta (1.000.000 kilocalorías-netas o 1 gigacaloría-neta) con los diferentes combustibles. Para el caso de la leña se asumió la utilización de ulmo con un 30% de humedad y de una caldera como artefacto para la conversión. Los precios utilizados corresponden a junio de 2001 en la X Región. Cabe señalar que el cálculo no considera las pérdidas extremas por el inadecuado aislamiento de prácticamente todas las viviendas del sur del país, principalmente por la falta de vidrios termopaneles.

Asimismo, un cálculo realizado por CONAMA IX región estima que la obtención de la misma cantidad de energía con gas licuado respecto a la leña, implicaría un gasto de casi 10 veces más.

Tabla N°10
Precio y Poder Calorífico de los Distintos Combustibles

Combustible	Unidad	Precio	Poder Calorífico (kcal)	Precio por mil kcal
Leña	Kg	$14,21	3.231	$4,40
Gas natural	M^3	$269	9.300	$28,92
Gas licuado a granel	Lt	$251	6.138	$40,89
Gas licuado en cilindro	Kg	$461	12.013	$38,38
Gas licuado por red	M^3	$1.056	22.380	$47,18
Kerosene	Lt	$260	10.545	$24,66

Fuente: CONAMA IX Región; 2003

Se deduce de esta comparación que la leña es lejos el combustible más barato disponible en la zona sur del país. Ello explica que se utilice por una proporción tan significativa de la población.

Bosque Nativo
La mayor parte del bosque nativo se encuentra entre las regiones IX y XII; ubicado, principalmente, en la Cordillera de la Costa y de los Andes. Según sus diferentes estados de desarrollo se clasifica como señala la siguiente tabla:

Tabla N°11
Superficie de Bosque Nativo Chileno

Estado de Desarrollo	Millones ha
Bosque Adulto	5.98
Renoval y Renoval Adulto	4.45
Bosque Achaparrado	3.00

Fuente: Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. CONAF / CONAMA / BIRF; 1999

PRODUCCIÓN FORESTAL Y LEÑA

Recurso forestal

En su mayoría, la leña en Chile proviene del bosque nativo. En el país existen 15,6 millones de hectáreas cubiertas de bosque, es decir, un 20,7% del territorio nacional; de los cuales 13,4 millones corresponden a bosque nativo y alrededor de 2,2 millones a plantaciones de Pino radiata y Eucaliptus. El 28,9% del bosque nativo está protegido en reservas y parques nacionales (Catastro Forestal, 1997). La mayor productividad de este recurso se encuentra en los renovales; bosques jóvenes, que abarcan alrededor de 4.45 millones de hectáreas. Un factor importante para el futuro es que exista un manejo adecuado de estos bosques potencialmente productivos. La mayoría de los bosques nativos se encuentra, después de décadas de mal manejo y sobreexplotación, en estado de degradación, requiriendo de inversión para enriquecerlos y lograr su valorización en los mercados para garantizar ingresos a sus propietarios.

Planificación y Ordenación de las Intervenciones en los Bosques

Para lograr lo anterior existe una herramienta denominada "ordenación forestal". Esta contempla la elaboración de un inventario del patrimonio existente para diferenciar los estados de desarrollo de los bosques (jóvenes, renovales y adultos) y mediciones de la masa boscosa por hectárea y el incremento estimado.

El incremento es la biomasa total que crece cada año un organismo vivo, como la planta. El total por hectárea es de gran importancia para calcular las posibles tasas de extracción en un ecosistema aprovechado, sea de manera agrícola, ganadero o forestal. El incremento es muy variable, por encontrarse relacionado con diversos factores como el tipo de suelo, clima, tratamiento de extracción, estado de la vegetación existente, etc. En general, los incrementos para los bosques nativos se calculan cuidadosamente, entre 6 a 10 m• por hectárea al año (Lara, et.al. 2000).

Manejo Forestal Sustentable

El manejo forestal es una actividad económica que tiene como meta la conservación y el mejoramiento del recurso bosque, para lograr la producción de grandes cantidades de madera de alto valor; es decir, madera aserrable y debobinable de árboles de grandes dimensiones y diámetros.

En el camino de la formación de estos bosques deben realizarse una serie de intervenciones (raleos), en las cuales sólo se cortan árboles de mala calidad o aquellos que compiten con los seleccionados, para que los mejores "engorden" y lleguen al final de la cosecha. En la mayoría de los raleos se obtienen productos inferiores en calidad y precio, como leña o metro ruma, que requieren un mercado. Así la leña marca la diferencia entre un bosque de alto valor y un bosque sin valor comercial.

Del Proceso de Montreal, al que Chile está adscrito, se desprende que el manejo sustentable del bosque nativo debe basarse en tres criterios fundamentales: el enfoque predial, el equilibrio de producción y la producción de maderas de valor; con los cuales los efectos de sustentabilidad reclamados por la sociedad aparecen como el resultado natural del quehacer económico y empresarial.

El enfoque predial permite al propietario (y por consiguiente a sus empleados) garantizar su estabilidad económica y centrar los esfuerzos a largo plazo, con el fin de asegurar la productividad de zonas que generan pérdidas en el mediano y corto plazo, contemplando también el cuidado de sectores que requieren de una atención especial para asegurar su producción para las generaciones futuras.

Cuando se habla de equilibrio de producción se entiende con ello que los bosques de un predio deben poseer todos los estados de desarrollo, obteniendo así una mayor diversidad y un importante número de nichos para la flora y fauna, además de generar diversos estados de protección del recurso.

El tercer criterio, referido a la producción de valor, junto con asociar la obligada diversificación a la que debe enfrentarse el propietario forestal, debe también lograr la mejor adaptación del recurso al sitio, obteniendo de él su máximo potencial y alta vigorosidad

Proceso de Montreal y Desarrollo Sustentable

En el Protocolo de Montreal (1987) se define desarrollo sustentable como el "desarrollo que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades". En la Conferencia Cumbre de la Tierra de Río (1992), se introduce el tema del desarrollo sustentable como elemento central para conservar el planeta. La Declaración de Río enuncia: los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sustentable, tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.

Esta cumbre también genera un convenio sobre biodiversidad; una declaración sobre el manejo, la conservación y el desarrollo sustentable de los bosques; y una convención marco sobre el cambio climático.

En junio de 1994 se inicia en Ginebra el Proceso de Montreal, integrado por diez países (Australia, Canadá, Chile, China, Estados Unidos, la Federación Rusa, Japón, México, Nueva Zelanda y la República de Corea). En 1995, en conjunto con Argentina y Uruguay, firman una declaración en Santiago de Chile, para la conservación y ordenación de los bosques templados y boreales, bajo el concepto de sustentabilidad.

Criterios para el Manejo Sustentable de la Declaración de Santiago

Los criterios para el manejo sustentable de los bosques templados y boreales de la Declaración de Santiago son:

- Conservación de la diversidad biológica.
- Capacidad productiva de los ecosistemas forestales.
- Sanidad y vitalidad del ecosistema forestal.
- Conservación de suelo y agua.
- Contribución al ciclo global del carbono.
- Beneficio socioeconómico.
- Marco legal, institucional y económico.

Proyecto Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo (CMSBN)

El Proyecto Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo es una de las primeras iniciativas que operan en Chile para salir de la situación de degradación en la que se encuentra el bosque nativo y aplicar en él un manejo sustentable. La iniciativa trabaja desde hace 10 años con propietarios que poseen en promedio predios de 50 hectáreas con partes importantes de bosque. A través de un trabajo participativo entre forestales de la CONAF y familias campesinas se realizan actividades como:

- Elaboración de planes de ordenación, como base de un manejo sustentable en cada predio.
- Ayudar a los propietarios, a través de incentivos, a reforestar sus bosques degradados y a manejar renovales para mejorar la calidad de los bosques.
- Ayudar a los pequeños campesinos en la comercialización de sus productos madereros y no madereros.

Las actividades se realizan en forma de capacitaciones para difundir aspectos de manejo sustentable, con la finalidad de cambiar conductas: para que los propietarios consideren sus bosques no sólo como algo a explotar sino más que nada como un recurso que se debe cuidar y manejar sustentablemente, para obtener madera hoy día y en el futuro.

para tener una efectiva resistencia al ataque de los diversos agentes de daño, con el fin de asegurar su recurso en el tiempo.

La intervención sustentable de los bosques tiene una secuencia lógica. Primero es importante investigar los métodos silvícolas de manejo que sean capaces de conjugar los aspectos de cuidado ambiental, producción permanente y asegurar el continuo valor del recurso. En la segunda etapa se debe monitorear y evaluar la correcta aplicación de estos criterios. Esta secuencia concluye con el control, en base a la legislación vigente, del desarrollo de los procesos en concordancia con los parámetros legales.

Bosque y Leña

En Chile se intervienen aproximadamente 6 millones de hectáreas de bosque nativo para la producción de leña (Catastro Forestal, 1997), lo que significa que anualmente se extraen unos 2 m• por hectárea.

Según una estimación cuidadosa y conservadora, los bosques presentan un potencial de crecimiento promedio de 8 m• (PCMSBN, 2000). Esto indica que la extracción anual se encuentra muy por debajo del potencial de crecimiento del bosque nativo y por ende, teóricamente, que la producción de leña no representa una amenaza de sobreexplotación, siempre y cuando provenga de un manejo forestal sustentable.

Además, la mayoría de los recursos disponibles son renovales en distintos estados de desarrollo o bosques degradados, que requieren para su mejoramiento, aplicar un manejo forestal sustentable. En los raleos se obtiene, en un 90%, árboles que por su baja calidad sólo se pueden utilizar como leña, metro ruma o carbón, y cuya extracción es importante para elevar la calidad y el valor del bosque remanente.

La extensa superficie de renovales productivos de bosque nativo permite asegurar la producción de leña en el tiempo, siempre y cuando se apliquen los conceptos del manejo sustentable.

CONCLUSIONES

El uso de la dendroenergía es importante para Chile. Actualmente el país consume 12 millones de m3 de madera para producir leña y esto con una tendencia creciente. Su participación en la balanza energética nacional es de un 17%.

Ineficiencia

Sin embargo, su combustión es extremadamente ineficiente. Esto origina dos fenómenos:

1. La sobreexplotación de los bosques nativos cercanos a los centros urbanos del sur, debido a la alta demanda del combustible-leña.
2. En los meses invernales contribuye a provocar una fuerte contaminación en las ciudades del sur del país.

La contaminación se diferencia en local y global.

La contaminación local es causada, entre otras fuentes, por el uso ineficiente de la leña en el sector residencial. Tres factores intervienen aquí: **la mala calidad de este biocombustible, el empleo de tecnología obsoleta, un usuario desinformado acerca de la manipulación adecuada de la leña y los artefactos de combustión**.

La contaminación global tiene que ver con la emisión de CO_2 resultante de procesos de combustión de energías fósiles y de biomasa, que causa el efecto invernadero. Mientras las energías fósiles aumentan el nivel de CO_2 , la biomasa que proviene de un manejo sustentable no lo hace, su efecto es neutro.

Eficiencia

El uso eficiente de energía debiera ser la preocupación más importante de toda la sociedad, tratando siempre de utilizar el mínimo de energía para lograr un fin específico. En este marco es de gran relevancia mejorar significativamente la aislación de las casas del sur, para ahorrar energía. Igual prioridad tiene su producción eficiente, que depende de la calidad del combustible, la tecnología utilizada y la existencia de un manipulador (consumidor) informado.

La leña se usa masivamente en el sector residencial, donde existen cuatro aspectos importantes:

1. Mejorar la calidad de la leña, especialmente en el contenido de humedad, como también en sus medidas y la formalización de su mercado.
2. Invertir en el mejoramiento y el cambio de los equipos de combustión utilizados e introducir tecnología de punta.
3. Informar y educar al consumidor que manipula los artefactos, decide sobre la calidad del combustible, la inversión en tecnología y el aislamiento de su casa.
4. Preocuparse de la producción sustentable de la biomasa. Encadenar el origen y el consumo de la leña, bajo el concepto de la producción limpia.

Conseguir que se cumplan estas cuatro condiciones mejoraría significativamente la producción sustentable, y permitiría el uso eficiente de la dendroenergía y la biomasa, logrando efectos sinérgicos en:

- La economía local y nacional.
- La descontaminación del aire, local y global.
- La valorización de los productos del bosque nativo y la producción limpia.

La economía chilena requiere un concepto energético renovable, dentro del cual la tecnología de combustión de biomasa se ofrece como una opción moderna, fácil de implementar y viable para Chile.

Ventajas y Desventajas de la leña como combustible

Ventajas	Desventajas
- Renovable, utilización no limitada en el tiempo, siempre y cuando su origen sea de un manejo sustentable del bosque. - Neutral CO_2, si su producción es sustentable. - Beneficios económicos locales. - Energía descentralizada respecto a la dependencia de combustibles fósiles. - La leña es una fuente de energía	- Incrementa la contaminación local, necesidad de investigación y desarrollo de tecnologías eficientes.

Fuente: VERENUM Nussbaumer 2003

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung Landwirtschaft und Forsten e.V, (1999) **Energie aus Holz**. Bonn

Binkley, C. et al. "Carbon sink by the forest sector-options and needs for implementation" in **Forest Policy and Economics** 4 (2002) 65 - 75

BMVEL: http://www.bmvel-forochung.de

Burschel, H., Hernández, A. & Lobos, M. (2003) **Leña: Una Fuente Energética Renovable para Chile.** Editorial Universitaria. Santiago de Chile.

Burschel, H. & Lobos, M. (2001) "Leña, una tradición con obstáculos y futuro" en **Chile Forestal**, N°286. CONAF. Santiago de Chile.

Campos, J (1992)" Incentivo a la eficiencia térmica habitacional en la comuna de La Florida" en **Ambiente y Desarrollo**, Julio 1992. Santiago de Chile.

CNE (2003) Exposición de Juan Antonio Ruíz en el Seminario Internacional "Uso Sustentable de la Leña, Experiencias Locales y Superación de Barreras", realizado en Temuco el 10 de septiembre de 2003.

CNE (2001) **Balance de Energía**. Santiago de Chile

CNE (1999) **El Sector Hidrocarburos en Chile**. Santiago de Chile.

CNE (1985) **Eficiencia de Artefactos Domésticos para Cocinar, Calentar Agua y Calefaccionar**. Santiago de Chile.

CONAF - CONAMA - BIRF (1999) **Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile**. Santiago de Chile.

CONAMA: http://www.conama.cl

CONAMA IX Región (2003) **Calidad del Aire en Temuco y Padre Las Casas. Resumen Periodo 1998 – 2002**. Temuco.

Deutscher Bundestag, Enquete- Kommission (1988) **Schutz der Erdatmosphäre.** Bonn

FAO (2003) http://www.fao.org

Haumer, T. (2003) **Forstwirtschaft nach Kyoto**. Universität Witten/Herdecke.

IEA (2002), http//:www.iea.org

INFOR (2003), http//www.infor.cl

Kausel, Teodoro (2001) Exposición "Aspectos Económicos de la Leña", en los seminarios "Uso de Leña y Contaminación" & "Uso de Leña y Descontaminación", efectuados en Temuco el 5 de julio y el 14 de noviembre, respectivamente.

Lara, A.; Echeverría, C.& Donoso, C. (2000) Guía de Ensayos Silviculturales Permanentes en los Bosques Nativos de Chile. World Wildlife Fund, Instituto de Silvicultura de la Universidad de Chile. LOM Eiciones. Santiago de Chile.

Lara, A.;Sandoval, V; Prado, C.; Cruz, G; Martínez, I. & Añazco, P. (1995) **Determinación de Stocks de Bosque Nativo.** Proyecto Banco Central-Universidad Austral de Chile.

Nussbaumer, T. (2003) Exposición en el Seminario Internacional "Uso Sustentable de la Leña, Experiencias Locales y Superación de Barreras", realizado en Temuco el 10 de septiembre de 2003.

Nussbaumer (2002) "Combustión and Co-Combustion of Biomass" en 12th European Conference and Technology Exihibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 17-21 June 2002, Ámsterdam.

PCMSBN (2000) Documentos del Proyecto Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo (CONAF – DED – GTZ – KfW)

PNUD, MIDEPLAN (2000) **Desarrollo Humano en las Comunas de Chile.**

U. Chile; CONAMA & PNUMA (2000) **Informe País. Estado del Medio Ambiente en Chile – 1999**. LOM Ediciones Santiago de Chile. 141-145
Verenum (2003)

World Energy Council http://www.worldenergy.org

Edición:
Heinrich Burschel
Jaime Concha
Miriam Díaz

Investigación:
Miriam Díaz

Diseño:
Rodrigo Díaz

Autores:
Heinrich Burschel
Jaime Concha
Carmen Gloria Contreras
Rocío Toro

Colaboradores:
Pedro Serrano
Nelson Alarcón
Theodoro Kausel
Jörg Witte

Financiado por:
DED
CONAMA
CONAF

Financiado por:

GOBIERNO DE CHILE
COMISION NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE
CONAMA

CORPORACION
NACIONAL FORESTAL
CONAF

ded