

## Determinación de la eficiencia de la cocción con leña en las veredas de Usme, Bogotá

### Determining cook efficiency using wood as fuel in rural area of Usme, Bogotá

Fabio-Emiro Sierra-Vargas<sup>I</sup>, Carlos-Alberto Guerrero-Fajardo<sup>I</sup>, Fabiola Mejía-Barragán<sup>II</sup>

I. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia

Correo electrónico: [fesierrav@unal.edu.co](mailto:fesierrav@unal.edu.co)

II. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. Bogotá. Colombia

Recibido: 10 de noviembre de 2013

Aceptado: 18 de febrero de 2014

---

#### Resumen

La investigación buscó establecer las condiciones actuales de cocción con leña en la zona rural de Usme, localidad de la ciudad de Bogotá. Se realizó trabajo de campo para identificar las especies leñosas más usadas para cocción de alimentos, las cuales se caracterizaron para identificar su potencial energético, se aplicaron encuestas, para contar con la información socioeconómica de los pobladores y se realizó experimentación directa en algunas cocinas de la zona, determinándose la eficiencia de la cocción utilizando Eucalipto, Pino y retal de carpintería (madera recubierta con fórmica) como combustible. El estudio arrojó que en la actualidad muchas familias compran la leña, porque no tienen tiempo para recolectarla y por las distancias que deben recorrer. Las especies más utilizadas son Eucalipto, Pino y retal de carpintería entre ellos Fórmica, material no reportado como combustible para cocción doméstica en Colombia, y se determinó que las estufas tienen baja eficiencia energética.

**Palabras claves:** eficiencia de estufas, leña, Usme, cocinas rurales, combustibles sólidos.

#### Abstract

The research sought to establish the conditions of firewood cooking in the rural area of Usme - Bogota. Fieldwork was conducted to identify the cooking woody species, which were characterized and their energy potential identified; surveys were used to recollect socio-economic information of the population and direct experimentation was conducted for determining the efficiency of cooking. Woody species used for experimentation processes were: Eucalyptus, Pine and woodworking wastes, especially wood bend with Formica. The study found that today many families buy firewood, due to less time for collecting and distances they must walk. Actually, the most used cooking species are Eucalyptus, Pine and scrap of carpentry including Formica, the last one has not been reported as fuel for domestic cooking in Colombia yet, and finally it was determined that stoves have low energy efficiency.

**Key words:** stoves efficiency, firewood, Usme, rural stoves, solid fuels.

## Introducción

La cantidad y el tipo de combustibles existentes en una región, juegan un papel importante y determinante en lo referente a su uso. Debido al crecimiento de las áreas urbanas, el acceso a los combustibles primarios va disminuyendo lo que influye en la selección de los pobladores cercanos a la ciudad o de las zonas rurales de ésta; mientras los campesinos tratan de mantener su *status quo*. [1]

En el estudio realizado por Malyshev (2009), se reporta que en la actualidad hay aproximadamente 2600 millones de personas que usan leña, carbón o residuos agrícolas para suplir sus necesidades energéticas, para cocción y para calefacción, y de acuerdo con las proyecciones para 2030, ésta cifra ascenderá a 2700 millones de habitantes. Además, diversos autores reportan que hay más de 1600 millones de personas sin acceso a la energía eléctrica, lo que corresponde a un cuarto de la población mundial aproximadamente [2, 3]

El consumo de leña para cocción y las tecnologías de las cocinas está determinado por variables técnicas, económicas, ecosistémicas, sociales, culturales y ambientales y ha merecido gran cantidad de estudios, especialmente en los países en vías de desarrollo. Entre los estudios recientes cabe resaltar el de Nussbaumer, Brazilian y Modi en el 2012 [7], quienes analizan los efectos a nivel de calentamiento global, los estudios de Parikh, Jyoti (2011), Smith, *et al.* (2013) y Jerneck & Olson (2012) relacionados con la determinación de los efectos de la cocción con leña sobre la salud [4-6] el del *International Institute for Applied Systems Analysis* (2012) que se enfoca los impactos económicos y sociales del uso de la leña como combustible [7-9] los de Sjolie & Solberg, (2011), Legros y otros (2011) y Bond & Roden (2008), quienes tratan el tema de los efectos de la cocción con leña sobre el cambio climático [10, 11] los estudios de combustibles alternativos para cocción [12], el estudio de Li y otros (2009) y Yao y otros (2012), referentes al consumo de energía en zonas rurales [13, 14] lo que permite afirmar que el tema además de ser importante tiene muchas aristas, lo que lo hace complejo para su análisis y aún está vigente en la actualidad.

En el estudio realizado por Pinto (2004), en la vereda Carrizal del municipio de Sutamarchán, Departamento de Boyacá, Colombia, se identificó que el 73 % de las familias utilizaban leña como combustible para la cocción de alimentos; sin embargo, esto no incidía de manera notable en la deforestación de la zona, pues se detectó que el consumo se realizaba en equilibrio, contradiciendo lo establecido por el gobierno nacional en el documento CONPES 2834. La demanda proyectada por el autor, establecía que para el 2007 se consumirían entre 175,9 y 224,7 ton/año y para el 2022 se proyectaba un consumo de entre 252,6 y 371,3 ton/año. En términos de área, se requerirían entre 241,8 y 355,4 hectáreas para suplir la demanda proyectada para el 2012 [15].

Un estudio más reciente de Valderrama y Linares (2008), sobre el uso y manejo de la leña por campesinos de San José de Suaita en el departamento de Santander-Colombia, evaluaba su incidencia sobre la deforestación. El estudio demostró que los campesinos tenían buen conocimiento de la dinámica de regeneración de la vegetación, conocían bien las diversas taxonomías e identificaban cada especie y valoraban la calidad de su leña. Concluyó el estudio que la apropiación de la leña usada en las viviendas rurales era bajo y la frecuencia de recolección era diaria o máximo 2 días de por medio, y no necesariamente se hacía tumba sino se recolectaban las ramas y troncos secos en especial, prefiriendo aquellos de mejor calidad. El consumo estimado fue de 4.8 kg/día/persona, mayor a los reportados en otros estudios similares.

La leña es utilizada en la actualidad como combustible en las actividades domésticas de la zona rural de Usme, Bogotá, Colombia; esto obedece tanto a la forma tradicional de vida de sus pobladores, como a factores económicos y a la falta de acceso a otras fuentes de energía, que la convierten en la fuente energética más accesible.

Usme es la 5ª localidad de Bogotá; está ubicada al sur de la ciudad y tiene una población estimada de 294.580 habitantes, de los cuales aproximadamente 6500 se encuentran ubicados en la zona rural. No se cuenta con estadísticas definitivas sobre la cantidad de habitantes rurales en la localidad de Usme. En el censo de 2005 solo se contempla para la zona rural 10 familias, y 290 habitantes; en la Ulata de la localidad se tienen estimados 6.500 habitantes y en la actualidad se está realizando el levantamiento de la información, según el estudio del Fondo de desarrollo local y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, el total para 2005 era de 5.593 habitantes. Los estratos socio económicos predominantes son el 1 (41,75 %) y el 2 (35,5 %). La extensión territorial de Usme es de 21556 ha 13,2 % área total del D.C.; otros estudios reportan 22.439 Ha. Clasificadas 3.116 ha como suelo urbano y 19.323 Ha como suelo rural (9.601 Ha. ubicadas en áreas protegidas). De acuerdo con el estudio realizado conjuntamente entre la alcaldía mayor y el Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) de la Universidad Nacional en 2009, "...del total del área rural, 5.572 ha se usan en ganadería, 1.286 ha en agricultura, 3.215 ha son bosques y 11.253 ha pertenecen al páramo". Esto implica que aún no se tiene un dato consolidado para la zona, de las cuales 9.492 ha corresponden a zona rural. Las veredas que componen la zona rural son: Agualinda-

Chiguaza, Soches, El Uval, Chisacá, Margaritas, Arrayanes, Andes, Mercedes, Curubital, La Unión, El Hato, Destino, Olarte, Corinto, Requilina.

Las implicaciones sociales, ambientales y económicas de la cocción con leña han merecido amplios estudios, sobre todo en países en desarrollo, por ello, se considera que este estudio, en un sector que es ecosistema estratégico por su cercanía al páramo y por ser parte de la ciudad es necesario para identificar las implicaciones que esta actividad tiene y establecer posibles alternativas de mejora.

## Métodos y Materiales

La zona estudiada, pertenece a los ecosistemas de bosque de niebla, los cuales son estratégicos por su capacidad para almacenar el agua que capturan de la neblina y de las nubes. En esta zona, según los estudios de Mulligan y Burke (2005), se calcula la deforestación acumulada entre el 73 % y el 90 %, siendo el crecimiento poblacional la mayor amenaza, por el incremento en la demanda de los servicios provistos por los ecosistemas. Las especies leñosas en esta región pertenecen a vegetación de bosques de niebla y matorrales, como Arboloco (*Polymniappyrimalis*), Encenillo (*Weinmannia tomentosa*), Acacia (*Acacia decurrens*), Duraznillo (*Abatiaparviflora*) las cuales han sido desplazadas por el Eucalipto (*Eucalyptusgloobulus*), Pino (*Pinus resinosa*), o se consideran en peligro de extinción, entre otras causas porque las técnicas utilizadas generan procesos de combustión ineficientes.

La tabla 1 presenta la producción y consumo de leña para Colombia entre 1998 y 2009, de acuerdo con los datos de la FAO. El consumo calculado para 2007 fue de 124 kg/mes/hogar y el uso principal fue para cocción y calefacción, lo que coincide con las tendencias mundiales. Las zonas en las que más se usa son las zonas rurales, tal como lo demuestra el estudio presentado en la evaluación de ecosistemas del milenio, que lo evidencia así: “...el 22 % de los ingresos familiares de las comunidades rurales en regiones forestales proviene de fuentes que generalmente no se incluyen en las estadísticas nacionales, como la recolección de comida silvestre, leña, plantas medicinales y madera” [16]

**Tabla 1.** Producción y consumo de leña en Colombia.1998-2009

Año	Producción (Miles m <sup>3</sup> )	Consumo (Miles m <sup>3</sup> )
1998	16.712	16.712
2005	9.598	9.598
2007	8.469	8.469
2009	10.350	10.350

Fuente: Adaptado del informe de la FAO: Situación de los bosques del mundo 2001, 2005, 2007, 2009

El trabajo de campo implicó la aplicación de las encuestas diseñadas y la identificación recolección de los materiales leñosos más usados.

Se diseñó una encuesta para establecer tres variables fundamentalmente:

- 1- Las condiciones socioeconómicas de la población.
- 2- El uso de combustibles para la cocción de alimentos, específicamente el empleo de la leña.
- 3- Aspectos culturales de percepción de la leña.

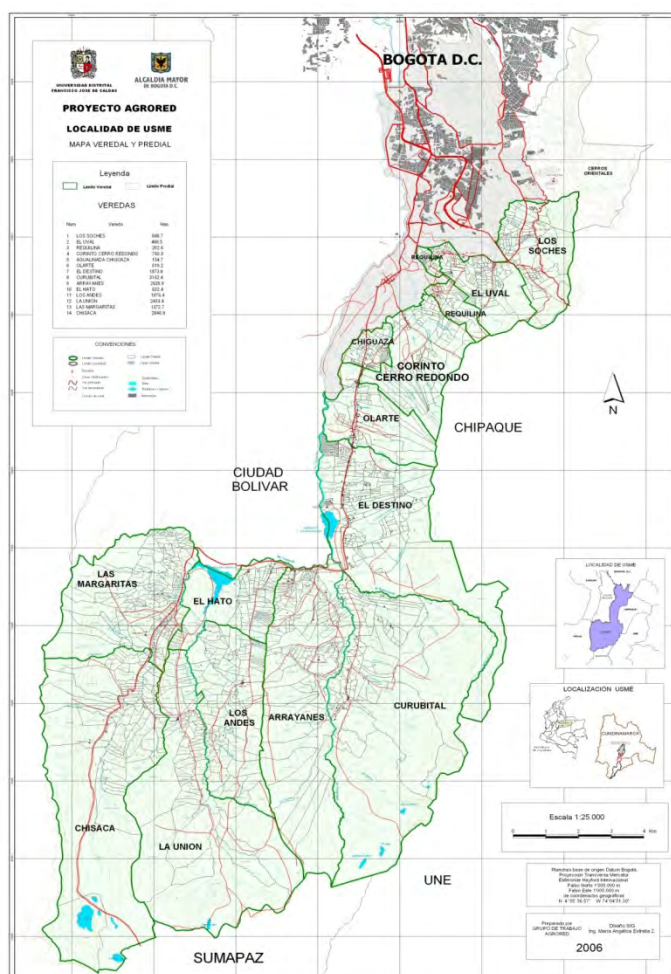
Para determinar la muestra de la población a la cual se aplicó la encuesta, se inició con la revisión de los censos comunitarios y los estudios realizados por la Unidad Local de Asistencia Técnica (ULATA) de Usme (2010) y Agrored (2006), para establecer el número de habitantes por cada vereda. Posteriormente se utilizó el método de Muestreo Aleatorio Simple, que se caracteriza por otorgar la misma probabilidad de ser elegidos a todos los elementos de la población. Conocido el universo de población de 1.358 familias, un nivel de confianza del 96 % y un margen de error del 4 % se obtuvo una muestra de 130 familias distribuidas en las 14 veredas de la zona, ver tabla 2, En la tabla 2 se aprecian el área y la población por vereda, según los datos del estudio “*Caracterización y articulación de la dinámica de operación de los actores en la localidad (5) de Usme para su proyección e incorporación en la Agrored*”, realizado por el Fondo Local de Usme y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

**Tabla 2.** Características de las veredas que conforman Usme

Vereda	Área		Población	
	Ha	%	Habitantes	%
Agualinda Chiguaza	154,7	0,8	540	9,7
Arrayanes	2.026,9	11,1	250	4,5
Chisaca	2.846,9	15,6	175	3,1
Corinto Cerro Redondo	760,3	4,2	240	4,3
Curubital	3.162,4	17,3	235	4,2
El Destino	1.873,8	10,2	763	13,7
El Hato	622,4	3,4	185	3,3
El Uval	466,5	2,5	615	11,0
La Unión	2.433,4	13,3	225	4,0
Las Margaritas	1.372,7	7,5	450	8,1
Los Andes	1.076,4	5,9	215	3,8
Los Soches	688,7	3,8	500	8,9
Olarte	619,2	3,4	520	9,3
Requilina	202,6	1,1	550	9,8

Fuente: Adaptado de Agored (2006)

El factor aplicado para cada vereda fue de 0,095 para determinar la cantidad de encuestas a aplicar. La recolección de la información se realizó en todas las veredas de la localidad de Usme, a través de visitas a las fincas con el apoyo de la ULATA de USME. Para la selección de las zonas de visita en cada vereda, se tuvieron en cuenta tanto la densidad de pobladores como las vías de acceso. La figura 1 presenta las zonas seleccionadas en cada vereda.



**Fig. 1.** Áreas de aplicación de las encuestas en cada vereda.

Fuente: Adaptado de Agored (2006)

Para determinar los combustibles usados y sus características, se aplicaron los siguientes indicadores: tipo y cantidad de combustible que usa para cocción de alimentos, promedio mensual de dinero que se

gasta en combustible, lugar donde adquiere el combustible, ubicación de la cocina, hace cuanto tiempo usa la leña como combustible. Adicionalmente, durante las visitas de aplicación de las encuestas se conversó con las señoras y se hicieron preguntas abiertas como la frecuencia de recolección, los encargados de recoger la leña y el tipo de leña recogida.

Con el fin de determinar las características energéticas de los diferentes tipos de madera usados por la población rural de Usme en procesos de cocción, se hizo necesario realizar pruebas de humedad, material volátil, análisis elemental y determinación del poder calorífico, siguiendo las especificaciones de las normas ASTM D5373 y ASTM D5865 respectivamente, a los materiales recolectados.

Los pasos fueron:

- 1- Se recolectaron aleatoriamente durante la aplicación de las encuestas muestras de la leña que actualmente se utiliza para cocción. Las veredas seleccionadas para la recolección de las mismas fueron: Olarte, Andes, el Hato y el Destino, teniendo en cuenta la disposición de la población para colaborar con este proyecto.
- 2- De acuerdo con las normas, las muestras se molieron a tamaño de grano inferior a 1mm y se entregaron al Servicio Geológico Colombiano, donde se realizó el análisis elemental y la determinación del poder calorífico, y al laboratorio de Energías Renovables y Plantas Térmicas del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional, donde se realizaron los ensayos de humedad y contenido de materia volátil, según las normas ASTM.

Las pruebas de humedad y volátiles se realizaron utilizando los siguientes equipos: balanza análoga marca SYRUS peso entre 0 a 2 kg con precisión de 0,001 g; un horno eléctrico marca AMERTECK, que trabaja con temperaturas hasta un máximo de 1100°C el cual es controlado mediante técnica PID-ON/OFF.

Las muestras de leña obtenidas durante el trabajo de campo fueron en su mayoría de Duraznillo, Eucalipto, Pino, Encenillo, residuos de carpintería (aglomerado con fórmica), Acacio, Arboloco y Sauco.

Para evaluar el consumo energético en la preparación de los alimentos por parte de las familias de la zona rural de Usme que utilizan leña para cocción, se realizó una prueba siguiendo la metodología WBT, en la cual se utiliza agua como fluido receptor del calor.

Las pruebas se realizaron utilizando los tipos de leña recolectados más representativos, pino, eucalipto y residuos de carpintería (aglomerado +fórmica) en los diferentes tipos de cocinas.

El procedimiento seguido fue: se tomaron 5 kg de leña secada al aire y partida en trozos de 40 cm aproximadamente. Se pesaron 10 kg de agua en una olla de aluminio con capacidad para 30l. Se encendió la hoguera. Se colocó la olla con agua sobre la estufa iniciando el proceso de calentamiento. Cada 2 minutos se midió la temperatura del agua en la parte media de la olla y la temperatura ambiente a 40 cm de la olla con un termopar tipo K; la temperatura de los gases de salida y su composición se determinó con un equipo Bacarach modelo CA300NSX. Cuando el agua llegó al punto ebullición, se retiró la olla del fogón y se pesó para determinar la cantidad de líquido evaporado. Se apagó la hoguera sofocándola con un hule para eliminar la entrada de oxígeno y detener el proceso de combustión y se pesó el material que quedó disponible; con estos valores se calculó el calor sensible y el latente suministrado al agua. Se realizaron 3 muestreos a diferentes temperaturas.

El balance energético permite encontrar la distribución de energía calorífica incidente sobre el sistema, su transformación en energía útil y las pérdidas. Aplicando el método de determinación de eficiencia por método directo se tiene que: (ver ecuación 1)

$$\eta = E_U/E_L \quad (1)$$

Donde:  $\eta$  es la Eficiencia del sistema

La energía útil ( $E_U$ ) se obtiene mediante la siguiente ecuación: (ver ecuación 2)

$$E_U = E_{CS} + E_{CL} \quad (2)$$

Siendo  $E_{CS}$  y  $E_{CL}$  determinadas por las siguientes fórmulas: (ver ecuaciones 3 y 4)

$$E_{CS} = m_a * c_{pa} * (T_2 - T_1) [kJ] \quad (3)$$

$$E_{cl} = m_{a.ev.} * (H_g - H_f) [kJ] \quad (4)$$

Donde:

$E_{CS}$  es la energía transmitida al fluido a calentar como calor sensible [kJ],  $E_{CL}$  es la energía utilizada por el fluido evaporado durante el proceso [kJ],  $m_a$  representa la masa inicial del fluido [kg],  $c_{pa}$  es el calor específico a presión constante [kJ/kg-K],  $T_2$  indica la temperatura de evaporación del fluido °C,  $T_1$  es la temperatura inicial °C,  $m_{a.ev.}$  es la masa de fluido evaporada [kg],  $H_g$  es la entalpía del fluido en estado de vapor saturado [kJ/kg] y  $H_f$  la entalpía del fluido en estado de líquido saturado [kJ/kg]

Para determinar  $E_L$ , se tiene: (ver ecuación 5)

$$E_L = PCS * m_L \tag{5}$$

Donde  $PCS$  hace referencia al poder calorífico superior del combustible [kJ/g] y  $m_L$  indica la masa del combustible en [kg].

## Resultados y Discusión

### Resultados de las Encuestas

Luego de las 130 visitas a las casas de las familias rurales de Usme y de realizar la observación de acuerdo con los indicadores planteados en el formato de la encuesta, se obtuvieron los siguientes resultados:

El material de fabricación es ladrillo, el 82 % cuenta con cuatro fogones y el 18 % con seis, como se aprecia en la figura 2. El 94 % corresponde a estufas con buitrón, de las cuales el 89 % se encuentra dentro de la casa y el 11 % es externa, ver figura 3, solamente el 6% son cocinas con hornillas. El 39 % de las familias encuestadas usan leña como combustible para cocinar desde hace más de cincuenta años, 17 % entre 30 y 50 años, 10 % entre 10 y 30 años, 19 % menos de diez años y 15 % no la utiliza, figura 4. El uso dado a las cocinas es: solo para cocinar el 33 %, como medio de calefacción el 11 % y para cocinar y obtener calefacción el 56 %, como se aprecia en la figura 5.



Fig. 2. Número de fogones

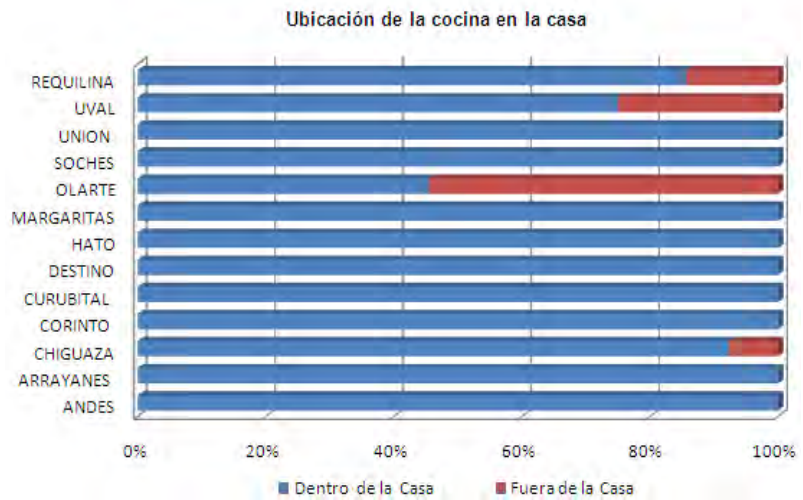


Fig. 3. Espacio destinado a la cocina

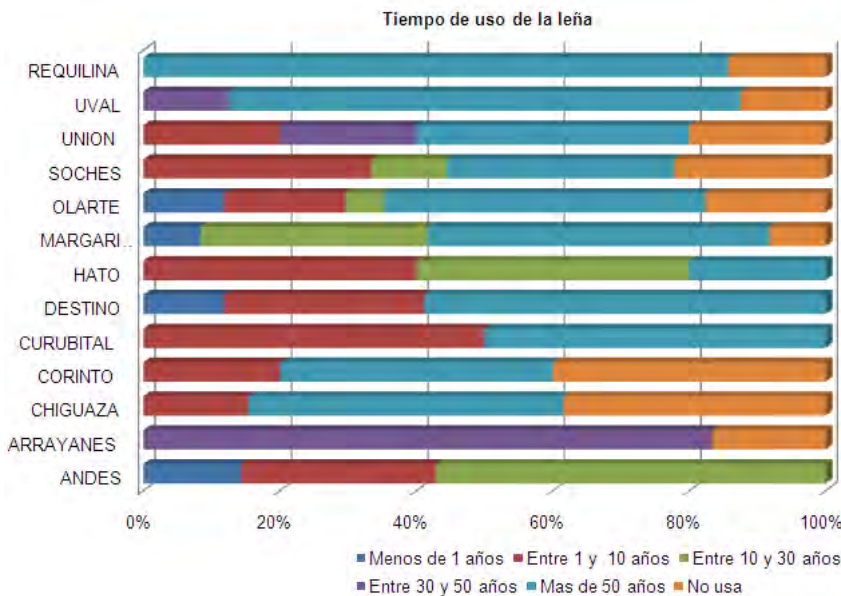


Fig. 4. Costumbre de uso de leña



Fig. 5. Aplicaciones del calor de la estufa



En la disposición al cambio de combustible, al 87 % le gustaría cambiar la leña por otro combustible y el 13 % no, como se aprecia en la figura 6. El 91 % de la población encuestada cree que la leña se va a acabar, mientras que el 9 % considera que no se extinguirá, figura 7.

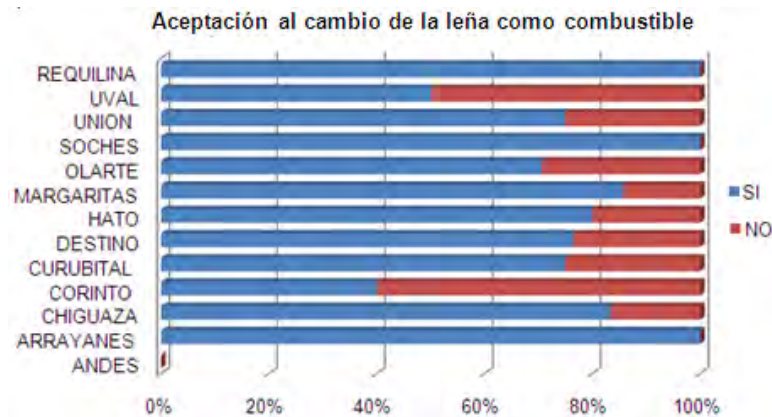


Fig. 6. Interés por nuevos combustibles

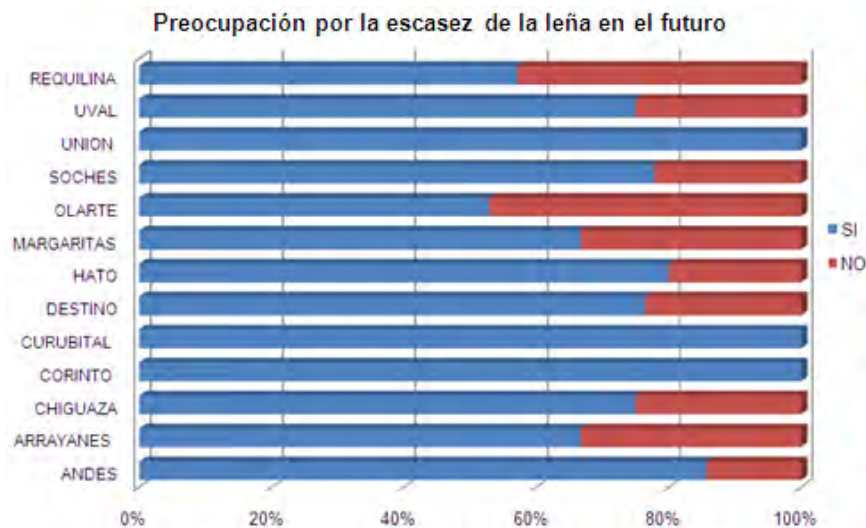


Fig. 7. Conciencia del problema de escasez de la leña

Otros resultados fueron: la usan el 60 %, porque pueden adquirir otro combustible, 33 % por economizar y el 7 % por otras razones, entre ellas: la comida tiene un mejor sabor y da calefacción al hogar. Al 82 % de la población le gusta cocinar con leña y al 18 % no, algunas de las razones son: por la economía del combustible, la calidad con que quedan los alimentos y por tradición.

Otros resultados son: algunas casas usan la cocina de gas para la cocción del desayuno, el almuerzo y la comida prefieren hacerlos en la estufa por el sabor y por durar más tiempo calientes. Se resalta que en varias cocinas se encontraron hamacas para calentar a los niños y en otras cuando los niños tienen tos las madres los mantienen en la cocina para brindarles calor.

#### Determinación de las especies leñosas

Uno de los objetivos fue la identificación de las especies leñosas usadas para la cocción; se buscaba caracterizarlas y verificar el grado de deforestación que su consumo se ocasionaba. La tabla 3 presenta los resultados de los tipos de leña utilizados por vereda, y cuales fueron recolectadas para su posterior caracterización.

**Tabla 3.** Tipos de leña utilizados por vereda

Vereda	Tipos de leña usada
Maderas recolectadas para la caracterización	
Olarte	Arboloco, Duraznillo, Encenillo, Sauco
Andes	Eucalipto, Duraznillo, Pino ciprés, Acacio
El Hato	Pino, Eucalipto, retal de carpintería (aglomerado + fórmica)
El Destino	Pino ciprés, retal de carpintería (aglomerado + fórmica)
Otras maderas utilizadas en las veredas	
Chiguaza	Eucalipto, retal de carpintería
Curubital	Retal de carpintería, pino ciprés, Eucalipto, Sauco.
Las Margaritas	Arboloco, Eucalipto, Encenillo, Tamo, Pino.
Olarte	Acacio, Pino ciprés, Eucalipto.
Soches	Retal de carpintería.
Unión	Retal de Carpintería, Eucalipto, Pino.
El Uval	Varas secas de sembrados, retal de carpintería, Eucalipto, Sauco.
La Requilina	Eucalipto, Sauco, retal de carpintería, Salvio.

En la tabla 4 se observa que las maderas con mayor PCS, son el Pino, el Acacio y el Eucalipto; estas son de uso frecuente en las veredas, especialmente las que se ubican hacia el sur de la localidad. El retal de madera (aglomerado + fórmica) presenta un PCS de 17929 kJ/kg, no es el más bajo y puede ser una alternativa como combustible, lo que explicaría su uso extendido. El Encenillo no presenta un elevado PCS, sin embargo, las encuestas revelaron que se prefiere por dar un sabor agradable a la comida.

**Tabla 4.** Caracterización de las maderas utilizadas para cocción en la zona rural de Usme

ID muestra	24001-I	24002-I	24003-I	24004-I	24005-I	24007-I	24009-I	24010-I	24013-I	Norma ASTM D
Referencia del cliente	Duraznillo	Encenillo	Arboloco	Encenillo	Acacio	Pino Ciprés	Madera + fórmica	Sauco	Eucalipto	
Resultados en la muestra como se recibe:										
Humedad (105°C) , % masa	9,47	9,35	8,72	10,16	11,08	9,27	9,77	14,06	8,44	3173-04(07)
Azufre, % masa	0,14	0,04	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,02	0,13	4239-05(07)
Carbono, % masa	42,7	41,67	41,87	42,92	42,78	43,8	41,62	38,15	43,21	D-5373-02(07)
Hidrógeno, % masa	5,65	5,67	5,73	5,89	5,71	6,46	6,35	6,73	5,99	D-5373-02(07)
Nitrógeno, % masa	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	3,93	N.D.	N.D.	D-5373-02(07)
Poder calorífico, Btu/lb	7734	7705	7618	8203	7992	8007	7695	7146	7985	5865-07a
Poder calorífico, J/g	18020	17953	17750	19113	18621	18656	17929	16650	18605	5865-07a

Las especies leñosas utilizadas para cocción en la zona rural de Usme son principalmente el Encenillo, el Eucalipto, el Pino ciprés, el Acacio y el Arboloco. También se encontró que se comercializa el residuo de las carpinterías de la zona urbana de Usme, además se trae de otras zonas como de Patio Bonito, esto merece especial atención pues entre los residuos vienen trozos de aglomerado con fórmica, la cual al quemarse produce emisiones que representan riesgos para la salud.

**Cálculo de la eficiencia de la cocción con leña en la zona rural de Usme**

Para determinar la eficiencia se aplicaron las ecuaciones 1, 2, 3, 4 y 5. Los resultados se presentan en la tabla 5.

El funcionamiento de los equipos usados en la cocción en la zona de estudio se caracterizan por tener baja eficiencia en la transformación de la energía debido a: no se logra una combustión completa, gran parte de la energía se pierde en los gases de chimenea debido a que salen a altas temperaturas y al uso de maderas inapropiadas y a la ubicación de las cocinas. La eficiencia es mucho menor en las cocinas ubicadas en el exterior, sin embargo la afectación a la salud es menor al dispersarse las emisiones con mayor rapidez.



**Tabla 5.** Condiciones y valor de la eficiencia para cocción en cocina tradicional de 6 puestos ubicada en el interior de la vivienda

Condiciones	Valor	Unidad
Presión	0,8	bar
Madera inicial	5125	g
Madera final	300	g
Agua inicial	10000	g
Agua final	9375	g
Calor sensible transmitido al agua	720	kJ
Energía consumida	71702,009	kJ
Eficiencia	0,01004156	1,004 %
Condición de la madera: seca.		
Calor latente	1705,2	kJ
Calor total	2425,2	kJ
Eficiencia	0,02378176	2,378 %
Experimento bajo condiciones críticas, uso de un solo fogón en una estufa de seis fogones		

## Conclusiones

- 1- El estudio evidenció que el sector rural de Usme la cocción con leña continúa siendo de uso tradicional por los campesinos, no solo por condiciones económicas, sino por condiciones culturales.
- 2- Se pudo determinar que las especies caracterizadas tienen similar poder calorífico, destacándose las muestras Eucalipto, Pino, Sauco y Acacio, con valores superiores 18000 kJ/kg cada uno de retal de madera (aglomerado + fórmica) con PCS del orden de 17929 kJ/kg; el Encenillo que presenta valores de hasta 19953 kJ/kg. Estos resultados explican la preferencia de los campesinos por estas especies y de alguna manera también aclaran la fuerte presión que se ha hecho sobre los bosques
- 3- La determinación de la eficiencia de los procesos de cocción con leña demostró que esta es muy baja, entre el 1 % y el 2,3 %, entre otras causas por la forma constructiva de las cocinas y por el tamaño de los hogares. Este hecho hace que se desperdicien las buenas propiedades de la leña como combustible y aumenta su consumo.

## Referencias

1. Van der Kroon, B., Brouwer, R. y Van Beukering, P. J. "The energy ladder: Theoretical myth or empirical truth? Results from a meta-analysis". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013, vol. 20, p. 513-540. ISSN 1364-0321
2. Malyshev, T. "Looking ahead: energy, climate change and pro-poor responses". *Foresight*. 2009. vol.11, nº. 4, p. 33-50. ISSN 1555-9068.
3. International Energy Agency. *World Energy Outlook*, París: OECD/IEA, 2011. [Consultado el: 20 de febrero de 2013] Disponible en: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2011\\_WEB.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2011_WEB.pdf). ISBN 978 92 64 12413 4
4. Parikh, J. "Hardships and health impacts on women due to traditional cooking fuels: A case study of Himachal Pradesh, India". *Energy Policy*. 2011, vol. 39, p. 7587-7594. ISSN 0301-4215
5. Smith, K., Frumkin, H., Balakrishnan, K., et al. "Energy and human health". *Annual Review of public health*, 2013. p. 159-188, ISSN 0163-7525
6. Jerneck, J. y Olsson, L. "A smoke-free kitchen: initiating community based co-production for cleaner cooking and cuts in carbon emissions". *Journal of cleaner production*. 2012, vol. XXX, p. 1-8. ISSN 0959-6526
7. Nussbaumer, P., Bazilian, M. y Modi, V. "Measuring energy poverty: Focusing on what matters". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2012, vol. 16, p. 231-243. ISSN 1364-0321
8. Legros, G., Gitonta, S. y Rijal, K. "Global changes in household access to electricity and modern fuels: regional variations and patterns". *Environmental Sustainability*. 2011, vol. 3, p. 241-241. ISSN 1877-3435

9. International Institute for Applied Systems Analysis. *Global Energy Assessment- Toward a Sustainable Future*. New York, USA: Cambridge University Press, 2012. [Consultado el: 20 de febrero de 2013] Disponible en: <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/GEA-Summary-web.pdf> , ISBN 9780 52118 2935
10. Sjolie, H. y Solberg, B. "Greenhouse gas emission impacts of use of Norwegian wood pellets: a sensitivity analysis". *Environmental Science & Policy*. 2011, vol. 14, p. 1020-1040. ISSN 1462-9011
11. Bond, T. y Roden, C. "A laboratory comparison of the global warming impact of five major types of biomass cooking stoves". *Energy for sustainable development*. 2008, vol. XII, nº 2, p. 5-15. ISSN 0973-0826
12. Van Vuuren, D., Nakicenovic, N., Riahi, K. et al. "An energy vision: the transformation towards sustainability-interconnected challenges and solutions". *Environmental sustainability*. 2012. p. 18-34. ISSN 1877-3435
13. G. Li, S., Niu, L. M. y Zhang, X. "Assessment of environmental and economic costs of rural household energy consumption in Loess Hilly region, Gansu Province, China". *Renewable Energy*. 2009, vol. 34, p. 1438-1444. ISSN 0960-1481
14. Yao, C., Chen, C. y Li, M. "Analysis of rural residential energy consumption and corresponding carbon emissions in China". *Energy Policy*. 2012, nº. 41, p.. 445-450, ISSN 0301-4215
15. Pinto, F. "Energías renovables y desarrollo sostenible en zonas rurales de Colombia. El caso de la vereda Carrizal en Sutamarchán". *Cuadernos de desarrollo rural*. 2004, nº 53, p. 103-132. ISSN 0122-1450
16. Valderrama, E. y Linares, E. "Uso y manejo de leña por la comunidad campesina de San José de Suaita (Suaita, Santander, Colombia)". *Revista Colombia Forestal*, 2008, vol.11, p. 19-34. ISSN 0120-0739.