

ESTUFAS

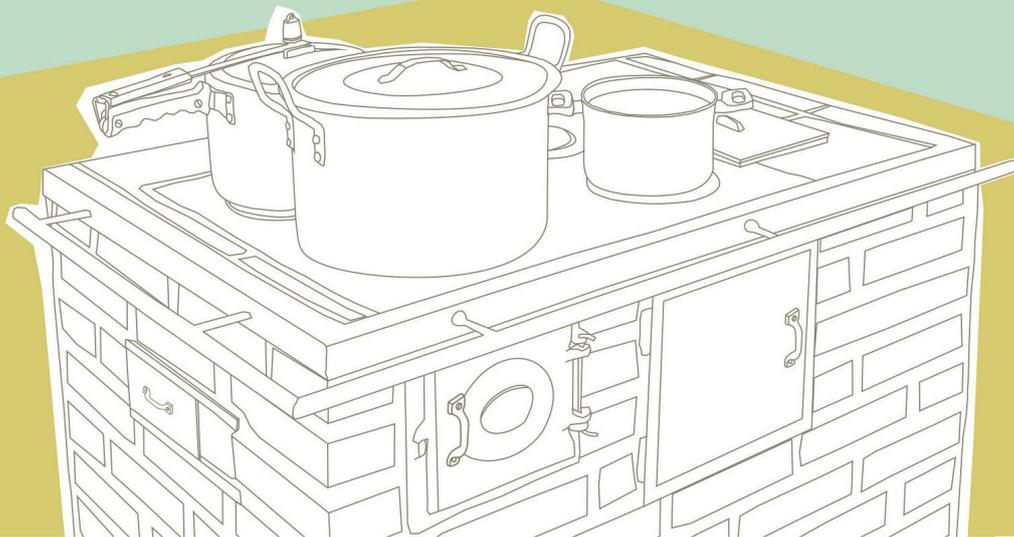
EFICIENTES DE LEÑA

COMO CONTRIBUCIÓN AL MEJORAMIENTO
DE LA CALIDAD DE VIDA,
AL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA
Y LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GEI

EN ÁREAS RURALES

DE ANTIOQUIA Y SANTANDER, COLOMBIA

DOCUMENTO DE SISTEMATIZACIÓN
Y SUPLEMENTO TÉCNICO



MINISTERIO DE ASUNTOS
EXTERIORES DE FINLANDIA

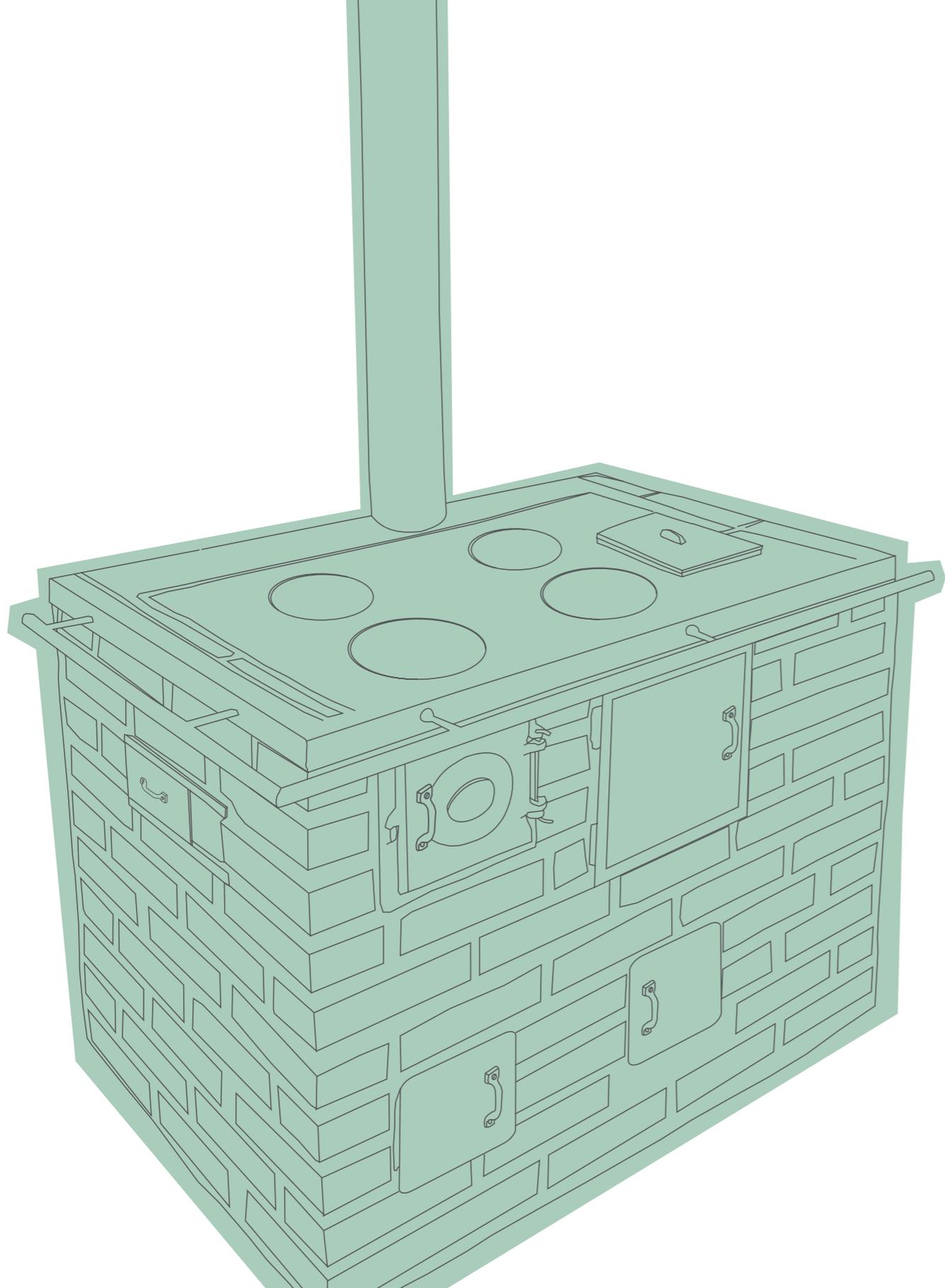
ESTUFAS

EFICIENTES DE LEÑA

COMO CONTRIBUCIÓN AL MEJORAMIENTO
DE LA CALIDAD DE VIDA,
AL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA
Y LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GEI
EN ÁREAS RURALES
DE ANTIOQUIA Y SANTANDER, COLOMBIA

DOCUMENTO DE SISTEMATIZACIÓN
Y SUPLEMENTO TÉCNICO





Elsa Matilde Escobar Angel
Directora Ejecutiva

Roberto León Gómez Charry
Subdirector Desarrollo Local y Cambio Global

Javier Darío Aristizábal Hernández
Jefe de Proyecto

Natalia Zapata López
Gestión Social



Carlos Mario Zuluaga Gómez
Director General



CORANTIOQUIA

Alejandro González Valencia
Director General



Editores:

Roberto León Gómez, Javier Darío Aristizábal y Luis Mario Cárdenas

Autores de artículos técnicos:

Javier Darío Aristizábal, Wilson Fernando Gómez, Adolfo León Taborda, Felipe Alonso Grisales, Natalia Durley Zapata y Luis Mario Cárdenas

Colaboradores:

Diana Lucia Rosales, Paola Borita Giraldo, Pedro Nel Vallejo, Edgar Vélez y Pedro Julio Amador.

Diseño y diagramación:

Andy Rodríguez Márquez

La elaboración, diagramación e impresión de este documento fue realizada con el apoyo del Programa Alianza en Energía y Ambiente con la Región Andina (AEA), implementada por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) con el apoyo financiero del Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia.

© Fundación Natura

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización de los titulares de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción de este documento para fines comerciales.

Cítese como:

Fundación Natura. Estufas eficientes de leña como contribución a la calidad de vida, al uso eficiente de la energía y la reducción de emisiones de GEI en áreas rurales de Antioquia y Santander, Colombia: Documento de sistematización y Suplemento técnico / Gómez, Roberto León; Aristizábal, Javier Darío y Cárdenas, Luis Mario. Bogotá, D.C. Colombia, Fundación Natura. 2015. 130 p. ISBN: 978-958-8753-14-0.

1. Estufas eficientes 2. Mercados de carbono 3. Sistematización 4. Sostenibilidad

Los artículos que componen el suplemento técnico deben ser citados por sus correspondientes autores.

TABLA DE CONTENIDO

DESARROLLO DE CAPACIDADES NACIONALES PARA APROVECHAR EL MERCADO DEL CARBONO COMO HERRAMIENTA DE SOSTENIBILIDAD FINANCIERA PARA PROYECTOS DE ESTUFAS MEJORADAS: SISTEMATIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA

SUPLEMENTO TÉCNICO

1.	CONTEXTUALIZACIÓN	8
1.1	Ubicación y límites del proyecto	9
1.2	Caracterización biofísica	10
1.3	Aspectos Socioeconómicos	10
2.	LA PROBLEMÁTICA OBSERVADA EN EL ESCENARIO DE REFERENCIA.....	11
3.	ENFOQUE METODOLÓGICO	14
3.1	Eje de Sistematización	14
3.2	Fuentes de información y recopilación de datos	14
4.	DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA	15
4.1	Acercamiento interinstitucional	15
4.2	El proyecto en marcha	17
4.2.1	Elaboración del PoA y sus componentes (VPA)	18
4.2.2	Sensibilización de actores interesados	19
4.2.3	Apoyo a la creación de la mesa interinstitucional de estufas mejoradas	21
4.2.4	Primer paso hacia la validación: registro en el estándar de carbono	22
4.3	El financiamiento de carbono ¿es una opción viable?	22
4.3.1	Formulación y validación - Reducción de los costos por la estrategia de construir un proyecto agrupado	22
4.3.2	Verificación - Uso de los recursos del financiamiento de carbono	23
4.3.3	Replicación – El caso ECOPETROL y el trabajo con corporaciones autónomas y otras entidades	25
5.	ANÁLISIS DEL PROCESO	26
6.	PUNTO DE LLEGADA	28
	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	30

Identificación de áreas críticas de consumo de leña aplicando la herramienta WISDOM: estudio de caso subnacional en Antioquia y Santander	31
Determinación de la fracción no renovable de la biomasa (fNRB) como instrumento de selección de áreas potenciales para la disseminación de estufas mejoradas	51
Eficiencia térmica y ahorros de leña de las estufas mejoradas tipo HUELLAS, SCE y FN: evaluación y resultados	73
La experiencia en un proceso de gestión social como escenario para el aprendizaje colectivo y continuo de los actores que intervienen en proyectos de estufas eficientes de leña, según sus diferentes roles	91
Programa para la disseminación de estufas de leña tipo FN: aprendizajes a partir de la experiencia de la Fundación Natura	105
MAPAS	113

LISTA DE ACRÓNIMOS

ACR:	American Carbon Registry	IEA:	International Energy Agency
AEA:	Alianza en Energía y Ambiente en la Región Andina (programa)	IGAC:	Instituto Geográfico "Agustín Codazzi"
AMS.II-G:	Energy Efficiency Measures in Thermal Applications of Non-Renewable Biomass (metodología).	IICA:	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
CAEM:	Corporación Ambiental Empresarial (filial de la Cámara de Comercio de Bogotá)	IPCC:	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
CAR:	Corporación Autónoma Regional	KPT:	Kitchen Performance Test
CEDESOL:	Centro para el Desarrollo en Energía Solar	MADS:	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
CER:	Certificado de Emisiones Reducidas	MDL:	Mecanismo de Desarrollo Limpio
CORANTIOQUIA:	Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia	NRB:	Biomasa No Renovable
CORNARE:	Corporación Autónoma Regional de los ríos Negro y Nare	ONG:	Organización No Gubernamental
DAASU:	Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana	PoA:	Programa de Actividades
DANE:	Departamento Administrativo Nacional de Estadística	PoA – DD:	Documento de Diseño del PoA
DRB:	Biomasa Demostrablemente Renovable	POP:	Plan Operativo del Proyecto
DTM:	Modelo Digital de Terreno	REDD:	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal
ECV:	Encuesta de Calidad de Vida	SCE:	Sistema de Cocción Ecoeficiente (estufa)
EPM:	Empresas Públicas de Medellín	SEA:	Sistema de Estadísticas Agropecuarias
EPOC:	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	SENA:	Servicio Nacional de Aprendizaje
EVA:	Evaluaciones Agropecuarias Municipales	SIDAP:	Sistema Departamental de Áreas Protegidas
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	SIG:	Sistemas de Información Geográfica
FN:	Fundación Natura (estufa)	SIRAP:	Sistema Regional de Áreas Protegidas
fNRB:	Fracción No Renovable de la Biomasa	SISBEN:	Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales
GACC:	Global Alliance for Clean Cookstoves	TPDDTEC:	Technologies and Practices to Displace Decentralized Thermal Energy Consumption (metodología)
GEI:	Gases de Efecto Invernadero	UAESPNN:	Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Naturales Nacionales
GLP:	Gas Licuado de Petróleo	UNAD:	Universidad Nacional Abierta y a Distancia
GS:	Gold Standard	VCS:	Verified Carbon Standard
HUELLAS:	Huertos y Estufas Leñeras Limpias Ambiental y Socialmente Sostenibles (programa)	VER:	Verified Emissions Reduction
ICONTEC:	Instituto Colombiano de Normas Técnicas	VPA:	Voluntary Project Activity
IDEAM:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	VPA – DD:	Documento de Diseño del VPA
		WBT:	Water Boiling Test
		WISDOM:	Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping (metodología)



**DESARROLLO DE CAPACIDADES NACIONALES
PARA APROVECHAR EL MERCADO DEL CARBONO
COMO HERRAMIENTA DE SOSTENIBILIDAD FINANCIERA
PARA PROYECTOS DE ESTUFAS MEJORADAS:
SISTEMATIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA**

1. CONTEXTUALIZACIÓN

El consumo de leña en Colombia tiene una participación importante dentro de la matriz energética nacional. A pesar de ello, en los últimos 30 años, la leña pasó de cubrir el 19% de las necesidades energéticas nacionales a sólo el 5,3%¹. Esta cifra refleja principalmente la demanda procedente del sector residencial rural, en donde la cocción de alimentos aún se lleva a cabo valiéndose de la leña como principal insumo energético.

Aunque con una importante reducción en el ámbito nacional, las proyecciones mundiales indican que la calefacción y cocción de alimentos con leña seguirá prevaleciendo en los próximos 20 años². En este sentido, es importante revisar el impacto que tiene el uso de este combustible tradicional en la calidad de vida de los pobladores rurales, en la seguridad energética de los mismos y en la incidencia sobre fenómenos como el cambio climático.

En respuesta a dicha situación, algunas entidades del orden gubernamental y privado, vienen impulsando la adopción de estufas de leña más eficientes con el ánimo de reducir el impacto sobre las condiciones de vida de las poblaciones rurales y el medio ambiente en general.

En virtud de lo anterior, cabe resaltar el liderazgo que la Corporación Autónoma Regional de los ríos Negro y Nare (CORNARE) ha asumido en el tema

de disseminación de estufas en el país. Desde hace 20 años ésta entidad ha construido cerca de 23 mil estufas en todo el oriente del departamento de Antioquia y con la creación del programa HUELLAS (Huertos y Estufas Leñeras Limpias y Ambientalmente Sostenibles), han redefinido toda una estrategia para garantizar el uso adecuado de la leña por parte de las comunidades rurales mediante la sustitución de los fogones tradicionales por estufas eficientes y el estímulo a la siembra de árboles a escala predial como una medida para respaldar la disponibilidad del recurso en el mediano y largo plazo.

Por su parte, la Fundación Natura abandera el tema desde un enfoque holístico que inició con una pequeña experiencia piloto en el año 2008. Así, con la creación del Corredor de Conservación Guantiva - La Rusia - Iguaque surge la necesidad de proteger los últimos grandes relictos de bosques de roble que tradicionalmente han servido de fuente de abastecimiento de leña a las comunidades rurales asentadas en sus inmediaciones. Se ha establecido que los altos consumos se deben en gran parte a las formas ineficientes de cocción que utilizan los pobladores de dicha región, los cuales se inclinan por la leña de esta especie dada, sus cualidades térmicas y su alta disponibilidad.

En consecuencia, se propuso abordar el tema de la eficiencia energética como estrategia para reducir el consumo de leña procedente de esta especie vulnerable y puso a prueba un nuevo prototipo de estufa que fue evaluado durante los años subsiguientes. Durante la fase de investigación y desarrollo se construyeron 50 unidades de esta estufa tipo FN que fueron probados y analizados antes

de iniciar un ejercicio de construcción a gran escala. La disseminación masiva del modelo empezó a mediados de 2014 y para finales de ese año, ya se habían construido cerca de 2.000 unidades de la estufa.

En fecha más reciente, la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) inició el proceso de diseño y evaluación de la estufa SCE (sistema de cocción ecoeficiente) de la cual se han construido 22 unidades en tres municipios de la jurisdicción. Este prototipo se encuentra en proceso de validación y se espera su rápida difusión en los próximos años dentro de dicha jurisdicción.

Sin embargo, para lograr la disseminación masiva de los modelos anteriormente mencionados, se requiere contar con una adecuada estrategia de financiamiento que pueda garantizar la sostenibilidad del proceso en el mediano y largo plazo. Considerando las implicaciones que la cocción doméstica tiene en el problema del calentamiento global, existe todo un potencial para aprovechar el financiamiento del carbono, el cual puede ayudar a estimular la producción y disseminación de estufa eficientes a gran escala, reduciendo su precio de adquisición y haciéndolas más asequibles a los usuarios³.

En virtud de lo anterior, el proyecto "Estufas eficientes de leña como contribución al mejoramiento de la calidad de vida, al uso eficiente de la energía y la reducción de emisiones de GEI, en áreas rurales de Antioquia y Santander (Colombia)" pretende beneficiarse de dicho mecanismo mediante el diseño y registro de un programa de actividades (PoA) que pueda matricular aquellas iniciativas de estufas eficientes que en el futuro emerjan en el país.

Es importante, entonces, realizar una breve caracterización de las condiciones en que se desarrolla el proyecto.

1.1 Ubicación y límites del proyecto

El proyecto se circunscribe a los departamentos de Antioquia y Santander localizados en la región Andina colombiana entre las latitudes 6°N y 7°N y las longitudes 72°O y 77°O. Ambos departamentos son colindantes entre sí, y su frontera física está determinada por el río Magdalena. La extensión del área del proyecto suma 94.149 km² de la cual el 67% pertenece al departamento de Antioquia y el restante 33% corresponde a Santander. Por el norte limitan con los departamentos de Córdoba, Bolívar, Cesar y Norte de Santander; por el sur, con los departamentos de Boyacá, Caldas y Risaralda; por el oriente con Norte de Santander y Boyacá y por el occidente con el departamento de Chocó (Mapa 1)

Sin embargo, el proyecto posee unos límites espaciales específicos determinados por las entidades ejecutoras del proyecto. En lo que compete al departamento de Antioquia, durante la primera fase, sólo se disseminarán estufas en las jurisdicciones de CORNARE y CORANTIOQUIA, mientras que en Santander sólo se construirán estufas en las provincias de García Rovira y Guanentá.

1.2 Caracterización biofísica

Tanto Antioquia como Santander presentan una alta diversidad en zonas de vida, paisajes, topografía y climas que los hace muy característicos dentro de la geografía del territorio nacional. Antioquia es predominantemente montañoso aunque disectado por valles interandinos al occidente (río Atrato), oriente (río Magdalena) y centro (río Cauca). Por su parte, Santander, presenta un relieve similar, pero se caracteriza por una fisio-

¹UPME. Balance Minero Energético 1975 - 2012. Bogotá: UPME - SIMEC, 2012. Archivo Excel.

²FAO. Bosques y energía: cuestiones clave. Roma: FAO, 2008. p. 12.

³BLUNCK, M. et. al. Carbon markets for improved cooking stoves. 4° Edición. Eschborn (Alemania): GIZ - HERA, 2011. p. 5.

grafía montañosa hacia el centro y oriente del departamento y un valle hacia el costado occidental, que corresponde a las zonas planas aledañas al río Magdalena.

En ambos casos, el relieve es el resultado del levantamiento de las cordilleras que han generado un robusto sistema montañoso matizado con lomeríos y colinas. En este contexto sobresalen accidentes geográficos que se han convertido en iconos del relieve de estos dos departamentos, como el monolito del Peñol de Guatapé y el Cañón del Chicamocha. Teniendo en cuenta que prevalece el relieve montañoso en el área del proyecto, existe una gran variedad de climas y zonas de vida, lo que hace que las temperaturas fluctúen entre 28°C en las partes más bajas de los valles interandinos hasta 5°C en áreas de páramo como Santurbán, Belmira o Sonsón. En consecuencia, es posible hallar una gran variedad de ecosistemas como bosques húmedos y secos tropicales, bosques montanos y premontanos y páramos. Las precipitaciones en los dos departamentos tienen un régimen bimodal, es decir, dos periodos de lluvia y sequía intercalados a lo largo del año. En gran parte del territorio las lluvias oscilan entre los 2.000 mm a 4.000 mm anuales pero disminuyen ostensiblemente en las zonas secas en donde se encuentran por debajo de los 1.000 mm como sucede en los valles de los ríos Cauca y Chicamocha, principalmente.

1.3 Aspectos Socioeconómicos

Con base en las proyecciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE),

⁴DANE. Estimación y proyección de población nacional, departamental y municipal total por área 1985 - 2020. Bogotá: DANE, 2005. Archivo Excel.

⁵DANE. Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2013. Bogotá: DANE, 2013. Archivo Excel.

se estima que a 2015, la población conjunta de los departamentos de Antioquia y Santander es de más de 8,5 millones de habitantes lo que representa el 17,6% de la población total del territorio nacional. Las tres cuartas partes de los habitantes se localizan en Antioquia y el restante en Santander con una densidad promedio para ambos departamentos de 90 habitantes/km². Sin embargo, sólo 22% de la población del territorio se encuentra asentada en áreas rurales⁴.

Las zonas rurales del área del proyecto cuentan parcialmente con la cobertura de servicios públicos domiciliarios. Así, el 96% de la población rural cuenta con el servicio de energía eléctrica, mientras que sólo 56% tiene garantizado el suministro permanente de agua; casi el 50% de los hogares tienen acceso a GLP en tanto que solo un 5% tiene conexión a la red domiciliaria de gas natural; el 27% de los hogares del territorio rural cuentan con un servicio de recolección y disposición de basuras; y con respecto a las comunicaciones, cerca del 60% posee teléfono celular (móvil) y más del 75% tiene acceso a la televisión⁵.

Tanto la mitad de la población rural en Antioquia como en Santander son propietarios del predio en el que habitan, mientras que un 30% señala habitar predios en comodato.

En lo que refiere a los aspectos de salud, el DANE indica que cerca del 94% de la población rural en el área del proyecto se encuentra vinculado al sistema de salud, de la cual aproximadamente el 71% pertenece al régimen subsidiado y el 23% restante al contributivo. Aún existe un 6% que no se encuentra amparado por el sistema de seguridad social.

La tasa de analfabetismo es del 11% y una gran parte de la población ha terminado la educación

básica primaria con excepción de las personas de edad avanzada que sólo cursaron entre primero y segundo grado⁶.

En ambos departamentos predomina la agricultura de pequeña escala y de subsistencia como el principal medio de vida de las comunidades rurales. Se estima que el 20% de la población rural económicamente activa se dedica a trabajar en su propio predio, mientras que un 15% trabaja

en predios ajenos como jornalero o peón⁷.

Antioquia y Santander se caracterizan por presentar un índice de ruralidad entre moderado y alto (0,25 a 0,75), lo que indica que existe cierta prevalencia del entorno rural sobre lo urbano en cuanto a sus relaciones socioeconómicas. Adicionalmente se encuentran a la cabeza de los departamentos con mayores índices de desarrollo humano (5° y 2° puesto, respectivamente)⁸.

2. LA PROBLEMÁTICA OBSERVADA EN EL ESCENARIO DE REFERENCIA

Conforme a lo señalado en la última parte de la contextualización del proyecto (numeral 1), Colombia aún es un país con importantes características rurales y en los departamentos de Antioquia y Santander, si bien se presentan índices relativamente altos de desarrollo humano, su población rural presenta las mismas dificultades observadas por otros departamentos de la nación en cuanto a progreso y bienestar.

Como sucede con gran parte de las poblaciones rurales de países en vías de desarrollo, el acceso a la energía constituye una de las principales limitantes para mejorar sus condiciones de vida. Sin embargo, resulta paradójico que el uso de la energía eléctrica se oriente principalmente a satisfacer necesidades de segundo orden en lugar de resolver aquellas que resultan básicas para la supervivencia; al respecto la última encuesta sobre calidad de vida (ECV-2013) señala que en el país, el 90% de la población rural contaba con teléfono

celular y el 83,5% poseía televisor; en contraste, sólo el 2% utilizaba estufa eléctrica para cocinar⁹. Es claro que la cocción doméstica, al contar con un mayor abanico de fuentes energéticas que pueden ser usadas en su ejecución; privilegia aquellas que menores esfuerzos requieran del usuario final.

Datos recientes señalan que en Colombia, el 50,5% de las familias rurales dependen de la leña como principal combustible de cocción y dentro de este grupo, el 38% la combina con GLP. El área del proyecto refleja perfectamente dicha situación: se estima que en Antioquia el 37% de las co-

⁶Ibid.

⁷Ibid.

⁸PNUD. Anexo A: Estadísticas de desarrollo humano. En: PNUD. Colombia rural: razones para la esperanza. Informe Nacional de Desarrollo Humano 2011. Bogotá: INDH - PNUD, 2011. p. 402.

⁹DANE. Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2013. Op. Cit.

comunidades rurales aún cocinan con leña, mientras que en Santander esta cifra asciende al 57%¹⁰.

A pesar de los esfuerzos estatales por sustituir la leña por combustibles más “modernos”, dichas iniciativas ha tenido un éxito parcial. Diferentes estudios han demostrado que la adopción de nuevas tecnologías de cocción (y por ende, nuevos combustibles) es un proceso complejo. En el caso rural, se ha observado que la llegada de un nuevo combustible no desplaza al otro, sino que ambos se usan en concomitancia¹¹. Esta situación también se observa en el medio rural colombiano y, como consecuencia, recientemente ha surgido un interés por evidenciar la importancia de la leña como combustible de cocción en el contexto nacional, de tal manera que se impulsen políticas que favorezcan un uso más adecuado del mismo.

Bajo este escenario es fundamental el papel que la leña seguirá jugando durante las próximas décadas.

Con especial interés, se evalúa su incidencia en el calentamiento global y, por ende, en el cambio climático: la utilización de leña como combustible de cocción, es responsable de al menos el 2% de las emisiones mundiales de CO₂ debido al manejo poco sostenible que se hace de este recurso, particularmente cuando la fuente de recolección son los bosques naturales. Para mitigar el impac-

to que el consumo de leña genera en el medio ambiente, se plantean estrategias de disminución mediante prácticas o tecnologías que hagan más eficiente el uso de este dendrocombustible entre las que sobresale la implementación de estufas mejoradas. La FAO sugiere que el potencial de abatimiento global de emisiones por el uso de estufas eficientes podría fluctuar entre 0,45 y 1,67 GtCO₂eq. anuales, de los cuales aproximadamente el 10% se mitigarían en proyectos ejecutados en América Latina¹².

Adicionalmente, se deben ponderar los beneficios colaterales sobre el bienestar y los medios de vida de las comunidades rurales que implica el llevar a cabo este tipo de intervenciones. El humo generado por la combustión de la leña dentro de espacios cerrados aumenta los niveles de contaminación intradomiciliaria, lo que expone a mujeres y niños a sufrir distintas patologías de tipo respiratorio, ocular y cardiovascular. Para Colombia aún no existen cifras confiables respecto al número de personas afectadas por el humo de la leña, sin embargo, algunos estudios señalan que la tasa de mortalidad infantil por enfermedad respiratoria aguda podría ser de aproximadamente 1.510 muertes al año mientras que la mortalidad por EPOC en mujeres correspondería al 3% del total de decesos de dicho género¹³. Para el año 2014, el DANE informó que 4.900 mujeres habían fallecido por ésta enfermedad y al menos una tercera parte de ellas habitaban en áreas rurales¹⁴.

De otro lado, es evidente que la recolección de leña es una actividad que demanda un apreciable esfuerzo en tiempo y dinero. Algunos estudios sobre apropiación del combustible realizados en el contexto nacional, indican que las familias pueden invertir de una a dos horas diarias recolectando leña lo que a la postre supone un costo de oportunidad muy alto dado que ese tiempo no puede

ser utilizado en actividades que generen ingresos económicos para el núcleo familiar. Además, el hecho de no disponer fácilmente de leña hace que muchas veces las familias se vean obligadas a recurrir a otros combustibles como el GLP, utilizado más por necesidad que por convicción, lo que implica una inversión que tiene un impacto significativo sobre el presupuesto familiar. Es preciso tener en cuenta que un hogar rural promedio en Colombia puede demandar de seis a ocho pipetas de GLP (cilindro de 33 libras) anualmente.

El escenario descrito plantea un desafío multisectorial importante, pero con un énfasis particular en los sectores de energía, salud y medio ambiente: ¿Cómo lograr que cerca de 1,6 millones de hogares rurales puedan acceder a estufas más eficientes y limpias?.

La masificación de estufas eficientes requiere importantes inversiones económicas de diversas fuentes, tanto gubernamentales como privadas, que ayuden a catalizar la creación de un verdadero mercado. Sin embargo, no será fácil prescindir por completo del esquema de subsidios sobre los que actualmente se soportan este tipo de iniciativas, ya que adquirir una nueva estufa, no siempre es posible para el usuario que vive en el medio rural. Este esquema de ayudas tiene como desventaja su falta de permanencia en el tiempo, pues con la finalización de los proyectos, la financiación también acaba, lo que pone en riesgo la sostenibilidad de los procesos.

En consecuencia, se hace necesario buscar nuevas

formas o fuentes de financiamiento que garanticen el suficiente flujo de recursos para mantener los procesos de masificación de estufas mejoradas en el mediano y largo plazo. En este sentido, el financiamiento del carbono se ha convertido en una opción relevante para la obtención de nuevos fondos. Se reconoce el hecho de que permitir el aumento de la concentración de emisiones de GEI en la atmósfera contribuirá sustancialmente a la desestabilización del clima global, así que cualquier medida que se implemente para impedir, reducir o compensar dichas emisiones debe ser retribuida. Los proyectos de estufas mejoradas cumplen con este cometido.

El financiamiento del carbono es un mecanismo novedoso para apalancar recursos dirigidos a proyectos de estufas eficientes. Utilizar una estufa eficiente implica un menor uso de leña y, por ende, una reducción en la cantidad de emisiones de GEI que pueden ser transadas en mercados regulados o voluntarios a precios que pueden variar en función de la calidad del proyecto y de sus beneficios colaterales.

Con base en todo lo anterior, se presenta al programa Alianza en Energía y Ambiente con la Región Andina (AEA), al Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia y al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), la sistematización de la experiencia para desarrollar y registrar una iniciativa nacional de estufas en el mercado del carbono, del cual pueda beneficiarse el país y con lo cual pueda fortalecerse su sostenibilidad y su replicación en el mediano y largo plazo.

¹⁰DANE. Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2013. Op. Cit.

¹¹TRONCOSO, Karin. Factores asociados con una mejor adopción de estufas limpias: una perspectiva de género. Bucaramanga, 2014. p. 29.

¹²FAO. What woodfuels can do to mitigate climate change. Roma: FAO, 2010. p. 40.

¹³LARSEN, Bjorn. Cost of environmental damage: A socio-economic and environmental health risk assessment. Bogotá: Ministerio Medio Ambiente, Desarrollo y Vivienda, 2004. p. 38.

¹⁴DANE. Defunciones no fetales 2014 - Preliminar. Bogotá: DANE, 2015. Cuadro 5. Archivo Excel.

3. ENFOQUE METODOLÓGICO

Como en todo proceso de sistematización de experiencias, se plantea desarrollar el documento definiendo en primera instancia el eje de sistematización del proyecto. Una vez definido el tema central que será objeto de análisis, se procederá a relatar la experiencia siguiendo un criterio cronológico hasta su etapa final, posteriormente se efectuará el análisis del proceso y por último se plantea el escenario final que ha dejado el proyecto.

3.1 Eje de Sistematización

El proyecto “Estufas eficientes de leña como contribución al mejoramiento de la calidad de vida, al uso eficiente de la energía y la reducción de emisiones de GEI en Antioquia y Santander, Colombia” tiene como objetivo principal mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales de Antioquia y Santander que dependen de la leña como su principal combustible para la cocción de alimentos y que se ven abocados a los problemas explicados en el numeral 2. Sin embargo, como lo señala la Guía de Monitoreo y Evaluación de Proyectos del IICA, el nivel más importante desde la perspectiva del proyecto es el propósito¹⁵.

En virtud de lo anterior, el eje de sistematización del presente documento girará en torno al propósito del proyecto, que es “formular, validar e implementar un programa de actividades (PoA) de reducción de emisiones para el mercado voluntario el cual facilite el desarrollo de proyectos de estufas mejoradas”. Específicamente, se documentará cómo se ha potencializado la capacidad institucional tanto de Fundación Natura como de otras entidades que se han ido involucrando en el proceso para acceder al mercado de carbono a través de los proyectos de estufas eficientes.

3.2 Fuentes de información y recopilación de datos

Para adelantar el proceso de sistematización fue necesario acopiar la información necesaria para reconstruir la experiencia. Las principales fuentes de información fueron los documentos elaborados a lo largo del proyecto y adicionalmente, se apeló a los formatos de registro (videgrabaciones, actas y memorias de los eventos) que fueron utilizados en las distintas actividades realizadas.

¹⁵IICA. Guía de monitoreo y evaluación de proyectos. s. l: IICA - AEA - Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia, 2012. p. 11.

4. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

4.1 Acercamiento interinstitucional

Para construir un programa de actividades (PoA) es necesario involucrar a las distintas entidades que adelantan proyectos de estufas eficientes en el territorio nacional. Hasta el año 2013, no existía información confiable respecto al número de estufas construidas en el país con excepción del proyecto Huellas de CORNARE. Durante los últimos 10 años, esta entidad gubernamental de carácter descentralizado, ha liderado un proceso de masificación de estufas dentro de su jurisdicción, aunque la iniciativa se remonta hasta mediados de los años noventa cuando empezaron a construirse las primeras unidades en el oriente antioqueño. Dado que la elaboración del PoA requiere contar con la participación de socios con experiencia en la implementación de proyectos de estufas, fue claro desde un comienzo que CORNARE debía ser el principal aliado estratégico del proyecto.

LECCIÓN APRENDIDA: Es importante identificar y vincular socios con experiencia en el tema y en lo posible que puedan garantizar un flujo regular de fondos para construir estufas.

Las directivas de ésta institución fueron informadas sobre el potencial de los proyectos de estufas eficientes en los mercados de carbono, y después de analizarlo cuidadosamente, le dieron el respaldo y se adhirieron a la iniciativa. La masificación de estufas eficientes de leña en el oriente antio-

queño estimuló la implementación de iniciativas similares en otros lugares del departamento financiados principalmente por los gobiernos locales, el departamento y entidades privadas como EPM. Con base en esta experiencia, CORANTIOQUIA incluyó dentro de sus planes de acción, la disseminación de estufas en el territorio de su competencia; sin embargo, se encontró con realidades distintas a las halladas por CORNARE, entre las que se destacaba el decrecimiento del número de personas en el núcleo familiar típico y un muy limitado poder adquisitivo que impedía contar con los alimentos necesarios como para cocinar las tres comidas del día. Esto obligó a considerar un nuevo diseño de estufa que fuera más acorde con las realidades de cocción de las familias rurales, dando origen al sistema de cocción ecoeficiente (SCE)¹⁶. Este modelo de estufa de dimensiones menores que la estufa promovida por CORNARE, parece ajustarse más a dichas necesidades.

Una vez se conoció que CORANTIOQUIA también estaba masificando su modelo de estufa, se le invitó a ser parte de la iniciativa, y la corporación aceptó ser parte de esta alianza.

Los tres actores del proceso, empezaron a desarrollar la propuesta de manera conjunta y se definieron los aportes que servirían de contrapartida. Un punto álgido en el desarrollo de la

¹⁶Estándares, metodologías y experiencias nacionales en el desarrollo de estrategias y proyectos de estufas eficientes. Memorias del taller. Medellín: Fundación Natura, 2014. p. 35.

propuesta, tuvo que ver con definir quién iba a ser la entidad responsable de administrar el proyecto y los ingresos obtenidos de la comercialización de los créditos de carbono. Dado el escaso tiempo con el que se contaba para formular el proyecto, se decidió que ese tema debería ser discutido con más detalle y propuesto como una actividad específica dentro del proyecto.

Si bien las tres instituciones socias tienen experiencia en la implementación de proyectos ambientales y son reconocidas por su credibilidad en el contexto ambiental nacional, ninguna de ellas tenía experiencia en formular proyectos de reducción de emisiones de GEI. Lo anterior constituía una barrera para el desarrollo del proyecto, debido a que es clave conocer los pormenores de la elaboración del documento de diseño de un programa de actividades (PoA). Se decidió, entonces, buscar la asesoría de una entidad experta en este tema. Desde hace más de cinco años, una de las compañías líderes en el mundo en asesoría, gestión y corretaje de carbono South Pole Carbon, estableció una sucursal en la ciudad de Medellín, desde donde maneja los diferentes proyectos de mitigación de emisiones de GEI que se implementan en Suramérica. Esta compañía ha desarrollado y asesorado proyectos de estufas eficientes en Centroamérica, África y Asia los cuales ya han sido registrados en el mercado del carbono, razón por la cual, se optó por vincularla como asesora externa del proyecto y consultora, apoyando la formulación del PoA y los correspondientes VPA, además de su registro ante el estándar de carbono elegido.

LECCIÓN APRENDIDA: Es fundamental contar con la asesoría de una compañía con experiencia en gestión y corretaje de carbono.

Además de estas instituciones, también se consideró en un principio la participación de la Secretaría de Ambiente de la gobernación de Antioquia que había cofinanciado la construcción de estufas en el departamento, pero no fue posible concretar una alianza formal con dicha entidad.

Una vez el proyecto estuvo en marcha, se inició la tarea de identificación de las diferentes instituciones que estaban trabajando con el tema de estufas eficientes en el país y se pudo establecer que existía un importante número de corporaciones autónomas regionales que, como CORNARE y CORANTIOQUIA, estaban diseminando estufas de leña en sus jurisdicciones. Sin embargo, el acercamiento inicial a algunas de estas instituciones no fue fructífero debido a que ellas mostraron poco interés o un cierto escepticismo en la iniciativa, posiblemente por el desconocimiento de un tema que apenas emerge en el país.

Cuando el proyecto cumplía con su primer semestre de ejecución, la primera entidad que mostro un interés en el tema fue el Fondo Patrimonio Natural, una organización no gubernamental encargada de canalizar recursos para la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas nacionales. En el marco de su programa Paisajes de Conservación - Caribe, se propuso la inclusión de los proyectos de estufas eficientes como estrategia para reducir la presión sobre los escasos relictos de bosque seco presentes en esta región del país. A partir del interés demostrado, se inicia un acercamiento entre ambas entidades con el ánimo de compartir información respecto a las experiencias en el tema de estufas y a los distintos enfoques utilizados.

Para finales del primer año de ejecución del proyecto, se inician contactos con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) que a

través de las direcciones de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana (DAASU) y Cambio Climático asumió la tarea de generar un programa nacional de estufas eficientes que le apunte a cumplir con varios objetivos ambientales trazados por la entidad, incluyendo: reducción de la contaminación doméstica en ambientes rurales, disminución de compuestos orgánicos persistentes y disminución de las tasas de deforestación asociadas al consumo de leña.

Cuando Fundación Natura y MADS empezaron a hablar del tema, se pudieron evidenciar intereses comunes aunque con objetivos distintos: por un lado, la Fundación resaltó la importancia de identificar potenciales implementadores de proyectos de estufas que desearan sumarse al PoA nacional, mientras que el MADS presentó metas más amplias que no se circunscribían únicamente a temas de cambio climático; sin embargo, se pudo evidenciar una complementariedad entre ambas iniciativas que incentivó el trabajo conjunto de las instituciones.

La principal ventaja de tener como aliado al MADS, radica en el hecho de que por tratarse del ente rector de la agenda ambiental nacional, genera una mayor receptividad por parte de los distintos actores que conforman la institucionalidad ambiental, pública y privada del país, y garantiza un mayor poder de convocatoria e involucramiento en los temas planteados.

LECCIÓN APRENDIDA: La participación de una entidad gubernamental con poder de convocatoria que propicie acuerdos y compromisos, constituye una fortaleza que debe ser considerada cuando se pretenden implementar este tipo de iniciativas.

4.2 El proyecto en marcha

En abril de 2013 se inicia formalmente la ejecución del proyecto y desde el primer momento se tiene claro que cada actividad realizada debe contribuir con el cumplimiento de su objetivo general, es decir, la formulación, validación y ejecución de un PoA de estufas mejoradas de leña de alcance nacional.

La primera tarea contemplada fue definir el escenario de referencia (línea base) del proyecto. En esta etapa se observó que existían grandes diferencias entre la información requerida para cumplir con el objetivo del proyecto y aquella requerida para alcanzar el propósito del mismo: mientras que para el primer caso, los indicadores podían ser fácilmente identificables y medibles, para el segundo era difícil establecer indicadores objetivos que permitieran evaluar el logro del mismo. Es importante señalar que la línea base del proyecto no solo era importante para el cumplimiento del Plan Operativo del Proyecto (POP) sino también porque era parte de la formulación del PoA.

En relación con la línea base del proyecto tenía un plazo definido para su entrega, se pudo observar que para establecer unos valores de referencia era necesario ejecutar un trabajo de campo exhaustivo que se extendía más allá del tiempo inicialmente presupuestado para su entrega.

El trabajo implicó recolectar información de las familias participantes y realizar mediciones del consumo de leña que requerían tres días por familia. Además, por tratarse de una selección aleatoria, las familias no se encontraban localizadas en un mismo punto geográfico, sino que estaban dispersas en al menos tres municipios por cada área de trabajo, lo que hizo más dispendiosa la tarea,

previo a la realización de esa actividad, algunas familias participantes se retiraron del proceso lo que obligó a modificar la agenda de trabajo, retrasando la entrega de la línea base.

4.2.1 Elaboración del PoA y sus componentes (VPA)

Elaborar el documento de diseño de un programa de actividades (PoA-DD) requiere información primaria que, en un alto porcentaje, debe recolectarse en campo. La piedra angular de los proyectos de estufas que le apuestan al financiamiento del carbono, es determinar los potenciales ahorros de leña que este tipo de tecnologías pueden ofrecer. Esta variable debe ser medida directamente en campo o inferida a partir de datos de eficiencia térmica, y la elección de uno u otro método dependerá en gran medida de la metodología de cuantificación de las emisiones reducidas que pretenda adoptarse.

En un principio, se propuso utilizar la metodología AMS.II-G desarrollada para el mercado regulado¹⁷. Sin embargo, se encontró como limitante que este protocolo exige que las tecnologías propuestas deben poseer una eficiencia térmica mínima del 20%. Ninguno de los modelos de estufas que son implementados por las instituciones que son parte del proyecto contaba con este dato, lo que implicaba realizar evaluaciones de la eficiencia de dichas estufas.

¹⁷La metodología de pequeña escala AMS.II-G corresponde a un protocolo de estimación de la reducción de emisiones procedentes de proyectos de estufas eficientes denominado "Energy efficiency measures in thermal applications of non-renewable biomass" que ha sido desarrollado para el Mecanismo de Desarrollo Limpio.

¹⁸Corresponde al acrónimo en inglés "Technologies and Practices to Displace Decentralized Thermal Energy Consumption"

LECCIÓN APRENDIDA: La eficiencia de las estufas es un dato clave para elegir el protocolo de estimación de la reducción de emisiones.

Ahora bien. Para establecer la eficiencia térmica de una estufa se puede optar por dos caminos: contratar los servicios de validación con una institución certificadora, como un laboratorio o una universidad con experiencia en el tema, o ejecutar dicha actividad por cuenta propia. Como Colombia no cuenta con laboratorios especializados en la medición de la eficiencia térmica de las estufas, se decidió medir esta variable de forma directa, lo que implicó una inversión importante en equipo, personal y materiales para ejecutar esta labor. Los resultados logrados con estas pruebas, demostraron que las tres estufas poseen eficiencias menores al 20%, por lo que no era posible utilizar la metodología AMS.II-G como protocolo de estimación de reducción de las emisiones. La utilización de esta metodología tenía la ventaja de permitir que cualquiera de los tres métodos para cuantificar los ahorros de leña pudiera ser utilizado. Ante esta situación, el proyecto tuvo que replantear el uso de este protocolo y adoptar la metodología de estufas propuestas para el mercado voluntario conocida como TPDDTEC¹⁸, desarrollada por la Gold Standard Foundation, que es un poco más flexible que la AMS.II-G puesto que no exige explícitamente el cumplimiento de un umbral mínimo de eficiencia; sin embargo, esta metodología sólo da la posibilidad de trabajar con un solo procedimiento de medición de los ahorros de leña.

En el caso de TPDDTEC la medición de los ahorros de leña se hace aplicando un procedimiento conocido como test de rendimiento de cocina (KPT) en el que se establece un número mínimo de

familias cuyos consumos de leña deben ser evaluados antes y después de la introducción de la nueva estufa. Con ello se persigue saber cuál es la cantidad de combustible que se ahorra por familia. Sin embargo, la ejecución del KPT demanda una gran cantidad de tiempo y recursos que inciden en el desarrollo de los proyectos. La prueba también se encuentra sujeta a externalidades que son difíciles de prever cuando se diseña el proyecto.

En el caso particular del presente proyecto, ocurrieron una importante cantidad de deserciones de familias que inicialmente, participaban de la primera parte de la prueba (medición del consumo de leña sin estufa eficiente) pero que al poco tiempo tomaban la decisión de no continuar, lo que obligaba a buscar nuevas familias que las reemplazaran con la desventaja de tener que empezar nuevamente, midiendo el consumo de leña antes de la implementación de la estufa. Otra situación crítica que se presentó fue el hecho que la actividad de construcción de estufas se vio interrumpida por la entrada en vigor de la Ley 996 de 2005. Esta normativa, también conocida como Ley de garantías electorales, pone restricciones a la contratación por parte del estado en periodos preelectorales. Dado que estaban programados comicios tanto parlamentarios como presidenciales para mediados del año 2014, toda la contratación pública fue suspendida durante los seis meses previos a la realización de las votaciones lo que obligó a suspender la construcción de estufas en las jurisdicciones de CORNARE y CORANTIOQUIA por la carencia de los materiales que se contratan a través de los procesos licitatorios.

LECCIÓN APRENDIDA: Desde la etapa de diseño del proyecto, es importante considerar las limitantes político-administrativas y jurídicas que pueden condicionar la ejecución de un proyecto.

Lo anterior afectó negativamente el proyecto dado que las familias que participaban del ejercicio de medición del consumo de leña no contaron con la estufa nueva, la cual era necesaria para adelantar la evaluación de los consumos después de la implementación de la nueva tecnología de cocción. Lo anterior obligó a postergar el monitoreo por siete meses, y en consecuencia no fue posible disponer de los resultados de los ahorros de leña en el tiempo previsto.

La contratación estatal se reanudó en el mes de julio de 2014 con lo cual las entidades ejecutoras pudieron construir las estufas que estaban pendientes y con ello, se retomaron las actividades de monitoreo.

Con los resultados de la segunda fase de monitoreo, se pudo determinar los ahorros de leña para las estufas FN, Huellas y SCE. Con esta información, South Pole Carbon pudo concluir la elaboración del PoA - DD y sus dos componentes (VPA del corredor de Robles y de CORNARE).

4.2.2 Sensibilización de actores interesados

Para crear capacidades nacionales alrededor del tema de estufas eficientes y su relación con los mercados de carbono, fue importante despertar el interés entre las entidades de los distintos sectores para los que la cocción doméstica cobra mayor relevancia. Durante el transcurso del proyecto, se hizo evidente que el conocimiento sobre este tema se circunscribía específicamente al sector ambiental; así un importante número de corporaciones autónomas regionales habían emprendido proyectos de construcción de estufas, impulsados por los notables resultados que CORNARE ha logrado obtener con el programa Huellas. Sin embargo, con excepción de CORNARE, ninguno de ellas parece tener estrategias

de sostenibilidad de estos programas que sean perdurables en el mediano o largo plazo y muchas no cuentan con presupuestos amplios para ejecutar proyectos de estufas o simplemente este tipo de actividades no se priorizan dentro de sus planes de gestión ambiental.

No obstante, esta falta de lineamientos y de recursos para construir estufas mejoradas de leña por parte de las corporaciones, puede convertirse en una oportunidad para desarrollar proyectos de carbono. La ausencia de políticas que estimulen la construcción sistemática de estufas, garantiza que el escenario actual este tipo de iniciativas, cumplan con la adicionalidad exigida por los estándares de carbono, si se demuestra que en ausencia del incentivo que representan los CER/VER, las estufas no podrían construirse.

El desconocimiento de este tema por parte de las CAR y en general de las potenciales entidades que ejecuten proyectos de estufas, representaba la principal limitante para la implementación del PoA. En consecuencia, el primer paso para lograr la participación de los actores objetivo fue emprender la sensibilización y capacitación de los mismos. Para lograrlo, el proyecto propuso dentro del POP la realización de tres eventos de difusión que abordaban aspectos distintos pero complementarios de la utilización de estufas eficientes:

- El primer evento giró en torno a cómo los proyectos de estufas mejoradas pueden contribuir significativamente a mitigar el cambio climático y beneficiarse del mercado de carbono como mecanismo de apalancamiento de recursos. Con el nombre de “Taller sobre estándares, metodologías y experiencias nacionales en el desarrollo de estrategias y proyectos de estufas eficientes de leña”, se organizó en la ciudad de Medellín, la primera actividad de capacitación

dirigida principalmente a corporaciones autónomas regionales entre otras instituciones de carácter gubernamental. El taller contó con la participación de 20 instituciones entre públicas y privadas además de los conferencistas que por Gold Standard Foundation, Fundación Natura y South Pole Carbon expusieron los temas presentados en la agenda. Cabe destacar que asistió el 50% de las entidades invitadas y al menos tres de ellas mostraron interés en adherirse al programa de actividades.

- Considerando el impacto que la cocción doméstica rural tiene en mujeres y niños, no sólo como usuarias de los sistemas de cocción sino también en los distintos eslabones que componen el proceso de disseminación y masificación, se realizó un segundo evento de difusión enfocado en sensibilizar a los potenciales ejecutores de proyectos con respecto a la importancia de incorporar la cuestión de género en el desarrollo de las iniciativas de estufas. Con el apoyo de la ONG boliviana CEDESOL, se organizó en la ciudad de Bucaramanga, el foro - taller “Mejorando la comprensión del mercado de estufas eficientes: Identificación de la conformación de la cadena de valor de las estufas eficientes en Colombia”. Este foro se organizó de tal manera que hubiese una mayor interactividad entre los asistentes quienes con base en las exposiciones presentadas por los conferencistas, debían contribuir con sus aportes en la construcción colectiva del concepto de cadena de valor de estufas eficientes. Se extendieron invitaciones para 32 instituciones entre gubernamentales y privadas, pero sólo asistieron cinco de ellas, lo que evidencia el poco interés que el tema despierta entre los actores interesados y de paso, resalta la necesidad de crear una mayor conciencia en torno a los aspectos de género que por lo general son subestimados en los proyectos de estufas.

- La transversalidad de la cocción doméstica rural implica que el tema no puede reducirse únicamente a las bondades relacionadas con los ahorros de combustible y la adopción de estufas eficientes, sino que debe ser observada con un enfoque más integral en donde se consideren todos los aspectos convergentes. Para llegar a un sector más amplio de grupos de interés, se consideró necesario realizar un taller de estufas en el cual se pudiera abarcar todo el espectro temático de las tecnologías de cocción. De la mano del MADS y Patrimonio Natural, se organizó un evento de tres días de duración que contó con un staff de conferencistas nacionales y extranjeros quienes brindaron sus experiencias y perspectivas. Vale la pena destacar la participación de la Global Alliance for Clean Cookstoves (GACC) que no solo auspició el evento, sino que también envió dos delegadas para presentar el escenario actual de la cocción doméstica a nivel mundial y las perspectivas del sector en el mediano y largo plazo.

Este taller internacional contó con la asistencia de cerca de 100 personas que representaban alrededor de 60 instituciones del orden gubernamental, académico y privado, todas ellas con un interés en común: mejorar su comprensión respecto a la importancia de lograr una adopción generalizada de los proyectos de estufas eficientes en el país. A diferencia de los dos primeros eventos de difusión, la expectativa que despertó éste taller fue mucho mayor lo cual puede atribuirse en primera instancia, a la ciudad donde fue realizado, a la antelación con la que se organizó, al fuerte poder de convocatoria que posee el MADS y a una mayor opción de temáticas que capturaban la atención de los invitados. Con este tercer evento, se logró que más de 10 corporaciones autónomas regionales se hicieran presentes y

mostrarán en mayor o menor medida la intención de implementar proyectos de estufas mejoradas en sus jurisdicciones.

4.2.3 Apoyo a la creación de la mesa interinstitucional de estufas mejoradas

La importancia que ha cobrado el tema de estufas mejoradas en el país, en buena parte por el interés que ha despertado el trabajo del proyecto y de sus principales socios, impulsó al MADS a convocar a las partes interesadas para unir esfuerzos en la construcción de una política pública que incentive la implementación de proyectos de este tipo a nivel nacional. El Ministerio invitó a la Fundación Natura a participar de una mesa nacional interinstitucional de apoyo técnico para la formulación de estos lineamientos. La mesa pretende que las entidades que la conforman, aporten desde sus fortalezas al incremento del conocimiento y las capacidades nacionales en aspectos fundamentales como el diseño y estandarización de estufas; la creación de mercados y estrategias de financiación para masificar las diferentes tecnologías; el monitoreo sobre los impactos en la salud y en el ambiente, mediante la disminución de la contaminación intradoméstica; la adopción y empoderamiento femenino, entre otros.

En este sentido la Fundación Natura ha brindado un apoyo continuo a la iniciativa, participando activamente de las reuniones convocadas por el Ministerio y generando espacios de diálogo entre las distintas instituciones involucradas. Uno de los resultados visibles de la mesa fue la creación del comité de normalización de estufas eficientes para Colombia en la que se encuentran involucradas instituciones públicas, ONG y el sector académico, además del ICONTEC que es el órgano rector de los procesos de normalización, que pretende

crear una serie de estándares que establezcan especificaciones similares en su alcance a las que vienen manejándose internacionalmente en el tema de estufas de leña pero que guarden congruencia con las realidades del contexto colombiano.

4.2.4 Primer paso hacia la validación: registro en el estándar de carbono

Por los inconvenientes señalados en el numeral 4.2.1, así como los plazos internos que tiene el Gold Standard no parece ser posible registrar el programa de actividades (PoA) dentro de los plazos señalados en el marco de la ejecución del proyecto. A pesar de ello, durante el mismo se logró la revisión de todo el proceso de consulta pública, la revisión de la documentación remitida por la Fundación Natura como proponente del proyecto y la realización de la visita de campo por parte del observador objetivo a la zona de Santander. Además, una vez que el documento del PoA - Dd estuvo finalizado, se creó una cuenta en Gold Standard para registrar el proyecto; tanto el PoA - DD como el primer VPA - DD pasaron la revisión del proceso de consulta pública.

Desafortunadamente no es posible detallar en este documento todas las incidencias del proceso de validación, dado que hasta el momento de la impresión de este documento, dicha actividad aún no se había completado.

4.3 El financiamiento de carbono ¿es una opción viable?

Uno de los temas de mayor importancia del proyecto financiado por AEA es la posibilidad de contar con el financiamiento de carbono como herramienta de sostenibilidad para los programas de estufas eficientes de leña. Las premisas que

subyacen el diseño del proyecto son las siguientes:

- Que la formulación de un PoA (programa agrupado) reduce significativamente los costos de formulación de los proyectos individuales y, en ese sentido, estimula la incorporación de proyectos que no serían viables de otra manera.
- Que el financiamiento de carbono permitirá cubrir costos de actividades que tradicionalmente no cuentan con recursos para su financiación - por ejemplo, monitoreo, seguimiento de la adopción, reparaciones y cambios, etc. -, así como ampliar el alcance de los programas (construcción de nuevas estufas).
- Que el hecho de contar con un PoA (programa agrupado) incentiva y facilita la entrada de nuevos actores al tema de las estufas eficientes de leña, por la reducción en los costos de transacción para los promotores y desarrolladores.

La ejecución del proyecto ha permitido recabar información que arroja luces para confirmar (o negar) dichas premisas, y establecer mecanismos que, en el último caso, permitan corregir las posibles distorsiones de ese escenario ideal concebido. Además, ha permitido afinar información de costos, plazos y procedimientos para la toma de decisiones a futuro.

4.3.1 Formulación y validación - Reducción de los costos por la estrategia de construir un proyecto agrupado

Los beneficios de formular un programa agrupado y un procedimiento simplificado de incorporación de nuevas instancias al mismo, pueden ser aprovechados principalmente por los promotores y desarrolladores locales de estos proyectos de eficiencia energética que, en el caso colombiano, son las corporaciones autónomas regionales, em-

presas privadas con procesos de responsabilidad social empresarial, o gobiernos departamentales y municipales.

El PoA deja, como uno de sus más importantes productos, una plantilla para la elaboración de los documentos de diseño de las instancias (VPA-DD) con la metodología TPDDTEC, que puede ser fácilmente completada, sin el requerimiento absoluto de contar con una empresa consultora para ello, siempre y cuando se cuente con la información básica para ello, la cual incluye:

- La delimitación del área del proyecto (con características relativamente homogéneas);
- El cálculo del factor de no renovabilidad de la biomasa para el área (o el valor por defecto adoptado por la autoridad competente (en este caso el MADS o el MME);
- El cálculo de la eficiencia del modelo de estufa utilizado, o la certificación del mismo por un laboratorio acreditado para el efecto;
- El cálculo del ahorro de leña (en kg o toneladas por año) por cada estufa;

Ahora bien, estos costos no pueden ser obviados por los desarrolladores de proyecto, pues constituyen puntos básicos para la formulación de una instancia, pero pueden ser disminuidos mediante el uso de factores por defecto, en los casos en que esto es posible.

Sin embargo, sí hay unos costos que se reducen significativamente y que corresponden a:

- Formulación del VPA-DD, por el uso de la plantilla elaborada en el PoA;
- Validación de la instancia, por el hecho de que con la metodología TPDDTEC el validador es directamente el Gold Standard.

En contraprestación, los desarrolladores de proyectos al incorporarse en el proyecto agrupado aceptan el cumplimiento de las reglas, criterios y procedimientos establecidos en el mismo, en términos de implementación, monitoreo y reporte, así como los mecanismos de gobernanza creados y los costos de administración que deben ser reconocidos a la entidad administradora y coordinadora (CME), para los casos en que esto aplique (sólo para entidades diferentes a CORNARE y CORANTIOQUIA, cuya incorporación se dé con posterioridad a la validación del PoA.

4.3.2 Verificación - Uso de los recursos del financiamiento de carbono

A pesar de que por su horizonte temporal no es posible contar en este momento con una experiencia verificable donde se haya realizado comercialización y venta de créditos de carbono, el proceso de selección de la metodología, de construcción de las instancias de proyecto y de validación de las mismas si provee información clave para este análisis.

La selección de la metodología TPDDTEC tiene una serie de consecuencias inmediata para el proyecto agrupado y sus instancias, que se reflejan en los ingresos disponibles por carbono:

- Cada una de las instancias de proyecto debe ser diseñada de manera que generen un máximo de 10.000 VERs (equivalentes a reducciones de 10.000 tCO₂e) al año. La reducción en las emisiones individuales de cada estufa, provenientes de la reducción en el consumo de leña que se midió para los distintos tipos de estufas eficientes utilizados, está entre 1,5 y 2,0 tCO₂e al año, lo cual quiere decir que cada instancia de proyecto podría comprender entre 5.000 y 6.667 estufas.

- La validación y verificación de proyectos con la metodología señalada, en un proyecto de micro escala, es realizada directamente por el Gold Standard (y no por validadores y verificadores externos), con la ayuda de observadores objetivos que se encargan de verificar en campo los componentes de biodiversidad y comunidades de los proyectos; por consiguiente hay una reducción de los costos asociados a la verificación.
- Los costos de captura e información para el monitoreo, previo a las verificaciones, se reducen por el desarrollo, con recursos del proyecto, y uso de una herramienta informática, abierta, de uso público, construida para ser usada mediante

dispositivos móviles comunes (tabletas, celulares), alojada en la nube y alimentada en tiempo real.

- Por otro lado, se reduce la frecuencia de las auditorías en campo, que se realizan cada tres años, después de la visita inicial, y no anualmente como en otros esquemas.

Así las cosas, suponiendo una frecuencia de verificación trianual, los ingresos y costos de la actividad para cada instancia de proyecto pueden resumirse de la siguiente manera (las cantidades, los costos y los valores totales son exclusivamente indicativos, y dan una idea de los órdenes de magnitud):

Tabla 1. Ingresos y costos relacionados con la implementación de un PoA de estufas eficientes

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTO (USD)	
		Unitario	Total
Ingresos:			
Venta de créditos de carbono	30.000	6,00	180.000
Egresos:			
Monitoreo anual	3	10.000,00	30.000
Verificación	1	15.000,00	15.000
Registro	30.000	0,50	15.000
Administración del PoA	30.000	0,50	15.000
Ingreso neto			105.000

Incluso si los ingresos están sobreestimados (por el tamaño de la instancia o por el valor de los VERs en el mercado) y algunos de los costos están subestimados (por ejemplo el monitoreo anual), hay un saldo a favor para cada PoA que puede invertirse en actividades tales como:

- Creación de un fondo común para emergencias, reparaciones y cambios
- Fondos para la realización de procesos de verificación conjunta de diferentes VPAs;
- Pago de actividades básicas de monitoreo y seguimiento de la adopción y el uso de cocinas;

- Mecanismos de apoyo a la inversión en innovación dentro del PoA o de VPAs concretos;

O puede invertirse en la ampliación del alcance del programa, mediante la construcción de estufas adicionales para otros potenciales beneficiarios. Con los modelos actuales de estufas utilizados en el país, cuyo costo unitario está alrededor de USD 300, se podría financiar la construcción de 350 nuevas estufas cada tres años. Es decir que al cabo del máximo período de acreditación total del programa (21 años), cada PoA podría construir 2.450 estufas en total, lo cual es equivalente a la renovación de entre el 40 y el 50% de las estufas totales de cada instancia.

Este valor, a pesar de ser indicativo, da cuenta del aporte de la financiación de carbono a la sostenibilidad de un programa de estufas eficientes en ámbitos rurales en el país.

4.3.3 Réplica – El caso ECOPEPETROL y el trabajo con corporaciones autónomas y otras entidades

La existencia del PoA, cuyo efecto esperado es la réplica de proyectos de estufas eficientes en el país, sirvió para la consecución de recursos de contrapartida para la construcción de estufas en dos regiones del país, coincidentes con las dos primeras instancias del programa agrupado: Antioquia y Santander.

Estos recursos fueron gestionados en 2013 por la Fundación Natura en el marco de una convocatoria de ECOPEPETROL, empresa para la cual el hecho de contar con el soporte, a manera de contrapartida, del proyecto de carbono era una garantía de que su cooperación contribuiría significativamente a su meta voluntaria de mitigación del cambio climático. El acuerdo con la empresa incluyó la formulación y validación de VPAs (instancias) en

Antioquia y el Corredor de Robles (Santander), así como la verificación de los mismos y la emisión de créditos de carbono, de los cuales un porcentaje debe ser entregado a la empresa como contraprestación por su apoyo; ECOPEPETROL utilizará dichos créditos como vehículo para compensar una parte de su huella de carbono corporativo.

Una nueva convocatoria, realizada por la misma ECOPEPETROL en 2014, permitió generar dos proyectos adicionales y similares para los departamentos de La Guajira y Norte de Santander, en los cuales el mismo proyecto financiado por AEA permitió desarrollar el análisis WISDOM para priorizar áreas en las jurisdicciones de CORPOGUAJIRA Y CORPONOR, y calcular el factor de no renovabilidad para esas áreas prioritarias.

La importancia de esta relación que se construyó a partir del proyecto financiado por AEA es su trascendencia en términos de las relaciones que se han establecido con otras corporaciones autónomas regionales, en el marco de su propia relación con ECOPEPETROL. Así, en la convocatoria de 2014, tres corporaciones más (CORPONARIÑO, CAM y CORPOCHIVOR) fueron beneficiadas directamente con la adjudicación de recursos para la construcción de estufas eficientes en sus jurisdicciones respectivas (los departamentos de Nariño, Huila y parte de Boyacá, respectivamente).

Sin embargo, el requerimiento de la empresa fue la de desarrollar conjuntamente con la Fundación Natura instancias de proyectos para que sus estufas sean incorporadas a los mercados voluntarios de carbono, incrementando la sostenibilidad de tales programas, y para que se desarrollen los análisis previos (WISDOM y fNRB) que generen la información.

Estos resultados dan cuenta del gran potencial

del programa agrupado de estufas que se desarrolló, de la credibilidad que genera en términos de mitigación real de las emisiones de dióxido de carbono, y de los nuevos vínculos que genera entre instituciones que históricamente han trabajado de manera desarticulada, todo alrededor de los mercados de carbono.

LECCIÓN APRENDIDA: La existencia de un proyecto agrupado de carbono es un incentivo efectivo para la ejecución de proyectos de estufas eficientes de leña con un énfasis en mitigación del cambio climático, y que garantice claros beneficios sociales y ambientales adicionales.

5. ANÁLISIS DEL PROCESO

La formulación y validación de un PoA - DD revisa una serie de complejidades que al no haber sido conocidas previamente y por lo tanto completamente consideradas desde la concepción de la propuesta, dificultaron el cumplimiento del propósito definido para el proyecto. El tiempo, y también la falta de experiencia del país en estos procesos, constituyeron los principales condicionantes para cumplir con las metas fijadas dado que las realidades observadas en campo fueron totalmente distintas a las que se habían presupuestado. Debe señalarse que no hay experiencias previas de programas agrupados de estufas eficientes de leña en el país, y que incluso en otros temas (forestal, industrial, transporte, etc.) los programas agrupados no han sido una estrategia muy utilizada y solo ahora están teniendo un relativo auge.

El diseño de un PoA - DD y de sus componentes requiere de una importante cantidad de información básica que muchas veces debe ser gene-

rada por la entidad desarrolladora. Esa labor de producir nueva información implica una inversión de tiempo y recursos que de no ser considerada en el diseño inicial del proyecto, retrasará significativamente la entrega de productos y por ende, afectará el cumplimiento de las metas trazadas.

Un proyecto de estufas mejoradas que le apuesten al financiamiento del carbono debería contar con dicha información previamente a la etapa de diseño del proyecto para que puedan orientarse de mejor manera los esfuerzos invertidos en la construcción de los documentos. Un proceso de este tipo debería considerar un estudio de prefactibilidad como insumo para la elaboración del PoA - DD en el que se incluyan temas clave como: la selección de áreas priorizadas para la implementación de proyectos y análisis de la fracción no renovable de la biomasa (fNRB), temas que en el caso del presente proyecto debieron ser abordados simultáneamente con la formulación del documento de diseño.

LECCIÓN APRENDIDA: La carencia de información básica para la elaboración de los documentos de diseño de un PoA o de sus componentes puede limitar significativamente el avance del proceso. Contar con estudios de prefactibilidad que desarrollen dicha información, podría hacer más expedita la formulación de este tipo de proyectos.

La carencia de información relacionada con las especificaciones técnicas de los sistemas de cocción también constituyó una barrera importante para el cumplimiento del propósito, pues la elaboración de un PoA - DD exige que se establezca claramente una metodología de medición de la reducción de emisiones. Para el caso de los proyectos enfocados al mercado voluntario es claro que existe la posibilidad de utilizar cualquiera de las dos metodologías que hasta el momento existen; sin embargo, en ambos casos es crítico que las estufas propuestas para el proyecto cuenten con su correspondiente dato de eficiencia térmica, ya que esto permite conocer con certeza si el proyecto es viable o no; la anterior afirmación, se fundamenta en el hecho de que en el caso de la metodología AMS.II-G se exige que las estufas cumplan con un mínimo de eficiencia para ser evaluadas (20% logrado a través de la prueba WBT) y aunque la metodología TPDDTEC no hace tan explícito dicho requisito, es probable que en el futuro cambie dicha condición, debido a la creciente necesidad por fijar un umbral de rendimiento que garantice la calidad de las nuevas tecnologías de cocción.

El hecho de que la metodología AMS.II-G permita hacer uso de cualquiera de los tres protocolos para calcular los ahorros de leña que servirán de base para estimar las reducciones, hace que la balanza se incline en su favor como metodología de medición pues el desarrollador de proyecto, pri-

vilegiará aquella opción que implique una menor cantidad de gastos relacionados principalmente con las actividades de monitoreo. Esta posibilidad no existe en la metodología TPDDTEC, ya que sólo acepta el KPT como protocolo de medición del ahorro de leña, lo que puede llegar a ser más oneroso para el desarrollador de proyecto debido a que reviste una mayor complejidad logística.

La selección del estándar de carbono también juega un rol preponderante en la formulación del PoA - DD. En la actualidad, Gold Standard Foundation se ha consolidado como el estándar más visible en el tema de estufas eficientes ya que se ha enfocado en certificar proyectos de reducción de emisiones procedentes de proyectos relacionados con el ámbito energético. No obstante, estándares como VCS¹⁹ y ACR²⁰ también son opciones disponibles de validación y registro para proyectos de estufas.

Cada estándar de carbono establece sus propias reglas, con el objeto de asegurar la calidad de las emisiones reducidas, y por ese mismo motivo, existen procedimientos y requisitos que diferencian a un estándar del otro. En el caso particular de Gold Standard, todo programa de actividades o proyecto individual debe ser objeto de una consulta pública con grupos de interés en donde todas las observaciones y sugerencias planteadas por los participantes deben presentarse en un documento específico. Es muy importante que esta consulta se prepare con la suficiente anticipación para asegurar una nutrida participación de los distintos grupos de interés. En este caso se deben considerar dos tipos de actores: el público general y la institucionalidad gubernamental y privada.

¹⁹ Verified Carbon Standard

²⁰ American Carbon Registry

Por regla general se sugiere que la convocatoria a la consulta pública se realice con un mes de anticipación como mínimo, a la fecha de realización. En el caso del público general se deben utilizar los medios de comunicación que tengan mayor cobertura en el área del proyecto; la radiodifusión es en el caso de este proyecto, la herramienta más útil para este propósito, debido a que este medio es el de mayor acogida y acceso por gran parte de las comunidades rurales. Opcionalmente se pueden utilizar medios impresos aunque la experiencia revela que tienen un menor impacto entre las comunidades. Las instituciones pueden ser informadas mediante invitaciones hechas por correo tanto electrónico como convencional certificado con la misma antelación a la fecha de la consulta. En todos los casos debe conservarse un registro de dichas invitaciones puesto que debe ser anexado al documento de diseño como constancia del envío.

Con base en la experiencia arrojada por el presente caso, se puede decir que el solo proceso de formulación del PoA-DD de un pWroyecto de estufas eficientes puede tomar de seis a doce meses dependiendo de la información básica disponible. Sin embargo, es altamente recomendable que antes de tomar la decisión de elaborar un PoA-DD, se determine la viabilidad técnica, logística y financiera de implementar un proyecto de estufas, mediante una evaluación previa como la que puede obtenerse de un estudio de prefactibilidad.

Sumar esfuerzos institucionales también constituye un desafío para quien desarrolla un programa de actividades de estufas eficientes. A pesar de las bondades que conlleva la masificación de tecnologías de cocción más eficientes y limpias, se evidenció que pocas entidades en Colombia están en capacidad de incorporarse al programa de actividades en el mediano plazo; entre ellas pueden contarse las corporaciones autónomas regionales de mayor capacidad técnica y administrativa, empresas privadas con programas voluntarios de responsabilidad empresarial, o algunas entidades de carácter mixto (v.g: CAEM de la Cámara de Comercio de Bogotá). Lo anterior puede ser el resultado de la escasa capacidad operativa con que cuentan gran parte de estas instituciones y de la inexistencia de políticas internas que estimulen el desarrollo de estos proyectos.

Es posible que con la creación de un programa nacional de estufas eficientes como el que lidera en Colombia el MADS a través de la Mesa Interinstitucional, se pueda influir decisivamente para lograr la incorporación de los proyectos de estufas en los instrumentos de política pública tanto de carácter nacional como local. Se requiere un apoyo más explícito desde los sectores de energía y salud para lograr este objetivo, puesto que la participación de un solo sector como el ambiental, si bien es muy importante, no garantiza la plena consolidación del proceso, lo que a la postre se verá reflejado en el éxito o fracaso de las iniciativas que se emprendan.

6. PUNTO DE LLEGADA

Lograr que millones de hogares rurales en países en desarrollo como Colombia, puedan acceder a fuentes y tecnologías energéticas más modernas para mejorar su calidad de vida, implica una importante inversión de recursos humanos y financieros. Para garantizar la sostenibilidad de los procesos se requieren nuevas alternativas de financiación que contribuyan a disipar el carácter asistencialista que durante años ha caracterizado las distintas iniciativas de masificación de estufas mejoradas. El financiamiento del carbono puede facilitar que este cambio se produzca.

En el esquema utilizado por el presente proyecto, se convino con los beneficiarios de la estufa la cesión de los derechos sobre los VER, como contraprestación a la construcción de la misma. De esta manera, los beneficiarios se convierten en cofinanciadores del bien que adquiere y fortalecen su sentido de apropiación por algo en lo que “invertieron”, lo que a la larga resulta beneficioso para aumentar la tasa de adopción del proyecto en general.

Para la sostenibilidad de proyectos de estufas eficientes, es crucial que exista una política nacional (o regional) en torno al tema, pues de esta forma se pueden cohesionar los esfuerzos de las distintas entidades tanto del sector público como privado. Una visión integrada, en donde converjan los diferentes actores que trabajan en los distintos eslabones de la cadena de valor de las estufas eficientes, podrá propiciar un sostenimiento de la iniciativa tanto desde lo conceptual como desde lo financiero.

La inclusión de la empresa privada también puede constituir un factor determinante para la sostenibilidad de este tipo de proyectos. Muchas empresas que poseen políticas claras de responsabilidad empresarial, social y ambiental, le están apostando a proyectos que les ayuden a cumplir con sus metas ambientales, pero que adicionalmente demuestren beneficios de orden social e incluso económico. En este sentido, se encuentran importantes oportunidades para obtener recursos financieros que contribuyan a la sostenibilidad de la iniciativa en el mediano y largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

BLUNCK, M. et. al. Carbon markets for improved cooking stoves. 4ª Edición. Eschborn (Alemania): GIZ – HERA, 2011. 61 p. Disponible en: <http://www2.gtz.de/dokumente/bib-2010/gtz2010-0202en-stove-carbon-market.pdf>

DANE. Defunciones no fetales 2014 – Preliminar. Bogotá: DANE, 2015. Cuadro 5. Archivo Excel. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/index.php/es/poblacion-y-demografia/nacimientos-y-defunciones/118-demograficas/estadisticas-vitales/2877-defunciones-no-fetales>

_____. Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2013. Bogotá: DANE, 2013. Archivo Excel. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-sociales/calidad-de-vida-ecv>

_____. Estimación y proyección de población nacional, departamental y municipal total por área 1985 – 2020. Bogotá: DANE, 2005. Archivo Excel. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/proyecciones-de-poblacion>

Estándares, metodologías y experiencias nacionales en el desarrollo de estrategias y proyectos de estufas eficientes. (2014: Medellín) Memorias del taller sobre Estándares, metodologías y experiencias nacionales en el desarrollo de estrategias y proyectos de estufas eficientes. Bogotá: Fundación Natura, 2014. 115 p. Disponible en: <https://www.slideshare.net/secret/pLR7EvezoNxTEJ>

FAO. Bosques y energía: cuestiones clave. Roma: FAO, 2008. 69 p. ISBN 978-92-5-305985-0

FAO. What woodfuels can do to mitigate climate change. Roma: FAO, 2010. 83 p. ISBN 978-92-5-106653-9

IICA. Guía de monitoreo y evaluación de proyectos. Versión 1.2. s. l: IICA – AEA – Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia, 2012. p. Disponible en: <http://www.energiayambienteandina.net/getattachment/e8412caf-8767-4fc0-99df-7292d8fad640/Guia-de-M-E-de-Proyectos.aspx>

LARSEN, Bjorn. Cost of environmental damage: A socio-economic and environmental health risk assessment. Reporte interno ministerial. Bogotá: Ministerio Medio Ambiente, Desarrollo y Vivienda, 2004. 71 p.

PNUD. Anexo A: Estadísticas de desarrollo humano. En: PNUD. Colombia rural: razones para la esperanza. Informe Nacional de Desarrollo Humano 2011. Bogotá: INDH – PNUD, 2011. 438 p. ISBN 978-958-8447-63-6

TRONCOSO, Karin. Factores asociados con una mejor adopción de estufas limpias: una perspectiva de género. En: Foro – Taller “Mejorando la comprensión del mercado De Las Estufas Eficientes: Identificación de conformación de la cadena de valor en Colombia” (1º: 2014: Bucaramanga). Bogotá: Fundación Natura, 2014. 44 p. Disponible en: http://www.mvccolombia.co/images/Memorias_Foro_-_Taller.pdf

UPME. Balance Minero Energético 1975 – 2012. Bogotá: UPME – SIMEC, 2012. Archivo Excel. Disponible en: http://www.upme.gov.co/GeneradorConsultas/Consulta_Balance.aspx?IdMódulo=3



SUPLEMENTO TÉCNICO

1

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS DE CONSUMO DE LEÑA APLICANDO LA HERRAMIENTA WISDOM: ESTUDIO DE CASO SUBNACIONAL EN ANTIOQUIA Y SANTANDER

Wilson Fernando Gómez y Javier Darío Aristizábal

INTRODUCCIÓN

Durante siglos la leña predominó como el único recurso energético sobre el cual se sustentó la supervivencia y desarrollo de la humanidad. Con el advenimiento de los combustibles fósiles, la leña quedó relegada a funciones de menor jerarquía dentro de la matriz energética, concentrándose principalmente en solventar necesidades domésticas fundamentales como la cocción de alimentos y la calefacción de espacios interiores. La Agencia Internacional de Energía (IEA) indica que para 2015 cerca de 2.600 millones de personas seguirán dependiendo de combustibles leñosos, lo que proyecta un aumento de la demanda para uso doméstico en un 6% respecto a los niveles demandados en 2004²¹. Para 2005, se estimaba que la extracción mundial de leña era de más de 1.500 millones de metros cúbicos procedentes de diferentes tipos de ecosistemas²².

Dado que la leña tiende a ser el eslabón más débil de la cadena de abastecimiento energético, no existen datos confiables respecto a cómo se comporta la oferta y demanda de este recurso y todo se reduce a proyecciones. Considerando las complejidades que rodean la cuantificación de dendrocombustibles dentro de un contexto dominado por la informalidad, es de particular interés, la aplicación de nuevos instrumentos que permitan mejorar la comprensión respecto a cómo se desarrollan las dinámicas de suministro y apropiación de combustibles biomásicos como la leña y el carbón vegetal. Uno de esos instrumentos,

de creación relativamente reciente, es el enfoque metodológico WISDOM (Woodfuels Integrated Supply/ Demand Overview Mapping) que constituye una herramienta orientada a la evaluación y planificación estratégica de los combustibles leñosos fundamentada en el análisis espacial del territorio en donde interactúan la oferta y demanda de este recurso²³.

La metodología WISDOM está concebida para determinar áreas prioritarias de intervención dendroenergética a través de la integración y análisis de información e indicadores relacionados con la demanda y oferta existentes²⁴. En virtud de lo anterior, esta herramienta puede apoyar la toma de decisiones respecto al tipo de actividad más adecuada dentro un área geográfica específica. Si se considera que un proyecto de estufas mejoradas es una actividad que hace parte de una estrategia general que intenta balancear la demanda y oferta de leña, entonces es claro que una herramienta como WISDOM puede contribuir a tomar una mejor decisión respecto a cuáles son los lugares de intervención más promisorios para emprender la masificación de nuevas tecnologías de cocción.

El presente capítulo muestra como la aplicación de la metodología WISDOM, permitió identificar las áreas geográficas con mayor potencial para la implementación de un proyecto de estufas mejoradas orientado al financiamiento del carbono.

WISDOM: CONCEPTO Y APLICABILIDAD

En el sector energético, son pocos los estudios orientados a evaluar el impacto del consumo de dendrocombustibles primarios como la leña que puedan servir para generar lineamientos sobre su uso y manejo sostenible por parte de las comunidades locales. La falta de información confiable y actualizada poco ha contribuido a que existan políticas claras de manejo del recurso forestal orientado a propósitos energéticos. Por esta razón, la FAO y distintas instituciones del orden académico, ambiental y forestal consideran que los análisis con enfoque geográfico - espacial pueden contribuir a generar información que pueda ser utilizada para la construcción de tales lineamientos. La necesidad de abordar el uso y manejo de los recursos dendroenergéticos desde un enfoque holístico, dio origen a la metodología WISDOM.

WISDOM es un método de evaluación espacialmente explícito fundamentado en la utilización de sistemas de información geográfica que permite la integración de información relacionada con la oferta y demanda de los recursos dendroenergéticos presentes en determinada área geográfica, con el propósito de brindar elementos de decisión que permitan una adecuada planificación de dichos recursos.

El enfoque metodológico WISDOM es una propuesta relevante para validar de forma espacial la condición y estado del territorio que permitan concentrar esfuerzos de manejo sostenible de los bosques y demás áreas arboladas como fuente

de abastecimiento de dendrocombustibles. El desarrollo conceptual de WISDOM está basado en cinco fundamentos :

a. Bases de datos georreferenciados

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten manejar diferentes capas de información de datos alfanuméricos en el espacio, permitiendo de esta manera, la superposición y análisis de información para la toma de decisiones. De acuerdo con el enfoque WISDOM, esta será la plataforma base para desarrollar los módulos de oferta, demanda e integración.

La construcción de un Sistema de Información Geográfico y el análisis espacial a partir del software ArcGIS es fundamental para construir análisis robustos, donde su aplicación Model Builder permite desarrollar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo y obtener resultados geográficos que ayuden a orientar la planeación de un territorio. En consecuencia esta herramienta facilitará la construcción del modelo conceptual geográfico de la metodología WISDOM y permitirá realizar los cálculos entre las diferentes variables e indicadores para establecer los balances entre la disponibilidad y el consumo de leña de acuerdo a la unidad mínima de análisis espacial²⁵.

²¹ IEA. World Energy Outlook 2006. París: IEA, 2006. p. 431.

²² FAO. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Roma: FAO, 2010. p. 106.

²³ FAO - UNAM. Woodfuel Integrated Supply - Demand Overview Mapping: A methodological approach for assessing woodfuel sustainability and supporting wood energy planning. Rome: FAO, 2003. Archivo HTML

²⁴ Ibid.

²⁵ Ibid.

b. Unidad mínima de análisis espacial y de información

La resolución espacial se define a partir del objeto de estudio y el nivel deseado de detalle (local, regional o nacional) y estará limitada por los principales parámetros o variables proxy que se utilizarán para espacializar la información de oferta y demanda. En la mayoría de los casos, los datos demográficos existentes así como las unidades censales de uso y cobertura de la tierra representan la principal referencia para definir la base espacial.

c. Estructura modular y abierta

WISDOM se compone de tres módulos básicos: el módulo de la demanda, el módulo de la oferta y el módulo de integración; donde los dos primeros requieren información y diferentes datos de origen para su desarrollo. Cada módulo se desarrolla en total autonomía de acuerdo con sus variables e indicadores proxy.

Toda la información y análisis de cada módulo deberá obtener la unidad mínima espacial homologable para su integración y procesamiento, así mismo se debe integrar los módulos en una base de datos geográfica.

d. Estructura adaptable

La información de importancia dendroenergética proviene de diferentes fuentes de información como censos poblacionales y/o estudios piloto locales. El modelo se adapta a la información disponible y la escala deseada de trabajo permitiendo así espacializar y homologar variables proxy de la oferta y demanda energética para obtener una mayor comprensión sobre los patrones de consumo de leña.

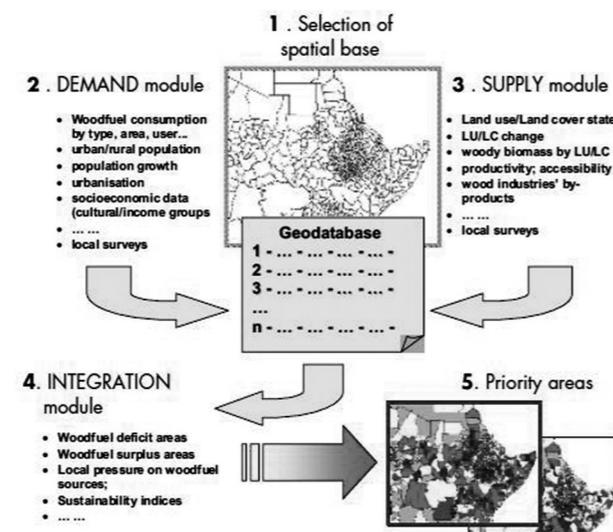
La posibilidad de integrar o limitar el uso de variables en el modelo, depende de la disponibilidad de información para el área de estudio.

e. Cubrimiento exhaustivo de los recursos dendroenergéticos y la demanda según el tipo de usuarios

El marco analítico de la metodología considera la inclusión de todas las fuentes de dendrocombustibles procedentes no solamente de los bosques sino también de otras áreas abastecedoras de biomasa leñosa. De igual manera, se considera los diferentes sectores que utilizan este recurso (doméstico, industrial, comercial, etc.).

De acuerdo con la FAO (2003) el modelo debe desarrollarse en cinco pasos (figura 1):

Figura 1. Pasos para la construcción del modelo WISDOM



Fuente: FAO, 2003

- Definición de la unidad administrativa espacial de análisis
- Desarrollo del módulo de la demanda
- Desarrollo del módulo de la oferta
- Desarrollo del módulo de integración
- Selección de las áreas prioritarias de intervención.

Implementación de la metodología WISDOM para Antioquia y Santander

La decisión de aplicar la metodología WISDOM para Antioquia y Santander surgió de la presunción que los "puntos críticos" de consumo de leña podrían ser un buen indicador de áreas con problemas de abastecimiento de dicho recurso, lo cual a su vez sería un indicativo de que la biomasa leñosa en el área de referencia presentaría un estatus de no renovabilidad que haría atractivo la implementación de proyectos de estufas que tienen la finalidad de reducir las emisiones de GEI.

Con base en lo anterior, se procedió a identificar las áreas prioritarias de intervención siguiendo cada uno de los pasos sugeridos por el modelo. A continuación se describen las actividades y procedimientos que se efectuaron en cada módulo de análisis.

SELECCIÓN DE LA BASE ESPACIAL

La metodología sugiere que para estudios a nivel subnacional, el análisis debería tomar en cuenta la unidad mínima de análisis espacial que cuente con parámetros demográficos, sociales y económicos. Para el caso de Colombia dicha unidad espacial corresponde a la unidad administrativa municipal. Con base en esta unidad se desarrollaron los análisis para cada módulo y posteriormente fueron integrados para definir las áreas con mayor presión por consumo de leña.

MÓDULO DE LA DEMANDA

El módulo de la demanda pretende visualizar la distribución espacial respecto al consumo de dendrocombustibles y su dinámica general²⁶. Para la construcción del módulo de la demanda se trabajó con la información demográfica generada por el censo nacional de 2005 y su correspondiente proyección a 2014 para obtener un análisis de mayor proximidad respecto al momento actual.

Se identificó la población urbana y rural para cada municipio, siendo estos valores la base para evaluar el consumo de leña por persona y por hogar. Así mismo se identificó la cantidad de hogares por población urbana y población rural, así como la composición típica del número de miembros por hogar que para el caso nacional es de aproximadamente cuatro individuos²⁷.

Posteriormente se definió la cantidad de hogares que exclusivamente utilizan leña como combustible de cocción para lo cual se tomó el porcentaje departamental que potencialmente utilizan leña según la encuesta de calidad de vida realizada por el DANE²⁸. De acuerdo a dicho estudio, la proporción de hogares rurales en Antioquia que utilizan leña como combustible es del 40,2%, mientras que en Santander dicha cifra asciende a 56,7%. Por su parte, la fracción de hogares urbanos que dependen de la leña para cocinar es del 0,7% y 1,5% para Antioquia y Santander, respectivamente.

²⁶ Ibid.

²⁷ DANE. Censo general 2005: nivel nacional. Bogotá: DANE, 2008. p 466.

²⁸ DANE. Encuesta de Calidad de Vida 2008. Bogotá: DANE, 2008. Archivo Excel.

Para identificar el consumo de leña por persona se consultaron fuentes secundarias originadas en estudios previos implementados por la Fundación Natura y la Universidad Nacional de Colombia en el departamento de Santander, además de otra investigación llevada a cabo por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) en Antioquia. Adicionalmente, el proyecto emprendió su propio estudio de consumo de leña bajo el escenario de referencia tomando en conjunto familias de los dos departamentos. Se pudo establecer que el consumo de leña promedio para el área del proyecto es de 3,9 kg/persona/día.

Considerando que el valor obtenido resulta más conservador que las cifras reportadas en otras investigaciones, se optó por utilizar este dato de consumo para la construcción del módulo de la demanda.

Para identificar la demanda total de leña a nivel rural y urbano, se efectuó la siguiente operación matemática:

$$D_{fw} = P_{r,u} * f_{fw} * d_{fw,p} * 365;$$

donde,
 D_{fw} = Demanda de leña en área rural (r) o urbana (u) expresada en toneladas por persona por año
 $P_{r,u}$ = Población rural (r) o urbana (u) del municipio expresada en número de habitantes
 f_{fw} = Fracción de la población rural (r) o urbana (u) que utiliza leña expresada en %
 $d_{fw,p}$ = Consumo de leña por persona al día expresada en kilogramos
 365 = Número de días que comprende un año

Para la construcción del módulo se trabajó el modelo conceptual y metodológico que se indica en la figura 2 donde cada variable fue integrada y evaluada para obtener el mapa de demanda de leña por municipio.

Resultados del módulo

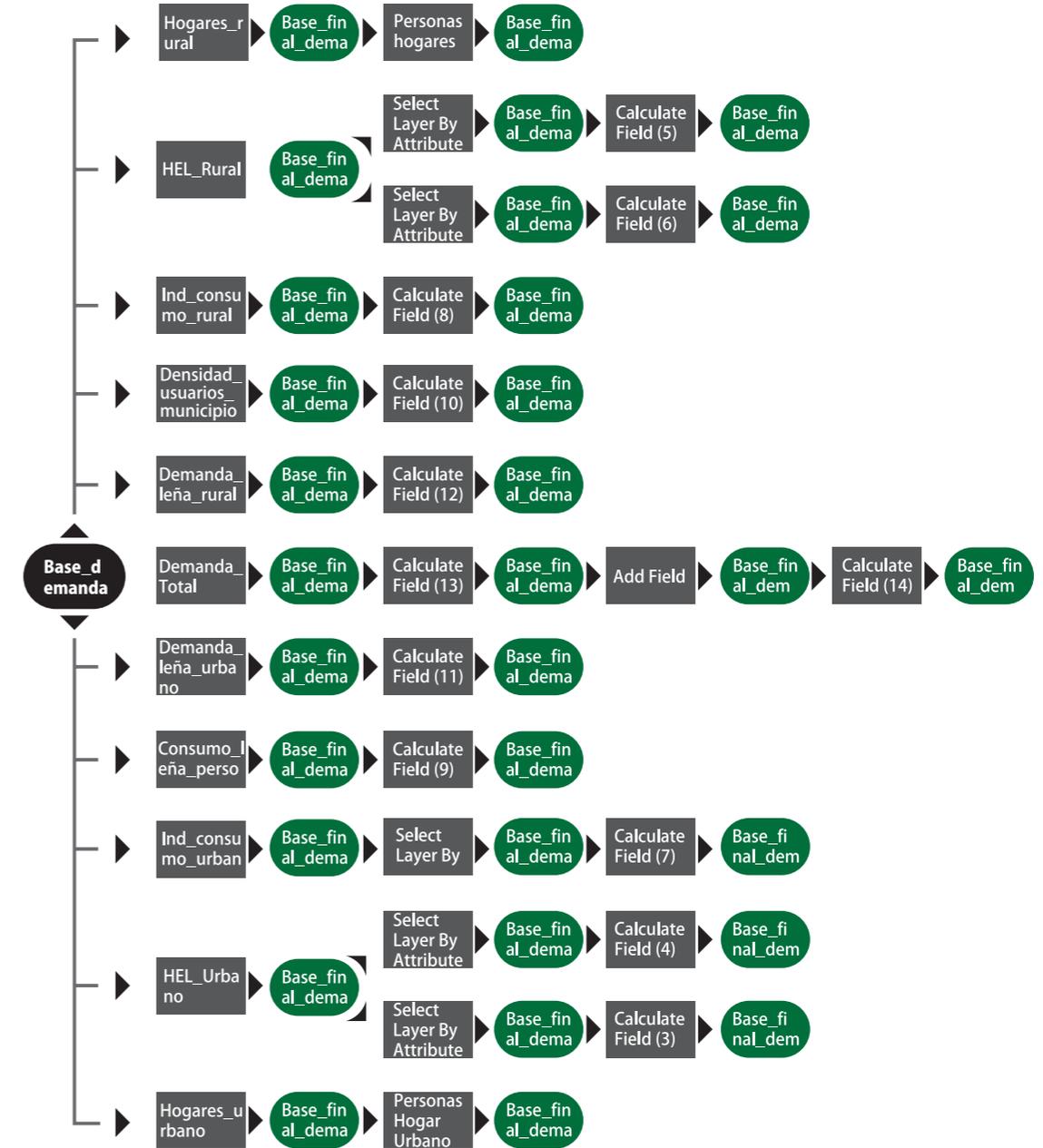
En el Mapa 2, se presentan los resultados obtenidos del módulo de la demanda. Para tal efecto, se trabajó con un código de alerta cromática constituido por cinco colores: el rojo indica condición crítica reflejando alto consumo; el naranja indica condición acentuada; el amarillo indica condición moderada; el verde claro indica condición perceptible y el verde oscuro señala condición baja que implica una demanda mínima por el recurso leña. Para el caso de la jurisdicción de CORANTIOQUIA se puede observar que ningún municipio presenta una demanda de leña que pueda ser considerada como crítica. Se destacan los municipios de Cáceres y El Bagre en la parte norte del departamento y el municipio de Andes en la región del suroeste como los de más alto consumo, lo cual se explica en la medida que tienen grandes poblaciones rurales que dependen de este combustible.

En la región del oriente antioqueño en donde ejerce funciones de autoridad ambiental CORNARE, se puede observar que el mayor consumo se circunscribe a los municipios de Rionegro y Guarne.

En lo que respecta al departamento de Santander, se observa que los municipios de Cimitarra, Barrancabermeja, San Vicente de Chucurí y gran parte de los municipios que componen la provincia de Soto al norte del departamento, son los que acusan una mayor demanda por el recurso leñoso.

Es importante señalar que del presente análisis fueron excluidas aquellas municipalidades con centros urbanos altamente poblados, puesto que esta información introducía un sesgo en los resultados. Si bien estos lugares presentan poblacio-

Figura 2. Modelo conceptual y metodológico para la construcción espacial de la demanda.



nes rurales grandes, los resultados del análisis se ven afectados por la proporción de la población urbana que aparentemente consume leña. El porcentaje de consumo en áreas urbanas fijado por el DANE en la encuesta de calidad de vida 2008, debe ser tomado con mucha precaución en los grandes núcleos urbanos tal y como sucede con la región del Valle de Aburrá en Antioquia o el Área Metropolitana de Bucaramanga en Santander, en donde la proporción de gente que utiliza leña para cocinar puede estar muy por debajo del valor indicado en la encuesta de calidad de vida.

MÓDULO DE LA OFERTA

Para el desarrollo del módulo de la oferta se identificaron las fuentes directas de biomasa forestal como los bosques naturales y los sistemas agrícolas con aporte de biomasa leñosa como el café y el cacao. Las plantaciones forestales no se tuvieron en cuenta para el análisis debido a la ausencia de plantaciones mayores a 25 hectáreas las cuales pueden identificarse a la escala empleada en el análisis (1:100.000). Además, dado el carácter privado de las plantaciones a gran escala, no se consideró apropiado incluir dicha biomasa puesto que la madera generada es utilizada en la transformación de productos con valor agregado de la cual se desconoce la fracción correspondiente a los residuos forestales que podrían ser utilizados como recurso energético.

Otras fuentes de biomasa como aquellos provenientes de residuos de cosecha, podas y residuos del manejo silvicultural urbano no fueron contemplados para el presente estudio debido a la ausencia de información para el país.

El modelo conceptual seguido para la obtención del mapa de la oferta se presenta en la figura 3.

Biomasa leñosa forestal

Para establecer la distribución de la vegetación forestal para los departamentos de Antioquia y Santander, se trabajó con el mapa de coberturas y uso de la tierra desarrollado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2009), del cual se determinaron las áreas con bosques naturales que pueden ser fuente del recurso (Mapa 3). Con excepción de cultivos leñosos extensivos como el café y el cacao, otros tipos de uso del suelo distintos del bosque (pastos, cultivos, rastrojos, etc) no fueron considerados en el análisis dado que no se cuentan con datos de productividad de biomasa leñosa asociados a los mismos.

El segundo paso en el análisis fue superponer la información cartográfica de cobertura arbórea con la de zonas de vida según la clasificación de Holdridge. Este procedimiento responde al hecho que el país cuenta con información de carácter oficial respecto a existencias de biomasa forestal tipificada por zonas de vida. La evaluación de las reservas de carbono en bosques de Colombia realizada por el IDEAM fue la principal fuente de dicha información y se muestran en la tabla 2²⁹.

Originalmente, la información es presentada por la fuente (IDEAM) en términos de carbono, por lo tanto, para su conversión a biomasa, cada uno de las cifras presentadas para los distintos tipos de bosque fue duplicada con fundamento en que el contenido de carbono representa el 50% de la biomasa seca.

²⁹ PHILLIPS, J. et al. Estimación de las reservas actuales (2010) de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia: Estratificación, alometría y métodos analíticos. Bogotá: IDEAM, 2011. p. 51.

Figura 3. Modelo conceptual y metodológico para la construcción espacial de la oferta

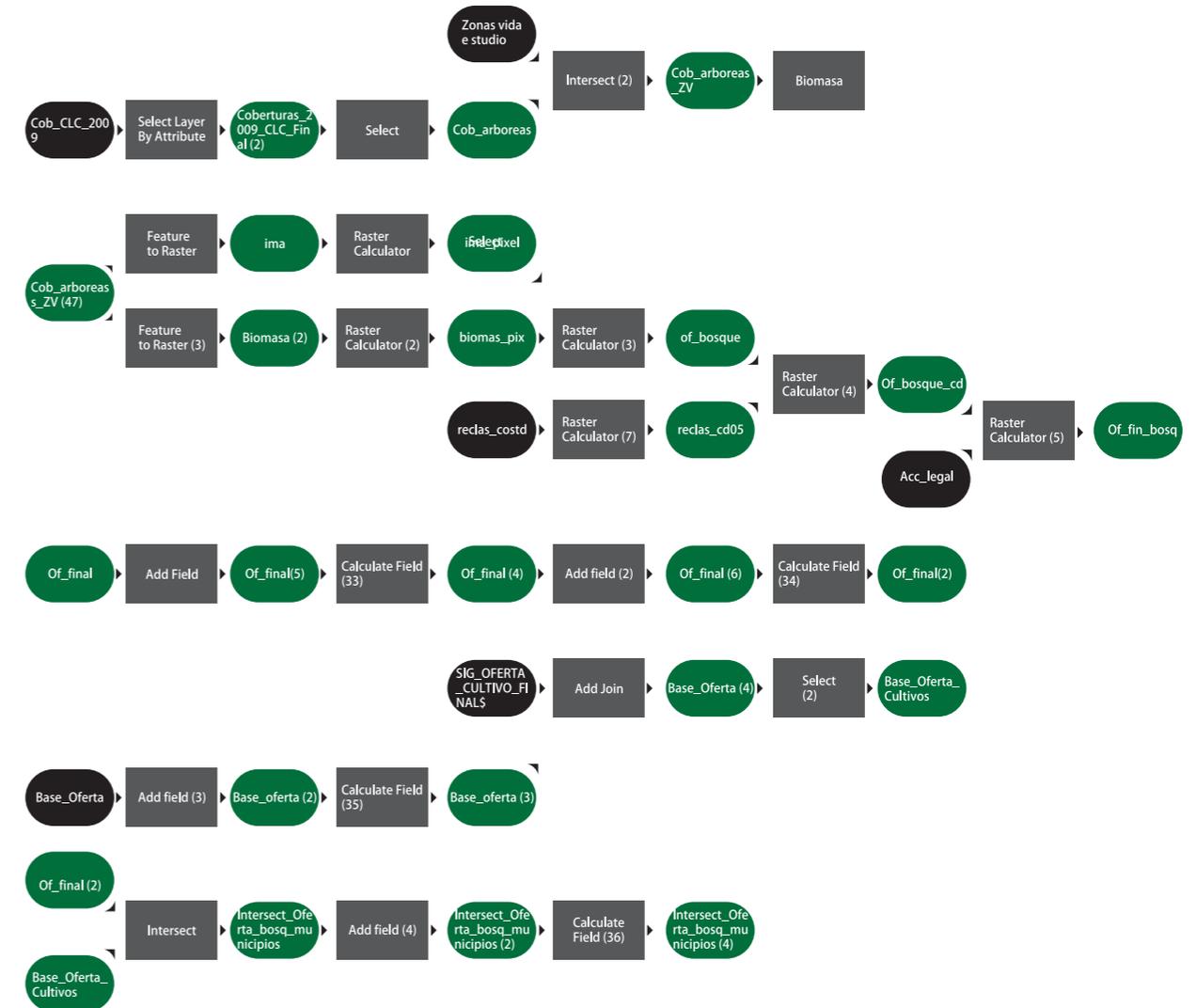


Tabla 2. Estimaciones de reservas actuales (2010) de carbono almacenadas en la biomasa de bosques naturales de Colombia

TIPO DE BOSQUE	A _i (ha)	C _j (t ha ⁻¹)	C _j (t)	Co ₂ e _i (t)
Bosque muy seco tropical	55.814	49,1	2.739.142	10.052.652
Bosque seco tropical	565.621	48,1	27.200.576	99.826.115
Bosque húmedo tropical	44.343.684	132,1	5.855.813.753	21.490.836.473
Bosque muy húmedo tropical	5.514.120	82,5	454.997.990	1.669.842.622
Bosque pluvial tropical	206.147	86,1	17.750.638	65.144.843
Bosque seco premontano	4.451	70,3	313.110	1.149.114
Bosque húmedo premontano	987.370	57,0	56.326.428	206.717.993
Bosque muy húmedo premontano	2.217.396	91,5	202.820.103	744.349.777
Bosque pluvial premontano	565.600	106,8	60.381.135	221.598.766
Bosque seco montano bajo	19.145	108,0	2.067.865	7.589.066
Bosque húmedo montano bajo	1.357.183	147,5	200.219.644	734.806.094
Bosque muy húmedo montano bajo	1.411.289	130,0	183.530.173	673.555.736
Bosque pluvial montano bajo	109.803	52,6	5.779.565	21.211.004
Bosque húmedo montano	25.713	72,7	1.870.386	6.864.316
Bosque muy húmedo montano	861.919	62,7	54.071.298	198.441.662
Bosque pluvial montano	356.666	53,2	18.980.008	69.656.629
Total	58.601.922	121,9	7.144.861.815	26.221.642.861

Fuente: IDEAM, 2011

Una vez desagregados los bosques por zonas de vida, se integraron los datos de biomasa forestal. En este ejercicio la biomasa forestal integra tanto existencias como productividad por tipo de bosque de tal forma que pueda calcularse la biomasa disponible por unidad de área (hectárea). Posteriormente se extrapola la información de biomasa por hectárea a los bosques clasificados por zona de vida para obtener la biomasa total para cada tipo de bosque (Mapa 4).

Esta información fue totalizada para cada unidad espacial de análisis (municipio) con el fin de establecer la cantidad de biomasa forestal contenida en la misma y proceder al correspondiente análisis estadístico por parte del modelo.

Resultados del módulo

El resultado obtenido se presenta en el Mapa 5 que corresponde al mapa de biomasa fores-

tal. En este caso también se utilizó el código de alerta cromática en donde el color rojo expone la condición crítica que indica municipalidades con la menor cantidad de biomasa forestal disponible, mientras que el color verde oscuro señala municipios con abundante biomasa forestal.

Biomasa leñosa no forestal

La existencia de cultivos permanentes o transitorios que pueden ser relevantes como fuentes de leña, hace necesario que se considere la oferta de biomasa proveniente de este tipo de cobertura vegetal. Para el caso del presente estudio, se pudo establecer que el café y el cacao aportan una considerable cantidad de leña que se origina como parte de las prácticas culturales aplicadas a dichos cultivos.

La información espacial de los cultivos de café y cacao se obtuvo a través de información secundaria a nivel municipal, tomando como fuente las evaluaciones agropecuarias municipales (EVA) que hacen parte del sistema de estadísticas agropecuarias (SEA) del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural³⁰.

Para calcular la cantidad de biomasa leñosa ofertada por el cultivo de café, se estimó la biomasa anual promedio por hectárea tomando como base un ejercicio de parcelas temporales implementadas en sistemas cafeteros bajo sombrío y aplicando las ecuaciones de biomasa propuestas por Aristizábal (2011) tanto para individuos de cafeto como para árboles asociados a este cultivo³¹.

La cantidad de biomasa promedio para una hectárea de café bajo condiciones de sombrío fue hallada calculando la biomasa de cada uno de sus componentes. Para la estimación de esta variable es necesario precisar que a diferencia de

la biomasa leñosa forestal, resulta complejo hallar un valor absoluto para las reservas de biomasa leñosa procedente de cultivos que como el café pueden variar de edad de un sitio a otro. En consecuencia, no se considera apropiado incorporar en el análisis el dato de existencias de biomasa leñosa sino la biomasa anual producida por el cultivo. Se estimó que el incremento medio anual en biomasa para un cafetal con una densidad de siembra de 5.275 individuos es de 1,35 t/ha/año. Para el caso del sombrío, se debe considerar varios aspectos en la estimación del incremento anual de la biomasa. En primera instancia, el sombrío se caracteriza por ser heteroespecífico y disetaneo, luego modelar el crecimiento en estas circunstancias es muy complejo y arroja una gran incertidumbre. Se estimó que un sombrío heteroespecífico con una densidad de siembra promedio de 120 individuos por hectárea posee una productividad promedio de 8,3 t/ha/año, lo que implica una productividad general para el sistema agroforestal de 9,6 t/ha/año. En el artículo técnico "Determinación de la fracción no renovable de la biomasa (fNRB) como instrumento de selección de áreas potenciales para la diseminación de estufas mejoradas" que hace parte del presente documento, se expone con mayor detalle la estimación que se hace de éste parámetro.

El valor de biomasa anual por hectárea fue multiplicado por el valor de la superficie total registrada para este cultivo a nivel municipal en la base EVA

³⁰ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Anuario 2012 - Base evaluaciones agropecuarias municipales EVA 2007 - 2012. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012. Archivo Excel.

³¹ ARISTIZÁBAL, Javier. Desarrollo de modelos de biomasa aérea en sombríos de cafeto (*Coffea arabica* L.) mediante datos simulados. En: Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica. Bogotá. Vol. 14, No. 1; (Junio, 2011); p. 52.

del Ministerio de Agricultura. La espacialización del resultado obtenido se presenta en el Mapa 6.

Como es de suponer, aquellos municipios con mayor cobertura en cultivos de café son los que mayor biomasa leñosa de este cultivo pueden ofrecer (representados en verde), mientras que los municipios con menor extensión en café tienen una muy baja producción de biomasa leñosa (representados en rojo).

Un procedimiento similar fue utilizado para estimar la biomasa de los cultivos de cacao. Con base en una investigación adelantada por Aristizábal y Guerra (2002), se pudo establecer que un cacaotal puede alcanzar una productividad anual de 2 t/ha/año³². Si se añade la cifra de la biomasa anual calculada anteriormente para el sombrero, se tiene que un cacaotal bajo sistema agroforestal produce anualmente 10,3 t/ha/año.

Una vez obtenido el valor de biomasa leñosa por hectárea, se obtuvo el valor de biomasa a nivel de municipio, multiplicando dicho valor por la extensión del cultivo registrada para cada municipio en la base EVA del sistema de estadísticas agropecuarias del Ministerio de Agricultura. El Mapa 7 muestra el mapa resultante de dicho análisis, en donde los municipios en color rojo se caracterizan por presentar una baja oferta de biomasa leñosa derivada del cacao, mientras que el color verde indica los municipios con la más alta producción de biomasa leñosa, lo cual se encuentra intrínsecamente ligado a la superficie dedicada a este cultivo en cada municipalidad.

³² ARISTIZÁBAL, J y GUERRA, A. Estimación de la tasa de fijación de carbono en el sistema agroforestal Nogal cafetero (*Cordia alliodora*) - Cacao (*Theobroma cacao* L) - Plátano (*Musa paradisiaca*). Tesis de grado. Bogotá: Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", 2002. p. 100.

Biomasa total disponible

Para conocer la biomasa total disponible por unidad espacial de análisis, se fusionó la información de biomasa forestal y no forestal (cultivos agrícolas) que en esencia puede expresarse de la siguiente forma (Mapa 8):

$$Bt = Bf + Bnf,$$

donde;

Bt = Biomasa total disponible a nivel municipal expresada en toneladas (t)

Bf = Biomasa forestal disponible a nivel expresada en toneladas (t)

Bnf = Biomasa no forestal disponible a nivel municipal expresada en toneladas (t)

Accesibilidad física

Este es un parámetro espacial que define la accesibilidad del recurso leña en relación a la distancia del lugar más cercano y de fácil acceso y a un factor de costo basado en características del terreno. El mapa de accesibilidad física se generó utilizando un Modelo Digital del Terreno (DTM) además de la cartografía de la red vial y de centros poblados suministrados por el IGAC. Para la obtención de este mapa (Mapa 9) se realizó la determinación del costo acumulativo más bajo para cada celda mediante la función Cost- Distance, del módulo de ArcGIS, utilizando como base los dos mapas mencionados anteriormente.

El mapa genera una escala de proporción del costo distancia para la accesibilidad física, en la que los colores que tienden a verde indican sitios donde se observa una accesibilidad restringida (carencia de vías, dificultades topográficas, etc), mientras

Tabla 3. Categorías de áreas protegidas y valor de restricción de uso de la biomasa leñosa

CATEGORÍA	ZONIFICACIÓN	RESTRICCIÓN DE USO
PARQUES NACIONALES NATURALES EN SUS DIFERENTES CATEGORÍAS	General	100%
RESERVAS FORESTALES PROTECTORAS, PARQUES REGIONALES NATURALES Y ZONAS DE PÁRAMO	General	100%
	Preservación	100%
	Restauración	90%
	Uso sostenible	10%
DISTRITO DE MANEJO INTEGRADO - DMI	General	30%
SIRAP PÁRAMOS HUMEDALES	Intangible	100%
SIRAP EMBALSES	General	10%
SIRAP NODOS CORREDORES	General	50%
RESERVAS DE LEY SEGUNDA DE 1959	General	10%

que los tonos cercanos al rojo representan lugares de fácil acceso. Este factor será considerado como reductor de la disponibilidad de biomasa forestal de acuerdo a los rangos de clasificación definidos.

Accesibilidad legal

La accesibilidad legal es un parámetro espacial que define que tan disponible puede ser un recurso en relación a las políticas a las que se encuentra sujeto su aprovechamiento y manejo. Estas restricciones están impuestas principalmente, por las áreas declaradas como protegidas y de conservación de la naturaleza. Para la construcción del mapa de accesibilidad legal se indagaron todas las posibles categorías de áreas protegidas a las cuales se les dio un valor de proporción de accesibilidad de acuerdo con el grado de restricción de la política ambiental (Tabla 3).

Se recopiló la información correspondiente a cada jurisdicción que hace parte del proyecto (CORNARE, CORANTIOQUIA y Santander) en lo que respecta a las unidades especiales de protección y restricción sobre uso de los ecosistemas, a partir de las cuales se obtuvo el mapa de accesibilidad legal para los departamentos de Antioquia y Santander (Mapa 10). Se

empleó el mismo criterio de categorización basado en el código cromático, donde las áreas rojas indican una condición crítica para la apropiación del recurso es decir áreas de fácil acceso, mientras que el verde implica áreas de difícil acceso en donde la presión por el recurso es mínima.

MÓDULO DE INTEGRACIÓN

La información arrojada por los módulos de oferta y demanda es analizada en conjunto para identificar puntos críticos relacionados con la disponibilidad y uso de la leña. Los dos principales indicadores que se construyen a partir de las capas cartográficas resultantes son: áreas deficitarias de leña, índice de equilibrio y presión potencial sobre bosques. Con base en ambos indicadores se efectúa la priorización de áreas de intervención.

Déficit de leña

Este indicador define áreas que pueden presentar problemas de abastecimiento de leña ya que se obtiene como la diferencia entre la cantidad de biomasa leñosa ofertada por la vegetación presente en el área de análisis y la cantidad demandada dentro de esa misma área. Valores cercanos

a cero o menores (negativos) indican una condición de déficit que podría comprometer seriamente la existencia del recurso forestal presente en el área del proyecto. Es importante señalar que el dato de oferta corresponde a la cifra absoluta que integra tanto las reservas como la productividad de la biomasa forestal más la productividad de la biomasa de los cultivos leñosos.

**Déficit de leña =
[Oferta absoluta de leña – Demanda anual de leña]**

Índice de equilibrio del recurso

Este indicador es una variante del anterior y expresa el déficit de leña como el cociente resultante de dividir la cantidad de biomasa leñosa ofertada por la vegetación entre la cantidad demandada en el área de análisis. En este caso, solo se considera la oferta anual de leña que viene determinada por la productividad de la biomasa con el objetivo de establecer cuál es el balance que existe entre la tasa de crecimiento del ecosistema y la tasa de extracción.

**Índice de equilibrio =
[Oferta anual de leña/Demanda anual de leña]**

Presión potencial sobre bosques

Este indicador da una idea de la productividad forestal local promedio necesario para solventar la demanda existente de leña y en consecuencia, relaciona la demanda anual de leña sobre el área total en bosque³³.

Presión potencial sobre bosques = [Demanda anual de leña procedente de bosques/Área forestal total]

La demanda anual de leña procedente de bosques, se determina como la diferencia calculada entre la demanda total de leña y la fracción de

leña que se obtiene de áreas no forestales, es decir zonas con un uso del suelo distinto al bosque (áreas de cultivo, pastizales, arboledas que no encajan en la definición de bosque, etc). Un estudio de Ocaña (2005) identificó que el 90% de la leña que utilizaban los pobladores del municipio de Encino (Santander) procede de áreas boscosas³⁴. En ausencia de estudios más exhaustivos realizados en el ámbito nacional, se asume este valor por defecto.

Una vez ajustado el dato correspondiente a la demanda anual de leña, se divide sobre el área forestal total de la unidad espacial de análisis (municipio) para obtener el correspondiente índice.

Resultados del módulo

Los anteriores indicadores cuantitativos permiten evaluar el grado de déficit y presión sobre los recursos maderables con fines energéticos. En este sentido, se realizó el balance espacial por municipio de la biomasa disponible a partir de tres indicadores anteriormente definidos.

Para la construcción del módulo de integración se generó el módulo de análisis espacial en ArcGIS que permitió identificar el balance general de déficit de biomasa por municipio de acuerdo a los módulos preliminares desarrollados. En el área de estudio con 199 municipios (Antioquia y Santander), se identificó un consumo anual de leña aproximado de 3,06 Mt y las existencias en biomasa de 121,68 Mt, lo anterior identifica un balance de positivo de biomasa disponible en función del consumo de leña.

³³ FAO - UNAM. Op. Cit. Archivo HTML

³⁴ OCAÑA, Ruth. Especies vegetales dendroenergéticas utilizadas por los pobladores del Encino - Santander. Tesis de grado. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2005. p. 26.

El análisis por municipio identifica un balance negativo para los municipios de Rio Negro, Guarne, y Marinilla en el departamento de Antioquia y los municipios de Los Santos, San José de Miranda, San Benito, Capitanejo, Pinchote, El Palmar, Vetas, Málaga y Chipatá en el departamento de Santander (Entre - 53.367 a - 1.445 toneladas de biomasa), así mismo se identifican 115 municipios con tasa crítica de oferta o disponibilidad del recurso estando por debajo de las 27.000 toneladas disponibles para el uso de los recursos forestales y cultivos leñosos.

Los municipios con mayor grado de déficit se concentran en regiones de borde de las áreas metropolitanas de Medellín y Bucaramanga, sin embargo el déficit se asocia de igual forma a condiciones de oferta leñosa baja como en los ecosistemas de enclaves secos de los ríos Cauca en Antioquia y Chicamocha en Santander. En el Mapa 11 los municipios en color rojo indican áreas con déficit de leña, mientras que aquellos en color verde, poseen una buena disponibilidad de biomasa leñosa que aún no compromete la integridad de los bosques. Sin embargo, esta apreciación debe ser prudente por que la renovabilidad del recurso determinará la capacidad de oferta del mismo.

Esta condición de déficit es ratificada por el índice de equilibrio del recurso en donde los municipios en color rojo, revelan una condición crítica respecto a la disponibilidad de leña (Mapa 12).

Con relación al índice de presión potencial de los bosques se identificó una alta presión sobre los recursos de biomasa leñosa en 48 municipios ubicados principalmente en los alrededores de la cuenca del río Medellín y los municipios asentados entre los ríos Suarez y Chicamocha en el departamento de Santander (Mapa 13). Este resul-

tado es bastante congruente si se tiene en cuenta que dichas áreas se caracterizan por presentar una alta demanda de leña que es simétricamente proporcional a la densidad poblacional asentada en dichos sitios y en donde también predominan los ecosistemas secos cuya productividad de biomasa vegetal tiende a ser baja. En el Mapa 13 se puede observar que los municipios con índice crítico (color rojo) se relacionan con la proximidad a regiones con mayor presión por uso del suelo, principalmente alrededor de los grandes centros urbanos como Bucaramanga y Medellín.

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS DE INTERVENCIÓN

Comprende el último paso del análisis WISDOM y persigue la identificación de aquellas áreas que requieren ser intervenidas mediante estrategias que enfrenten el abastecimiento de leña desde la oferta y/o la demanda³⁵. Para definición de áreas prioritarias de intervención, la metodología WISDOM propone dos alternativas: emplear procedimientos estadísticos multivariados como técnicas de agrupamiento de datos, análisis factoriales, análisis por conglomerados, entre otros o construir un índice de prioridad de dendrocombustibles (leña)³⁶. Para este estudio de caso, se optó por un análisis de auto correlación espacial a partir del índice global de Moran.

El índice global de Moran mide la autocorrelación espacial basada en las ubicaciones espaciales y los valores de las entidades simultáneamente, este índice se basa en estadística deductiva ello significa que los resultados del análisis siempre

³⁵ FAO - UNAM. Op. Cit. Archivo HTML

³⁶ FAO - UNAM. Op. Cit. Archivo HTML

se interpretan dentro del contexto de la hipótesis nula³⁷. Para la estadística del índice de Moran la hipótesis nula establece que el atributo que se analiza está distribuido en forma aleatoria entre las entidades del área de estudio; es decir que los procesos espaciales que promueven el patrón de valores observados constituyen una opción aleatoria y pretende correlacionar en forma de clúster o núcleo los valores que cumplen con la hipótesis nula en la distribución de los datos.

El análisis de autocorrelación espacial a través del índice de Moran permite identificar y agrupar núcleos que representan una mayor presión potencial al bosque o los municipios que presentan un mayor déficit de biomasa leñosa. Este índice geoestadístico permite evaluar e identificar áreas de concentración de la variable definida o de puntos calientes donde se concentra la presión o el déficit.

El resultado visual del análisis estadístico, se presenta en los mapas de índices de déficit, equilibrio del recurso y presión potencial sobre bosques. Nuevamente se utiliza el código de alerta cromática para identificar la condición en que se encuentra el parámetro evaluado. En este caso, los colores rojos y naranjas representan la concentración crítica del índice y los verdes hacia donde el índice representa la condición más favorable entre la oferta y la demanda.

Para el caso de Antioquia, los municipios con mayor grado de afectación por la baja oferta y alta demanda se concentran en los municipios de

Venecia, Fredonia, Guarne, Rionegro, El Retiro y Tarso; mientras que en Santander, esta situación se observa en los municipios de Los Santos, Curití, Hato, Galán, San Gil, Socorro, Chima, Mogotes, San Andrés y Molagavita (Mapa 14). Esta condición determina dos núcleos críticos, en Antioquia se ubica en la periferia del Valle de Aburra y parte de los municipios asentados a lo largo del Río Cauca. Por su parte en Santander los municipios con mayor déficit se concentran sobre el valle del río Suarez y el cañón del río Chicamocha.

El índice de equilibrio de leña y su análisis de concentración (hots spots) determinó el mayor desequilibrio en los municipios de Rionegro, Guarne, Retiro, El Carmen, La Unión, Abejorral, Santa Bárbara, Támesis, Jericó, Fredonia, Titiribí, Tarso, Venecia, Concordia, Heliconia y Ebéjico en el departamento de Antioquia y los municipios de Molagavita, Mogotes, Charalá, San Gil, Socorro, Chima, Hato, Galán, Curiti en el Departamento de Santander (Mapa 15). Este índice identificó los municipios que presentan un mayor desequilibrio en la disponibilidad de biomasa para actividades dendroenergéticas y mantiene una estrecha relación con el índice de escasez salvo que prioriza o enfatiza en algunos municipios que presentan mayor desequilibrio entre la oferta y la demanda.

El índice de equilibrio de leña y su análisis de concentración (hots spots) determinó el mayor desequilibrio en los municipios de Rionegro, Guarne, Retiro, El Carmen, La Unión, Abejorral, Santa Bárbara, Támesis, Jericó, Fredonia, Titiribí, Tarso, Venecia, Concordia, Heliconia y Ebéjico en el departamento de Antioquia y los municipios de Molagavita, Mogotes, Charalá, San Gil, Socorro, Chima, Hato, Galán, Curiti en el Departamento de Santander (Mapa 15). Este índice identificó los municipios que presentan un mayor desequilibrio en la disponibilidad de biomasa para actividades



dendroenergéticas y mantiene una estrecha relación con el índice de escasez salvo que prioriza o enfatiza en algunos municipios que presentan mayor desequilibrio entre la oferta y la demanda.

Respecto al índice de presión potencial sobre bosques, se observa que la condición más crítica en Antioquia se concentra en la región del suroeste que comprende los municipios de Titiribí, Fredonia, Betulia, Concordia, Ciudad Bolívar, Betania, Andes, Jardín, Támesis, Valparaíso, Jericó y Tarso. En Santander, la misma situación ocurre en el área inter fluvial circunscrita por los ríos Suarez y Chicamocha con especial énfasis en los municipios de Onzaga, San Joaquín, Mogotes, Molagavita, Macaravita, Curití, Cepita, Carcasí, Málaga, San Andrés, Concepción y Los Santos. Los análisis por conglomerados o núcleos a partir del índice de Moran definen los puntos o regiones críticas en

función de los tres índices valorados. Esta información permitirá tomar decisiones sobre las intervenciones y estrategias de uso y manejo del recurso leñoso para reducir su eventual agotamiento y aumentar su disponibilidad u oferta lo que permitirá suplir las necesidades energéticas de la población rural y urbana de los municipios que requieren mayor prioridad (Mapa 16).

Para la selección del área de intervención se consideraron los tres índices contemplados en el análisis puesto que presenta una perspectiva más amplia de la problemática del abastecimiento de leña dado que no solo se enfoca en la oferta y la demanda del recurso, sino que también se focaliza en los factores que ejercen tensión sobre la fuente de aprovisionamiento (bosques). En este sentido se priorizaron 133 municipios conforme a la tabla 4.

³⁷ ARCGIS. Como funciona Autocorrelación espacial (I de Moran global). s.l.: ArcGIS Resource Center, 2012. Archivo HTML

Tabla 4. Núcleos municipales de intervención para el proyecto

CATEGORÍA	NÚCLEO	MUNICIPIOS
CORANTIOQUIA	Cañón del Cauca	Buriticá, Liborina, Olaya, Sabanalarga, Santafé de Antioquia, Sopetrán y Toledo
CORANTIOQUIA	Nordeste	Alejandría, Caracolí, Cisneros, Concepción, Maceo, San Roque, Santo Domingo, Vegachí, Yalí y Yolombó
CORANTIOQUIA	Norte 1	Belmira, Carolina, Don Matias, Entrerrios, Gomez Plata, San Andres de Cuerquia, San Jose de la Montaña, San Pedro de los Milagros y Santa Rosa de Osos
CORANTIOQUIA	Norte 2	Angostura, Campamento y Guadalupe
CORANTIOQUIA	Occidente	Amagá, Angelopolis, Anzá, Armenia, Caicedo, Ebejico, Heliconia, San Jeronimo y Titiribi
CORANTIOQUIA	Suroeste	Andes, Betania, Betulia, Caramanta, Ciudad Bolivar, Concordia, Fredonia, Hispania, Jardín, Jericó, La Pintada, Pueblorrico, Salgar, Santa Barbara, Tarso, Tamesis, Valparaiso y Venecia
CORNARE	Embalses	Cocorná, Granada, Guatapé y El Peñol
CORNARE	Páramos	Argelia, Nariño y Sonson
CORNARE	Valles	Concepción, El Santuario, Guarne, La Ceja, La Unión, Marinilla, Montebello, El Retiro, Rionegro y San Vicente
SANTANDER	Cañón del Chicamocha	Capitanejo, Enciso, Macaravita, Molagavita, Malaga, Onzaga, San Andres, San Joaquín, San José de Miranda y San Miguel
SANTANDER	Corredor de Robles	Charalá, Coromoro, Encino, Gambita y Mogotes
SANTANDER	Páramo Norte	California, Charta, Matanza, Suratá, Tona y Vetas
SANTANDER	Páramo sur	Carcasí, Cerrito, Concepción y Guaca
SANTANDER	Cuenca del Suarez	Aratoca, Barichara, Cabrera, Cepitá, Galán, Jordán, Los Santos, Palmar, Villanueva y Zapatoca
SANTANDER	Velez	Aguada, Albania, Barbosa, Chipatá, Florian, Guepsa, Guadalupe, Guapotá, Guavatá, Jesus María, La Paz, Oiba, Puente Nacional, San Benito y Suaita
SANTANDER	Zona Guanentina	Confines, Curití, Ocamonte, Palmas del Socorro, Pinchote, Páramo, San Gil, Socorro y Valle de San José

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La metodología WISDOM permite la escalabilidad e integración de la información dependiendo de la disponibilidad y calidad de la misma, por esta razón el presente análisis identificó una escala posible para el área de estudio de 1:100.000 lo cual es funcional y óptimo para un análisis regional que busque una planeación y toma de decisiones sobre los municipios con mayor déficit de recursos dendroenergéticos.

- Es importante resaltar que el presente análisis si bien refleja la situación del balance de la leña en el área de intervención, no logró ser lo más exhaustivo posible debido a la carencia de información y/o estadísticas sobre el consumo de leña en sectores como el comercial o industrial que de haberse integrado en el análisis, hubieran ofrecido resultados más robustos y ajustados al panorama real de la leña en este lugar.

- Se desarrolló la programación del modelo conceptual de oferta y demanda de leña para la determinación de los tres módulos de la metodología WISDOM a partir de la herramienta denominada Model Builder de ArcGIS, lo que facilitó la integración, estandarización de datos y posterior análisis de la información para identificar los municipios con mayor déficit, equilibrio y presión sobre los recursos dendroenergéticos.

- La metodología WISDOM es un instrumento adecuado para la planificación territorial sobre la demanda y disponibilidad de recursos dendroenergéticos para el beneficio de las comunidades. Su implementación constituye una valiosa estrategia para generar alertas tempranas sobre el consumo y afectación de los recursos forestales que sirven como fuente de leña. Lo anterior permitiría evidenciar las regiones con mayor prioridad para implementar acciones de manejo que enfrenten el problema de escasez de leña tanto del lado de la demanda como de la oferta.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

ARCGIS. Como funciona Autocorrelación espacial (I de Moran global). s.l: ArcGIS Resource Center, 2012. Archivo HTML. Disponible en: <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/005p0000000t000000>

ARISTIZÁBAL, Javier. Desarrollo de modelos de biomasa aérea en sombríos de café (Coffea arabica L.) mediante datos simulados. En: Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica. Bogotá. Vol. 14, No. 1; (Junio, 2011); p. 49 - 56. ISSN 0123 - 4226

ARISTIZÁBAL, J y GUERRA, A. Estimación de la tasa de fijación de carbono en el sistema agroforestal Nogal cafetero (Cordia alliodora) - Cacao (Theobroma cacao L) - Plátano (Musa paradisiaca). Bogotá, 2002, 108 p. Tesis de grado (Ingeniero Forestal). Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

DANE. Censo general 2005: nivel nacional. Bogotá: DANE, 2008. 498 p. ISBN 978-958-624-072-7

_____. Encuesta de Calidad de Vida 2008. Bogotá: DANE, 2008. Anexos. Archivo Excel. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/index.php/es/estadisticas-sociales/calidad-de-vida-ecv/87-sociales/calidad-de-vida/3896-encuesta-de-calidad-de-vida-2008>

FAO. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Roma: FAO, 2010. 346 p. ISSN 1020 - 4628

FAO - UNAM. Woodfuel Integrated Supply - Demand Overview Mapping: A methodological approach for assessing woodfuel sustainability and supporting wood energy planning. Rome: FAO, 2003. Archivo HTML. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/y4719e/y4719e00.HTM>

IEA. World Energy Outlook 2006. París: IEA, 2006. 596 p. ISBN 92-64-10989-7-2006

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Anuario 2012 - Base evaluaciones agropecuarias municipales EVA 2007 - 2012. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012. Archivo Excel. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/Anuario/Base_agricola_EVA_2007_2012.xlsb

OCAÑA, Ruth. Especies vegetales dendroenergéticas utilizadas por los pobladores del Encino - Santander. Bogotá, 2005, 50 p. Tesis de grado (Biólogo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología.

PHILLIPS, J. et al. Estimación de las reservas actuales (2010) de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia: Estratificación, alometría y métodos analíticos. Bogotá: IDEAM, 2011. 68 p.



SUPLEMENTO TÉCNICO

2

DETERMINACIÓN DE LA FRACCIÓN NO RENOVABLE DE LA BIOMASA (fNRB) COMO INSTRUMENTO DE SELECCIÓN DE ÁREAS POTENCIALES PARA LA DISEMINACIÓN DE ESTUFAS MEJORADAS

Javier Darío Aristizábal

INTRODUCCIÓN

En el proceso de combustión de la leña, además de energía, se genera vapor de agua y gases de efecto invernadero (GEI), principalmente dióxido de carbono (CO₂). Por medio del proceso de fotosíntesis, el CO₂ liberado es absorbido nuevamente por la biomasa vegetal que se encuentra en crecimiento, impidiendo su acumulación permanente en la atmósfera. Bajo condiciones ideales, el ciclo del carbono garantiza la continua recirculación de este gas entre la atmósfera y la biosfera. Sin embargo, cuando se altera la homeostasis del ciclo, el CO₂ prolonga su permanencia en la atmósfera potenciando su función como agente captor de la radiación infrarroja que previamente ha rebotado en la superficie terrestre. Esta retención de la radiación térmica conduce al aumento de la temperatura del planeta.

Los procesos de eliminación de la cobertura vegetal tales como la deforestación, reducen los sumideros de carbono y con ello, su facultad para secuestrar el CO₂ a la misma tasa en que es liberado. Se sabe que existe un rezago promedio global que oscila entre 10 a 30 años para que la respiración heterotrófica se equilibre con la productividad primaria neta (NPP), lo cual hace que en la actualidad los ecosistemas terrestres se comporten como sumideros, principalmente³⁸. Este podría ser considerado el principio sobre el cual se fundamenta la definición de biomasa renovable:

³⁸ IPCC. The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide. En: Climate Change 2001: The scientific basis. IPCC: Geneve, 2001. p. 193.

³⁹ HARVEY, Adam. Carbon finance for healthy kitchens. En: Boiling Point. London. No. 54; (2007). p. 9.

⁴⁰ Acrónimo de la metodología de estufas: "Technologies and Practices to Displace Decentralized Thermal Energy Consumption".

aquella que se encuentra en constante regeneración de tal forma que tiende a equilibrar la tasa de pérdida del carbono por efecto de la descomposición y la respiración heterotrófica con las ganancias atribuibles a la productividad primaria neta. Cuando la tasa de pérdida supera la capacidad de regeneración de la vegetación, se hace evidente que la biomasa presenta una renovabilidad negativa.

La velocidad a la que se produzca la regeneración de la vegetación, determinará qué proporción de la biomasa es renovable y cual no. Dado que existe prelación en establecer que parte de la biomasa no podrá ser reemplazada, dicha proporción es denominada como la fracción no renovable de la biomasa (fNRB). La operatividad de este concepto ha sido objeto de debate y constante revisión debido al grado de incertidumbre asociado a la determinación de la misma, ya que juega un papel relevante en la estimación de las emisiones de GEI en proyectos de estufas eficientes³⁹.

Hasta la fecha, solo existen dos enfoques cuantitativos para estimar fNRB: por un lado, el planteamiento metodológico establecido para proyectos desarrollados en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) que se rige por el anexo 22 del 67° reporte de la Junta Ejecutiva del MDL y soportada por las definiciones presentes en el anexo 18 del 23° reporte de la misma entidad. De otro lado, Gold Standard Foundation desarrolló un procedimiento propio para hallar esta variable, el cual hace parte de la metodología de estufas mejoradas creada para el mercado voluntario (TPDDTEC⁴⁰). Para el proyecto "Estufas eficientes de leña como contribución al mejoramiento de la calidad de vida, al uso eficiente de la energía y la reducción de GEI en Antioquia y Santander", se optó por la metodología sugerida por el MDL, la cual se detalla a continuación.

METODOLOGIA MDL PARA EL CÁLCULO DEL fNRB

De acuerdo al MDL, la estimación de la fracción no renovable de la biomasa se calcula como una proporción que relaciona la biomasa no renovable (NRB) y la biomasa demostrablemente renovable (DRB), según la siguiente ecuación:

$$fNRB = \frac{NRB}{(NRB + DRB)} \quad [\text{ecuación 1}]$$

En este caso, es necesario establecer qué se entiende por biomasa renovable y no renovable para lo cual se debe recurrir a las definiciones propuestas por el anexo 18 del 23° reporte de la Junta Ejecutiva del MDL. Según dicho documento, la biomasa es demostrablemente renovable (DRB) si procede de áreas boscosas o no boscosas siempre que cumpla con los siguientes criterios:

- a.** Si la biomasa leñosa procede de zonas cuyo uso del suelo sea considerado como bosque, la zona debe seguir siendo bosque. Si procede de áreas dedicadas a cultivos o pastizales, esas áreas deben seguir manteniendo dicha condición o haberse transformado a bosque.
- b.** En dichas áreas, se emprenden prácticas de manejo sostenible para asegurar que el nivel de las existencias de carbono no disminuyen sistemáticamente en el tiempo (aunque dichas existencias podrían disminuir temporalmente por efecto de la cosecha).
- c.** En dichas áreas, se acatan regulaciones y normatividades de conservación de la naturaleza, de protección a los recursos forestales y/o manejo agrícola de carácter nacional o regional.

En casos donde no aplique ninguna de estas condiciones, se puede catalogar que la biomasa es no renovable. No obstante, llevar a la práctica estas definiciones puede resultar mucho más complejo de lo que parece, luego debe analizarse cada una de ellas con mayor detalle para su posterior conversión en datos cuantitativos.

Biomasa demostrablemente renovable (DRB)

Para establecer si la biomasa es renovable debe demostrarse que los criterios a, b y c se cumplen en el sitio que sirve de fuente del recurso. El primer criterio (a), indica que si el área es tipificado como un bosque, éste debe seguir siendo bosque. En la práctica esto solo puede demostrarse con apoyo de fotografías aéreas o imágenes de satélite, las cuales deben ser lo más actualizadas posibles para tener un escenario realista de la situación. Sin embargo, las áreas boscosas que no tienen garantizada su permanencia a perpetuidad (v.g. bosques bajo dominio privado) pueden estar sujetas a cambios en la cobertura vegetal de manera periódica, en cuyo caso, la ejecución de un análisis multitemporal puede constituir una valiosa herramienta para determinar dichos cambios.

Sin embargo, llevar a cabo esta actividad puede demandar una ingente cantidad de recursos financieros y técnicos que no siempre estarán a disposición del desarrollador del proyecto, aunque se consideraría una buena práctica hacerlo. En ausencia de unos lineamientos claros respecto al monitoreo de los cambios de la cobertura forestal en el área del proyecto, se recomienda omitir áreas boscosas que se encuentren bajo propiedad privada u otro tipo de tenencia de la tierra

no especificada dentro del análisis de biomasa renovable.

La misma situación es aplicable a áreas de cultivos o pastizales en donde se genera biomasa leñosa. La aplicación de un análisis de cobertura debería evidenciar que esas áreas mantienen dicha condición o que se han convertido en bosques. Sin embargo, para el caso de los cultivos agrícolas es muy difícil efectuar un discernimiento más específico del tipo de cultivo que se está evaluando cuando se trabajan con imágenes de escala media como las que usualmente se utilizan en este tipo de estudios (v.g. 1:100.000 o 1:75.000), salvo si se recolecta información primaria directamente en campo que pueda apoyar el proceso interpretativo.

En Colombia, los cultivos agrícolas permanentes representan el 60% de la superficie dedicada a

uso agrícola, realizando una contribución importante de biomasa leñosa y en esencia, representados por el café, el cacao, la palma aceitera y la caña (de azúcar y panelera), además de los frutales de porte arbóreo.

A diferencia de la cobertura forestal, los cultivos agrícolas presentan información estadística confiable y relativamente actualizada. El Sistema de Estadísticas Agropecuarias - SEA del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, ofrece datos de superficies sembrada para cada uno de estos cultivos a nivel municipal. Sin embargo, esta forma alternativa para determinar el área bajo cultivos, enfrenta las mismas dificultades que el área forestal en lo que respecta a las dinámicas de cambio y uso del suelo. Si bien el SEA ofrece datos anuales para cada cultivo, no es posible discernir si las variaciones de un periodo a otro, ocurren en el

de restauración ecológica e incluso iniciativas REDD+. Parece evidente que las plantaciones forestales cumplen con este criterio sin mayor dificultad, salvo si se demuestra un cambio de uso del suelo hacia prácticas reductoras de los depósitos de carbono como ocurre cuando las plantaciones son sustituidas por cultivos agrícolas o pastizales para ganadería.

En el caso de los cultivos esta condición se cumple siempre y cuando se trate de cultivos agrícolas permanentes o sistemas agroforestales y que no haya una posterior conversión hacia pastizales. No obstante se debe tener en cuenta que cuando otros usos del suelo (bosques, pastizales o humedales) son convertidos en tierras agrícolas, se suele presentar una emisión neta de carbono desde la biomasa y el suelo hacia la atmósfera⁴¹.

El último criterio (c) se fundamenta en el hecho que la biomasa que puede ser demostrada como renovable, es aquella que yace en áreas donde se garantiza que no existirán perturbaciones antrópicas que impidan su constante renovación. En teoría, tal criterio solo puede ser cumplido por áreas bajo alguna figura de protección. Significa que la biomasa vegetal que se desarrolla en áreas protegidas como los parques nacionales o santuarios de flora y fauna puede ser reconocida como renovable dado que no estará sujeta a procesos de aprovechamiento y deterioro por parte del hombre.

Al poner en práctica estos criterios para determinar la DRB del presente estudio, se pudo concluir que en el caso de la cobertura forestal, solamente las áreas protegidas podían cumplir con todos ellos. Esto coincide con lo propuesto en la metodología MDL que establece que la DRB se obtiene de acuerdo a la siguiente ecuación⁴²:

$$DRB = PA \times GR \quad [\text{Ecuación 2}]$$

Donde:

DRB = Biomasa demostrablemente renovable (t/año)
PA = Superficie en bosques bajo áreas protegidas (ha)
GR = Tasa de crecimiento del bosque (t/ha/año)

Sin embargo, la ecuación no considera el cálculo de la biomasa renovable procedente de cultivos agrícolas, luego es menester ajustar dicha ecuación para incorporar ésta variable. Para el presente estudio se propuso la siguiente ecuación:

$$DRB_T = DRB_b + DRB_c \quad [\text{Ecuación 3}]$$

Donde:

DRB_T = Biomasa total demostrablemente renovable (t/año)
DRB_b = Biomasa demostrablemente renovable de los bosques (t/año)
DRB_c = Biomasa demostrablemente renovable de los cultivos permanentes (t/año)

Tipificación de bosques y tasas de crecimiento en biomasa

El primer paso para la determinación de la DRB fue la identificación de los distintos tipos de bosques presentes en el área del proyecto por zonas de vida, según la clasificación de Holdridge. Para cada zona de vida, se estableció un valor de

Tabla 5. Superficie sembrada por cultivo y su participación respecto al área total agrícola nacional

CULTIVO PERMANENTE	HECTÁREAS SEMBRADAS	% DEL ÁREA AGRÍCOLA
Café	956.858	28,4%
Palma de aceite	512.761	15,2%
Caña (azucarera y panelera)	475.484	14,1%
Cacao	200.917	5,9%
Frutales de porte arbóreo	162.177	4,8%

Fuente: Base EVA - Ministerio de Agricultura, 2012

mismo punto geográfico o en otro totalmente distinto. En este sentido, se hace necesario apoyarse en un análisis de cobertura que ayude a validar dicha información.

El segundo criterio (b) se relaciona con las actividades que se llevan a cabo en el área de interven-

ción de tal forma que garanticen la permanencia y/o incremento de las existencias de carbono. En otras palabras, que acciones se realizan para evitar pérdida de biomasa vegetal o para incrementarla. Si se trata de áreas boscosas, dichas acciones pueden comprender prácticas de enriquecimiento de bosques naturales, procesos

⁴¹ IPCC. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para UTCUTS. Geneve: IPCC, 2003. p. (3)74.

⁴² CDM - UNFCCC. Default values of fraction of non-renewable biomass for least developed countries and small islands developing states. Version 01.0. Information note, EB 67° report, Annex 22. Bonn: CDM - UNFCCC, 2012. p. 2.

crecimiento en biomasa procedente de fuentes secundarias. Con el propósito de reducir la incertidumbre asociada a las estimaciones de biomasa, se utilizaron en la medida de lo posible, datos obtenidos en investigaciones locales y en ausencia

de ellos, se optó por emplear datos de carácter regional. En el caso de aquellas zonas de vida sin datos de crecimiento, se utilizaron los factores por defecto propuestos por el IPCC. En la tabla 6 se recopila dicha información.

Tabla 6. Tasas de crecimiento de bosques por zonas de vida

ZONA DE VIDA	TASA DE CRECIMIENTO	ORIGEN DEL DATO	FUENTE
Bosque húmedo montano bajo (bh-MB)	2,45 t/ha/año	Regional	Girardin et al. ⁴³
Bosque húmedo premontano (bh-PM)	2,45 t/ha/año	Regional	Girardin et al. ⁴⁴
Bosque húmedo tropical (bh-T)	3,83 t/ha/año	Regional	Torres et al. ⁴⁵
Bosque muy húmedo montano (bmh-M)	1,16 t/ha/año	Local	Aristizábal ⁴⁶
Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB)	1,4 t/ha/año	IPCC	IPCC ⁴⁷
Bosque muy húmedo premontano (bmh-PM)	4,68 t/ha/año	Regional	Peña et al. ⁴⁸
Bosque muy húmedo tropical (bmh-T)	3,38 t/ha/año	Regional	Quinto ⁴⁹
Bosque muy seco tropical (bms-T)	1,7 t/ha/año	Regional	Torres et al. ⁵⁰
Bosque seco tropical (bs-T)	1,7 t/ha/año	Regional	Torres et al. ⁵¹
Bosque pluvial montano (bp-M)	1,4 t/ha/año	IPCC	IPCC ⁵²
Bosque pluvial montano bajo (bp-MB)	1,4 t/ha/año	IPCC	IPCC ⁵³
Bosque pluvial premontano (bp-PM)	1,4 t/ha/año	IPCC	IPCC ⁵⁴
Bosque seco montano bajo (bs-MB)	1,4 t/ha/año	IPCC	IPCC ⁵⁵
Bosque seco premontano (bp-PM)	1,4 t/ha/año	IPCC	IPCC ⁵⁶

⁴³ GIRARDIN, C. et al. Net primary productivity allocation and cycling of carbon along a tropical forest elevational transect in the Peruvian Andes. En: *Global Change Biology*. Vol. 16, No. 12; (Diciembre, 2010). p. 3181.

⁴⁴ Ibid., p. 3181.

⁴⁵ TORRES, A. et al. Productividad de bosque natural en varias zonas de vida de Venezuela y su relación con algunas variables climáticas y edáficas. En: *Revista Forestal Venezolana*. Vol. 46, No. 2; (Julio - Diciembre, 2002). p. 71.

⁴⁶ ARISTIZÁBAL, Javier. Producción de biomasa y almacenamiento de carbono en los bosques de roble del corredor de conservación Guantiva - La Rusia - Iguaque. Informe interno de trabajo en el marco del proyecto "Consolidación del manejo forestal y adaptación al cambio climático en el corredor de robles". Bogotá: Fundación Natura, 2011.

⁴⁷ IPCC. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. En: *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Ginebra: IPCC, 2006. p. (4)66.

⁴⁸ PEÑA, M. et al. Acumulación de carbono y cambios estructurales en bosques secundarios del oriente antioqueño, Colombia. En: *Actualidades biológicas*. Vol. 33, No. 95; (2011). P. 213.

⁴⁹ QUINTO, Harley. Dinámica de la biomasa aérea en bosques primarios de Colombia y su relación con la precipitación y la altitud. Tesis de Maestría. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2010. p. 27.

⁵⁰ TORRES, A. et al. Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. En: *Biota Colombiana*. Vol. 13, No. 2; (2012). p. 71.

⁵¹ Ibid., p. 71.

⁵² IPCC. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Op. cit., p. (4)66

⁵³ IPCC. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Op. cit., p. (4)66

⁵⁴ IPCC. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Op. cit., p. (4)66

⁵⁵ IPCC. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Op. cit., p. (4)66

⁵⁶ IPCC. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Op. cit., p. (4)66

Bosques en áreas protegidas

Colombia tiene 113.910 km² cuadrados de su territorio continental, bajo alguna figura de conservación lo que representa cerca del 10% de su superficie terrestre⁵⁷. A nivel nacional se destacan seis categorías de áreas protegidas:

- Parque Nacional
- Reserva Natural
- Área Natural Única
- Santuario de Flora
- Santuario de Fauna
- Vía Parque

En el presente estudio, se consideraron las áreas

protegidas nacionales y regionales de los departamentos de Antioquia y Santander. Si bien en Antioquia tienen asiento tres áreas protegidas de carácter nacional, solamente el parque Nacional Paramillo fue considerado en el análisis dado que solo se toman en cuenta las áreas protegidas que se encuentren dentro de los límites del proyecto. En este caso el límite del proyecto comprende las jurisdicciones de CORANTIOQUIA y CORNARE. Los otros dos parques nacionales (Katíos y Las Hermosas) están por fuera de ambas jurisdicciones. Es importante indicar que solo un 20% de la extensión total del parque Nacional Paramillo se encuentra en territorio antioqueño, cobijando una buena parte del municipio de Ituango.

Tabla 7. Áreas protegidas de CORANTIOQUIA y CORNARE

ÁREA PROTEGIDA	EXTENSIÓN	JURISDICCIÓN
Parque Regional Arví	11.248 ha	CORANTIOQUIA
Reserva Forestal Farallones de Citará	40.786 ha	CORANTIOQUIA
Reserva Forestal Cerro Bravo	893 ha	CORANTIOQUIA
Reserva de recursos naturales de la zona ribereña del río Cauca	98.049 ha	CORANTIOQUIA
Reserva Forestal bajo Cauca - Nechí	79.557 ha	CORANTIOQUIA
Área de manejo especial de Páramos Sonsón, Argelia y Nariño	120.000 ha	CORNARE
SIRAP Embalses	21.989 ha	CORNARE
SIRAP Valle de San Nicolás	8.893 ha	CORNARE

En lo que respecta a las áreas protegidas pertenecientes al SIRAP y SIDAP de Antioquia, se consideraron aquellas que se indican en la tabla 7.

de carácter regional y departamental fue suministrada por las corporaciones autónomas regionales CORANTIOQUIA y CORNARE.

La cartografía correspondiente a las áreas protegidas nacionales fue obtenida de la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Naturales Nacionales (UAESPNN), mientras que la

⁵⁷ COLOMBIA. UAESPNN. *Sistemas de parques nacionales naturales*. Bogotá: UAESPNN, 2014. Archivo HTML

En el caso de Santander, si bien existen dos áreas protegidas de carácter nacional y dos más de carácter regional, solamente el santuario de flora y fauna Guanentá - Alto río Fonce y el complejo de páramos Almorzadero - Santurban fueron involucrados en el análisis dado que se encuentran dentro de los límites del proyecto para este departamento.

En cada área protegida, se identificó la extensión correspondiente a bosques naturales, los cuales

fueron desagregados por zonas de vida. Para cada tipo de bosque por zona de vida se calculó su extensión dentro del polígono correspondiente al área protegida.

DRB para bosques naturales

La metodología indica que la DRB se obtiene como el producto entre la extensión de los bosques en áreas protegidas (PA) y la tasa anual de crecimiento de la biomasa (GR). Sin embar-

Tabla 8. Áreas protegidas de Santander consideradas en el estudio

ÁREA PROTEGIDA	EXTENSIÓN	JURISDICCIÓN
Complejo de páramos Almorzadero - Santurban	153.873 ha	CDMB
SFF Guanentá - Alto río Fonce	10.429 ha	CAS

go, dada la variabilidad edafoclimática y fisiográfica que se puede presentar en una misma área protegida, es bastante probable encontrar varios tipos de ecosistemas vegetales, luego es necesario estimar la DRB del bosque como la suma de la DRB para cada tipo de ecosistema específico. En consecuencia, éste parámetro fue calculado para cada área protegida de la siguiente manera:

$$DRB_b = \sum_{i=1}^n (PA_i \times GR_i) \text{ [Ecuación 3]}$$

Donde;

DRB_b = Biomasa demostrablemente renovable de los bosques en área protegida (t/año)

PA_i = Extensión del bosque de la zona de vida i bajo área protegida (ha)

GR_i = Tasa promedio anual de crecimiento de la biomasa del bosque de la zona de vida i (t/ha/año)

i = zona de vida 1, 2, 3...n.

Como ya se mencionó, la tasa promedio de crecimiento corresponde a los valores registrados para cada zona de vida en la tabla 6. No obstante, se puede observar que algunas zonas de vida presentan datos por defecto reportados por IPCC, que probablemente difieren ostensiblemente del crecimiento real de estos ecosistemas, luego se considera una buena práctica tratar de utilizar la información más exacta que pueda estar disponible.

DRB de cultivos agrícolas

Los cultivos agrícolas permanentes aportan importantes cantidades de biomasa leñosa cuya cuantificación tiende a ser compleja. De forma semejante a los bosques, la DRB de cultivos agrícolas se obtiene como el producto entre la extensión dedicada a ésta actividad dentro del área del análisis y la tasa de crecimiento promedio especificada para cada cultivo. Para el caso

de esta última variable, se considera una buena práctica emplear datos de crecimiento generados localmente antes que considerar datos por defecto. Lo anterior dependerá en gran medida de que tan disponible se encuentre dicha información y que tan relevante es el cultivo con respecto al área total agrícola dentro del área del proyecto. Respecto a esto último, se pudo establecer que en el área del proyecto existen 221 mil hectáreas dedicadas a cultivos permanentes de las cuales el 66% es dominado por café (figura 4).

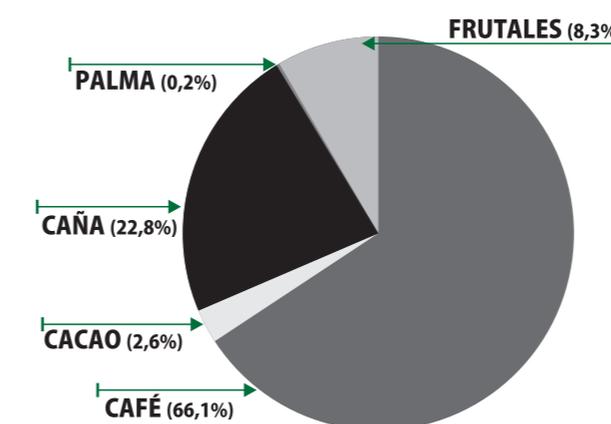
se producen con una rotación anual. Irvine (1983) reporta un dato de productividad de biomasa con base en el promedio comercial reportado para tres países, entre ellos Colombia.

Dicho autor refiere un rendimiento de 39 t/ha/año para este cultivo⁵⁸. Sin embargo, la biomasa de este cultivo no se ajusta estrictamente a la definición de "biomasa leñosa" ya que se trata de una planta gramínea que una vez procesada genera un subproducto fibroso conocido como bagazo. Además, dado su ciclo de regeneración y cosecha, no constituye un depósito de carbono con efecto acumulativo puesto que teóricamente, el dióxido de carbono se traslada alternadamente entre la atmósfera y la plantación. Considerando lo anterior, se descartó para el presente análisis, la inclusión de la caña de azúcar/panelera como fuente relevante de biomasa leñosa lo que también es reforzado por el hecho que no es un recurso energético utilizado como combustible doméstico de cocción.

De otro lado, la palma de aceite no constituye una fuente relevante de biomasa dentro del área del proyecto dado que su participación es inferior al 1% de la extensión dedicada a cultivos permanentes, por lo cual, también se optó por excluir este tipo de cultivo.

En virtud de lo anterior, el análisis de biomasa demostrablemente renovable para el componente agrícola, solo consideró los cultivos de café, cacao y frutales.

Figura 4. Participación de los cultivos permanentes dentro del área del proyecto



La caña de azúcar que se utiliza para producir tanto azúcar como panela, comprende el 14% de superficie dedicada a la producción agrícola nacional y dentro del área del proyecto, representa el 22,8% de la extensión agrícola dedicada a cultivos permanentes. Se destaca por ser un cultivo semipermanente cuyas cosechas (zafras)

⁵⁸ WACLAWOSKY, A. et al. Sugarcane for bioenergy production: an assessment of yield and regulation of sucrose content. En: Plant Biotechnology Journal. Hoboken (USA). Vol. 8, No. 3; (2010). P. 265.

Para el caso del café, la tasa de crecimiento promedio se estimó con base en la ecuación alométrica de biomasa propuesta por Aristizábal⁵⁹. Esta variable fue simulada en función de la edad hasta un periodo de 9 años. Para cada rango de edad y con base en la biomasa individual, se estimó la biomasa de café por hectárea multiplicando el referido valor por una densidad de siembra promedio de 5.275 individuos por hectárea. La tasa de crecimiento promedio anual en términos de biomasa fue estimada para cada edad, dividiendo el valor de biomasa por hectárea entre dicha variable. Los resultados fueron promediados para obtener un valor absoluto de incremento medio anual de la biomasa, el cual fue calculado en 1,35 t/ha/año.

Para el caso del cacao se cuentan con datos nacionales de crecimiento expresados en carbono almacenado. Aristizábal y Guerra (2002), estimaron una tasa promedio de fijación de carbono de 1 t/ha/año para un cacaotal de 15 años bajo sombrío en el departamento de Caldas⁶⁰. Este dato es refrendado por Andrade et al (2013) quienes hallaron tasas de fijación de carbono del orden de 1 y 1,1 t/ha/año en cacaotales de 18 y 35 años, respectivamente, en el departamento del Tolima⁶¹. Considerando que el carbono fijado comprende el 50% de la biomasa seca, se infiere una produc-

tividad promedio de biomasa de 2 t/ha/año para el cultivo de cacao.

De otra parte, la biomasa de los árboles de sombrío fue hallada siguiendo el mismo procedimiento para el café aunque considerando las siguientes complejidades:

- Composición disetánea del sombrío: usualmente los árboles dentro de un sistema agroforestal presentan diferencias de edades dado que no todos los individuos se siembran al mismo tiempo. Esta estrategia de establecimiento del sombrío permite contar con diferentes estratos que cumplen una importante función como reguladores del ingreso de la luz solar al cafetal.
- Composición heteroespecífica del sombrío: dentro de un arreglo agroforestal no existe uniformidad respecto al tipo de especies que se siembran. Lo anterior implica una alta variabilidad en la productividad individual en términos de biomasa.

Para estimar la biomasa individual, Aristizábal (2011) propone una ecuación alométrica genérica la cual fue modelada tomando en consideración 14 especies de árboles utilizadas tradicionalmente como sombrío de este cultivo⁶². Con base en un ejercicio de parcelas temporales, se calculó la biomasa individual arbórea a partir de la referida ecuación y se obtuvo un valor promedio que fue multiplicado por la densidad de siembra. Estas parcelas revelaron que en promedio se plantan 120 árboles por hectárea en sistemas agroforestales con café, cifra que no difiere mucho de la densidad de sombrío utilizada para cacaotales. En virtud de lo anterior, se hallaron datos de productividad que oscilaban entre 0,8 y 23,7 t/ha/año para árboles con rango de edades entre menores de 1 año hasta 30 años, lo que indica un valor promedio de 8,3 t/ha/año.

El último de los cultivos permanentes con una contribución importante de biomasa leñosa son los frutales de ciclo largo que comprenden algo más de 160 mil hectáreas sembradas en todo el territorio nacional. Debido a la gran heterogeneidad de cultivos englobados en esta categoría, la cuantificación de la biomasa reviste una mayor dificultad, en parte, por la ausencia de datos locales respecto a las tasas de crecimiento de estas especies. Debido a esta circunstancia, se debieron considerar datos generados por investigaciones

realizadas en otros lugares con condiciones de crecimiento totalmente distintas y que por ende, generan incertidumbre en cuanto a las estimaciones de biomasa.

Por ejemplo, Bwalya (2012) estimó que la producción promedio de biomasa en un cultivo de cítricos con edades entre 20 y 38 años podía ser de 47,6 t/ha⁶³. El autor señala que en plantaciones de cítricos con bajo aporte de insumos, se presen-

Tabla 9. Tasa de incremento de la biomasa de algunos cultivos permanentes

CULTIVO PERMANENTE	TASA DE INCREMENTO DE LA BIOMASA (t/ha/año)
Cafetal sin sombrío	1,35
Cafetal con sombrío	9,65
Cacaotal sin sombrío	2
Cacaotal con sombrío	10,3
Cítricos	4,76
Aguacate	5,2
Mango	35,8
Guayaba	1

ta una captura anual promedio de 9,35 tCO₂eq./ha que implican un incremento en la biomasa de 4,76 t/ha/año. Brakas y Aune (2011) indican una tasa de acumulación de carbono para una plantación de mango del orden de 17,9tC/ha/año, lo que representa un incremento anual de la biomasa de 35,8 t/ha/año⁶⁴. Caicedo manifiesta que un cultivo de guayaba dentro de un sistema silvopastoril posee un incremento promedio de la biomasa aérea de 1 t/ha/año⁶⁵.

⁶³ BWALYA, Jackson. Estimation of net carbon sequestration potential of citrus under different management systems using the life cycle approach. Tesis de pregrado. Lusaka (Zambia): University of Zambia, 2013. p. 51.

⁶⁴ BRAKAS, S. y AUNE, J. Biomass and carbon accumulation in land use systems of Claveria, the Philippines. En: Carbon sequestration potential of agroforestry systems: opportunities and challenges. Heidelberg (Alemania), (2011). p. 170.

⁶⁵ CAICEDO, Willan. Evaluación de sistemas silvopastoriles como alternativa para la sostenibilidad de los recursos naturales en la estación experimental central de la Amazonía del INIAP. Tesis de pregrado. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2013. p. 105.

⁵⁹ ARISTIZÁBAL, Javier. Desarrollo de modelos de biomasa aérea en sombríos de cafeto (*Coffea arabica* L.) mediante datos simulados. En: Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica. Bogotá. Vol. 14, No. 1; (Junio, 2011); p. 52.

⁶⁰ ARISTIZÁBAL, J y GUERRA, A. Estimación de la tasa de fijación de carbono en el sistema agroforestal Nogal cafetero (*Cordia alliodora*) - Cacao (*Theobroma cacao* L) - Plátano (*Musa paradisiaca*). Tesis de grado. Bogotá: Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", 2002. p. 99.

⁶¹ ANDRADE, H. et al. Almacenamiento de carbono en cacaotales (*Theobroma cacao*) en Armero - Guayabal (Tolima, Colombia). En: Scientia Agroalimentaria. Ibagué (Colombia). Vol. 1; (Abril, 2013); p. 10.

⁶² ARISTIZÁBAL, Op. cit., p. 53

La información de la tasa de crecimiento en biomasa para estos cultivos se consolida en la tabla 9.

El cultivo de aguacate cobija una extensión de casi 5 mil hectáreas dentro del área del proyecto lo cual hace que el aporte de biomasa leñosa de esta especie sea bastante significativa. Sin embargo, no fue posible encontrar datos de incremento de la biomasa para este cultivo por lo cual se asignó el valor por defecto sugerido por el IPCC para sistemas de cultivo que contienen especies perennes⁶⁶.

La DRB de cultivos se calculó de la misma manera que la DRB de los bosques. El parámetro PC corresponde en esta ocasión a la extensión de cultivos leñosos presentes en el área del proyecto, mientras que GRi es la tasa de crecimiento de la biomasa leñosa de los distintos tipos de cultivos y se expresa de la siguiente forma:

$$DRB_c = \sum_{i=1}^n (PCi * GRi) \text{ [Ecuación 4]}$$

Donde;

DRB_c = Biomasa demostrablemente renovable del conjunto de cultivos leñosos en el área del proyecto (t/año)

PCi = Superficie sembrada del cultivo i en el área del proyecto (ha)

GRi = Tasa anual de crecimiento de la biomasa del cultivo i (t/ha/año)

i = cultivo leñoso permanente 1, 2, 3...n.

⁶⁶ IPCC. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Op. cit., p. (5)10.

⁶⁷ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Anuario 2012 - Base evaluaciones agropecuarias municipales EVA 2007 - 2012. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012. Archivo Excel.

⁶⁸ CDM - UNFCCC. Op. Cit. p. 6.

Para la obtención de esta variable, se trabajó a nivel de municipio, dado que los datos solo se encuentran disponibles a esta escala. Para tal efecto, se consultó la base de evaluaciones agrícolas municipales (EVA) del ministerio de agricultura y desarrollo rural, en donde se tiene registrado la extensión de los cultivos de referencia para cada municipio del país con datos hasta 2012⁶⁷. En lo que respecta a las tasas de crecimiento de los cultivos de café, cacao y frutales, se tomaron en cuenta los datos registrados en la tabla 9.

Biomasa no renovable (NRB)

De acuerdo a lo indicado en el anexo 22 del 67° reporte de la Junta Ejecutiva del MDL, la biomasa no renovable (NRB) es el resultado de la diferencia entre la cantidad de biomasa leñosa usada en ausencia del proyecto y la biomasa demostrablemente renovable (DRB)⁶⁸. Sin embargo, ésta definición per se no es suficiente para demostrar el estatus de no renovabilidad de la biomasa en el área del proyecto y debe ser apoyada por la existencia de al menos dos de los siguientes indicadores:

- Una tendencia que demuestre un incremento en el tiempo gastado o la distancia recorrida para recolectar leña por parte de los usuarios, o alternativamente, una tendencia que demuestre un incremento en la distancia desde donde la leña es transportada hasta el área del proyecto.
- Evaluaciones, estudios, estadísticas locales o nacionales, mapas u otras fuentes de información, tales como datos de sensores remotos que demuestren una reducción de las existencias de carbono (biomasa vegetal) en el área del proyecto.
- Una tendencia creciente en el precio de la leña (u otros dendrocombustibles) que evidencien escasez del recurso.

- Tendencias en el tipo de combustibles de cocción recolectados por los usuarios que demuestren escasez del recurso (leña).

Se debe señalar que con excepción del segundo indicador, los demás presentan una alta dosis de subjetividad en su análisis y aplicación. Demostrar un incremento en el tiempo empleado o en la distancia recorrida solo puede ser constatado con la evidencia ofrecida directamente por el usuario del recurso. El problema radica en la fiabilidad y consistencia de la información que se puede obtener cuando se entrevista al usuario. Esto se debe en cierta medida a que la recolección de leña no es una actividad que se realice sistemáticamente en el mismo lugar, sino que se lleva a cabo como una labor colateral de otro tipo de actividades que son ejecutadas por el usuario. En este sentido, las fuentes de aprovisionamiento de leña cambian de un día para otro y con ello, la distancia recorrida y/o el tiempo empleado también pueden variar. Valderrama y Linares (2008) indicaban que en San Jose de Suaita (Santander), las distancias de recolección podían fluctuar en menos de 1 km en el 80% de las familias rurales, usualmente fluctuando entre 100 y 300 metros, lo cual era un claro indicativo de la inexistencia de escasez de leña en la región⁶⁹. Por su parte Ocaña (2005) señalaba que la distancia podía variar entre 0,5 y 1,5 km lo cual implicaba una inversión de tiempo entre menos de 1 hora y hasta 2 horas en las labores de aprovisionamiento de leña.

En ausencia de mejores herramientas para establecer si existe una tendencia creciente en la distancia o en el tiempo empleado en la recolección de leña, se deberá seguir considerando el uso de encuestas para obtener dicha información. En el marco del proyecto "Estufas eficientes de leña como contribución al mejoramiento de la

calidad de vida, al uso eficiente de la energía y la reducción de GEI en áreas rurales de Antioquia y Santander", se adelantaron entrevistas a un grupo de 30 familias que utilizaban leña como combustible. El 70% de ellas manifestaron que en comparación a cinco años atrás, la consecución de leña se había vuelto más difícil, principalmente porque percibían que en ese tiempo había mayor disponibilidad del recurso. Lo anterior, indica al menos cualitativamente, que existe una escasez moderada de la leña dentro del área del proyecto.

En este mismo estudio, se pudo establecer que en promedio las familias invierten una hora en las actividades recolección de leña.

Se evidencia que en el área del proyecto, las existencias de carbono han disminuido de forma importante. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) adelantó una evaluación sobre la tasa de deforestación nacional empleando imágenes de satélite y utilizando herramientas SIG. La evaluación comprendió los periodos 2000 - 2005 y 2005 - 2010 y se pudo establecer que la pérdida de cobertura forestal fue de 1,57 millones de hectáreas para el primer periodo y casi 1,2 millones de hectáreas para el segundo periodo⁷⁰. Las mayores pérdidas de área forestal se presentaron en la Amazonía y en la región Andina con participaciones del 35% y 34% en promedio cada una.

La dinámica de los cambios en la cobertura fue

⁶⁹ VALDERRAMA, E. y LINARES, E. Uso y manejo de leña por la comunidad campesina de San José de Suaita (Suaita, Santander, Colombia). En: Colombia Forestal. Bogotá. Vol. 11; (Diciembre, 2008); p. 22.

⁷⁰ CABRERA, E. et al. Memoria técnica de la cuantificación de la deforestación de la deforestación histórica nacional: escalas gruesa y fina. Bogotá: IDEAM, 2011. p. 88.

determinada tanto a nivel departamental como de jurisdicción ambiental (CAR) lo que permite un mejor nivel de detalle en el análisis de la información.

Para determinar las probables variaciones en las existencias de carbono para el área del proyecto, se consideró el último periodo de análisis (2005 - 2010) y se optó por trabajar a nivel de jurisdicción ambiental. Según IDEAM, la jurisdicción de CO-RANTIOQUIA perdió 99.968 ha de bosque, mientras que en CORNARE dicha cifra fue de 19.119 ha para el periodo de referencia. En el departamento de Santander, que comprende las jurisdicciones de la CAS⁷¹ y la CDMB⁷², se deforestaron 83.892 y 7.781 hectáreas, respectivamente⁷³. En síntesis, se puede demostrar de acuerdo a los criterios establecidos, que en el área del proyecto se evidencia la reducción de las existencias de carbono.

El tercer indicador difícilmente puede ser aplicado en este proyecto. La razón principal es que en Colombia, la comercialización de la leña en el medio rural no es una práctica usual. La apropiación de la leña se hace esencialmente por recolección. Ocaña (2005) anotaba que en Encino (Santander), el 4% de una muestra de familias evaluadas, afirmaba comprar la leña a sus vecinos, pero aún en dicha circunstancia, ellos mismos debían recolectarla⁷⁴. Valderrama y Linares (2008) indicaban que en San Jose de Suaita (Santander), tan solo el 11,8% de los usuarios rurales compraban la leña. Los datos de apropiación de la leña obtenidos en el proyecto "Estufas eficientes de leña como contribución

al mejoramiento de la calidad de vida, al uso eficiente de la energía y la reducción de GEI en áreas rurales de Antioquia y Santander" ratifican esta afirmación en cuanto que el 100% de las familias entrevistadas manifestaron no comprar este dendrocombustible.

Tampoco es una práctica usual en Colombia, la utilización de otros combustibles de biomasa como estiércol o residuos agrícolas para labores de cocción, luego este indicador tiene una aplicabilidad muy limitada para demostrar el estatus de no renovabilidad de la biomasa.

Con base en el anterior análisis, se concluye que para el área de implementación del proyecto, se apelará al primer y segundo indicador para demostrar que la biomasa allí presente es considerada como no renovable.

De acuerdo a la metodología, la NRB se calcula siguiendo un procedimiento que comprende en primera instancia, definir el incremento medio anual de la biomasa en crecimiento (MAI) y posteriormente, determinar las pérdidas anuales totales de biomasa (R).

Incremento medio anual de la biomasa en crecimiento (MAI)

Este dato es calculado como el producto de la superficie de bosques en hectáreas y la tasa de crecimiento de la biomasa para la masa boscosa que es objeto de análisis. En esencia, esta métrica se obtiene de la misma manera como se estimó la DRB de los bosques en áreas protegidas. El parámetro F incluye tanto bosques en área protegida como aquellos que no lo están; mientras que GR comprende los crecimientos de biomasa definidos para cada zona de vida (i) conforme a la tabla 6. Considerando la ecuación de la metodología EB 67 Annex 22, el MAI se calcula de la siguiente manera:

$$\text{MAI} = F * \text{GR} \text{ [Ecuación 5]}$$

Donde;

MAI= Incremento medio anual de la biomasa en crecimiento (t/año)

F = Superficie de bosques en el área del proyecto (ha)

GR = Tasa promedio anual de crecimiento de la biomasa del bosque (t/ha/año)

No obstante, se debe considerar que la información de crecimientos de la biomasa de los bosques se encuentra especificada por zonas de vida conforme a lo señalado en la tabla 6. En consecuencia, para el presente estudio la ecuación propuesta originalmente por la metodología (ecuación 5), se transforma en la siguiente ecuación:

$$\text{MAI} = \sum_{i=1}^n (F_i \times \text{GR}_i) \text{ [Ecuación 6]}$$

Donde;

MAI = Incremento medio anual de la biomasa en crecimiento (t/año)

F_i = Superficie de la cobertura forestal de la zona de vida i en el área del proyecto (ha)

GR_i = Tasa promedio anual de crecimiento de la biomasa de la cobertura forestal de la zona de vida i (t/ha/año)

i = zona de vida 1, 2, 3...n.

Para cada núcleo de municipios se definió la superficie de bosque (F) utilizando el mapa de cobertura vegetal y transponiéndolo con el mapa de división político-administrativa tanto de Antioquia como de Santander. El mapa resultante de esta transposición fue posteriormente cruzado con el mapa de zonas de vida de Holdridge para dividir la cobertura forestal en bosques por zonas de vida y con ello, poder determinar la extensión de los mismos dentro de cada núcleo de análisis.

Pérdidas totales anuales de la biomasa (R)

Este parámetro se calcula con base en la sumatoria entre el incremento medio anual (MAI) obtenido en el anterior numeral y el cambio anual de la biomasa (ΔF), que de acuerdo a la metodología EB 67 Annex 22, se expresa de la siguiente forma:

$$\text{R} = \text{MAI} + \Delta F \text{ [Ecuación 6]}$$

Donde;

R = Pérdidas totales anuales de la biomasa forestal (t/año)

MAI = Incremento medio anual de la biomasa forestal en crecimiento (t/año)

ΔF = Cambio anual de la biomasa forestal (t/año)

El cambio anual de la biomasa (ΔF), se refiere a la pérdida de cobertura forestal que se presenta en el área del proyecto. La metodología indica que en ausencia de datos nacionales, pueden ser utilizados los valores por defecto registrados en el documento "Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010" de la FAO o versiones más recientes. Colombia cuenta con datos más precisos respecto a la pérdida de cobertura forestal en el territorio nacional, luego éstos serán usados para el análisis de ΔF .

Tomando como base los datos del IDEAM, se pudo establecer los cambios en la cobertura boscosa a nivel subregional. El estudio denominado Memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica nacional, definió la escala de la pérdida de cobertura a nivel de jurisdicciones ambientales territoriales para el periodo 2005 - 2010⁷⁵. Esta cifra quinquenal fue disgregada de forma anual para

⁷¹ Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).

⁷² Corporación Autónoma Regional para la Defensa de Meseta de Bucaramanga (CDMB)

⁷³ Ibid. p. 100.

⁷⁴ OCAÑA, Op. cit. p. 24.

⁷⁵ CABRERA, E et al. Op. cit. p. 100.

Tabla 10. Cambio anual de las existencias de biomasa por jurisdicción del proyecto

JURISDICCIÓN	DEFORESTACIÓN 2005 – 2010 (ha)	TASA DE DEFORESTACIÓN (ha/año)	BIOMASA ÁREA PROMEDIO (t/ha)	CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE BIOMASA (t/año)
CORANTIOQUIA	99.968	19.994	255	5.098.470
CORNARE	19.119	3.824	255	975.120
SANTANDER	91.666	18.333	255	4.674.966

establecer la tasa de deforestación en cada jurisdicción. Sin embargo, por tratarse de biomasa, este parámetro que se encuentra en hectáreas, debe ser convertido a las correspondientes unidades. IDEAM estima que una hectárea de bosque promedio en Colombia posee una biomasa de aproximadamente 255 toneladas⁷⁶. En la tabla 10 se establecen los cambios anuales en las existencias de biomasa para cada jurisdicción del proyecto.

No obstante, dado que la unidad mínima espacial de análisis considerada por el IDEAM fue a nivel de corporaciones autónomas regionales, existe incertidumbre sobre cómo se produjo la pérdida de cobertura forestal en unidades espaciales más pequeñas (v.g: municipios o conjunto de municipios). Debido a que los datos de deforestación no se encuentran a un mayor nivel de desagregación, fue necesario efectuar una distribución proporcional del cambio anual en las existencias de biomasa entre cada uno de los núcleos municipales. Para tal efecto, se determinó el porcentaje de la superficie de cada núcleo de intervención,

respecto a la superficie total de la jurisdicción a la cual pertenece. El resultado de la anterior operación fue multiplicado por la cifra correspondiente al cambio anual de las existencias de biomasa a nivel de jurisdicción (tabla 10), el cual, arrojaba el dato a nivel de núcleo municipal y cuyos resultados se presentan en la tabla 11.

Para cada núcleo de análisis se aplicó la ecuación 6 con el objeto de establecer el valor correspondiente a las pérdidas totales anuales de la biomasa (R).

Una vez se cuenten con todas las variables anteriormente señaladas, la biomasa no renovable se calcula conforme a lo expresado en la ecuación 7.

$$NRB = R - DRB \text{ [Ecuación 7]}$$

Donde;

NRB = Biomasa no renovable (t/año)

R = Pérdidas totales anuales de la biomasa (t/año)

DRB = Biomasa demostrablemente renovable (t/año)

Cálculo de los fNRB

Una vez hallada la biomasa no renovable (NRB) mediante el procedimiento explicado anterior-

Tabla 11. Cambio anual de las existencias de biomasa por núcleos de intervención

JURISDICCIÓN	NÚCLEO	ÁREA JURISDICCIÓN (ha)	ÁREA NÚCLEO (ha)	PROPORCIÓN ÁREA NÚCLEO / ÁREA JURISDICCIÓN (%)	CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE BIOMASA PROYECTADA PARA EL NÚCLEO (t/año)
CORANTIOQUIA	Cañón del Cauca	3.600.000	249.120	6,92	352.807
CORNARE	Embalses	827.600	61.739	7,46	72.740
CORANTIOQUIA	Nordeste	3.600.000	373.680	10,38	529.211
CORANTIOQUIA	Norte1	3.600.000	262.080	7,28	371.161
CORANTIOQUIA	Norte2	3.600.000	68.400	1,9	96.869
CORANTIOQUIA	Occidente	3.600.000	141.840	3,94	200.876
CORNARE	Páramos	827.600	190.265	22,99	224.168
CORANTIOQUIA	Suroeste	3.600.000	360.360	10,01	510.347
CORNARE	Valles	827.600	163.202	19,72	192.283
SANTANDER	Cañón del Chicamocha	2.595.600	156.255	6,02	281.433
SANTANDER	Corredor de Robles	2.595.600	246.582	9,5	444.122
SANTANDER	Páramo Norte	2.595.600	111.091	4,28	200.087
SANTANDER	Páramo Sur	2.595.600	131.856	5,08	237.487
SANTANDER	Cuenca del Suárez	2.595.600	166.637	6,42	300.132
SANTANDER	Vélez	2.595.600	223.221	8,60	402.046
SANTANDER	Zona Guanentina	2.595.600	93.441	3,60	168.298

mente, se estimó la fracción no renovable de la biomasa (fNRB) para cada núcleo de intervención, mediante la aplicación de la ecuación No. 1 de la metodología definida para estimar esta variable. No obstante, vale la pena aclarar que el valor de la biomasa demostrablemente renovable (DRB) corresponde a la suma de los valores de DRB calculados para bosques bajo figuras de protección y para los cultivos agrícolas que proveen biomasa leñosa de forma relevante.

Los fNRB encontrados en el área del proyecto fluctuaron entre -37,85% hasta 99,68%, representando de esta manera los dos extremos de la situación. Por un lado, en el núcleo "Suroeste" de la jurisdicción de CORANTIOQUIA, se puede observar que no existe déficit en la disponibilidad de biomasa leñosa (-37,85%) y por ende, en la actualidad es 100% renovable. Lo anterior se debe a que esa región de Antioquia se concentra la mayor parte de los cafetales del

⁷⁶ PHILLIPS, J. et al. Estimación de las reservas actuales (2010) de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia: Estratificación, alometría y métodos analíticos. Bogotá: IDEAM, 2011. p. 29.

Tabla 12. Fracción no renovable de la biomasa (fNRB) estimada para cada núcleo de intervención

NÚCLEO	JURISDICCIÓN	fNRB
Cañón del Cauca	CORANTIOQUIA	79,04%
Nordeste	CORANTIOQUIA	82,09%
Norte 1	CORANTIOQUIA	92,22%
Norte 2	CORANTIOQUIA	77,84%
Occidente	CORANTIOQUIA	46,65%
Suroeste	CORANTIOQUIA	-37,85%
Embalses	CORNARE	70%
Páramos	CORNARE	59,20%
Valles	CORNARE	79,32%
Cañón del Chicamocha	SANTANDER	96,69%
Corredor de Robles	SANTANDER	91,65%
Páramo Norte	SANTANDER	76,92%
Páramo sur	SANTANDER	99,68%
Cuenca del Suárez	SANTANDER	87,52%
Vélez	SANTANDER	72,24%
Zona Guanentina	SANTANDER	5,25%

departamento y por ende, gran parte de la biomasa leñosa procede de este tipo de vegetación. El otro extremo corresponde al núcleo "Páramo sur" en el departamento de Santander en donde prácticamente toda la biomasa es

no renovable, es decir no existe posibilidad de reposición de la vegetación que es cosechada para diferentes propósitos. En la tabla 12, se presentan los fNRB estimados para cada núcleo de intervención.

CONCLUSIONES

- La construcción de fracciones no renovables de la biomasa (fNRB) es un ejercicio que requiere una importante cantidad de variables que no siempre se encuentran disponibles. El grado de certeza en los resultados dependerá en gran medida de que tan detallados puedan ser los datos utilizados en el análisis.

- Se evidencian diferencias marcadas entre los fNRB hallados para los distintos núcleos municipales, lo que responde en gran medida a la cantidad y tipo de biomasa que puede encontrarse en los mismos. Se puede observar que en aquellas áreas en donde existe una importante actividad agrícola, los valores de fNRB tienden a ser más bajos, lo cual puede explicarse por el hecho que en estos lugares predominan cultivos de ciclo largo que generan grandes cantidades de biomasa leñosa que aumentan el grado de renovabilidad del recurso.

- Existe una alta incertidumbre para estimar la biomasa demostrablemente renovable (DRB) tanto del componente forestal como agrícola, en la medida que no se cuentan con datos de crecimiento de la biomasa desarrollados localmente. Solo cinco de las 13 zonas de vida utilizadas en el estudio poseían datos de crecimiento en biomasa para bosques generados en investigaciones llevadas a cabo en el país, luego fue necesario recurrir a datos de crecimiento desarrollados en otros países o cifras por defecto propuestas por

el IPCC. En estos casos, es posible que la tasa de crecimiento se esté subestimando y por ende, se esté generando un valor de DRB que no necesariamente se asemeje al dato real. La misma situación se observa con los crecimientos de los frutales de ciclo largo que fueron involucrados en el análisis. Ninguno de ellos presentaba datos de crecimiento evaluados localmente, luego los valores utilizados para hallar la DRB, responden a condiciones edafoclimáticas y dinámicas de manejo que pueden diferir ostensiblemente de las condiciones y pautas de manejo con que se desarrollan estos cultivos en el contexto local, lo que puede repercutir en los niveles de productividad de los mismos y por ende, afectar el valor de DRB.

- Al no existir valores desagregados de tasas de deforestación por municipio, se hace necesario que la fNRB sea coherente y compatible con la unidad mínima espacial para la cual se hayan establecido datos de cambios en la cobertura forestal bien por pérdidas o regeneración. Para el caso particular de Colombia, esta información ha sido determinada hasta el nivel de jurisdicción ambiental territorial (v.g. CARs) y por tal razón, se recomienda que la fNRB sea calculada hasta dicho nivel. Valores de fNRB de mayor detalle serán posibles en la medida que se cuenten con los datos apropiados, de lo contrario, deberán ser contruidos lo que implicará un mayor esfuerzo en tiempo y recursos.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

ANDRADE, H. et al. Almacenamiento de carbono en cacao-
tales (*Theobroma cacao*) en Armero – Guayabal (Tolima,
Colombia). En: *Scientia Agroalimentaria*. Ibagué (Colombia).
Vol. 1; (Abril, 2013); p. 6 - 10. ISSN 2339 - 4684

ARISTIZÁBAL, Javier. Desarrollo de modelos de biomasa aé-
rea en sombríos de cafeto (*Coffea arabica* L.) mediante datos
simulados. En: *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación
Científica*. Bogotá. Vol. 14, No. 1; (Junio, 2011); p. 49 - 56.
ISSN 0123 - 4226

_____. Producción de biomasa y almacenamiento de car-
bono en los bosques de roble del corredor de conservación
Guantiva – La Rusia – Iguaque. Informe interno de trabajo
en el marco del proyecto “Consolidación del manejo forestal
y adaptación al cambio climático en el corredor de robles”.
Bogotá: Fundación Natura, 2011. 56 p.

ARISTIZÁBAL, J y GUERRA, A. Estimación de la tasa de fijación
de carbono en el sistema agroforestal Nogal cafetero (*Cordia
alliodora*) – Cacao (*Theobroma cacao* L) – Platano (*Musa para-
disiaca*). Bogotá, 2002, 108 p. Tesis de Pregrado (Ingeniero
Forestal). Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”.
Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

BRAKAS, S. y AUNE, J. Biomass and carbon accumulation in
land use systems of Claveria, the Philippines. En: KUMAR, B.
M. y NAIR, P.K. Carbon sequestration potential of agroforestry

systems: opportunities and challenges. Heidelberg (Alema-
nia), (2011). p. 163 - 175. e-ISBN 978-94-007-1630-8

BWALYA, Jackson. Estimation of net carbon sequestration
potential of citrus under different management systems
using the life cycle approach. Lusaka, 2012, 112 p. Tesis
de Maestría (Agronomía). University of Zambia. School of
Agricultural Science. Disponible en: <http://dspace.unza.zm:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2213/Bwalya.pdf?sequence=1>

CABRERA, E. et al. Memoria técnica de la cuantificación de la
deforestación de la deforestación histórica nacional: escalas
gruesa y fina. Bogotá: IDEAM, 2011. 106 p. ISBN 978-958-
8067-46-9

CAICEDO, Willan. Evaluación de sistemas silvopastoriles
como alternativa para la sostenibilidad de los recursos
naturales en la estación experimental central de la Amazo-
nía del INIAP. Riobamba (Ecuador), 2013, 138 p. Tesis de
pregrado (Ingeniero Zootecnista). Escuela Superior Politéc-
nica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela
de Ingeniera Zootécnica. Disponible en: <http://hdl.handle.net/123456789/2274>

CDM – UNFCCC. Default values of fraction of non – renewable
biomass for least developed countries and small islands
developing states. Information note, EB 67° report, Annex

22. Geneve: CDM – UNFCCC, 2012. 13 p. Disponible en:
https://cdm.unfccc.int/filestorage/H/2/9/H29X6E-KQMJU7RY85DIT4ZPFAL3O1GW/eb67_repan22.pdf?t=OUN8bmdoM212fDBW62rah2t6LZqUV-1zkl-Y

COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO
RURAL. Anuario 2012 – Base evaluaciones agropecuarias
municipales EVA 2007 – 2012 [En línea]. Bogotá: Minis-
terio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012 (Consultado
en 10/12/2014). Archivo Excel. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx>

COLOMBIA. UAESPNN. Sistemas de parques nacionales
naturales [En línea]. Bogotá: UAESPNN, 2009 (Consultado
en 10/12/2014). Archivo HTML. Disponible en: <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/sistema-de-parques-nacionales-naturales/>

GIRARDIN, C. et al. Net primary productivity allocation and
cycling of carbon along a tropical forest elevational transect
in the Peruvian Andes. En: *Global Change Biology*. Vol. 16,
No. 12; (Diciembre, 2010). p. 3176 - 3192. ISSN 1365 -
2486

HARVEY, Adam. Carbon finance for healthy kitchens. En:
Boiling Point. London. No. 54; (2007). p. 9 - 10. ISSN 1757
– 0689

IPCC. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para
UTCUTS. Geneve: IPCC - IGES, 2003. p. (3)1 - 325. Disponible
en:
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.html>

_____. The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide.
En: *Climate Change 2001: The scientific basis*. IPCC: Geneve,
2001. p. 185 - 237. Disponible en:
http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/pdf/TAR-03.pdf

_____. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de
la tierra. En: *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios
nacionales de gases de efecto invernadero*. Geneve: IPCC -
IGES, 2006. p. (4)1-93. Disponible en:
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

PEÑA, M. et al. Acumulación de carbono y cambios estruc-
turales en bosques secundarios del oriente antioqueño, Co-
lombia. En: *Actualidades biológicas*. Vol. 33, No. 95; (2011).
p. 209 - 217. ISSN 0304 – 3584

PHILLIPS, J. et al. Estimación de las reservas actuales (2010)
de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques
naturales de Colombia: Estratificación, alometría y métodos
analíticos. Bogotá: IDEAM, 2011. 68 p. ISBN 978-958-8067-
40-7

QUINTO, Harley. Dinámica de la biomasa aérea en bosques primarios de Colombia y su relación con la precipitación y la altitud. Medellín, 2010, 75 p. Tesis de Maestría (Bosques y Conservación Ambiental). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias.

TORRES, A. et al. Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. En: Biota Colombiana. Vol. 13, No. 2; (2012). p. 66 - 85. ISSN 0124-5376

TORRES, A. et al. Productividad de bosque natural en varias zonas de vida de Venezuela y su relación con algunas variables climáticas y edáficas. En: Revista Forestal Venezolana. Vol. 46, No. 2; (Julio - Diciembre, 2002). p. 63-76. ISSN 0556-6606

VALDERRAMA, E. y LINARES, E. Uso y manejo de leña por la comunidad campesina de San José de Suaita (Suaita, Santander, Colombia). En: Colombia Forestal. Bogotá. Vol. 11; (Diciembre, 2008); p. 19-34. ISSN 0120-0739

WACLAWOSKY, A. et al. Sugarcane for bioenergy production: an assessment of yield and regulation of sucrose content. En: Plant Biotechnology Journal. Hoboken (USA). Vol. 8, No. 3; (2010). p. 263-276. ISSN 1467-7652



SUPLEMENTO TÉCNICO

3

EFICIENCIA TÉRMICA Y AHORROS DE LEÑA DE LAS ESTUFAS MEJORADAS TIPO HUELLAS, SCE Y FN: EVALUACIÓN Y RESULTADOS

Javier Darío Aristizábal, Adolfo León Taborda y Felipe Alonso Grisales

INTRODUCCIÓN

La domesticación del fuego comprendió uno de los avances tecnológicos más importantes de la evolución del desarrollo humano. La evidencia arqueológica sugiere que el control de esta primitiva forma de energía se remonta a la época del Pleistoceno⁷⁷. Con el dominio del fuego, nuestros ancestros hicieron posible que alimentos como la carne fueran digeribles lo que propició nuestra conversión en omnívoros y de paso dio origen a nuestra primera tecnología de cocción: el fogón abierto.

Esta forma de cocción predominaría durante gran parte de la evolución humana y se sabe que un primer intento hacia un prototipo de estufa fue concebido durante la época Romana. No obstante, el primer diseño de estufa que planteaba el confinamiento del fuego como técnica para aprovechar la energía térmica, se logró en el siglo XVIII con la invención de la estufa Castrol, la cual era utilizada esencialmente para la calefacción de espacios habitables. Este diseño fue evolucionando hacia prototipos construidos principalmente en hierro que empezaron a ser utilizados como tecnología para cocinar alimentos. Estos primeros modelos utilizaban leña o carbón (vegetal o mineral) como combustible y mantuvieron su hegemonía hasta finales del siglo XIX cuando aparecieron las primeras estufas a base de gas y energía eléctrica.

A pesar de los importantes desarrollos en la ingeniería de estufas, para gran parte de la humanidad, el fogón tradicional sigue siendo el principal mecanismo utilizado para cocinar alimentos y mejorar el confort térmico de sus viviendas. Una asequibilidad limitada hacia combustibles modernos, la "gratuidad" de la leña como recurso energético y preferencias de tipo cultural, se cuentan entre las razones por las cuales esta rudimentaria tecnología aún persiste en millones de hogares del tercer mundo.

Sin embargo, el uso de fogones tradicionales no ha estado libre de consecuencias. Los efectos del uso de la leña tanto en las personas como en el medio ambiente han sido ampliamente documentados alrededor del mundo. Si bien no existen evidencias sólidas que demuestren un nexo entre consumo de leña para propósitos domésticos y deforestación, al menos se sospecha que la recolección de leña tiene alguna incidencia en la degradación de los bosques que sirven como fuente de abastecimiento. La exposición al humo de la combustión en fogones tradicionales es responsable de 4 millones de decesos anuales en todo el mundo debido a enfermedades respiratorias que afectan principalmente a mujeres y niños⁷⁸. El impacto en el medio rural de subsistencia no ha sido menor. El uso de leña como combustible ha implicado una importante inversión en recursos físicos, económicos y de tiempo para el núcleo familiar, lo que ha contribuido a debilitar la capacidad de progreso del mismo.

Bajo este escenario, la adopción de tecnologías de cocción más eficientes y limpias comprende el primer paso para intentar superar todos estos obstáculos. Alrededor del mundo, cientos de modelos de estufas han sido diseminados con el propósito de mitigar los impactos del uso de la leña sobre las comunidades rurales. Sin embargo, las bondades de esta tecnología, han sido evaluadas a la luz de su funcionamiento respecto al fogón tradicional. La eficiencia térmica ha sido considerada como el principal indicador de rendimiento y con base en ello, se establece su nivel de mejoramiento. Se estima que la eficiencia de un fogón tradicional puede variar entre un 10% a 15%, dependiendo del grado de confinamiento del lecho de ignición⁷⁹. Se ha sostenido la idea que la eficiencia térmica de una estufa, puede ser un indicador confiable de su rendimiento real en campo expresa-

do explícitamente en ahorros de leña, pero diversas investigaciones han demostrado que dicha relación puede no ser tan evidente⁸⁰.

Para la elaboración del documento de diseño del programa de actividades (PoA-DD) de cualquier iniciativa de estufas mejoradas que le apunten al financiamiento del carbono, es necesario definir una proyección de la cantidad de emisiones de GEI que posiblemente serán reducidas por la implementación del proyecto. Estas reducciones se estiman con base en la diferencia entre los consumos de leña ex ante y ex post de la adopción de la estufa.

En el presente artículo se exponen los protocolos utilizados para la determinación de los ahorros de leña y los resultados logrados en este proceso.

⁷⁷ GOMEZ, D. y DIEZ, F. La domesticación del fuego durante el Pleistoceno inferior y medio. Estado de la cuestión. En: *Veleia*. No. 26 (2009). p. 189.

⁷⁸ OMS. Contaminación del aire de interiores y salud. Versión en Español. Ginebra: WHO, 2014. Archivo HTML.

⁷⁹ ADRIA, O. y BETHGE J. What users can save with energy - efficient cooking stoves and ovens. Wuppertal (Alemania): Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, 2013. p. 7.

⁸⁰ BAILIS, R. et al. Performance testing for monitoring improved biomass stove interventions: experiences of the Household Energy and Health Project. En: *Energy for sustainable development*. Vol. 11, No. 2; (Junio, 2007). p. 68.

TIPO DE ESTUFAS

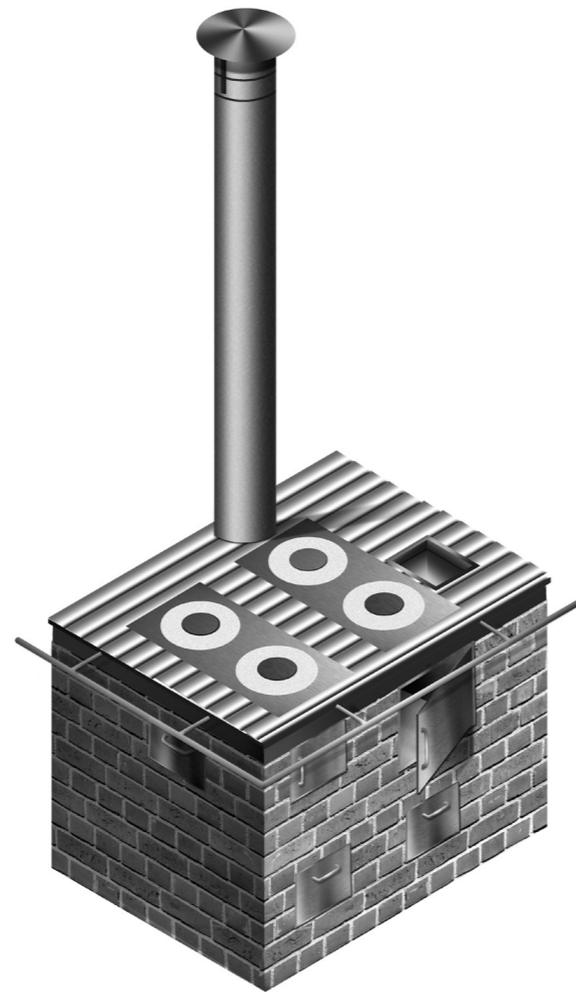
El programa de actividades considera tres áreas geográficas de proyecto y en cada una de ellas, se implementará un modelo de estufa distinto. En términos generales, se trata de estufas construidas in situ (fijas) con materiales como ladrillo, cemento y partes metálicas. No obstante, cada modelo tiene sus propias especificaciones, las cuales serán explicadas con mayor detalle.

Estufa Huellas

Esta estufa basada en el modelo ICA-1791, comprende un módulo de 1 metro de ancho por 0,73 metros de fondo y una altura de 0,83 metros. El cuerpo de la estufa se construye con ladrillo en la parte exterior y refuerzos con bloque en la parte interior. La parte superior consta de dos planchas de hierro fundido, cada una con dos orificios en los cuales se ubican las ollas. Estos orificios vienen acompañados de dos aros concéntricos que cumplen la función de reducir el área del orificio según el tamaño de la olla a ser utilizada. La estufa tiene una puerta de alimentación del combustible por donde se ingresa la leña de forma manual, la cual permanece cerrada durante el proceso de combustión. Adicionalmente cuenta con dos compuertas metálicas para extraer la ceniza generada en la incineración de la leña y el hollín que se acumula en la chimenea. Tiene un orificio aireador ubicado lateralmente a través del cual se proporciona el oxígeno requerido para la combustión, el cual es regulado en la medida que se cierra o se abre la ventanilla metálica. Posee una cámara de combustión en forma prismática de 31 cm de largo por 19 cm de ancho, en cuya base se soporta una parrilla metálica asentada oblicuamente.

La unidad también cuenta con un horno metálico que aprovecha el flujo de calor para preparaciones de horneado y secado a alta temperatura, así como un caldero cuya función consiste en hervir y mantener caliente agua para el consumo de la familia. Finalmente, la estufa cuenta con una chimenea metálica interna que cumple la función de evacuar el humo fuera de la cocina (figura 5).

Figura 5. Perfil isométrico de la estufa Huellas



Estufa FN

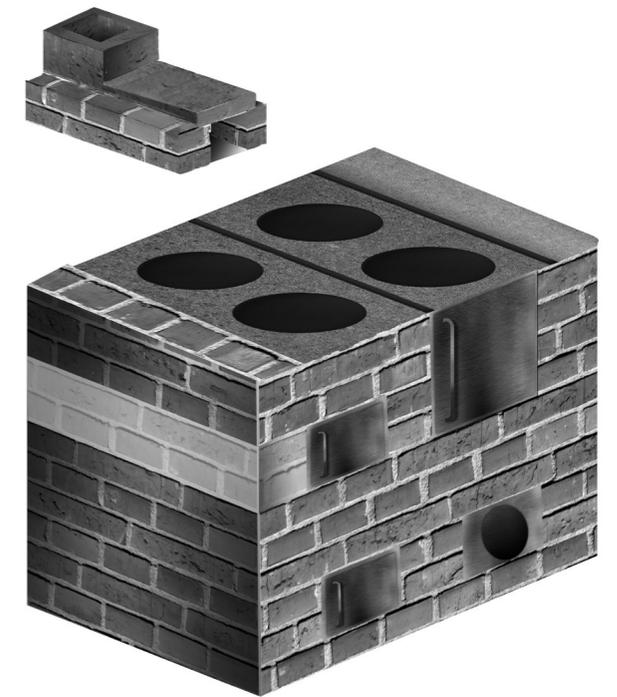
Esta tecnología de cocción corresponde a una estufa fija construida con ladrillo, mortero y herrajes que tiene por dimensiones 90 cm de ancho, 60 cm de fondo y 85 cm de altura. La estufa FN fue desarrollada tomando como base el diseño de la estufa ICA-1791. A dicho diseño se le efectuó una modificación a la cámara de combustión, la cual fue redefinida aplicando el sistema "Rocket" utilizado por diferentes estufas alrededor del mundo (figura 6). Bajo este sistema se diseñó una cámara en forma codal con un ducto ascendente de 35 cm que permite una combustión más eficiente y limpia de la leña. Se mantuvo una sección transversal constante de 280 cm².

Esta estufa de leña también cuenta con un horno metálico que aprovecha el flujo de calor para preparaciones de horneado y secado a alta temperatura, un registro de regulación del tiraje y un registro en el depósito de cenizas. Finalmente, la estufa cuenta con una chimenea externa de 3 metros de altitud que se construye por fuera de la cocina hacia la parte posterior de la unidad.

Estufa SCE

El sistema de cocción ecoeficiente (SCE) es una estufa desarrollada por la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA). Se encuentra compuesta por tres partes constitutivas: el cuerpo del sistema, la superficie de cocción y el sistema de enfriamiento (figura 7). El cuerpo del sistema (A) comprende la estructura principal de la estufa y está constituida por la cámara de combustión principal y la secundaria, una puerta de entrada, un horno, la parrilla portafuego, una bandeja de soporte y una puerta de registro. Por su parte, la superficie de cocción (B)

Figura 6. Perfil isométrico y cámara de combustión de la estufa FN



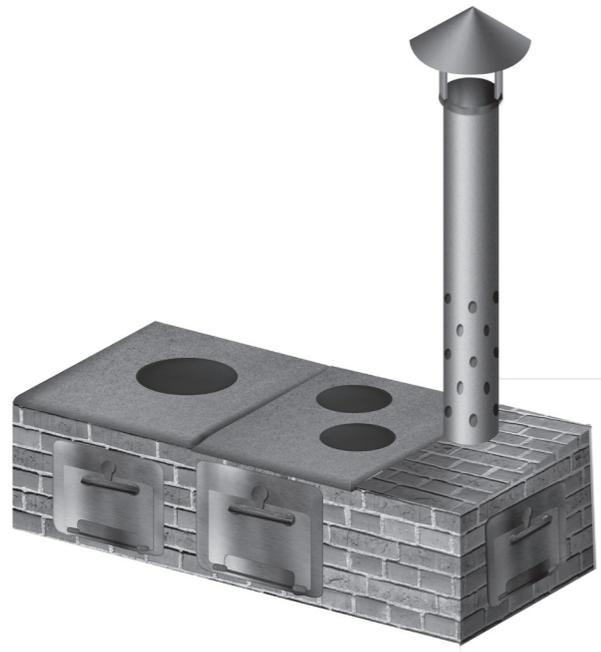
básicamente está comprendida por las planchas y por las losas refractarias. El sistema de enfriamiento (C) está conformado por el limitador de flujo, la chimenea, un enfriador y el protector de la chimenea.

MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA TÉRMICA

La eficiencia térmica constituye el indicador más importante para evaluar el funcionamiento de una estufa mejorada. Se define como la fracción del contenido total de energía presente en el combustible que realmente es transferido al cuerpo receptor (en este caso, las ollas). Por ejemplo, si asumimos que la eficiencia de un fogón tradicio-

nal es de solo el 10%, estamos señalando que tan solo una décima parte de la energía contenida en el combustible es aprovechable cuando se utiliza esta "tecnología". Si consideramos que en promedio la leña tiene un poder calorífico de 15 MJ/kg (cuando su contenido de humedad es de alrededor del 20%), significa que solo 1,5 MJ por cada kilogramo, serán realmente absorbidos por la ollas.

Figura 7. Perfil isométrico de la estufa SCE



Para estufas de dos o más puestos, este indicador se calcula conforme la siguiente ecuación⁸¹:

$$n_{th} = \frac{[4,186 * \sum_{j=1}^4 (P_{j_{ci}} - P_j) * (T_{j_{cf}} - T_{j_{ci}})] + 2260 * (W_{cv})}{(F_{cd} * LHV)}$$

Donde;

- n_{th} = Eficiencia térmica (%)
- $P_{j_{ci}}$ = Peso inicial de la olla j con agua (g)
- P_j = Peso de la olla j (g)
- $T_{j_{cf}}$ = Temperatura final de la olla j con agua (°C)
- $T_{j_{ci}}$ = Temperatura inicial de la olla j con agua (°C)
- W_{cv} = Cantidad de agua evaporada (g)
- F_{cd} = Cantidad de leña seca equivalente consumida (g)
- LHV = Poder calorífico inferior

La obtención de la eficiencia térmica se realiza aplicando un procedimiento metodológico estandarizado conocido como test de ebullición del agua (WBT)⁸². Esta prueba es una simulación simplificada del proceso de cocción y está concebido para medir que tan eficientemente una estufa utiliza el combustible para calentar agua en una olla u otro recipiente⁸³.

El WBT fue aplicado a las tres estufas que hacen parte del proyecto. Se evaluó una sola unidad por cada modelo de estufa y se efectuaron cinco repeticiones del test en cada una. Dado que la prueba para cada modelo fue realizada bajo distintas condiciones, es difícil realizar comparaciones entre los mismos. No obstante, por tratarse de un protocolo estandarizado, los resultados pueden dar una muy buena indicación del rendimiento de las estufas.

Los principales indicadores de rendimiento considerados en el análisis fueron: tiempo de ebullición, tasa de incineración, eficiencia térmica y consumo específico de combustible.

Eficiencia térmica de la estufa Huellas

La estufa promovida por CORNARE fue evaluada en el municipio de Rionegro y consideró los siguientes parámetros iniciales:

- **Altura del sitio: 2.120 msnm**
- **Punto de ebullición local: 93°C**
- **Capacidad de la estufa: Múltiple (4 puestos)**
- **Temperatura ambiente promedio: 18°C**
- **Condiciones de viento: sin brisa**

La tabla 13 recoge los resultados logrados con el WBT para los indicadores anteriormente señalados.

Se observa que la estufa Huellas presenta mejores resultados en la fase de arranque en caliente que en la de arranque en frío, lo cual obedece a que en dicha fase, existen menos pérdidas de calor por convección. Para cada una de las fases, se obtuvo el valor promedio para cada métrica, considerando los resultados de las cinco repeticiones. En la primera fase (frío), la estufa tardó en promedio 54 minutos en hervir cinco litros de agua en la hornilla principal, la tasa de incineración fue de 58,7 g/min, la eficiencia térmica solo fue del 12,2% y el consumo específico de combustible fue de 231,5 g/L. En la fase de arranque en caliente el tiempo de ebullición disminuyó en

Tabla 13. Resultados del WBT para la estufa Huellas

FASE	MÉTRICA	UNIDADES	TEST 1	TEST 2	TEST 3	TEST 4	TEST 5	\bar{X}	σ
Arranque en frío	Tiempo de ebullición Olla No. 1	min	165	49	48	65	55	54,25	49,99
	Tasa de Incineración	g/min	38	65	53	52	65	58,75	11,19
	Eficiencia térmica	%	13	12	13	11	12	12,2	0,84
	Consumo específico de combustible	g/L	507	222	199	261	244	231,5	125,39
Arranque en caliente	Tiempo de ebullición Olla No. 1	min	37	49	55	42	51	46,8	7,22
	Tasa de Incineración	g/min	62	52	59	66	56	59	5,39
	Eficiencia térmica	%	13	15	12	12	15	13,4	1,52
	Consumo específico de combustible	g/L	176	184	243	209	198	202	26,20
Fuego moderado	Tasa de Incineración	g/min	29	44	36	24	31	32,8	7,60
	Eficiencia térmica	%	7	6	1	11	8	6,6	3,65
	Consumo específico de combustible	g/L	281	466	328	248	331	330,8	83,10
	Cons. Especifico de combust./ energía	MJ/(min.L)	0,100	0,167	0,117	0,089	0,118	0,118	0,03

un 13%, la eficiencia térmica aumento en casi un 10% y el consumo específico de combustible también se redujo en un 13%. La tasa de incineración no presentó ningún cambio notable entre ambas fases de la prueba.

En la fase de fuego moderado (simmering), la estufa presentó una eficiencia muy baja (6,6%), mientras que la tasa de incineración en promedio fue de 32,8 g/min y el consumo específico de combustible aumentó a 330,8 g/L.

⁸¹ THE WATER BOILING TEST. Version 4.2.2., 2013. p. 28.

⁸² Acrónimo del término inglés Water Boiling Test.

⁸³ THE WATER BOILING TEST. Op. Cit., p. 2.

En consecuencia, la eficiencia térmica de la estufa Huellas, se establece como el promedio entre las fases de arranque en frío y caliente lo que arroja un dato de 12,8%. Los demás indicadores, pueden ser analizados de la misma manera.

Eficiencia térmica de la estufa SCE

El sistema de cocción ecoeficiente (SCE) de CORANTIOQUIA fue evaluado en la sede de dicha corporación ubicada en la ciudad de Medellín.

Los parámetros iniciales de la evaluación fueron los siguientes:

- Altura del sitio: 1.600 msnm
- Punto de ebullición local: 94,5°C
- Capacidad de la estufa: 2 puestos
- Temperatura ambiente promedio: 24,5°C
- Condiciones de viento: sin brisa

Los resultados obtenidos durante el desarrollo de la prueba, se registran en la tabla 14.

Tabla 14. Resultados del WBT para la estufa SCE

FASE	MÉTRICA	UNIDADES	TEST 1	TEST 2	TEST 3	TEST 4	TEST 5	\bar{x}	σ
Arranque en frío	Tiempo de ebullición Olla No. 1	min	89	71	59	65	54	67,6	13,55
	Tasa de Incineración	g/min	48	47	38	34	38	41	6,16
	Eficiencia térmica	%	6	8	8	10	9	8,2	1,48
	Consumo específico de combustible	g/L	602	431	352	321	306	402,4	121,57
Arranque en caliente	Tiempo de ebullición Olla No. 1	min	50	42	37	60	54	48,6	9,21
	Tasa de Incineración	g/min	46	60	56	35	28	45	13,56
	Eficiencia térmica	%	7	8	9	11	12	9,4	2,07
	Consumo específico de combustible	g/L	324	307	273	315	217	287,2	43,73
Fuego moderado	Tasa de Incineración	g/min	17	14	11	19	13	14,8	3,19
	Eficiencia térmica	%	15	18	21	18	18	18	2,12
	Consumo específico de combustible	g/L	182	160	126	251	146	173	48,15
	Cons. Específico de combust./ energía	MJ/(min.L)	0,065	0,057	0,045	0,090	0,052	0,061	0,017

De acuerdo a la anterior tabla, se observa que a la estufa SCE le toma cerca de 67 minutos en promedio en lograr hervir cinco litros de agua durante la fase de arranque en frío. Este tiempo

disminuye en un 28% cuando la misma labor, se adelanta en la fase de arranque en caliente. La tasa de incineración aumenta en casi un 10% entre ambas fases pasando de 41 g/min a 45 g/min.

No obstante, se observa un pobre desempeño en lo que respecta a la eficiencia térmica dado que los valores arrojados para las fases fría y caliente fueron del 8,2% y 9,4%, respectivamente. Lo anterior, implica que la estufa SCE se encuentra al mismo nivel de un fogón tradicional en cuanto a la eficiencia, dado que no supera el umbral mínimo del 10%. Sin embargo, debe anotarse que este sistema de cocción tuvo un notable rendimiento en la fase de fuego moderado, logrando una eficiencia térmica promedio del 18%. Lo anterior puede ser el resultado del menor tamaño y configuración de la cámara de combustión que permiten una mejor retención del calor emanado por la brasa incandescente, el cual es aprovechado eficientemente por las planchas receptoras.

El consumo específico de combustible fue de 402,4 g/L en la fase de arranque en frío y disminuyó en un 28% en la fase de arranque en caliente. Esta métrica disminuyó en un 43% durante la fase de fuego moderado respecto a la primera fase (fría). De lo anterior, se puede inferir que la estufa SCE puede desempeñarse muy bien en labores de cocción prolongadas de baja intensidad térmica como preparación de granos o sopas, dado que consumirá una menor cantidad de combustible.

Se concluye que la eficiencia térmica promedio de la estufa SCE es de tan solo 8,8%, dado que solo se toma en consideración los resultados de las fases de alta intensidad térmica (arranque en frío y en caliente). En el análisis no se considera la eficiencia arrojada en la fase de fuego moderado (simmering) debido a que algunos autores consideran que al hacerlo, se introduce una fuerte incertidumbre asociada al cálculo de energía requerido cuando se induce el cambio de fase⁸⁴.

Eficiencia térmica de la estufa FN

La evaluación de la eficiencia de la estufa FN fue adelantada en el municipio de Zapatoca (Santander), cuyas condiciones iniciales fueron las siguientes:

- Altura del sitio: 1.350 msnm
- Punto de ebullición local: 95°C
- Capacidad de la estufa: Múltiple (4 puestos)
- Temperatura ambiente promedio: 23°C
- Condiciones de viento: brisa ligera

En la tabla 15, se presentan los resultados arrojados por el WBT durante el desarrollo de la prueba⁸⁵.

Con base en las cifras presentadas en la tabla 15, se puede observar que la estufa FN presenta un mejor rendimiento en la fase de arranque en caliente. Mientras que en la primera fase (frío) tardó 52 minutos en hervir cinco litros de agua, éste tiempo disminuyó en un 37% en la segunda fase. En cuanto a la tasa de incineración y la eficiencia térmica, ambas métricas mejoraron su rendimiento en un 21,5% y 17% entre ambas fases. De igual forma, el consumo específico de combustible se redujo en un 24% entre la fase de arranque en frío y la fase de arranque en caliente.

⁸⁴ DE FOORT, M. et al. Stove manufacturers emissions & performance test protocol (EPTP): A protocol for testing stove fuel efficiency and emissions and a standard for improved stoves. Forth Collins (USA): Engines and energy conversion lab at CSU, 2009. p. 4.

⁸⁵ ARISTIZÁBAL, Javier. Validación y evaluación comparativa de la eficiencia de una estufa de leña mejorada bajo condiciones controladas y prueba de campo. En: Informador Técnico. Cali. Vol. 78, No. 1; (Enero - Junio 2014); p. 19.

Tabla 15. Resultados del WBT para la estufa FN

FASE	MÉTRICA	UNIDADES	TEST 1	TEST 2	TEST 3	TEST 4	TEST 5	\bar{x}	σ
Arranque en frío	Tiempo de ebullición Olla No. 1	min	42	49	57	63	51	52,4	7,98
	Tasa de Incineración	g/min	49	52	42	48	50	48,2	3,76
	Eficiencia térmica	%	16	13	15	13	14	14,2	1,30
	Consumo específico de combustible	g/L	168	201	195	236	195	199	24,32
Arranque en caliente	Tiempo de ebullición Olla No. 1	min	32	26	34	39	32	32,6	4,67
	Tasa de Incineración	g/min	63	69	55	50	56	58,6	7,44
	Eficiencia térmica	%	15	17	18	16	17	16,6	1,14
	Consumo específico de combustible	g/L	164	142	145	154	143	149,6	9,34
Fuego moderado	Tasa de Incineración	g/min	37	37	37	31	40	36,4	3,29
	Eficiencia térmica	%	8	7	7	7	7	7,2	0,45
	Consumo específico de combustible	g/L	384	373	325	313	405	360	39,38
	Cons. Específico de combust./ energía	MJ/(min.L)	0,140	0,136	0,119	0,114	0,147	0,131	0,014

Sin embargo, en la fase de fuego moderado (simmering) la estufa presentó un pobre desempeño, específicamente en lo que respecta a la eficiencia térmica y el consumo específico de combustible. En esta fase, la eficiencia térmica promedio solo fue del 7%, lo que a la postre se ve reflejado en el aumento del consumo específico del combustible que se incrementó en un 81% y un 140% respecto a las fases de arranque en frío y caliente, respectivamente⁸⁶.

ESTIMACION DEL AHORRO DE LEÑA

Para evaluar el desempeño de las estufas bajo

⁸⁶ Ibid., p. 19.

⁸⁷ Acrónimo del término inglés "Kitchen Performance Test"

⁸⁸ BAILIS, R. et al. Kitchen Performance Test. Versión 3. s.l: Household energy and health programme – Shell Foundation, 2007. p. 1.

condiciones reales de operación, se determinaron los ahorros de leña aplicando el test de rendimiento de cocina (KPT⁸⁷). Esta prueba está concebida para demostrar el efecto de los sistemas de cocción sobre el consumo doméstico de combustible, en este caso la leña⁸⁸.

Por cada modelo de estufa, se evaluaron 30 familias a quienes se les midieron los consumos de leña ex ante y ex post de la implementación de la nueva tecnología, durante un periodo de tres días por cada fase (antes y después). Este protocolo requiere la medición directa de la cantidad de leña que probablemente será utilizada por la familia durante la jornada de cocción, de tal forma que haya un sobrante que pueda ser pesado la final del día con el fin de establecer el consumo exacto del grupo familiar. Con base en lo sugerido por Aristizábal (2014), se definieron arrumes de leña de aproximadamente 20 kg, ya que ésta, se

considera la cantidad apropiada para cumplir con las necesidades de cocción de una familia promedio rural (4 o 5 personas) durante un día⁸⁹.

La prueba comenzaba en la tarde del día anterior a la jornada de cocción, momento en el cual se preparaba el arrume de leña que utilizaría la familia durante el transcurso del día siguiente. Para cada arrume se determinaba el contenido de humedad promedio midiendo dicha variable en muestras que eran escogidas aleatoriamente. Para tal efecto se utilizaba un medidor de humedad (xilohigrómetro), con el cual se tomaban tres lecturas por cada muestra para obtener un valor promedio.

El ciclo de la prueba finalizaba al día siguiente, una vez que la familia había preparado la última comida del día. En virtud de lo anterior, se visitaba a la familia en dicho momento y se pesaba la leña sobrante. El consumo neto de leña del día, se calculaba como la diferencia entre el peso del arrume inicial y el peso de la leña sobrante. Adicionalmente, se entrevistaba a la persona encargada de las labores de cocción (por lo general la ama de casa) y se le indagaba por el tipo y número de comensales que fueron alimentados en el día. Cada comensal es convertido en un indicador conocido como fracción de adulto estándar de acuerdo a la categorización propuesta por Openshaw tal como se muestra en la tabla 16⁹⁰.

Esta categorización toma como patrón de referencia a un hombre cuya edad fluctúa entre 15 y 59 años y que coincide con la edad económicamente activa del mismo. Dado que un hombre de estas condiciones demanda un alto consumo de calorías para cumplir sus necesidades vitales básicas y desempeñar su fuerza de trabajo, existe una relación inherente entre la cantidad de alimentos requeridos para proveer esa cantidad de calorías y la energía necesaria para cocinar los alimentos

que las contienen. Este requerimiento es menor en hombres que dejan de ser económicamente activos, en mujeres que por lo general ejecutan labores con menor gasto energético o en menores de edad. De ahí que según el género y la edad, se asigne este valor proporcional denominada fracción de adulto estándar.

Sin embargo, para calcular el consumo de leña por persona, es necesario determinar el número de adultos equivalentes por día, el cual se obtiene al sumar las fracciones de adulto estándar calculada para cada tipo de comensal que fue alimentado en la vivienda de la familia evaluada. De esta manera, el consumo de leña por persona se obtiene al dividir el consumo neto del día entre el número de adultos equivalentes de ese mismo día.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los tres modelos estufas que hacen parte del proyecto, no obstante, es importante señalar que los resultados obtenidos solo son significativos con un nivel de confianza del 90% debido a que el tamaño de la muestra, resulta insuficiente para alcanzar la significancia estadística a un nivel de confiabilidad mayor (usualmente del 95%). Es importante mencionar que las emisiones potencialmente reducibles que proceden de proyectos de estufas mejoradas, se cuantifican con base en análisis estadísticos cuyo procedimiento muestral debe considerar un mínimo nivel tanto de confiabilidad como de precisión. En el caso de proyectos orientados al mercado voluntario de carbono, el número de familias monitoreadas (tamaño de muestra) debe ser lo suficiente grande como para que el valor promedio de los ahorros

⁸⁹ ARISTIZÁBAL, Op. cit., p. 17.

⁹⁰ JOSEPH, Stephen. Guidelines for planning, monitoring and evaluating cookstoves programmes. Community Forestry Field Manual 1. Roma: FAO, 1990. Apéndice 9. Archivo HTML.

Tabla 16. Categorización de comensales según género y edad

GÉNERO Y EDAD	FRACCIÓN DE ADULTO ESTANDAR
Niños y niñas entre 0 y 14 años	0,5
Mujeres mayores de 14 años	0,8
Hombres entre 15 y 59 años	1
Hombres mayores de 59 años	0,8

de leña cumpla con la regla 90/30. Esto significa que tanto el límite inferior como superior de un intervalo de confianza del 90% se encuentren dentro de $\pm 30\%$ del valor medio estimado para el parámetro de referencia⁹¹.

Ahorros de leña obtenidos con la estufa Huellas

La evaluación de los consumos de leña en la estufa Huellas de CORNARE se llevó a cabo en 28 familias ubicadas en los municipios de Rionegro, San Carlos y Sonsón del oriente antioqueño. Como se puede observar en la tabla 17, el consumo de leña en el escenario de línea base (fogón tradicional) fue de 4,18 kg/persona/día mientras que con la estufa mejorada, se redujo a 2,37 kg/persona/día, lo que implica una disminución del consumo de leña del 43,4%.

Ahorros de leña obtenidos con la estufa SCE

La medición del consumo de leña en el sistema de cocción ecoeficiente (SCE) de CORANTIOQUIA se realizó en los municipios de Caramanta, Entrerrios, Pueblorrico y San Pedro que hacen

⁹¹ HARVEY, A. y TOMAS, A. Guidelines for field performance test of energy savings devices and kitchen performance tests. Oxford: ClimateCare, 2011. p. 4.

⁹² ARISTIZÁBAL, Op. cit., p. 22.

parte de ésta jurisdicción. En total fueron evaluadas 30 familias tanto antes como después de la implementación de la estufa SCE. Los resultados exhibidos en la tabla 18 indican que el consumo promedio de leña en el escenario de la línea base fue de 3,35 kg/persona/día, el cual disminuyó a 2,45 kg/persona/día lo que implica un ahorro del 26%. Sin embargo, dado que se observa un coeficiente de variación muy alto, este valor solo puede ser tomado como referencia puesto que es necesario una mayor cantidad de familias evaluadas con esta estufa para lograr una mayor homogeneidad en los datos y con ello, ratificar el dato promedio.

Ahorros de leña obtenidos con la estufa FN

Los datos de consumo de leña para determinar los ahorros de la estufa FN, fueron obtenidos de 30 familias ubicadas en los municipios de Los Santos y Zapatoca en el departamento de Santander. Se pudo establecer que al utilizar este modelo de estufa, se obtienen ahorros de leña de aproximadamente el 15%. La medición del consumo de leña en el escenario del línea base fue de 4,64 kg/persona/día y se redujo a 3,92 kg/persona/día⁹². Al igual que la estufa SCE, la cantidad de datos resultó ser insuficiente para ratificar que el valor promedio de los ahorros de leña es válido estadísticamente, lo cual se evidencia por el alto coeficiente de variación que arrojó la evaluación (tabla 19). Se requiere aumentar el número de familias monitoreadas con el KPT para corroborar este resultado.

Tabla 17. Consumo de leña antes y después de la implementación de la estufa Huellas

BENEFICIARIO	CONSUMO LÍNEA BASE (kg/persona/día)	CONSUMO ESTUFA HUELLAS (kg/persona/día)	AHORRO DE LEÑA (kg/persona/día)
FAMILIA 1	4,22	1,76	2,45
FAMILIA 2	2,54	1,41	1,14
FAMILIA 3	4,08	1,00	3,08
FAMILIA 4	2,21	1,87	0,34
FAMILIA 5	4,18	1,22	2,96
FAMILIA 6	3,76	1,54	2,22
FAMILIA 7	1,69	1,45	0,24
FAMILIA 8	2,86	1,51	1,35
FAMILIA 9	2,98	1,60	1,38
FAMILIA 10	7,06	2,76	4,30
FAMILIA 11	3,88	2,15	1,73
FAMILIA 12	8,07	4,28	3,79
FAMILIA 13	3,87	1,85	2,02
FAMILIA 14	2,44	1,48	0,95
FAMILIA 15	4,67	3,61	1,06
FAMILIA 16	4,37	2,22	2,15
FAMILIA 17	4,25	3,06	1,18
FAMILIA 18	2,85	2,22	0,63
FAMILIA 19	5,31	3,08	2,23
FAMILIA 20	3,34	1,81	1,53
FAMILIA 21	4,91	3,23	1,68
FAMILIA 22	5,07	3,02	2,04
FAMILIA 23	6,33	3,70	2,62
FAMILIA 24	2,94	2,67	0,27
FAMILIA 25	8,93	4,52	4,42
FAMILIA 26	2,82	2,04	0,78
FAMILIA 27	3,51	2,35	1,16
FAMILIA 28	3,94	2,83	1,11
PROMEDIO (kg/persona/día)	4,18	2,37	1,82
DESV. EST. (kg/persona/día)			1,13
COEF. VARIACION AHORRO		43,41%	62%

Tabla 18. Consumo de leña antes y después de la implementación de la estufa SCE

BENEFICIARIO	CONSUMO LÍNEA BASE (kg/persona/día)	CONSUMO ESTUFA HUELLAS (kg/persona/día)	AHORRO DE LEÑA (kg/persona/día)
FAMILIA 1	6,20	4,14	2,06
FAMILIA 2	1,27	2,35	-1,08
FAMILIA 3	1,41	1,88	-0,46
FAMILIA 4	2,25	1,83	0,42
FAMILIA 5	1,10	2,68	-1,58
FAMILIA 6	2,25	2,83	-0,58
FAMILIA 7	1,69	1,56	0,13
FAMILIA 8	3,22	2,31	0,91
FAMILIA 9	4,20	3,13	1,07
FAMILIA 10	3,34	2,65	0,69
FAMILIA 11	2,79	3,23	-0,44
FAMILIA 12	2,93	3,99	-1,06
FAMILIA 13	3,41	2,14	1,27
FAMILIA 14	2,79	1,60	1,19
FAMILIA 15	6,83	2,02	4,81
FAMILIA 16	1,66	1,21	0,45
FAMILIA 17	1,79	2,05	-0,26
FAMILIA 18	3,28	2,80	0,49
FAMILIA 19	2,75	1,50	1,25
FAMILIA 20	3,33	2,08	1,25
FAMILIA 21	4,27	1,78	2,49
FAMILIA 22	7,77	3,81	3,96
FAMILIA 23	4,44	1,41	3,03
FAMILIA 24	5,50	2,61	2,89
FAMILIA 25	4,34	3,10	1,24
FAMILIA 26	3,06	2,13	0,94
FAMILIA 27	2,14	2,02	0,12
FAMILIA 28	2,49	2,14	0,36
FAMILIA 29	3,11	2,75	0,36
FAMILIA 30	4,86	3,90	0,96
PROMEDIO (kg/persona/día)	3,35	2,45	0,90
DESV. EST. (kg/persona/día)			1,45
COEF. VARIACION			161%
AHORRO		26,7%	

Tabla 19. Consumo de leña antes y después de la implementación de la estufa FN

BENEFICIARIO	CONSUMO LÍNEA BASE (kg/persona/día)	CONSUMO ESTUFA HUELLAS (kg/persona/día)	AHORRO DE LEÑA (kg/persona/día)
FAMILIA 1	3,30	3,87	-0,56
FAMILIA 2	6,39	4,13	2,26
FAMILIA 3	5,58	4,67	0,91
FAMILIA 4	2,58	2,62	-0,04
FAMILIA 5	3,86	3,03	0,83
FAMILIA 6	4,83	3,22	1,60
FAMILIA 7	3,94	4,23	-0,29
FAMILIA 8	4,69	2,82	1,87
FAMILIA 9	2,90	2,54	0,36
FAMILIA 10	6,90	3,23	3,67
FAMILIA 11	4,54	3,74	0,80
FAMILIA 12	13,65	12,68	0,97
FAMILIA 13	3,09	4,89	-1,80
FAMILIA 14	8,63	4,15	4,48
FAMILIA 15	2,72	3,01	-0,29
FAMILIA 16	2,88	3,48	-0,60
FAMILIA 17	3,15	4,24	-1,09
FAMILIA 18	4,09	3,32	0,77
FAMILIA 19	2,92	2,92	-0,01
FAMILIA 20	4,30	4,28	0,02
FAMILIA 21	1,41	1,78	-0,37
FAMILIA 22	6,66	6,14	0,52
FAMILIA 23	7,28	6,08	1,20
FAMILIA 24	2,43	3,82	-1,38
FAMILIA 25	2,08	2,96	-0,88
FAMILIA 26	2,31	1,75	0,56
FAMILIA 27	7,57	2,08	5,49
FAMILIA 28	7,63	5,93	1,70
FAMILIA 29	3,07	2,70	0,37
FAMILIA 30	3,87	3,18	0,69
PROMEDIO (kg/persona/día)	4,64	3,92	0,73
DESV. EST. (kg/persona/día)			1,62
COEF. VARIACION			222%
AHORRO		15,6%	

CONCLUSIONES

- Se pudo establecer el dato de eficiencia térmica para los tres modelos de estufas mediante la prueba del WBT. En general, se observan eficiencias bajas si se comparan con los rangos definidos por la ISO - IWA 11:2012. Según estos lineamientos, las estufas pueden ser clasificadas en niveles de mejoramiento (tiers) con respecto al fogón tradicional. En lo que respecta a la eficiencia se consideran cinco niveles, el más bajo corresponde al tier 0 que cubre a todas las estufas tradicionales y aquellas estufas mejoradas cuyas eficiencias no superan el 15% en la fase de alta intensidad térmica y un consumo específico de energía mayor de 0,05 MJ/min/L en la fase de baja intensidad térmica; mientras que el nivel más alto corresponde al tier 4 y en ella se encuentran estufas con avanzado desarrollo tecnológico que les permite alcanzar eficiencias iguales o superiores al 45% y consumos específicos de energía iguales o inferiores a 0,017 MJ/min/L. En lo que respecta a estos criterios, se puede observar que solo la estufa FN alcanza el umbral del 15% de eficiencia que la ubica dentro del nivel de mejoramiento (tier) 1, mientras que las estufas Huellas y SCE se encuentran por debajo de ese umbral (tier 0). Ninguna de las tres estufas superó el valor de referencia en lo que respecta al consumo específico de energía para alcanzar el tier 1.

- De otro lado, las estufas demostraron reducir el consumo de leña en porcentajes bastante significativos. Los ahorros de combustible leñoso fluctuaron entre el 15% para la estufa FN hasta el 43% para la estufa Huellas. Sin embargo, debe anotarse

que para el caso de las estufas FN y SCE, estos valores son simplemente indicativos debido a que el número de familias evaluadas con el KPT fueron insuficientes para cumplir con la regla 90/30. En el caso de la estufa Huellas, el dato promedio de ahorro de leña si satisfizo el nivel de confianza requerido.

- Si se considera que un valor promedio de eficiencia del 10% es ampliamente aceptado para el fogón/estufa tradicional, se pueden estimar los ahorros de leña dividiendo este dato entre la eficiencia lograda por cada una de las estufas mejoradas, tal como lo sugiere la ecuación 3 de la metodología AMS.II-G (v.5.0)⁹³. Al aplicar dicha ecuación, se obtuvo que las estufas FN y Huellas podrían reducir el consumo de leña teóricamente en un 33% y un 23%, respectivamente. En contraste, la estufa SCE podría incrementar el uso de este combustible en un 11%.

- Cuando se comparan los ahorros de leña teóricos que se pueden obtener al tomar en cuenta el dato de eficiencia térmica y los ahorros reales que se logran con la medición directa del consumo mediante el KPT, se evidencian grandes diferencias entre los resultados de ambos métodos. No parece existir correlación entre la eficiencia térmica y los ahorros de leña que pueden obtenerse cuando una estufa mejorada es introducida en un ambiente real de cocción. Esta situación ya ha sido advertida en otras investigaciones. Bailis et. al.(2007), indicaban que al cotejar los resultados de tres estufas mejoradas evaluadas bajo

condiciones de laboratorio y puestas a prueba en cocinas reales, se encontraba que aquellas de tipo fijo (construidas in situ) eran menos eficientes que un fogón tradicional y sin embargo, eran capaces de lograr reducciones significativas en el consumo de leña⁹⁴.

- La decisión de utilizar alguno de estos métodos para calcular la reducción de emisiones de GEI asociada al ahorro de leña dependerá en gran medida de la metodología adoptada. Se debe recordar que hasta la fecha, aquellos proyectos de estufas mejoradas que deseen ser parte del Mecanismo de Desarrollo Limpio, solo podrán utilizar la metodología AMS.II-G en su versión más actualizada. Esta metodología presenta la ventaja de permitir calcular los ahorros de leña, aplicando cualquiera de los tres protocolos definidos para tal fin (WBT, CCT y KPT), lo que a la postre da la posibilidad de escoger aquella opción que arroje los resultados más atractivos para el desarrollador del proyecto (aquella que demuestre mayores ahorros). Su principal desventaja radica en que solo es aplicable en proyectos cuyas estufas demuestren una eficiencia térmica mínima del 20%, independientemente de si se prueba que puede reducir el consumo de leña bajo condi-

ciones reales. En contraste, aquellos proyectos de estufas que opten por un esquema voluntario, podrán hacer uso de metodologías desarrolladas específicamente para este tipo de mercado, además de la AMS.II-G. En la actualidad, solo se encuentra disponible la metodología TPDDTEC desarrollada por Gold Standard y que se aplica casi exclusivamente en proyectos registrados bajo dicho estándar de carbono. Tiene como principal limitante que solo permite calcular los ahorros de leña aplicando la prueba del KPT, lo que puede suponer una desventaja para el desarrollador del proyecto dado que la logística implícita en la ejecución de este protocolo puede elevar los costos de monitoreo, disminuyendo los beneficios financieros del proyecto. Un punto a su favor, tiene que ver con el hecho que la metodología TPDDTEC no exige de forma manifiesta un umbral de eficiencia para la tecnología de cocción implementada por el proyecto.

⁹³ CDM - UNFCCC. Small - scale Methodology: Energy efficiency measures in thermal applications of non-renewable biomass (AMS.II-G). Bonn: CDM - UNFCCC, 2012. p. 5.

⁹⁴ BAILIS, R. et. al. Op. cit. p. 66.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

ADRIA, Oliver y BETHGE Jan. What users can save with energy – efficient cooking stoves and ovens. Wuppertal (Alemania): Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, 2013. 28 p.

ARISTIZÁBAL, Javier. Validación y evaluación comparativa de la eficiencia de una estufa de leña mejorada bajo condiciones controladas y prueba de campo. En: Informador Técnico. Vol. 78, No. 1; (Enero – Junio 2014); p. 12 - 24. ISSN 0122-056X

BAILIS, Rob; SMITH, Kirk y EDWARD, Rufus. Kitchen Performance Test. Versión 3 [En línea]. s.l.: Household energy and health programme – Shell Foundation, 2007. (Citado el 07/12/2014). 32 p. Archivo PDF.

Disponible en: http://ehs.sph.berkeley.edu/hem/content/KPT_Version_3.0_Jan2007a.pdf

BAILIS, Rob et al. Performance testing for monitoring improved biomass stove interventions: experiences of the Household Energy and Health Project. En: Energy for sustainable development. Vol. 11, No. 2; (Junio, 2007). p. 57 - 70. ISSN 0973-0826

CDM – UNFCCC. Small – scale Methodology: Energy efficiency measures in thermal applications of non-renewable biomass (AMS-II-G) [En línea]. Versión 5.0. Bonn: CDM – UNFCCC, 2012. (Citado el 12/01/2015). 14 p. Archivo PDF. Disponible en: https://cdm.unfccc.int/filestorage/7/m/24G3EKN6PT0QJ1BHRICMYDX970W8UF.pdf/EB70_repan30_AMS-II.G_ver05.0.pdf?t=R0p8bmkybWttfDAipsXzKbjOE7Q7jpe45fUe

DE FOORT, Morgan et al. Stove manufacturers emissions & performance test protocol (EPTP): A protocol for testing stove fuel efficiency and emissions and a standard for improved stoves.

Forth Collins (USA): Engines and energy conversion lab at CSU, 2009. (Citado el 20/12/2014). 27 p. Archivo PDF. Disponible en: <http://www.cleancookstoves.org/our-work/standards-and-testing/learn-about-testing-protocols/protocols/downloads/eptp-protocol.pdf>

GOMEZ, Diana. y DIEZ, Fernando. La domesticación del fuego durante el Pleistoceno inferior y medio. Estado de la cuestión. En: Veleia. No. 26 (2009). p. 189 – 216. ISSN 0213 – 2095.

HARVEY, Adam. y TOMAS, Amber. Guidelines for field performance test of energy savings devices and kitchen performance tests [En línea]. Versión 12-4-2011. Oxford (UK): ClimateCare, 2011. (Citado el 20/12/2014). 20 p. Archivo PDF. Disponible en: http://www.climatecare.org/media/documents/pdf/Climate-Care_Guidelines_for_Performance_Tests_and_KPTsx.pdf

JOSEPH, Stephen. Guidelines for planning, monitoring and evaluating cookstoves programmes. Community Forestry Field Manual 1[En línea]. Roma: FAO, 1990. (Citado el 05/01/2015). Apéndice 9. Archivo HTML. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/u1310e/u1310e00.htm>

OMS. Contaminación del aire de interiores y salud [En línea]. Versión en Español. Ginebra: WHO, 2014. (Citado el 10/12/2014). Nota descriptiva No. 292. Archivo HTML. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/es/>

THE WATER BOILING TEST [En línea]. Version 4.2.3. Cottage Grove (USA): Aprovecho Research Center, 2014. (Citado el 15/12/2014). 84 p. Archivo PDF. Disponible en: <http://www.aprovecho.org/lab/pubs/testing>

SUPLEMENTO TÉCNICO

4

LA EXPERIENCIA EN UN PROCESO DE GESTIÓN SOCIAL
COMO ESCENARIO PARA EL APRENDIZAJE
COLECTIVO Y CONTINUO DE LOS ACTORES QUE INTERVIENEN
EN PROYECTOS DE ESTUFAS EFICIENTES DE LEÑA,
SEGÚN SUS DIFERENTES ROLES

Natalia Durley Zapata

INTRODUCCIÓN

El proyecto de estufas eficientes de leña para la contribución al mejoramiento de la calidad de vida, al uso eficiente de energía y a la reducción de emisiones del GEI en áreas rurales de Antioquia y Santander” (Colombia), inició en el año 2013 partiendo de la identificación de un problema que aqueja principalmente a las zonas rurales a nivel mundial, nacional y local: el uso predominante e indiscriminado de leña para la cocción de alimentos entre las comunidades más pobres, el cual proviene de los bosques naturales.

No obstante, gran parte de la población rural utiliza sistemas de cocción como los fogones tradicionales que son altamente ineficientes en lo que respecta al proceso de combustión, y por ello requieren grandes cantidades de leña que al ser quemados, generan gases y material particulado contaminando de este modo el ambiente doméstico.

Así mismo, son causantes de problemas de salud que afectan principalmente a mujeres y niños quienes las acompañan en las actividades de cocción de alimentos. Adicionalmente, ocasionan problemas ambientales que llevan a la destrucción y degradación de los bosques naturales.

Una alternativa para mitigar este problema, es la construcción de estufas eficientes de leña, que mejoran la combustión, erradican el humo en los ambientes

internos de las cocinas, reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y mejoran la calidad de vida en los diferentes aspectos del contexto humano.

El proyecto no solamente se trazó como meta la implementación de la nueva tecnología, sino que también impulsó una estrategia de trabajo y participación con las comunidades beneficiadas.

Bajo este escenario se consideró la gestión social del proyecto como estrategia para sensibilizar a las comunidades beneficiarias con el ánimo de crear capacidades alrededor de los procesos domésticos de cocción y sus impactos en el bienestar familias, además de incentivar la participación en el proyecto y lograr la adopción de la nueva tecnología. Según la experiencia de diversas instituciones financiadoras y desarrolladoras de proyectos de estufas eficientes de leña, un adecuado trabajo con las comunidades que implique su participación activa permitirían mejorar las tasas de adopción de las nuevas tecnologías de cocción.

Los resultados logrados en el proceso de gestión social se recogen en el presente ensayo cuyas lecciones pretenden contribuir a la generación de conocimiento respecto a la temática de estufas eficientes y de esta manera, incidir en el diseño de planes, programas y/o proyectos futuros

ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA EXPERIENCIA

Para orientar la sistematización de la experiencia, se escogió el procedimiento propuesto por Jara , la cual se desarrolla en cinco momentos.

A continuación se presenta cada paso o momento de manera cronológica.

Figura 8. Pasos de la metodología “Cinco tiempos”



PUNTO DE PARTIDA

Al iniciar un proceso de sistematización de la experiencia, se parte de la premisa que el sistematizador debe haber participado en la experiencia y así mismo, contar con registros de todo el proceso. Bajo esta condición, se tomó la experiencia profesional de la gestora social del proyecto estufas eficientes de leña en Antioquia y Santander, quien participo desde el momento inicial del proceso de gestión social (2013) hasta el final (2014).

Objetivo General

Incidir en planes, programas y/o proyectos sociales y ambientales futuros a partir de la extracción de los aprendizajes concretos, que proviene de la experiencia de gestión social del proyecto “Estufas eficiente de leña para la contribución al mejoramiento de la calidad de vida, al uso eficiente de energía y a la reducción de emisiones del GEI en áreas rurales de Antioquia y Santander” (Colombia) ejecutado por la Fundación Natura durante el periodo comprendido entre agosto 2013 - noviembre 2014.

Objetivos Específicos

- Reconstruir la experiencia desde la gestión

social del Proyecto, con el fin de obtener una visión global de las actividades desarrolladas y extraer aprendizajes y compartirlos.

- Identificar estrategias y/o alternativas que permitan el fortalecimiento de la gestión social, en futuros proyectos de estufas eficientes de leña en el país.
- Transmitir los resultados obtenidos de la experiencia a entidades y/o instituciones de los sectores público y privado que trabajen en el tema de estufas eficientes de leña.

Eje de la sistematización

Se determinó que la experiencia concreta u objeto de sistematización, sería el proceso de capacitación desarrollado desde la gestión social, partiendo del aprendizaje adquirido, durante el periodo comprendido entre agosto 2013 (presentación del plan de capacitación) hasta noviembre 2014 (etapa final del proceso de capacitación).

Para sistematizar la experiencia, se precisaron dos ejes principales, que se convirtieron en aspectos centrales, los cuales condujeron y/o guiaron el proceso hasta lograr concentrarse y evitar la dispersión en el análisis y la reflexión crítica. Como es bien sabido, en gran parte del proceso, intervienen diferentes tipos de actores, que desde su rol o posición tienen un grado de influencia cuando se trata de tomar decisiones. Todos son importantes y aportan desde su experiencia, conocimiento, capacidades, habilidades y recursos. Estos actores pueden ser institucionales, privados o comunitarios, etc. Por lo anterior, se toma la decisión de enfocarse en los actores comunitarios e institucionales.

Fuentes de información

Las fuentes de información identificadas para recuperar la experiencia y para ordenar los principales elementos fueron: informes de gestión mensuales, actas de las reuniones de capacitación y las fichas de campo. Adicionalmente, también se consideraron memorias de eventos, fotografías y videos.

RECUPERACIÓN DEL PROCESO VIVIDO

Etapa de planeación

La experiencia inicia desde mediados del mes de agosto del año 2013, fecha en la cual, se realizaron reuniones con el coordinador y los técnicos de campo del proyecto, el eje central de las reuniones fue conocer la información del proyecto y recibir las orientaciones respecto a la gestión social que habría de desarrollarse.

Este proceso contó con el apoyo de un funcionario de la Corporación Autónoma regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) quien aportó su conocimiento y experiencia en este tipo de proyectos, dando sugerencias y recomendaciones las cuales debían transmitirse a las comunidades.

Posterior a las reuniones, se presentó un plan de trabajo planeado para seis meses que pretendía crear capacidades alrededor de la eficiencia energética en los procesos de cocción de alimentos y propiciar el empoderamiento comunitario alrededor del tema, dado que la construcción de las estufas per sé no era garantía de que fueran adoptadas apropiadamente. Las actividades marcadas en el plan de trabajo fueron:

- La realización de reuniones de socialización del proyecto
- La sensibilización a los usuarios sobre sus beneficios
- La realización de talleres de capacitación sobre el uso, manejo y mantenimiento de estufas eficientes de leña
- Apoyo a las consultas públicas con grupos de interés, que se requerían para la validación del proyecto ante el estándar de carbono.

En el plan de trabajo se plasmaron algunos posibles obstáculos que limitarían el cumplimiento del mismo, tales como el poco interés y la baja participación por parte de las comunidades beneficiadas por el proyecto y factores exógenos como el orden público en las zonas escogidas para el proyecto.

Etapa de ejecución

En la etapa de ejecución del plan de trabajo fue posible desarrollar una estrategia en la que se involucraron algunos técnicos de campo de las entidades desarrolladoras y personal de las entidades locales, como las alcaldías y sus respectivas secretarías de medio ambiente. Dichos actores apoyaron la labor desde lo logístico y organizativo y también, desde lo económico.

Si bien es cierto, que estos actores solo participaron en ciertos momentos de la etapa de ejecución, su aporte fue significativo porque contribuyeron desde su experiencia y conocimiento del territorio a generar confianza entre las comunidades receptoras de la tecnología. Si bien los actores que participan en un proceso social son importantes porque generan condiciones para el aprendizaje colectivo que conlleve a lograr las metas propuestas, no se puede desconocer que

las actividades que se llevan a cabo cumplen una función esencial en el proceso de apropiación comunitaria.

Una de las primeras actividades, fueron los talleres y/o reuniones de capacitación, contempladas dentro del plan de trabajo, las cuales se convirtieron en el eje central del plan y le apuntaron en primera instancia a la socialización del proyecto que incluía el contexto general del mismo, las necesidades y problemáticas identificadas en cuanto a temas de salud de la población campesina, la ineficiencia energética, el deterioro ambiental y las malas condiciones de habitabilidad de las viviendas, generadas por la utilización de los fogones tradicionales de leña. Posteriormente, se capacitó a los beneficiarios en el uso, manejo y mantenimiento de las estufas eficientes de leña, tipo Huellas, FN y SCE.

Si bien, la prioridad fue la realización de talleres y reuniones de capacitación y sensibilización, otras actividades complementarias contribuyeron a mejorar la comprensión del tema de estufas eficientes de leña y la gestión social realizada.

Entre estas actividades se destacan el apoyo al estudio regional "Mujeres como agentes de cambio: comprendiendo los impactos y oportunidades de su emprendimiento en la cadena de valor de cocinas eficientes en la Región Andina" en el cual, La Fundación Natura participó como colaborador estratégico del Centro Desarrollo en Energía Solar (CEDESOL). A través de la gestión social, se logró la aplicación de encuestas dirigidas a usuarios de estufas tradicionales y beneficiarios de estufas eficientes de leña. El objetivo de las encuestas, fue obtener información sobre aspectos socio-demográficos, usos y costumbres, datos de los fogones tradicionales y las estufas eficientes de leña, aspectos de la familia, aspectos de comunicación,

capacitación y organización. Adicionalmente, se aplicaron encuestas a entidades colombianas que trabajan actualmente en proyectos de estufas eficientes de leña (proveedores, diseñadores, desarrolladores, contratistas, entre otros.) con el objetivo de describir la composición de la cadena de valor de la estufa eficiente de leña desde una perspectiva de género.

Otra actividad importante, incluida en el plan de trabajo fue el apoyo a la realización de dos consultas públicas en los Departamentos de Antioquia y Santander. Las consultas fueron el medio para presentar el proyecto de estufas eficientes de leña ante las partes interesadas, allí se trataron aspectos tales como el cambio climático, el papel de los estándares de carbono como Gold Standard (GS) en la validación y verificación de los proyectos, el cronograma de implementación de los mismos y las entidades promotoras del proyecto en Colombia. Del mismo modo, las consultas públicas fueron un espacio donde los participantes expusieron sus inquietudes de manera verbal y escrita, a través de un ejercicio anónimo denominado "matriz de desarrollo sostenible".

Con base en las consultas públicas, se elaboraron dos informes institucionales que sirvieron como insumo para la elaboración de los informes finales que se entregaron al Gold Standard como requisito para la validación del PoA.

Finalmente, por medio de la implementación del plan de trabajo, se logró a través de los talleres y reuniones de socialización y capacitación, impactar a más de 800 beneficiarios, ubicados en los Municipios de Sonsón, San Pedro, San Carlos, Guarne, El Peñol, La Unión, Anorí, Concepción, Rionegro, Pueblorrico, Caramanta (Antioquia) y Encino, Charalá, Coromoro, Gambita y San Joaquín (Santander).

Debe anotarse que dicho plan de trabajo se proyectó para seis meses pero finalmente se ejecutó en un año y dos meses, ya que no fue posible el cumplimiento de las metas en el tiempo previsto inicialmente.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA

El siguiente análisis de la experiencia e interpretación crítica permitirá reflexionar sobre el proceso de gestión social como escenario para el aprendizaje colectivo. Por consiguiente, se profundizará en lo acontecido durante la gestión social considerando la relación de la experiencia con los aspectos culturales, la cuestión de género, el sentido de la experiencia, las tensiones y contradicciones, además de los elementos claves que potenciaron y debilitaron la misma y como este proceso, fortaleció el conocimiento del gestor social.

Para orientar el análisis, se tomaron las siguientes preguntas base: ¿Qué problemas y debilidades se observaron en el proceso de socialización y capacitación, tanto de la óptica del capacitador como la del capacitado? ¿Qué motiva a participar a las personas en las capacitaciones relacionadas con el proyecto de estufas? ¿Quiénes no lo hacen, porque no lo hace? ¿Son las mujeres o los hombres quienes más participan? ¿De qué depende que sea uno u otro género el que participa? ¿Cuáles serían las pautas para que un proyecto de estufas gane credibilidad dentro de una comunidad?

Antes de iniciar, se considera importante, conocer en qué contexto se desarrolló la experiencia desde la gestión social, porque es evidente que al trabajar con comunidades y en este caso específi-



co, de beneficios y usuarios, se debe conocer esas características puntuales de los mismos y la visión que tienen del mundo.

Por lo tanto se plasman algunos aspectos socio-culturales de la población rural de los departamentos de Antioquia y Santander donde se ejecutó el proyecto de estufas eficientes de leña, con énfasis en las dinámicas que se producen en las relaciones de género y los roles al interior de las familias.

Haciendo indagaciones en algunos documentos, se encontró que particularmente en el departamento de Antioquia, se aborda el tema desde la perspectiva de género. Las desigualdades de género han sido un obstáculo para el bienestar de las mujeres campesinas, lo cual ha impedido que haya un equilibrio de condiciones entre hombres y mujeres.

Se cree que las prácticas culturales, las creencias, roles, ideas, prejuicios han generado niveles jerárquicos en las relaciones entre los dos géneros, expresando y reproduciendo relaciones de dominación masculina y subordinación de las mujeres. Por otro lado, los hombres en su gran mayoría están dedicados a trabajar y suplir los ingresos del hogar y las mujeres dedicadas a su hogar y su familia, pero sin recibir un reconocimiento por la labor que desempeñan diariamente; dando origen a una participación desigual en las decisiones familiares.

Por otro lado, en Santander donde el tema de desigualdad ha tenido implicaciones en el desarrollo y empoderamiento de la mujer, se percibe que en las dinámicas y las prácticas culturales se expresan y reproducen relaciones con cierto equilibrio entre géneros pero donde aún prevalece la dominancia masculina. Lo anterior se puede

ver reflejado en que allí es “normal” que algunos hombres realicen actividades de cocción de alimentos y se encarguen de las labores del hogar, papel que tradicionalmente le ha sido asignado a la mujer. Otro punto importante, es que tanto hombres como mujeres campesinas trabajan y tienen una cuota de poder e ingresos al interior del núcleo familiar.

Observando las dos dinámicas, se llega a la reflexión que antes de planificar y ejecutar un proyecto ya sea ambiental, social, educativo se debe conocer el contexto local y regional en el cual se desea trabajar, tratando de involucrar actores que estén familiarizados con el territorio donde se pretende implementar la iniciativa.

Es importante entender que todo proceso implica desarrollar acciones que llevarán a lograr metas e impactos positivos o negativos lo que definirá el éxito o fracaso del proyecto. Teniendo claro este contexto, se identificaron algunos problemas y debilidades que se observaron en el proceso de socialización y capacitación, tanto desde la perspectiva del capacitador como la del capacitado.

Todo proceso de socialización y capacitación de un proyecto a una determinada comunidad, requiere de una efectiva planeación y ejecución que debe ir acompañada de la intervención de uno o más capacitadores y de las entidades o instituciones que requieren transmitir una información por medio de una estrategia plasmada en un plan de trabajo.

Para el caso específico de esta experiencia, se puede afirmar que desde el inicio se presentó un plan de trabajo que incluyó reuniones de socialización del proyecto y capacitaciones dirigidas a los beneficiarios del proyecto de estufas eficientes de leña. El eje central del ejercicio de capa-

citación fue el uso y mantenimiento de la estufa eficiente pero también se abordaban elementos relacionados con los impactos sobre la salud y sobre los medios de vida de las comunidades campesinas que dependen de la leña como su principal combustible de cocción.

Para profundizar en el tema, se plantea la siguiente pregunta: ¿Cuáles fueron los problemas y debilidades desde la óptica del capacitador?. Si se analiza desde la perspectiva del capacitador, se puede expresar que uno de los problemas que inicialmente limitó la labor del gestor social quien se desempeñó como capacitador fue el desconocimiento de todo lo relacionado con el proyecto, lo cual implicó destinar tiempo para adquirir y comprender el conocimiento necesario para poderse transmitir a las comunidades. Los puntos a favor eran que había una experiencia en el trabajo con comunidades campesinas y que se conocían las dinámicas de la población ubicada en el departamento de Antioquia. En consecuencia, el capacitador debe tener experiencia y conocimiento en esta clase de proyectos, lo cual lo hará apto para desempeñarse de manera eficiente.

Otros problemas afrontados por el capacitador fueron: la baja participación a las reuniones o talleres y el desinterés por parte de algunos beneficiarios a los que ya se les había construido la estufa eficiente de leña. En este sentido, los procesos de socialización y específicamente de capacitación deberían realizarse tanto antes como después de la introducción de las estufas para garantizar un mayor compromiso con el proceso de apropiación y adopción de la nueva tecnología.

Igualmente, en el proceso se observaron algunas debilidades desde la planificación y ejecución del

proyecto, al desconocer que de alguna u otra manera, todo proyecto social y ambiental que implique el trabajo con comunidades debe desarrollar una estrategia de comunicación, sensibilización y capacitación amplia y contundente, que apunte a generar canales de comunicación, sentido de pertenencia y una mayor participación de la mujer como agente catalizador de cambios a lo largo de la cadena de valor. La realidad fue encontrar una estrategia un poco débil que solo apuntaba al capacitar a un número de beneficiarios y diseminar las estufas eficientes.

Si bien lo realizado no demerita el trabajo ni el esfuerzo que en ello se invirtió, es importante profundizar más en el tema si se quieren proyectos de estufas eficientes exitosos que impacten y transformen los medios de vida de las comunidades. Para lograr lo anterior, se debe realizar un trabajo no solo con beneficiarios y usuarios sino también un trabajo articulado y coordinado con técnicos de campo, oficiales de construcción, líderes comunitarios, alcaldías, entidades de salud, ambientales y las entidades ejecutoras.

Por otro lado, se pudo observar en esta experiencia que la población con la cual se trabajó eran comunidades rurales que presentaban bajos niveles de educación y analfabetismo, con una visión totalmente diferente a la población ubicada en el área urbana.

Paralelamente se observa que gran parte de proyectos, programas o planes que tienen como foco la población rural no surgen de iniciativas de estas comunidades, si no de iniciativas de entidades u organizaciones externas que no hacen parte de las mismas y que quizás desconocen las verdaderas necesidades, problemáticas y las dinámicas socio-culturales y territoriales donde se ubican.

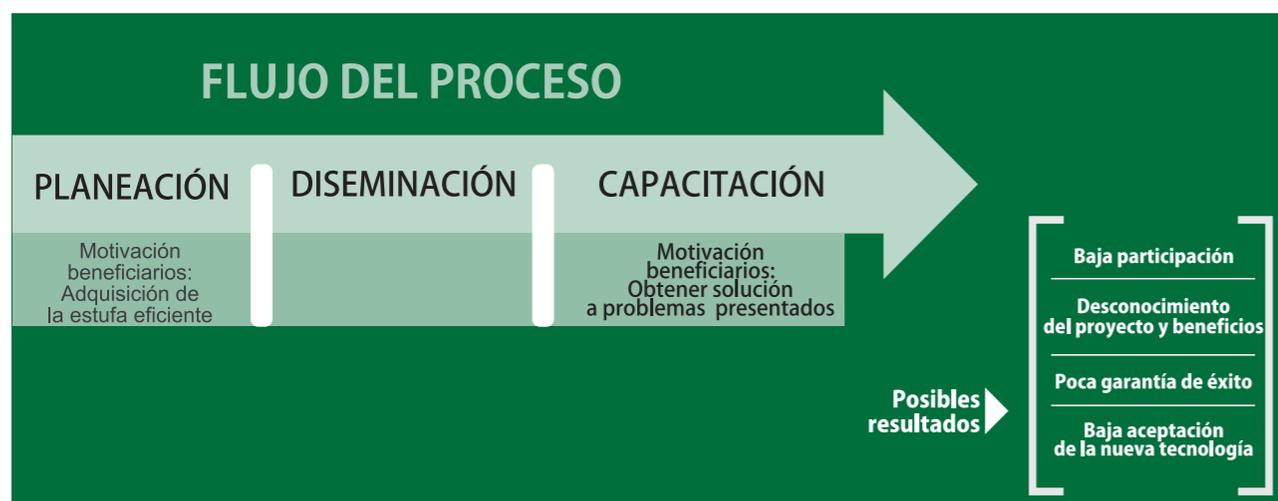
Bajo este escenario, se identificaron los siguientes problemas y debilidades que las comunidades rurales tienen con este tipo de procesos:

- Los potenciales receptores de las capacitaciones requieren de capacitadores que manejen un lenguaje claro, conciso y acorde a su cultura y dinámica.
- El manejo de las estrategias de educación y sensibilización debe trascender de lo teórico a lo práctico. Un ejemplo puntual son las capacitaciones en el uso, manejo y mantenimiento de las estufas eficiente de leña, donde se transmite información a través de presentaciones pero las comunidades no tienen la oportunidad de conocer físicamente la estufa, observarla y maniobrarla. Se demanda métodos demostrativos y prácticos.
- ¿Qué motiva a participar a las personas en las capacitaciones que tienen que ver con el proyecto de estufas? ¿Quiénes no lo hacen,

porque no lo hace? Se puede afirmar que la constante que se observa en el trabajo con las comunidades, es que sólo están interesadas en adquirir la estufa eficiente de leña y obtener sus beneficios y no desean involucrarse en detalle con los aspectos relacionados con los ejercicios de capacitación. Desde la experiencia se encontró, que quienes participan en este tipo de procesos antes de la introducción o diseminación de las estufas son personas que ya han sido seleccionados como beneficiarios o personas que desean ser beneficiarios de una de ellas. Si miramos la perspectiva después de la introducción de la estufa eficiente, se analiza que la motivación es poca y se hace complejo el proceso de socialización y capacitación por la baja participación y el poco interés en actividades adicionales.

En la figura 9 se muestra de una manera ilustrativa, cómo desde la experiencia se analizan las motivaciones de los beneficiarios dependiendo de la etapa donde se desarrolle el proceso de capacitación.

Figura 9. Proceso de socialización del proyecto y capacitación después de la introducción de la tecnología



La anterior figura muestra los posibles resultados después de un proceso de capacitación que se lleve a cabo después de la diseminación de la estufa eficiente, lo cual parece ser poco favorable para lograr el impacto que busca el proyecto.

La figura 10 muestra los posibles resultados después de un proceso de capacitación que se lleve a cabo antes, durante y después de la diseminación de la estufa eficiente en el cual se espera obtener resultados exitosos.

Respecto a si son las mujeres o los hombres quienes más participan se puede señalar que las mujeres son las protagonistas en cuanto a la participación y asistencia a las reuniones y/o talleres, dado que son las principales usuarias y afectadas ¿De qué depende que sea uno u otro género el que participa? Depende de dos cosas: primero de las dinámicas socio-culturales de la región, en el caso particular del Departamento de Antioquia en algunos municipios donde la cultura es arraigadamente machista y donde los hombres no se involucran en las actividades propias del hogar específicamente en las que tienen que ver con la cocina, se percibió una alta participación y asistencia a las reuniones por parte de las mujeres, quienes finalmente son las encargadas de la cocción de alimentos y además, se interesan por los asuntos, actividades y/o proyectos que tienen que ver con los aspectos familiares que influyen en el bienestar y la calidad de vida de su familia. Allí el rol del hombre es el de ser el proveedor y el que sustenta económicamente su familia. De otro lado, en Santander donde no se desconoce la cultura machista pero las dinámicas son diferentes, se halló que algunos hombres también se dedican a las actividades del hogar, específicamente a la cocción de alimentos.

Segundo, ¿A quién iban dirigidas las capacita-

ciones?. De este aspecto también dependía la asistencia y/o participación de un género u otro. Desde la planeación y durante la ejecución del proyecto, las capacitaciones fueron dirigidas a los beneficiarios pero se aclara que beneficiario no quiere decir usuario, entonces nos enfrentamos en algunos casos a capacitar hombres que fueron seleccionados como beneficiarios pero finalmente no están involucrados en las dinámicas de la cocción de alimentos o no les interesa el tema. Para resumir, en este sentido la estrategia no fue dirigida a quienes realmente requieren ser capacitados, en este caso, serían en su gran mayoría las mujeres porque son las principales usuarias de la estufa eficiente de leña.

¿Cuáles serían las pautas para que un proyecto de estufas gane credibilidad dentro de una comunidad? Si comprendemos el concepto de credibilidad como la capacidad de generar confianza y lograr grados de conocimiento de parte y parte, se puede considerar que las pautas deben ser:

- Afianzar el trabajo con las alcaldías, secretaria de medio ambiente y salud, líderes comunitario de las zonas que abarca el proyecto.
- Comprender la importancia de la gestión social, lo cual garantizará un mejor trabajo con los actores involucrados en esta clase de proyectos.
- Generar confianza cumpliéndole a las comunidades y no dando falsas expectativas.

PUNTO DE LLEGADA

Posterior al análisis, se lleva al punto final, en el cual se hacen algunas reflexiones y afirmaciones que surgen como resultado del proceso de sistematización y que quizás se convertirán en el punto de partida para nuevos aprendizajes.

Figura 10. Proceso de socialización del proyecto y capacitación antes, durante y después de la introducción de la tecnología



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A partir de la experiencia desde la gestión social, se concluye que el énfasis o eje principal que orienta los proyectos de estufas eficientes de leña debe ser la diseminación de las estufas eficientes pero acompañado de un componente social que garantice la resolución de los problemas con las comunidades, que impulse relaciones de confianza y credibilidad, que fortalezca los canales de comunicación y que incentive las relaciones con las comunidades donde opera el proyecto y con las instituciones de la zona.

- El conocimiento del territorio y sus dinámicas socio-culturales debe ser considerados desde el diseño mismo del proyecto. Si lo anterior se integra a la experiencia de las entidades desarrolladoras y se combina con el apoyo de líderes comunitarios ubicados en la zona que gocen de amplio reconocimiento, será factible generar condiciones para lograr el éxito del proyecto.

- Se concluye, que es muy importante, involucrar a las mujeres como promotoras o gestoras sociales en los procesos de socialización y capacitación, ya que la transferencia de conocimiento mujer a mujer puede resultar exitosa y más efectiva que la transferencia de conocimiento hombre a mujer. El papel de la mujer es fundamental para alcanzar el éxito en los procesos de masificación de estufas.

- Las entidades desarrolladoras de proyectos deben apostarle a un trabajo interinstitucional

con entidades que trabajen en la zona, conozcan el territorio y las dinámicas de las comunidades rurales. Esto podría garantizar, la identificación de estrategias sólidas y que le apunten a resolver las verdaderas necesidades o problemáticas del territorio

- Mayor coordinación en los procesos institucionales, generando condiciones que permitan crear confianza tanto en el equipo de trabajo del proyecto como en las comunidades.

- Se recomienda darle prioridad al componente de sensibilización y capacitación a beneficiarios, técnicos de campo y/o gestores sociales, dado que desde la experiencia se comprendió que se podría convertir en un proceso que movilice otros aspectos del proyecto. Esto debe obedecer a un proceso continuo, es decir que se realice antes, durante y después de que la construcción de las estufas eficientes de leña.

- Se recomienda realizar un seguimiento continuo y evaluación de resultados cada vez que se crea conveniente. Realizando reuniones en equipo y documentando las experiencias desde la perspectiva de cada uno de los integrantes del equipo del proyecto, con el propósito de extraer las lecciones aprendidas y fortalecer futuros proyectos.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA. Plan de desarrollo de Antioquia "Antioquia la más educada" 2012 - 2015. Medellín: Gobernación de Antioquia, 2012. 54 p. Disponible en http://www.antioquia.gov.co/Plan_de_desarrollo_2012_2015/PDD_FINAL/8%20linea_4.pdf.

JARA, Oscar. 2008. Orientaciones teórico - prácticas para sistematizar experiencias. San Jose (Costa Rica): Centro de Estudios y Publicaciones ALFORJA, s.f. 17 p. Archivo PDF. Disponible en <http://www.bibliotecavirtual.info/2013/08/orientaciones-teorico-practicas-para-la-sistematización-de-experiencias/>.

ZAPATA, Natalia. 2014. Informe final de gestión social del Proyecto de Estufas eficientes de Leña para la contribución al mejoramiento de la calidad de vida, al uso eficiente de energía y a la reducción de emisiones del GEI en áreas rurales de Antioquia y Santander" (Colombia). Informe interno de trabajo. Bogotá: Fundación Natura, 2014. 43 p.



SUPLEMENTO TÉCNICO

5

PROGRAMA PARA LA DISEMINACIÓN DE ESTUFAS DE LEÑA TIPO FN: APRENDIZAJES A PARTIR DE LA EXPERIENCIA DE LA FUNDACIÓN NATURA

Luis Mario Cárdenas

INTRODUCCIÓN

La construcción masiva de estufas de leña mejoradas tipo FN se realizó en el marco de los programas de carbono forestal, los cuales están enfocados principalmente en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En este sentido, se diseñó la estrategia para la implementación de las estufas buscando aportar a este objetivo y, a medida que se avanzó en este camino, se reconocieron y divulgaron los beneficios adicionales de las estufas y se incorporaron elementos necesarios dentro de un proceso de mejora tecnológica para las zonas rurales con el fin de alcanzar la meta de una manera más integral.

El punto de partida para dar inicio al proceso de construcción de las estufas fue la selección de las regiones en las que se podría construir las estufas. Teniendo en cuenta que el interés original era la reducción de emisiones de GEI, se realizó un análisis en los departamentos de Antioquia y Santander para determinar al interior de estos cuáles eran los municipios que podrían generar mayores certificados de emisiones de carbono reducidas. La metodología utilizada para este análisis es denominada WISDOM (FAO,

2003), y a partir de ella se realiza una evaluación de la oferta y la demanda del recurso dendroenergético existente en una región determinada y se identifican aquellas áreas con mayor potencial para la reducción de emisiones de carbono⁹⁶.

Como resultado de lo anterior se obtuvo la priorización de las zonas en cada departamento, a partir de lo cual se iniciaron los acercamientos con los respectivos municipios y con las autoridades ambientales. En esta fase de acercamiento se presentó el esquema general del proyecto en el marco del programa agrupado de actividades (POA) para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se presentó el diseño de la estufa con sus respectivos estudios y pruebas de soporte. Finalmente se propuso un plan de intervención en cada municipio, de acuerdo a unos criterios preestablecidos por la Fundación Natura, así como también a las condiciones locales observadas tales como la distribución de la población en el territorio, percepción de la oferta de leña, traslape con otros programas sociales de la alcaldía, coincidencia con la distribución de las redes de gas planificadas, entre otras.

⁹⁶ La aplicación de esta metodología es tratada más detalladamente en el artículo "IDENTIFICACION DE AREAS CRITICAS DE CONSUMO DE LEÑA APLICANDO LA HERRAMIENTA WISDOM: ESTUDIO DE CASO SUBNACIONAL EN ANTIOQUIA Y SANTANDER" que también hace parte del presente documento.

ASPECTOS PREVIOS AL PROCESO DE DISEMINACIÓN DE ESTUFAS

Uno vez hechos los acercamientos preliminares, la Fundación Natura presenta una propuesta formal a la alcaldía municipal correspondiente, la cual contiene el alcance de la propuesta, el enfoque del proyecto, los criterios exigidos por la Fundación para la selección del público objetivo, las especificaciones técnicas de la estufa, el presupuesto, los aportes de los actores involucrados y el cronograma para la ejecución del proyecto. Es importante formalizar la propuesta a través de un documento que presente claramente los anteriores aspectos con el fin de plantear un borrador de contrato o convenio en el cual quedarán los

compromisos expuestos, los cuales se convertirán en acciones de obligatorio cumplimiento por cada una de las partes involucradas. Finalmente se elabora, según el formato y exigencias de cada municipio, un convenio en el que se hacen explícitos los siguientes compromisos:

Todos estos compromisos pueden tener pequeñas variaciones en cada municipio, dependiendo de la disponibilidad de recursos de las instituciones o personas aportantes; o, incluso, pueden participar otros actores institucionales o empresariales pero, en cualquier caso, se busca que el programa cumpla con el principio de que "todos ponen", cada uno en la medida de sus justas capacidades y responsabilidades.

Tabla 20. Compromisos generales propuestos en las alianzas con los actores locales

COMPROMISOS POR PARTE DE LA FUNDACIÓN NATURA	COMPROMISOS POR PARTE DE LAS ALCALDÍAS MUNICIPALES	COMPROMISOS POR PARTE DE LOS BENEFICIARIOS
<p>Coordinar la ejecución del proyecto a nivel general y a nivel local, aportando el personal calificado que se requiera para dichas coordinaciones, para la asistencia técnica correspondiente y para la interventoría del mismo.</p> <p>Aportar los insumos necesarios para la construcción de la estufa: herrajes, ladrillos comunes, ladrillos refractarios, cemento y tubos de gres.</p> <p>Hacer seguimiento y llevar los registros y soportes correspondientes de la construcción de las estufas.</p>	<p>Seleccionar a los beneficiarios respetando los criterios mínimos indicados por la Fundación Natura.</p> <p>Verificar y soportar debidamente la selección de los beneficiarios del proyecto.</p> <p>Cofinanciar el proyecto con dinero en efectivo para el pago de la mano de obra calificada para la construcción de las estufas y que equivale a CIENTO MIL PESOS POR ESTUFA COP\$100.000.00 por estufa (US\$40).</p> <p>Realizar el transporte de los materiales desde la cabecera municipal hasta las veredas.</p> <p>Brindar una bodega en el casco urbano del municipio para almacenar los materiales durante el tiempo que sea necesario.</p> <p>Apoyar a la Fundación Natura en todos los aspectos logísticos y operativos que se necesiten para la construcción de las estufas.</p> <p>Comunicar a los beneficiarios los compromisos que deben adquirir con el proyecto.</p>	<p>Realizar el transporte de los materiales desde el punto de acopio en la vereda hasta la casa en la que se construirá la estufa.</p> <p>Brindar alimentación y alojamiento al oficial o maestro durante los días que se empleen para la construcción de la estufa.</p> <p>Aportar un ayudante durante un día para que asista al oficial o maestro en la construcción de la estufa.</p> <p>Suministrar 8 sacos de arena para mezcla, cada uno de 50 Kg.</p> <p>Recibir al personal de la Fundación Natura para que se puedan realizar las labores de interventoría y seguimiento a la construcción de las estufas.</p>

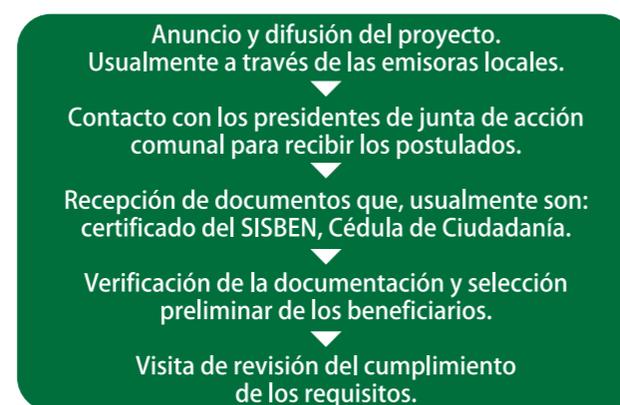
Siguiendo con los aspectos previos a la construcción de las estufas, se debe hacer el proceso de selección de los beneficiarios. Este es uno de los aspectos de mayor importancia pues debido a que el número de estufas que se pueden construir con el programa es limitado, se deben seleccionar al interior de los municipios las localidades en las cuales es prioritario hacer la construcción de las estufas. Este aspecto se hizo de la mano de las autoridades locales, quienes a partir de su conocimiento del territorio priorizaron los sitios en los cuales se encontraba mayor población que tuviera menor oferta de leña y que tuviera mayor necesidad de atención, criterio que fue apoyado en la percepción de necesidades básicas insatisfechas o incluso la percepción de pobreza de la población.

En este sentido, se realizó una convocatoria a través de las emisoras locales con el objeto de anunciar el proyecto y generar un proceso de selección transparente. Para acompañar esta etapa, se trabajó conjuntamente con los funcionarios de las alcaldías y con los presidentes de las Juntas de Acción Comunal de cada vereda para hacer una lista de posibles candidatos. Al final se obtuvo una lista consolidada que fue sujeta a revisión que se hizo a través de un muestreo en campo por la Fundación Natura para verificar el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Hogares rurales que pertenezcan a los niveles 1 o 2 del SISBEN.
- Hogares rurales donde la leña es el combustible principal para cocción.
- Hogares rurales monoparentales donde la mujer es cabeza de familia.
- Hogares rurales con presencia de niños menores de 10 años.
- Deben demostrar que son propietarios o poseedores del predio donde se construirá la estufa.

Hasta este punto, los pasos dados en la fase previa a la construcción de la estufa se pueden resumir en la figura 11:

Figura 11. Proceso de selección de la población vinculada al proyecto de estufas tipo FN



Una vez hecha la verificación del cumplimiento de los criterios mínimos, el personal técnico de la Fundación Natura realizó la primera de las tres visitas programadas a cada una de las viviendas de las familias seleccionadas. En esta primera visita se hizo la verificación y el registro de la información del propietario y de los habitantes de la vivienda, también se registró por medio de fotografías el estado de la estufa actual, el sitio en el cual se construirá la nueva estufa y otra información de las coordenadas de la vivienda.

Como resultado de esta primera visita se formaliza un acta de compromiso entre la Fundación Natura y el beneficiario, en la cual se hacen explícitos los compromisos descritos anteriormente por parte de la Fundación Natura, por parte de la alcaldía municipal y por parte del beneficiario (tabla 20). De igual forma, en esta visita se consolidó una base de datos que registraba la información de la totalidad de los beneficia-

rios así como un mapa con la ubicación de cada una de las viviendas en las que se construyó la estufa (Mapa 17).

Finalmente, se realizó la coordinación logística entre la Fundación Natura y las instituciones participantes como paso previo al inicio de la construcción de las estufas. Esta coordinación incluyó las múltiples actividades asociadas a la compra de los insumos y también para la contratación del personal profesional y técnico necesario para la construcción de las estufas. Algunos de los lineamientos considerados en la selección y contratación de estos insumos estuvieron asociados a aspectos como experiencia, calidad, garantía, disponibilidad de transporte a los municipios, precio y forma de pago, entre otros.

DISEMINACIÓN DE ESTUFAS

El primer aspecto a mencionar está relacionado con las características del diseño de la estufa tipo FN. Esta estufa es el resultado de un análisis de variables técnicas y culturales, las cuales fueron revisadas en el año 2008, año en el cual se inició el proceso. Este diseño se hizo a partir de la estufa ICA-1791, teniendo en cuenta que la mayoría de la población la conocía y la usaba por ser una estufa grande y robusta, la cual garantizaba la durabilidad requerida por ser usada a diario para cocinar grandes cantidades de comida, lo cual se hace usualmente en recipientes grandes y pesados. Teniendo en cuenta lo anterior y guardando su apariencia externa para evitar rechazo por cambios en la forma, se hizo una modificación al interior de la estufa a partir de la adaptación de una cámara de combustión tipo Rocket, siguiendo los principios del Aprovecho Research Center⁹⁷.

Por todo lo anterior y teniendo en cuenta que la

estufa tipo FN es una estufa de construcción in situ, fue necesario realizar un proceso de capacitación de maestros que pudieran desplazarse al interior de las veredas. Este aspecto es de vital importancia, pues el proyecto debe velar por el correcto funcionamiento de las estufas, lo cual se podría hacer solo si se podía garantizar que el diseño de la estufa no sufriera ninguna modificación. Por todo lo anterior, se buscó la alianza para la formación técnica con el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA a través del Centro Industrial del Diseño y la Manufactura en Floridablanca, Santander.

De esta forma, la capacitación se llevó a cabo con un componente teórico y un componente práctico, los cuales fueron dictados en conjunto por instructores del SENA y el personal de la Fundación Natura con experiencia en la construcción de la estufa tipo FN. Los principales aspectos teóricos abordados fueron: bases teóricas de mampostería, bases de estructuras civiles, bases de resistencia de materiales y manejo de planos; en la parte práctica se construyó una estufa tipo FN por cada capacitación, lo cual se hizo siguiendo los planos elaborados previamente y atendiendo cada uno de los detalles del proceso constructivo, desde el alistamiento de los materiales hasta la limpieza de la estufa, una vez fuera terminada. Adicionalmente, se llevaron a cabo las capacitaciones correspondientes en cuanto a salud ocupacional y seguridad industrial para minimizar el riesgo

⁹⁷ARISTIZÁBAL, Javier. Estufas mejoradas y bancos de leña: una alternativa de autoabastecimiento energético a nivel de finca para comunidades dependientes de los bosques de roble de la Cordillera Oriental. En: Colombia Forestal. Bogotá. Vol. 13, No. 2; (Diciembre 2010); p. 247.

⁹⁸Esta distribución la hizo el personal técnico de la Fundación Natura con el apoyo del transporte de la alcaldía municipal. En esta etapa se realiza la segunda visita, en la cual se firma el acta N° 2, en la cual se formaliza la entrega de los insumos y se verifica la cantidad y el buen estado de cada uno.

de cualquier accidente laboral durante la construcción de la estufa; también se entregó a los oficiales y auxiliares la dotación y los equipos de protección personal necesarios.

Llegando al punto de la construcción de las estufas, se logró alistar los acuerdos con los actores locales, también hacer la selección de los beneficiarios, la compra y distribución de los insumos⁹⁸ y la formación de los maestros que construyeron las estufas. Con todos estos ingredientes y con el aporte de la mano de obra de cada uno de los beneficiarios, sirviendo como ayudante del maestro, se construyó la estufa. En promedio la construcción de una estufa eficiente se tarda sólo un día de trabajo y, en algunos casos, un poco menos. Sin embargo, la estufa no debe ser utilizada antes de un mes después de su finalización para permitir el correcto secado de los materiales y evitar su posterior deterioro.

El usuario debe participar de todo el proceso de construcción de la estufa; es por esto que, previo a la construcción de la estufa se le hizo una inducción al proyecto y se le sensibilizó respecto de los beneficios de la estufa y de los compromisos que debe asumir durante el proceso de construcción. Se realizó una revisión detallada, haciendo énfasis en la calidad y funcionalidad, específicamente en la construcción de la cámara de combustión, el ducto de la chimenea, la plancha, las salidas de aire y de ceniza; también se verifican las medidas y los acabados. Por último, una vez construida la estufa, se hizo una capacitación sobre los cuidados y el mantenimiento que se debe tener con la misma.

⁹⁸Guzmán, S. y Moreno, J. La construcción social participativa de los procesos tecnológicos en el desarrollo local: aportes para el planteamiento de un marco teórico. En: Memorias del VII Simposio Internacional de Desarrollo Rural. Bogotá, (Abril, 2011). p. 2.

Para hacer seguimiento a la estufa y también para hacer la entrega oficial de la misma, se programó una tercera visita un mes después de haber sido construida. En esta etapa, el personal técnico de la Fundación Natura hizo el primer encendido y también una verificación del funcionamiento. El monitoreo correspondiente al funcionamiento después de la entrega de la estufa se hará en una fase posterior teniendo en cuenta la eficiencia de la estufa, al uso efectivo que se le da a la estufa y a las diferentes variables que se relacionan con la forma de usarla.

REFLEXIONES SOBRE EL PROCESO DE DISEMINACIÓN DE ESTUFAS

La iniciativa de diseminación de las estufas, por tratarse de una acción dirigida a las zonas rurales de Colombia, se inscribe en un ámbito en el que deben considerarse algunas variables dentro del proceso para que este pueda ser considerado como un proyecto viable. Algunas de ellas podrían ser:

- Participación de las comunidades en los procesos de validación de la tecnología y de planificación de la ejecución de la construcción, así como de la selección de los usuarios de las estufa.
- Planificación del monitoreo respecto de la adopción y el uso de la estufa
- Diseño de una estrategia de género y de distribución equitativa de los beneficios a la hora de seleccionar a los usuarios de las estufas.

Si bien es cierto que estas variables fueron visualizadas a la hora de iniciar el proceso, las condiciones específicas en las que se desarrollan los diferentes proyectos, hicieron que se ejecutaran las acciones de una manera en la que se debió considerar de manera implícita estos aspectos y sin

Tabla 21. Variables recomendadas de acuerdo con la categoría de medición

CATEGORÍAS DE MEDICIÓN	VARIABLES RECOMENDADAS PARA EL ANÁLISIS
Funcionamiento: Construido a partir de un proceso social y técnico.	Rendimiento.
	Durabilidad.
	Grado de versatilidad.
	Capacidad instalada.
	Capacidad productiva.
	Calidad productiva.
	Eficacia.
	Eficiencia.
	Innovación productiva.
	Pertinencia productiva.
	Riesgos ambientales.
	Riesgos económicos.
	Riesgos culturales.
	Riesgos a la salud.
	Riesgos sociales.
	Adaptación sociedad – tecnología.
	Adaptación tecnología – sociedad.
Productividad: Posibilidad del proceso tecnológico para lograr un óptimo aprovechamiento de los recursos, a través del empleo de los mejores medios (Guzmán & Moreno, 2012).	
Riesgos conocidos: Perjuicios conocidos por las comunidades que puede generar la implementación de determinado proceso tecnológico a un contexto más amplio que el que se requiere para el funcionamiento eficaz/eficiente del proceso (Guzmán & Moreno, 2012).	
Beneficios sociales: Beneficios con énfasis en la integración entre procesos tecnológicos y procesos sociales.	

que se pudiera trabajar este enfoque directamente. Algunas de las razones obedecen al estado del arte de la problemática de la cocción de alimentos en las zonas rurales y de las tecnologías usadas en Colombia para abordar esta problemática. De manera general, se puede hacer referencia al escaso avance en el tema en cuanto a investigación e implementación de mejores tecnologías.

Según Guzmán & Moreno, algunas categorías susceptibles de medición para hacer un mejor análisis de los procesos tecnológico/sociales son: el funcionamiento, la productividad, el conocimiento de los riesgos y beneficios sociales, entre otros⁹⁹. Al interior de estas categorías, el autor plantea las variables recomendadas para hacer los análisis, dentro de las cuales se pueden resaltar las siguientes para analizar el proceso de construcción de las estufas:

A la luz de los indicadores propuestos por Guzmán y Moreno, podría darse la discusión sobre los aspectos que favorecen o afectan el proceso

desarrollado para la construcción de las estufas; sin embargo, resulta más propositivo proponerlos en las siguientes fases para evaluar la posibilidad de incluirlos como parte del monitoreo que se le haga a las estufas. De esta manera, podría confirmarse si las acciones propuestas durante el proceso han tenido el resultado esperado de cara a un enfoque de construcción social del proceso tecnológico; algunas de ellas fueron:

- Tener en cuenta a las juntas de acción comunal para que fueran ellas quienes seleccionaran a los beneficiarios.
- Tener en cuenta las costumbres y forma de cocinar de las familias.
- Incluir en los criterios de selección de los participantes a mujeres cabeza de familia y niños menores de 10 años.
- Participación de la comunidad en la ejecución del proyecto a través de la vinculación de personas de la comunidad como maestros, técnicos de campo y coordinadores locales.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

ARISTIZÁBAL, Javier. Estufas mejoradas y bancos de leña: una alternativa de autoabastecimiento energético a nivel de finca para comunidades dependientes de los bosques de roble de la cordillera oriental. En: Colombia Forestal. Vol. 12, No. 2; (Diciembre, 2010); p. 245-265. ISSN 0120-0739

GUZMÁN, Sara y MORENO, Juan. La construcción social participativa de los procesos tecnológicos en el desarrollo local: aportes para el planteamiento de un marco teórico. En: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE DESARROLLO RURAL: "MUNDOS RURALES Y TRANSFORMACIONES GLOBALES: DESAFIOS Y ESTRATEGIAS DE RESPUESTA" (8º: 2011: Bogotá). Memorias del Simposio Internacional de Desarrollo Rural: "Mundos Rurales y Transformaciones Globales: Desafíos y estrategias de respuesta". Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana, 2012.

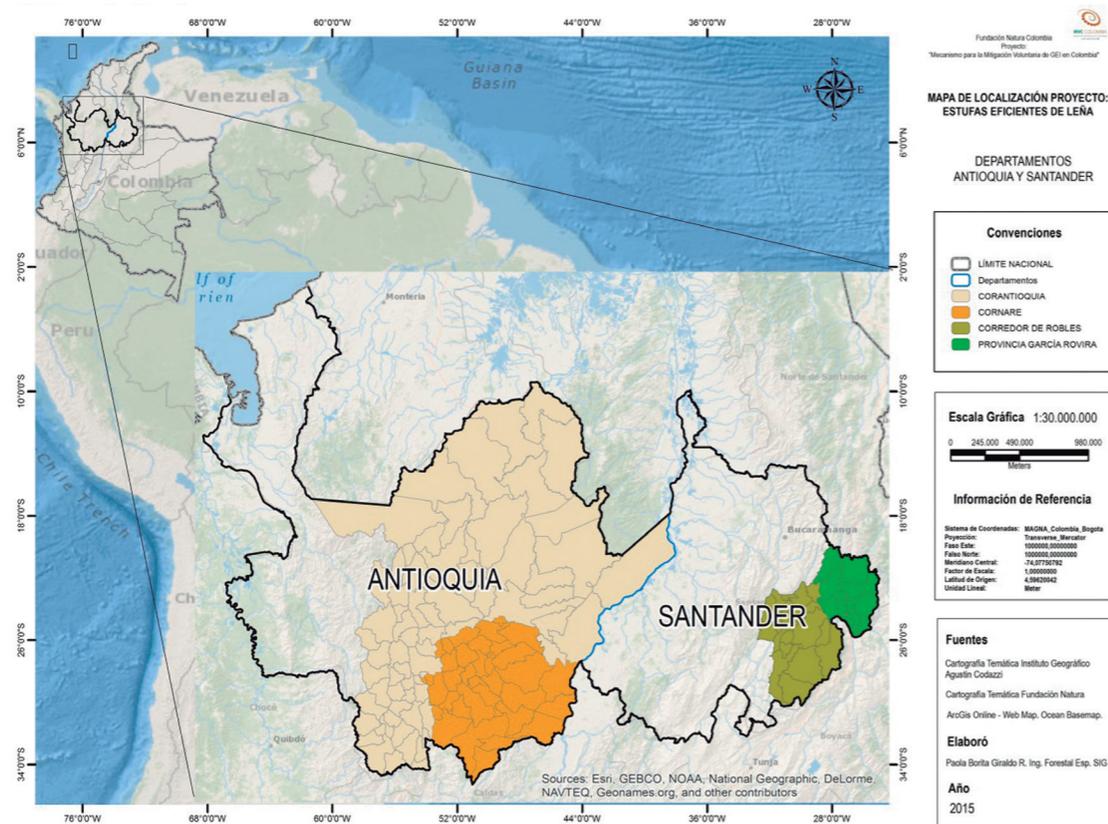




MAPAS

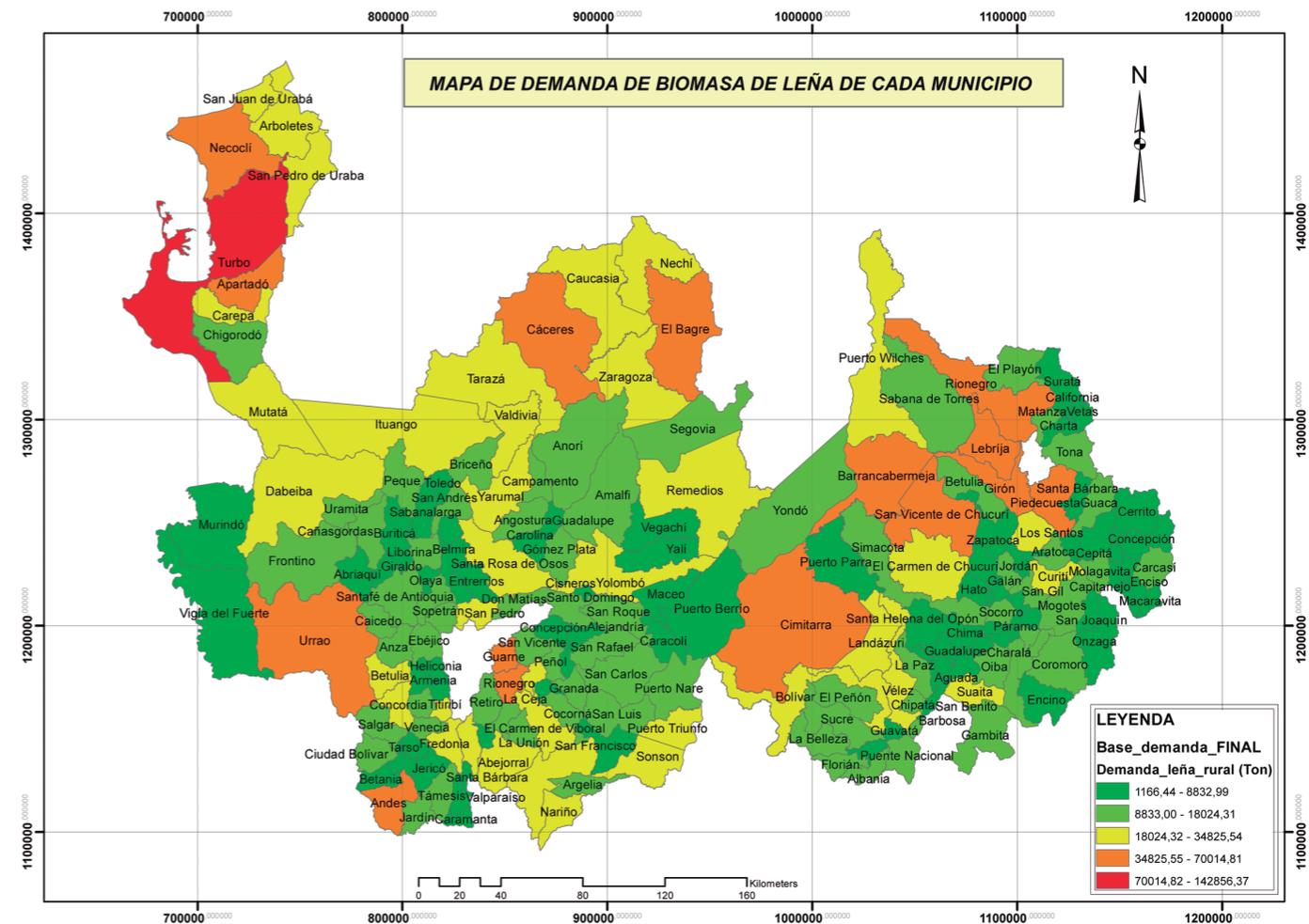
MAPA 1

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO



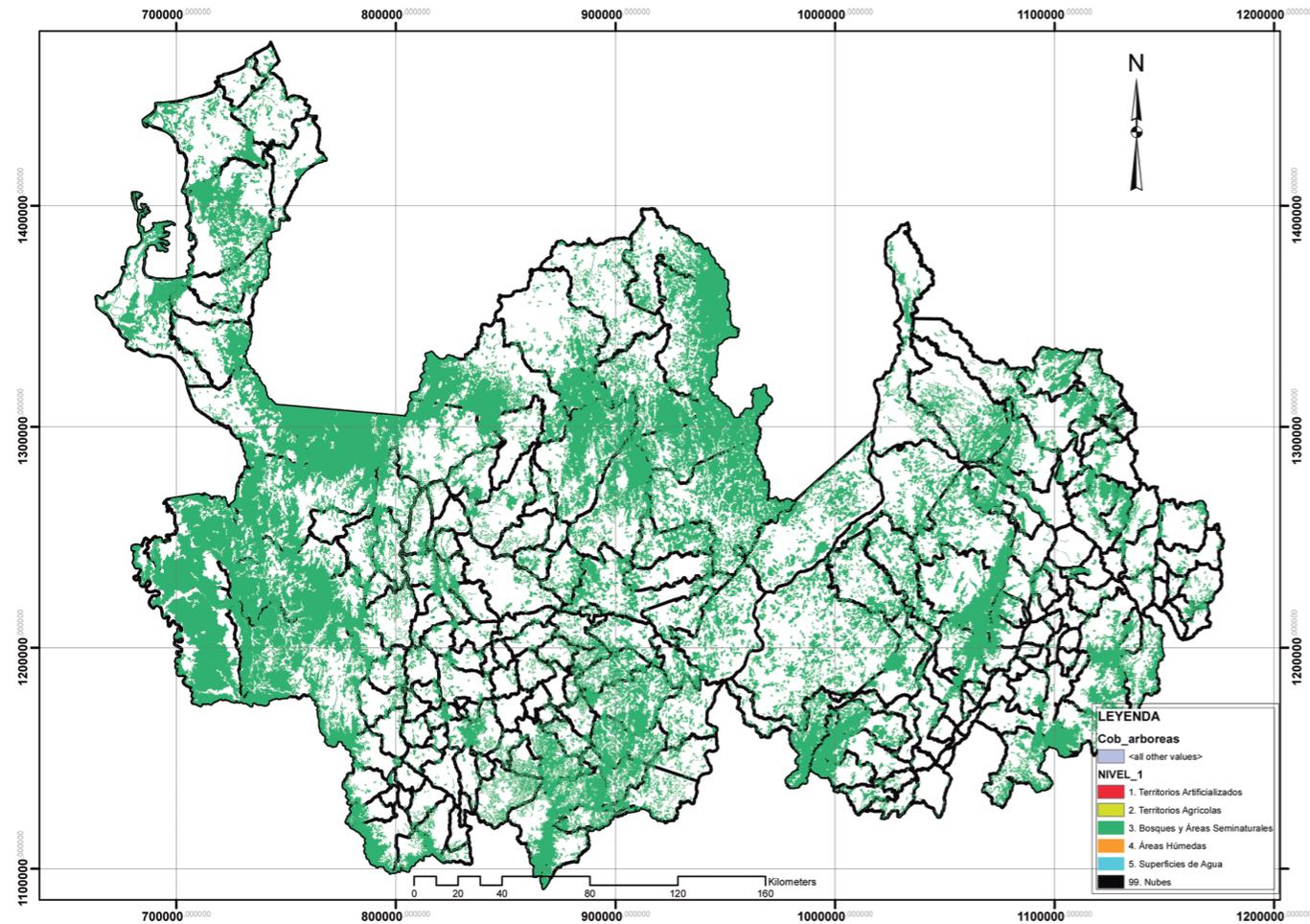
MAPA 2

DEMANDA DE LEÑA PARA LOS DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y SANTANDER



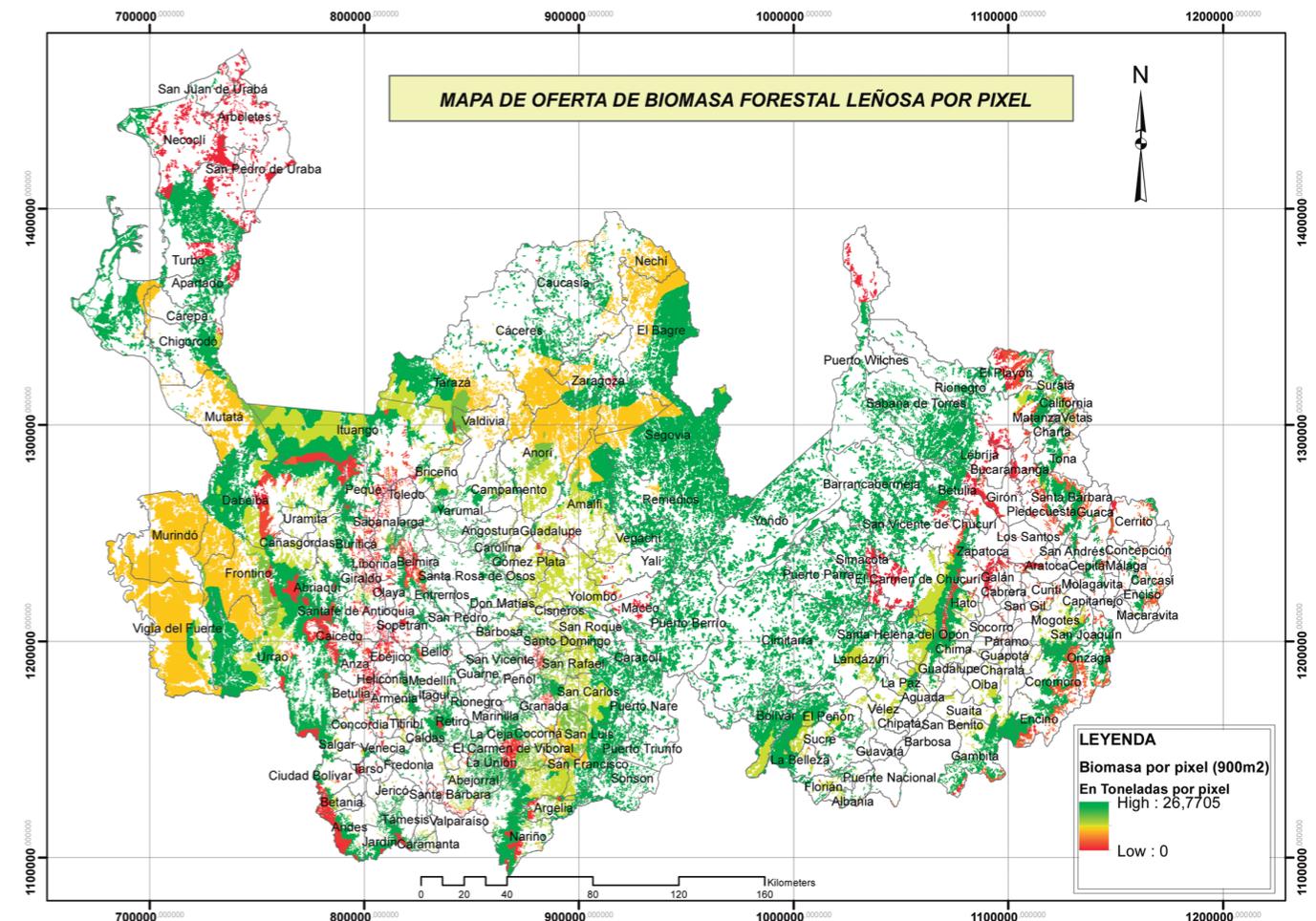
MAPA 3

UBICACIÓN ESPACIAL DE COBERTURAS BOSCOSAS O ARBÓREAS CON POTENCIAL LEÑOSO



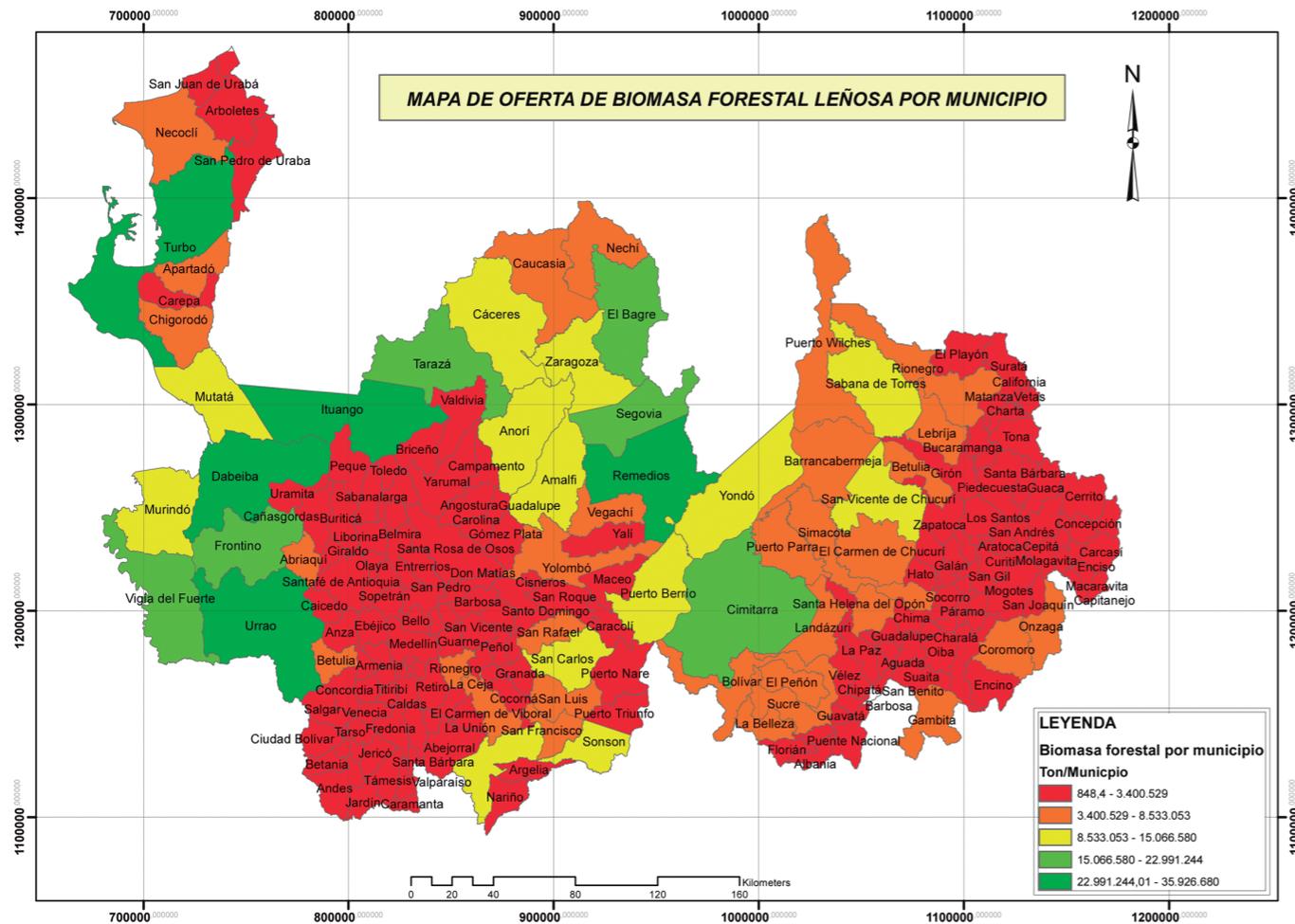
MAPA 4

BIOMASA FORESTAL PRESENTE EN LOS DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y SANTANDER



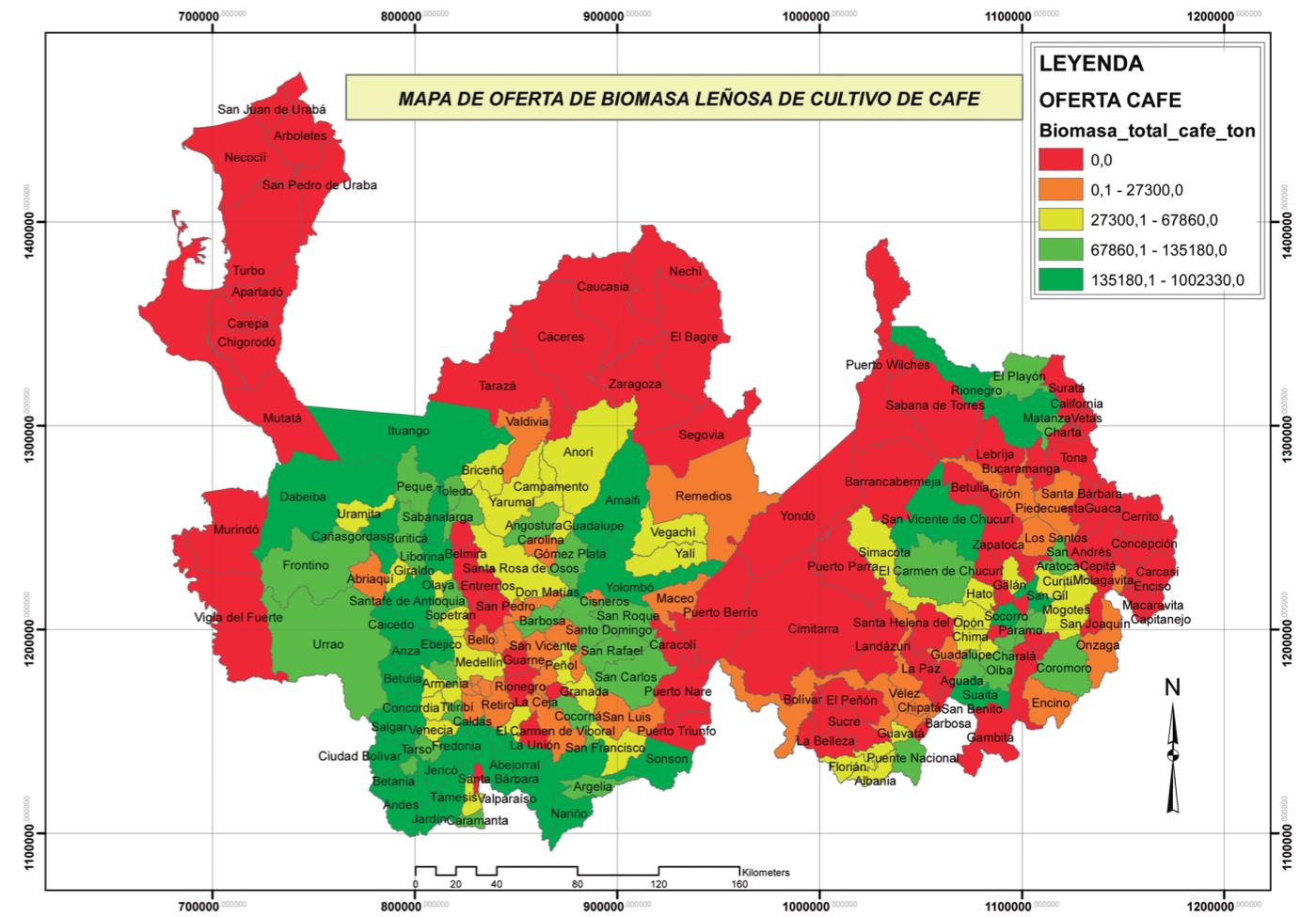
MAPA 5

OFERTA DE BIOMASA LEÑOSA



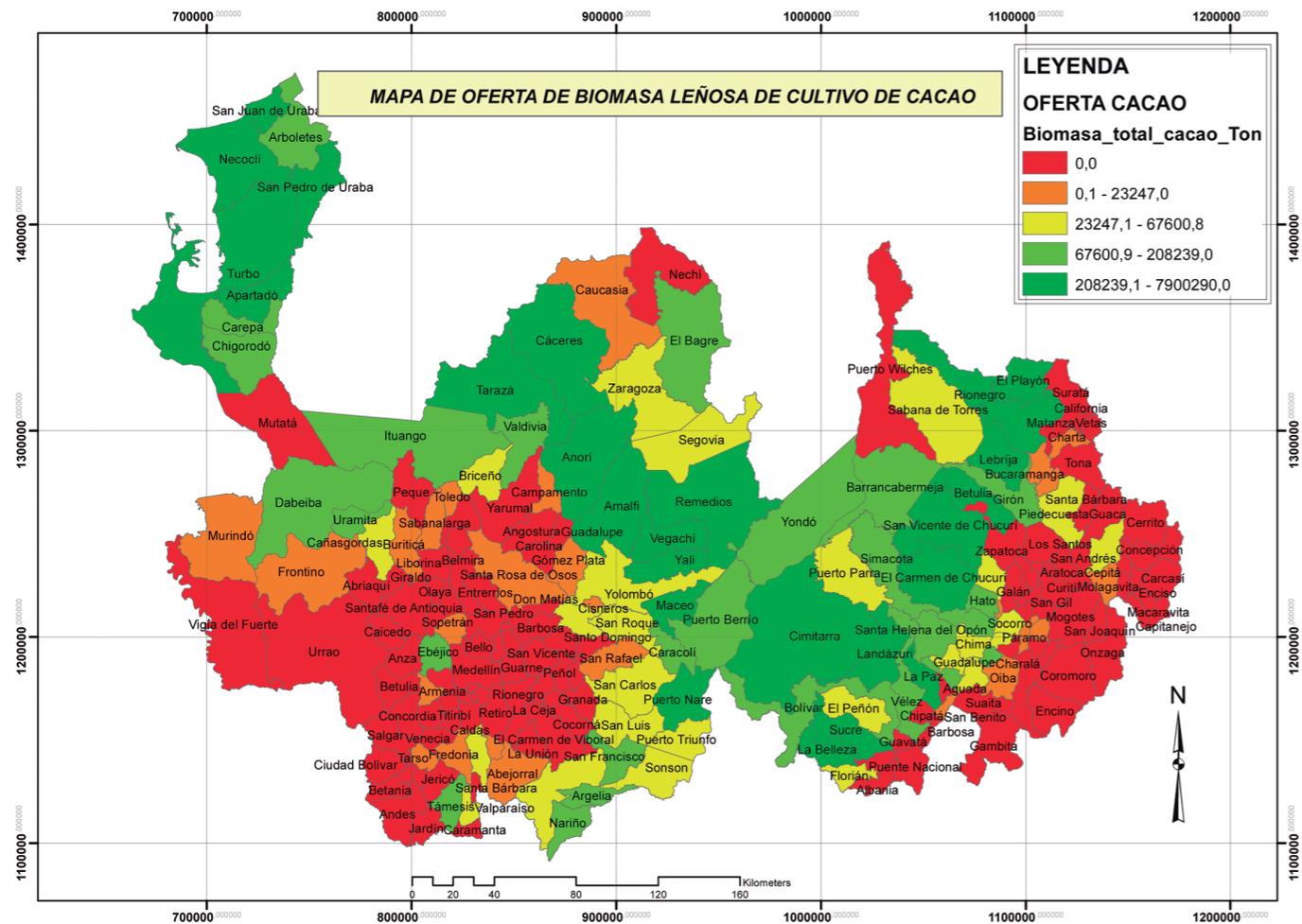
MAPA 6

OFERTA DE BIOMASA LEÑOSA PROVENIENTE DEL CULTIVO DE CAFÉ



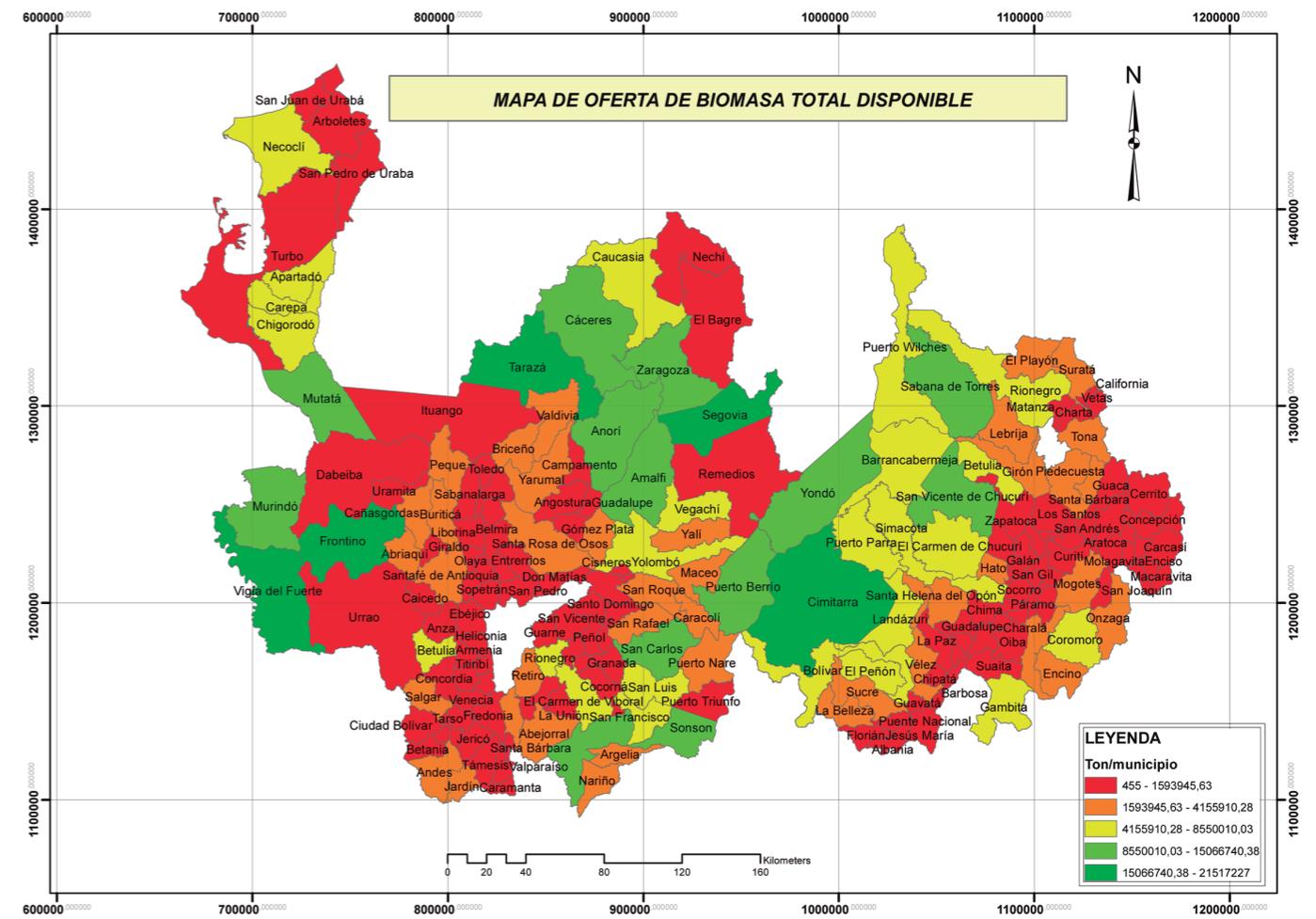
MAPA 7

OFERTA DE BIOMASA LEÑOSA PROVENIENTE DEL CULTIVO DE CACAO



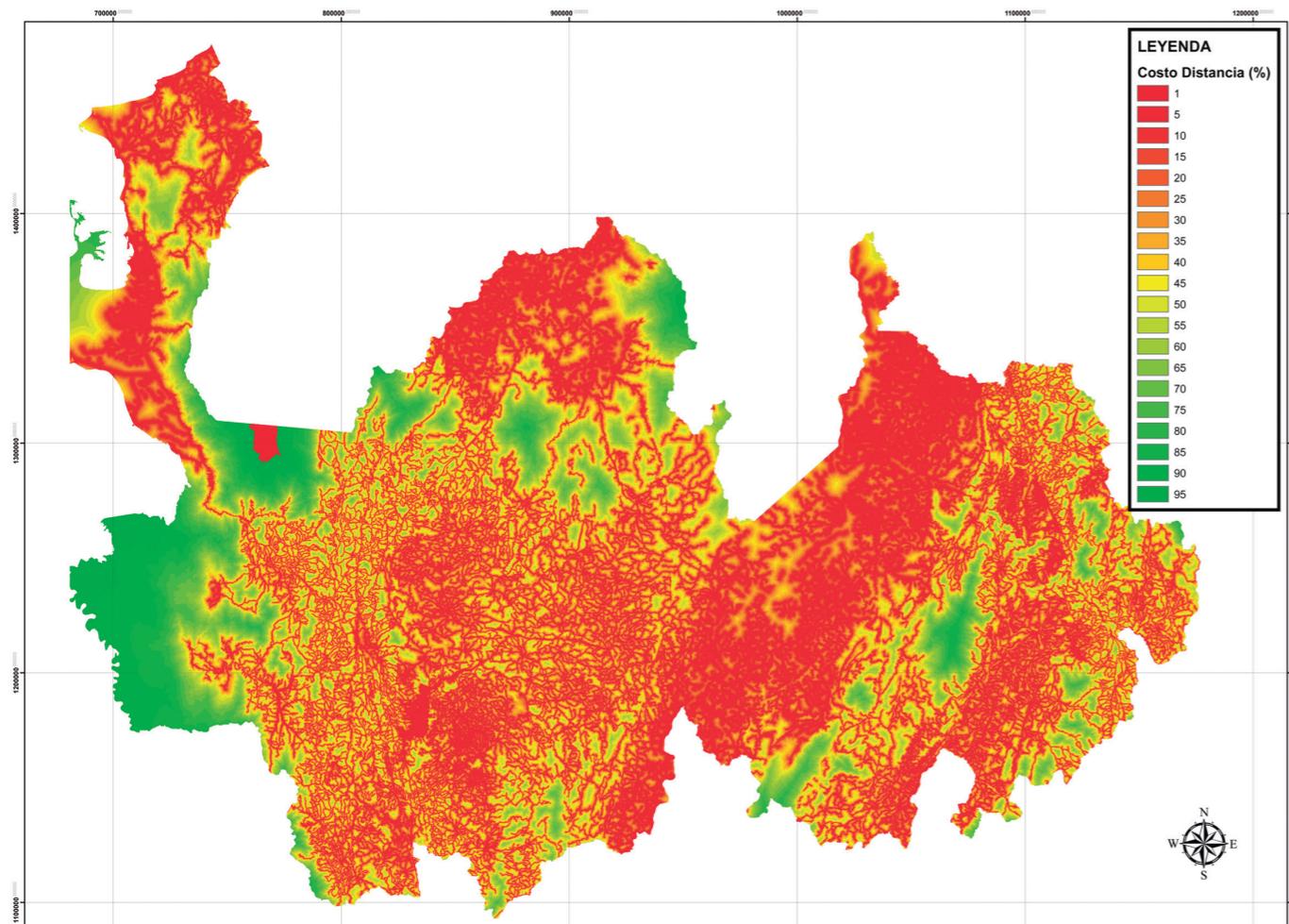
MAPA 8

OFERTA DE BIOMASA TOTAL DISPONIBLE



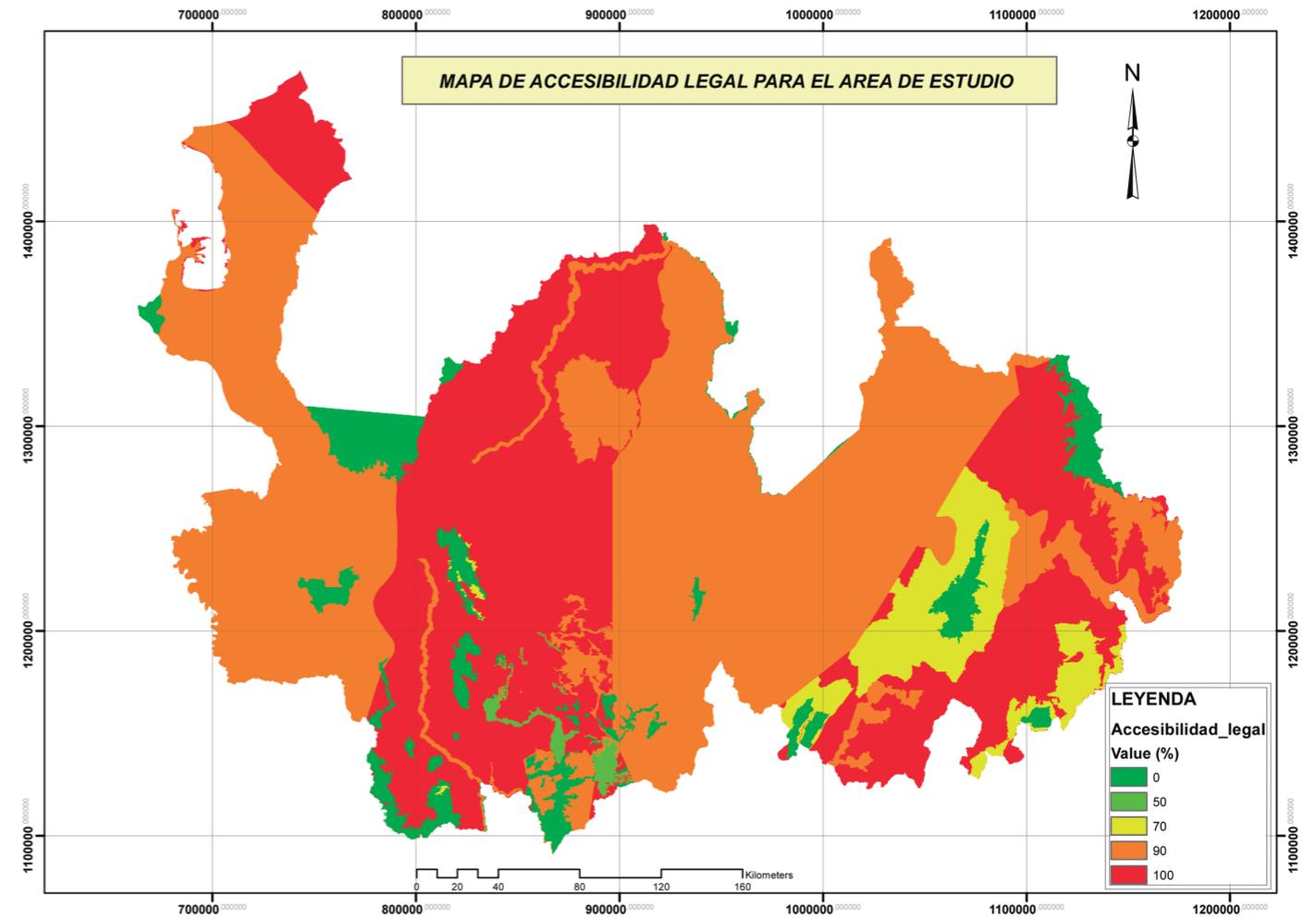
MAPA
9

**COSTO (DISTANCIA) DEL ACCESO A LA BIOMASA LEÑOSA
POR CONDICIONES DE PENDIENTE, VIAS DE COMUNICACIÓN
Y CERCANÍA A CENTROS POBLADOS**



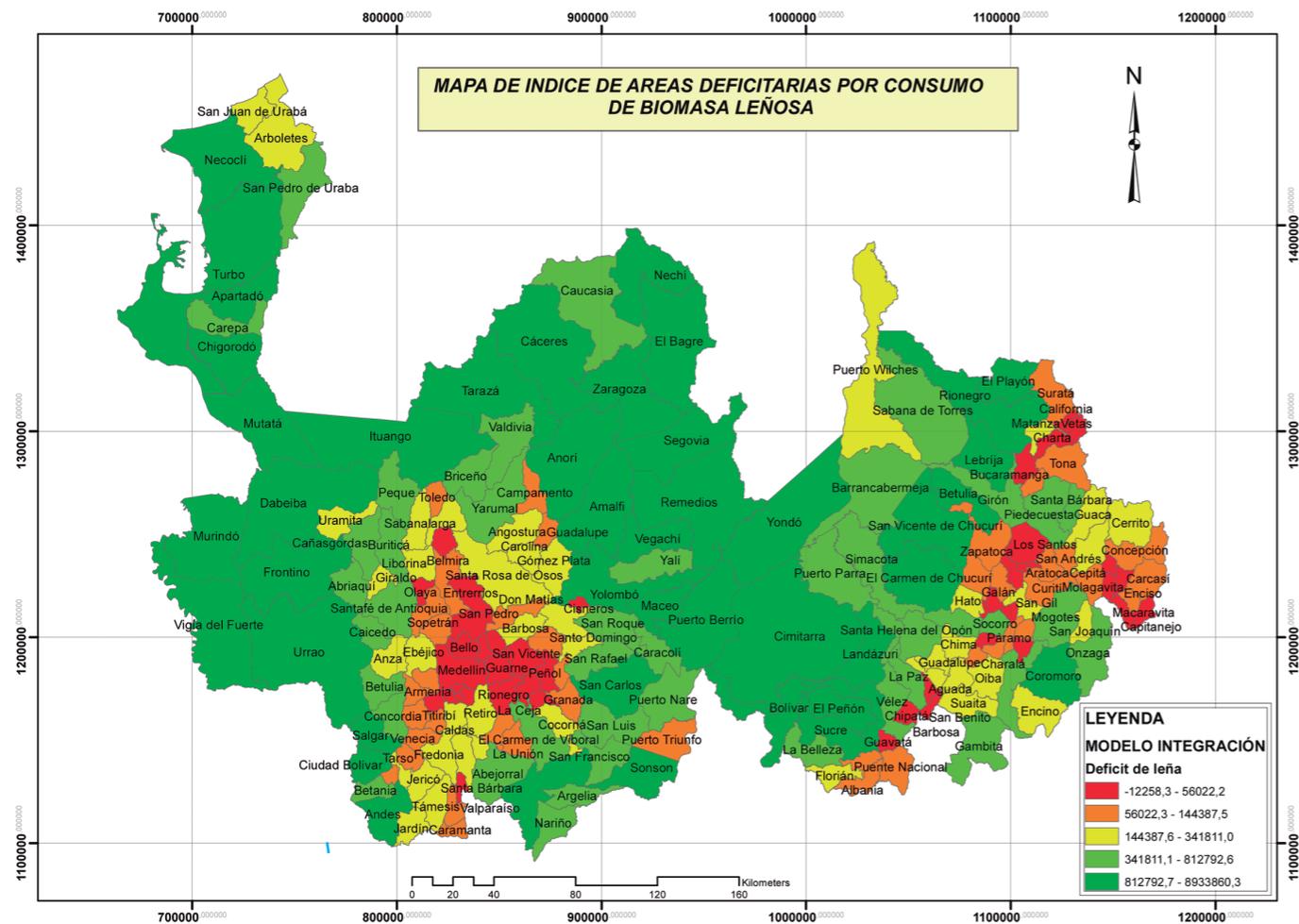
MAPA
10

**RESTRICCIONES LEGALES DE ACCESO PARA LA OBTENCIÓN
DE BIOMASA LEÑOSA PROVENIENTE DE ECOSISTEMAS NATURALES**



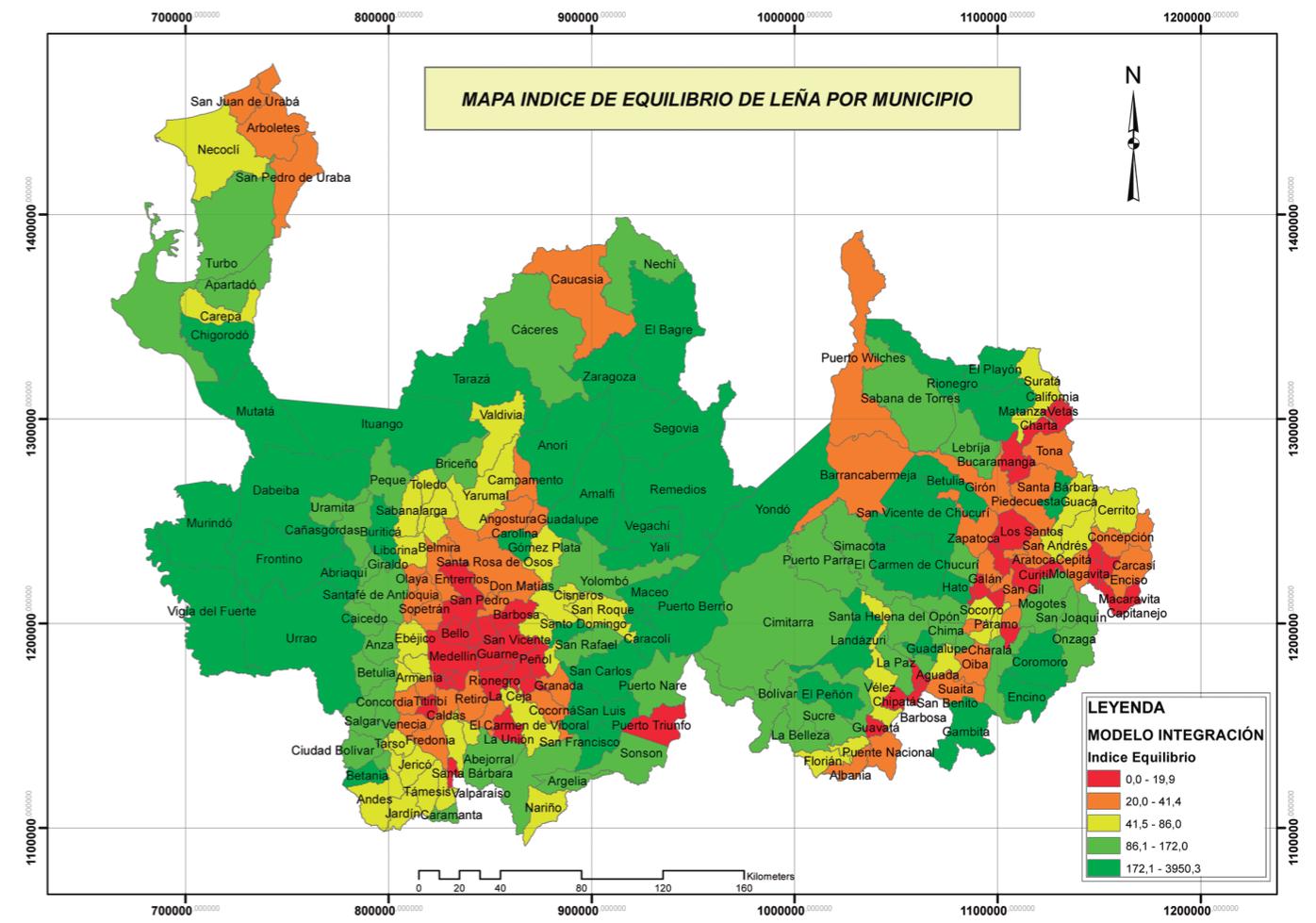
MAPA 11

DÉFICIT DE BIOMASA LEÑOSA



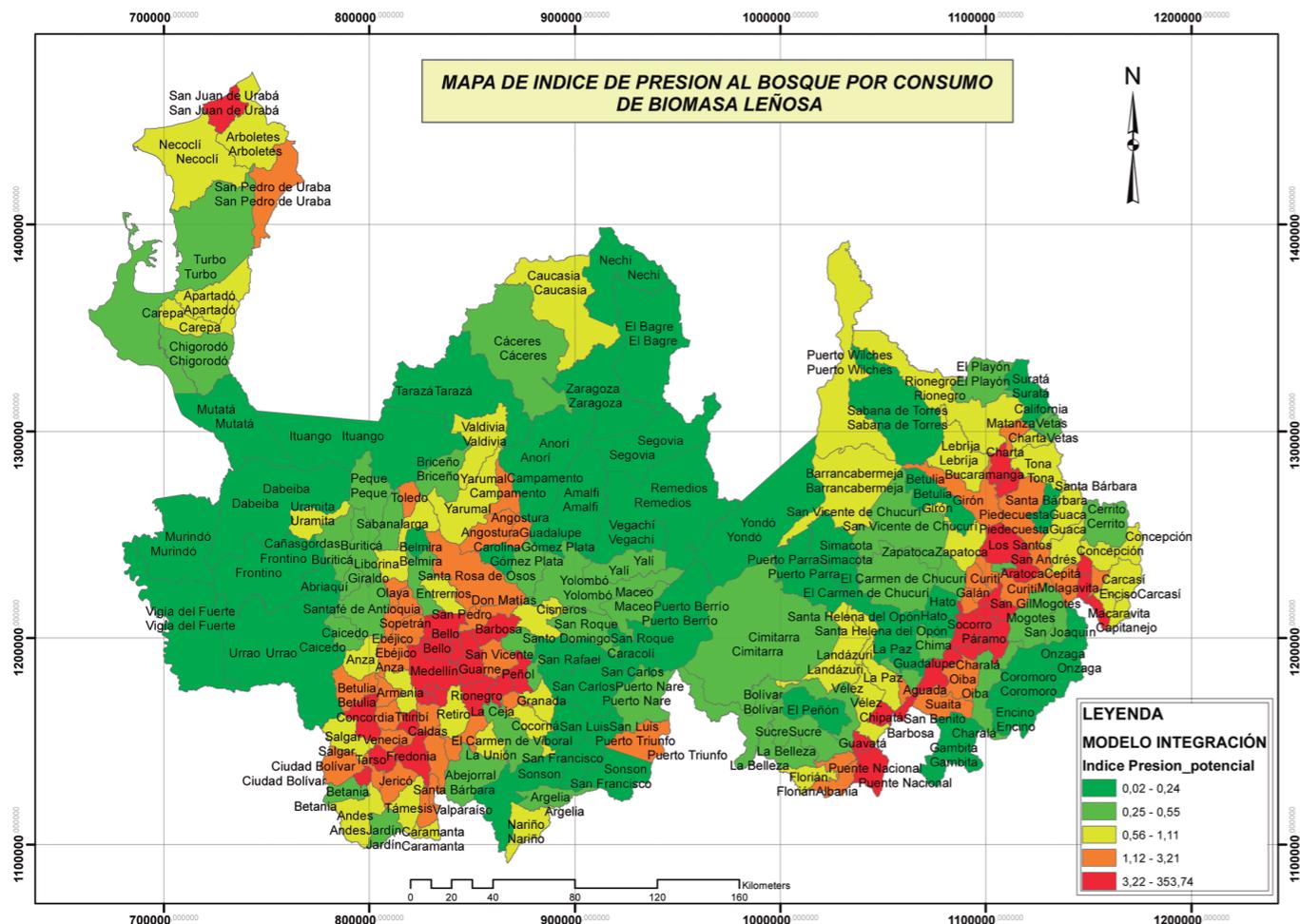
MAPA 12

ÍNDICE DE EQUILIBRIO DE LEÑA



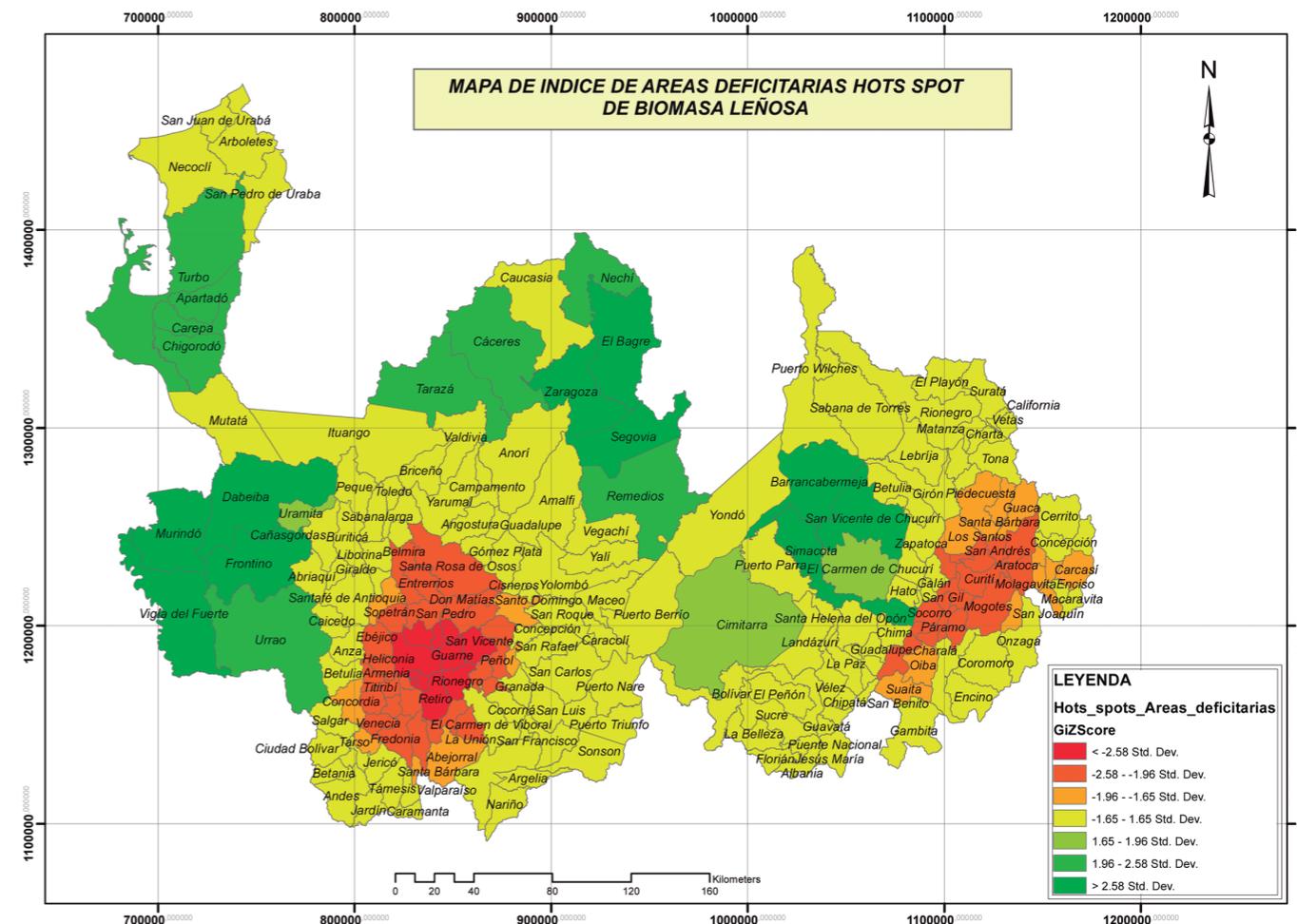
MAPA 13

ÍNDICE DE PRESIÓN POTENCIAL SOBRE EL BOSQUE POR CONSUMO DE BIOMASA LEÑOSA

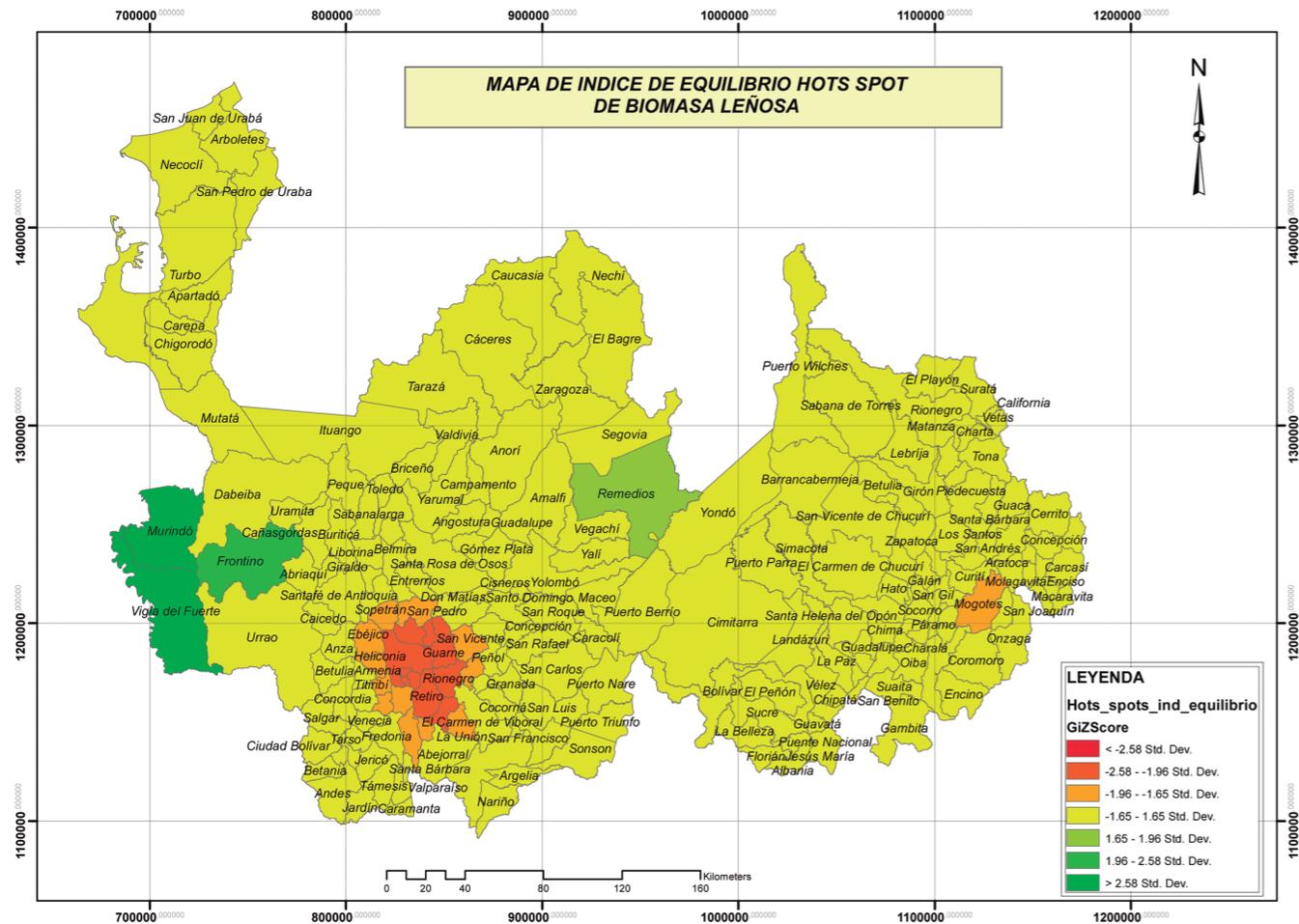


MAPA 14

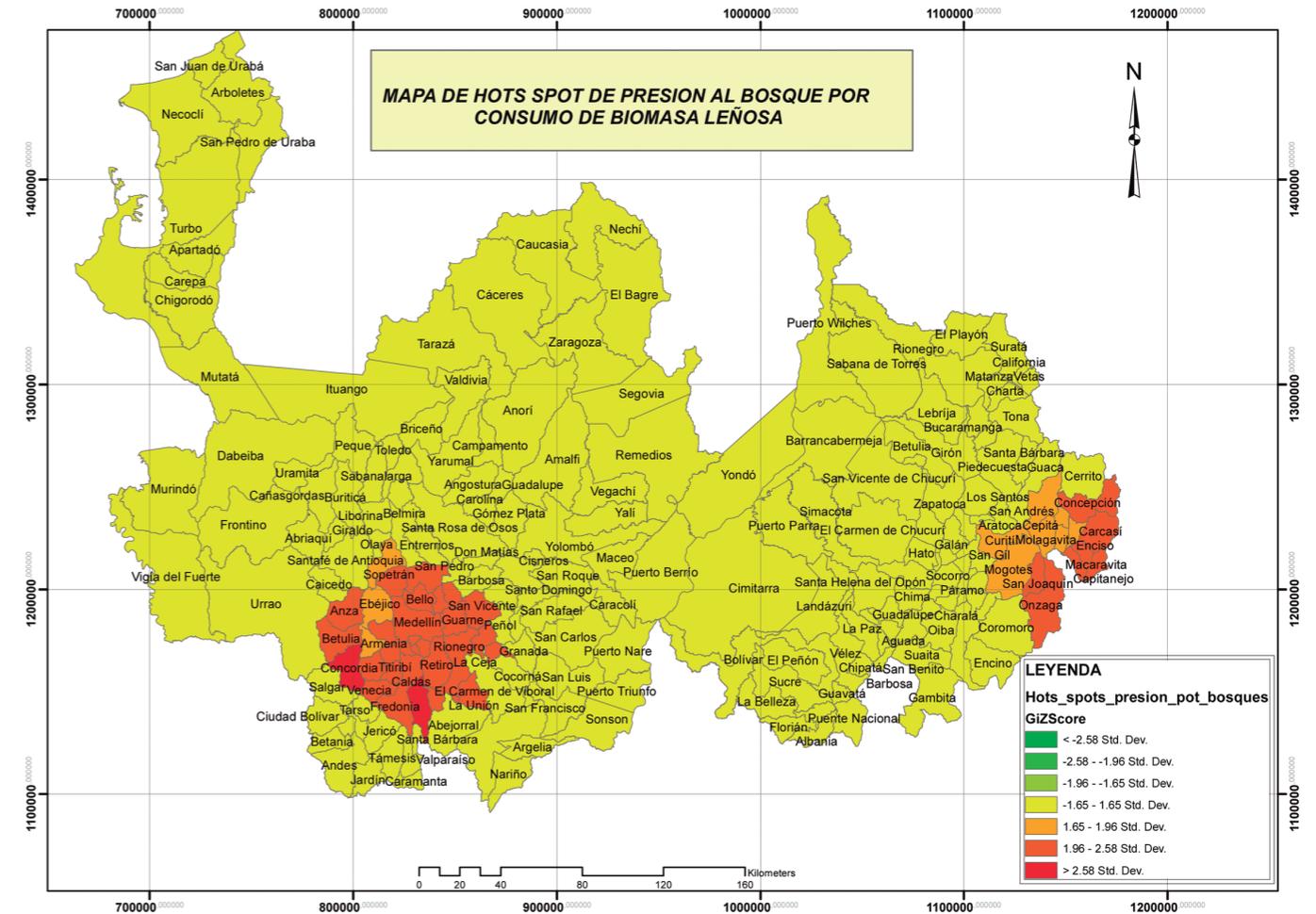
ÁREAS DEFICITARIAS DE BIOMASA LEÑOSA DEFINIDAS POR AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL



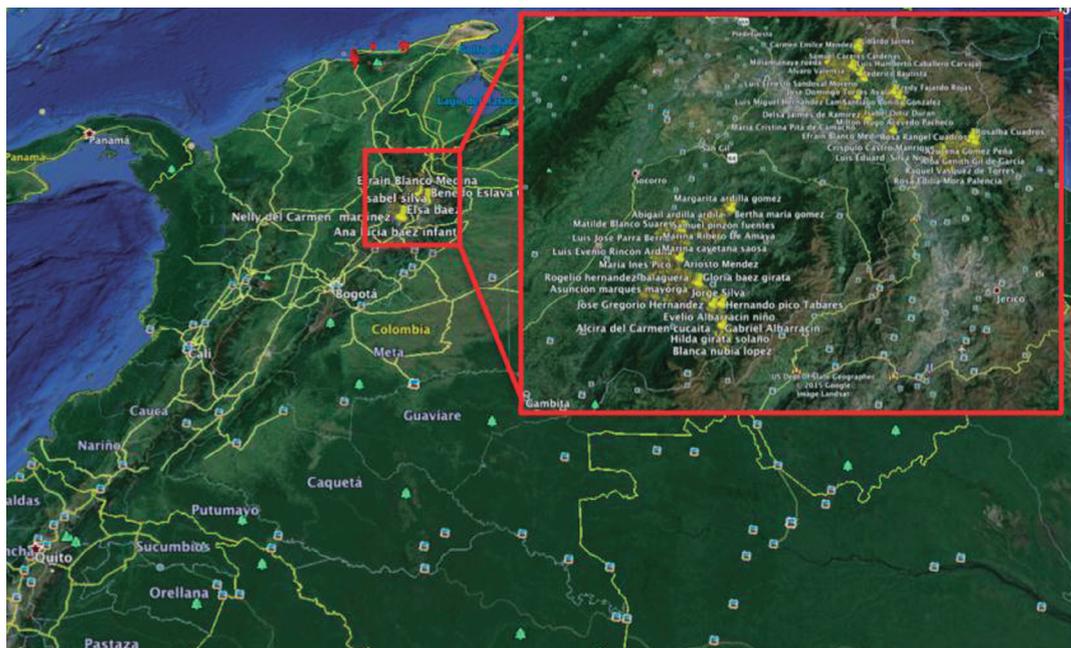
ÍNDICE DE EQUILIBRIO DE BIOMASA LEÑOSA DEFINIDO POR AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL



ÁREAS DE PRESIÓN POTENCIAL SOBRE EL BOSQUE DEFINIDAS MEDIANTE AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL



EJEMPLOS DE UBICACIÓN DE LAS FAMILIAS VINCULADAS
AL PROYECTO, A PARTIR DE DATOS RECOLECTADOS
EN LAS VISITAS DE SEGUIMIENTO





ISBN: 978-958-8753-14-0



9 789588 753140

Fundación Natura
Carrera 21 39-43
Bogotá D.C.
Teléfono: (571) 245-5700
www.natura.org.co