

WISDOM: una representación cartográfica de la oferta y la demanda de combustibles leñosos

R. Drigo, O.R. Maserá y M.A. Trossero

Un nuevo instrumento de planificación combina la información geográfica sobre producción y consumo de combustibles leñosos para identificar «puntos calientes» en los que es urgente actuar para asegurar la producción sostenible de leña

Rudi Drigo es consultor en el Componente de Planificación y Desarrollo de Políticas Dendroenergéticas, Programa de Asociación FAO-UE, Roma.

Omar R. Maserá es profesor de Energía y Medio Ambiente en el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional de México (UNAM).

Miguel A. Trossero es oficial forestal superior en la Dirección de Productos Forestales, Departamento de Montes de la FAO, Roma.

Las modalidades de producción y consumo de combustibles procedentes de la madera y sus respectivos efectos sociales, económicos y medioambientales son complejos y variables según los lugares. Las generalizaciones sobre uso y disponibilidad de combustibles leñosos en los planos regional, nacional e incluso comarcal suelen llevar todavía a premisas sesgadas y en consecuencia a una planificación deficiente y una actuación ineficaz. Se han realizado a veces estudios locales detenidos del comercio de combustibles leñosos, pero tales estudios son caros, requieren tiempo y no aportan la perspectiva nacional que se precisa para diseñar políticas nacionales efectivas.

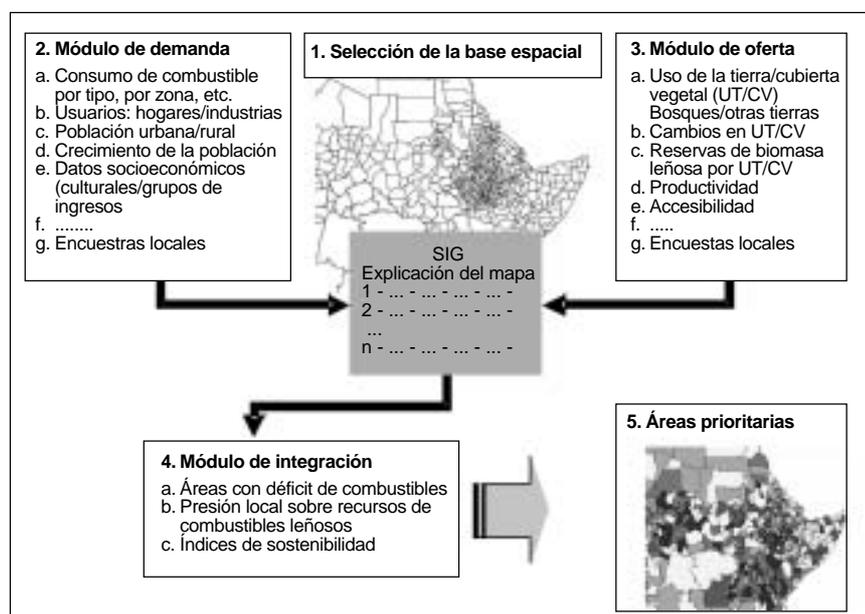
Se necesitan, pues, metodologías e instrumentos que ofrezcan visiones sinópticas a escala de un país de la oferta y la demanda locales de dendroenergía, integrando de manera congruente datos e informaciones. La FAO, en cooperación con el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional de México (UNAM), está actualmente desarrollando una cartografía integrada de la oferta

y la demanda de combustibles leñosos (WISDOM, sigla de *Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping*), como método para visualizar espacialmente las áreas prioritarias o «puntos calientes» para los combustibles leñosos. Aunque está todavía en fase de formulación, WISDOM se ha aplicado en un estudio monográfico en México y pronto se pondrá a prueba en otros países. Se basa en la tecnología del sistema de información geográfica (SIG), que ofrece nuevas posibilidades de combinar o integrar información estadística y espacial sobre la producción (oferta) y el consumo (demanda) de combustibles leñosos (leña, carbón vegetal y otros biocombustibles). Esta tecnología accesible y fácil de usar permite presentar los resultados del análisis espacial de manera comprensible a los funcionarios, los ciudadanos particulares y los científicos (Marble, 1998). Análisis en diversas escalas permiten mostrar situaciones locales en todo el país o la región.

WISDOM es un instrumento de planificación estratégica, más bien que un medio operacional. Se propone integrar la información existente, hoy dispersa, para eludir una costosa recopilación de nuevos datos. WISDOM ha de adaptarse caso por caso a la información disponible, sea ésta directa (consumo de leña y sus tendencias, productividad sostenible) o indirecta (otras variables relativas a oferta y demanda de combustibles).

ESTRUCTURA

El uso de WISDOM pasa por cinco etapas principales (Figura 1).



1
Etapas de WISDOM

Selección de la base espacial

WISDOM es flexible y puede utilizarse para estudios nacionales, regionales o subregionales.

Para los estudios nacionales, que son los más adecuados para promover la formulación de una política, el análisis debe realizarse al más bajo nivel administrativo para el que se disponga de parámetros demográficos, sociales y económicos, es decir el municipio. El nivel subnacional del análisis es una característica esencial de WISDOM, ya que ayuda a evitar las extrapolaciones y generalizaciones que afectan tan negativamente a los estudios de dendroenergía.

Muchos países tienen series de datos digitales para sus unidades administrativas, lo que facilita el análisis. La forma digital es cada vez más frecuente para censos y otras informaciones socioeconómicas.

Para los estudios regionales o subregionales, la información demográfica puede obtenerse de la base de datos *LandScan* de población mundial, del Laboratorio Nacional de Oak Ridge en los Estados Unidos, que facilita mapas de densidad de la población mundial con una resolución de 30" x 30" (segundos de arco).

En esta etapa, los datos espaciales y estadísticos se relacionan mediante un «cuadro de atribución cartográfica» que tiene la estructura de una base de datos y contiene los atributos e identificadores geográficos básicos de todos los elementos individuales del mapa digital (códigos de identidad y nombres, superficie, perímetro, coordenadas, etc.). El cuadro puede ampliarse agregando atributos temáticos referidos a la misma serie de elementos del mapa. Característica notable de la metodología de WISDOM es la expansión progresiva del cuadro para incluir toda la información disponible, directa o indirectamente relacionada con la oferta y la demanda de combustibles leñosos.

Módulo de demanda

El módulo de demanda recoge la distribución espacial del consumo de combustible, desglosado si es posible por tipos (leña, carbón vegetal, otros), por sector de usuarios (hogares, industria, otros) y por zonas (rural, urbana). Se utiliza también para identificar las zonas con una dinámica propia de consumo (por ejemplo, crecientes necesidades de combustible). Las principales fuentes de información para este módulo son estadísticas demográficas y otros parámetros socioeconómicos recopilados y mantenidos por los servicios nacionales de estadística, y estudios y encuestas que contienen información sobre consumo por tipo de usuario, por ejemplo.

Varios criterios pueden servir para determinar las zonas prioritarias en cuanto a la demanda. Por ejemplo, pueden interesar las zonas que tengan:

- alto consumo de combustibles;
- fuerte densidad de usuarios de los combustibles;
- elevadas tasas de crecimiento del consumo o de los usuarios, sean hogares particulares o la industria;
- alta elasticidad de la demanda de combustible.

Los criterios precisos y la correspondiente selección de zonas prioritarias dependerán del objetivo del estudio. Por ejemplo, el estudio puede proponerse identificar grandes mercados potenciales para nuevas tecnologías, o lugares donde se producen efectos importantes para la salud.

El Cuadro 1 muestra variables potenciales que pueden utilizarse para el análisis. Según los criterios, pueden utilizarse diversas variables.

Cuando sea posible, es importante evaluar la demanda por tipo de combustible leñoso (leña, carbón vegetal, licor negro, aceite pirolítico, etc.), ya que en cada caso son diferentes los efectos sobre las fuentes y la sostenibilidad de la oferta, lo que requiere distintas líneas de análisis.

Para confeccionar el módulo de demanda suelen integrarse los datos de consumo obtenidos de encuestas—que normalmente sólo cubren parte del país— con variables sociodemográficas obtenidas de la información censal. La principal dificultad en este módulo es encontrar variables directas o indirectas, disponibles en las unidades administrativas menores, que sirvan para calcular los niveles de consumo y su distribución espacial.

CUADRO 1. Variables que pueden utilizarse en el módulo de demanda

Variable	Desglose deseable
Consumo de combustible leñoso en los hogares Uso de combustible per cápita Número de usuarios en tiempo <i>t</i>	Tipo de combustible (leña, carbón vegetal, etc.) Población urbana/rural Combinación de combustibles Unidad administrativa mínima de análisis
Consumo de combustible leñoso por usuarios industriales Uso de combustible por unidad de producto Número de usuarios en tiempo <i>t</i>	Tipo (y tamaño) de las industrias Unidad administrativa mínima de análisis
Densidad de usuarios Porcentaje de usuarios Usuarios por km ²	Urbanos/rurales Domésticos/industriales Sólo combustibles leñosos/múltiples combustibles
Tasa media anual de crecimiento de consumo/usuarios	Urbanos/rurales Domésticos/industriales Sólo combustibles leñosos/múltiples combustibles
Arraigo del consumo En los grupos culturales Según el nivel de ingresos	Grupos étnicos Grupos de ingresos por población urbana/rural

CUADRO 2. Variables que pueden utilizarse en el módulo de oferta

Variable	Desglose deseable	Posibles fuentes de información
Clase de uso de la tierra y cubierta vegetal	Deben considerarse todas las clases de uso de la tierra y cubierta vegetal	Estudios nacionales, por ejemplo, los mapas AFRICOVER en África utilizando el Sistema de clasificación de la cubierta vegetal de la FAO (FAO, 2000)
Cambios en el uso de la tierra y la cubierta vegetal	Evítense las tasas escuetas de deforestación; las transiciones de la cubierta vegetal (utilizando matrices de transición de la cubierta vegetal) son idóneas para este tipo de análisis	Estudios puntuales nacionales; estudios en gran escala, como la Evaluación de los recursos forestales mundiales realizada por la FAO mediante teledetección (FAO, 1996, FAO, 2002); el estudio de alta resolución TREES II (Achard <i>et al.</i> , 2002)
Reservas de biomasa leñosa por uso de la tierra y cubierta vegetal	Reservas de biomasa por cada clase de uso de la tierra y cubierta vegetal, incluidas tierras de cultivo, malezas, etc.	Datos de inventarios forestales (volumen de la biomasa total); inferencia y extrapolación a partir de estudios detallados
Producción media de biomasa por clase de uso de la tierra y cubierta vegetal	Índices de productividad para todas las clases de uso de la tierra y cubierta vegetal	Datos de inventarios forestales (rendimiento de la biomasa total); inferencia y extrapolación a partir de estudios detallados; distinción de zonas agroecológicas
Accesibilidad	Áreas inaccesibles por razones jurídicas (por ejemplo, zonas protegidas) y por razones físicas (terreno escarpado, distancia)	Mapas nacionales o internacionales de zonas protegidas, como los de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN); modelos (físicos) de terrenos (por ejemplo, productos derivados del Mapa digital del mundo [ESRI, 1993])

Módulo de oferta

En la medida en que lo permite la información actual, el módulo de oferta brinda una representación espacial de todas las fuentes de combustibles leñosos (procedentes tanto de bosques naturales como de plantaciones, árboles fuera de los bosques, matorrales, etc.), su capacidad de almacenamiento, sus alteraciones en el tiempo y su productividad. Siendo realistas, la principal y a menudo única fuente de información para confeccionar este módulo son los inventarios forestales nacionales, ya que son todavía raras las encuestas detalladas sobre reservas y productividad de la biomasa que abarquen tierras no forestales. En la mayoría de los casos, las reservas y la productividad de las fuentes leñosas no forestales (matorrales, plantaciones agrícolas, prácticas agroforestales, etc.) serán objeto de suposiciones o conjeturas. Dada la penuria de datos de clases no forestales, el desarrollo de este módulo se apoyará en estu-

dios locales, aunque de ámbito limitado, y en opiniones de expertos.

Como en el módulo de demanda, es esencial utilizar estadísticas desglosadas referidas a unidades pequeñas, más bien que promedios generales.

El Cuadro 2 muestra las variables que podrían usarse para el módulo de oferta. En general, puede suponerse que la oferta de combustibles leñosos es función de varios factores, entre ellos el uso de la tierra y su cubierta vegetal con sus cambios relativos, las reservas de biomasa y la productividad y accesibilidad de la biomasa.

También aquí pueden usarse diferentes criterios para analizar la oferta de combustibles leñosos e identificar áreas prioritarias. Por ejemplo, si se trata de identificar áreas expuestas a escasez de combustibles, el estudio podría tomar en consideración áreas caracterizadas por:

- el rápido agotamiento de los bosques y zonas arboladas por obra de cam-

bios en el uso de la tierra o altas presiones sobre ésta;

- la baja productividad de la biomasa;
- la mala accesibilidad.

A la inversa, las áreas con mayor potencial para la producción sostenible de combustibles leñosos serán las que posean una vegetación boscosa accesible con buenas reservas y productividad.

La cuantificación de la oferta es muy difícil de determinar con precisión, no sólo por falta de información fidedigna, sino también porque la capacidad de los sistemas agrícolas para producir combustibles leñosos depende también del nivel de la demanda y de la accesibilidad de fuentes alternativas.

No obstante, el propósito de WISDOM no es la planificación operacional, para la cual es esencial la precisión cuantitativa. Por consiguiente, para identificar áreas prioritarias en que la relación entre demanda y oferta muestre un posible déficit, el módulo de oferta puede concentrarse principalmente en el uso de la tierra y sus cambios, y puede recurrir a índices de la productividad de biomasa basados en características ecológicas.

Módulo de integración

Tras confeccionar los módulos de demanda y oferta en el SIG, el paso siguiente es formular variables que integren la información de ambos módulos. Para ello se combinan las variables relativas a consumo y oferta de combustibles leñosos que han sido sistematizadas para cada unidad administrativa mínima de análisis. Pueden designarse diversos indicadores o variables o indicadores para analizar los efectos combinados de la oferta y la demanda. La selección de indicadores se decide caso por caso, según la disponibilidad y la exactitud de los datos. Los indicadores posibles son:

- déficit de combustibles leñosos = [oferta – demanda] < 0;

- presión potencial sobre fuentes de combustibles leñosos = [demanda ÷ total de fuentes accesibles].

Estrictamente hablando, son áreas deficitarias en combustibles las que tienen valores negativos. Pero como es difícil obtener información precisa sobre oferta y demanda, podrían definirse diferentes umbrales para considerar como áreas deficitarias las que tengan valores próximos a cero.

La presión potencial sobre las fuentes de combustibles leñosos (naturales y plantaciones) se da en toneladas (o metros cúbicos) por hectárea y año, lo que da idea del promedio de producción local de leña necesario para atender a la demanda. Si la demanda es superior a la producción normal de leña en la zona, puede presuponerse una gran presión sobre las fuentes de productos leñosos.

Identificación de «puntos calientes» para los combustibles leñosos

La etapa final es la identificación de las áreas en las que es preciso actuar con urgencia sobre la demanda, la oferta, o ambas («puntos calientes» para los combustibles leñosos). A diferencia de anteriores planteamientos basados enteramente en la medida cuantitativa del déficit (por ejemplo, el modelo de carencia de leña), WISDOM pretende identificar áreas con una situación y una dinámica propias en cuanto a los combustibles leñosos. Para ello podrían utilizarse procedimientos estadísticos comunes multivariantes: técnicas de agrupación de datos, análisis de factores, análisis de conglomerados, indización y otros. También podría hacerse la determinación final de áreas subnacionales prioritarias utilizando un índice general de prioridad para los combustibles leñosos (Masera, Drigo y Trossero, en preparación) que refleje los aspectos básicos de las áreas de análisis en lo tocante a la demanda y la oferta de combustibles leñosos.

ESTUDIO MONOGRÁFICO: IDENTIFICACIÓN DE «PUNTOS CALIENTES» PARA EL CONSUMO DOMÉSTICO DE LEÑA EN MÉXICO

Un estudio detallado realizado en México ilustra el método de WISDOM (Masera, Drigo y Trossero, en preparación). La información espacial procedente de encuestas locales detalladas sobre consumo de leña (Figura 2) se integró con series históricas sociodemográficas y estadísti-

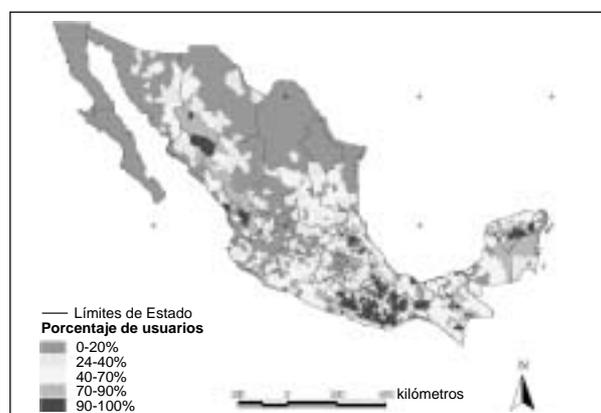
cas de uso de la tierra y cubierta vegetal (Figura 3). El análisis sirvió para identificar 273 municipios en los que es urgente actuar para asegurar la sostenibilidad del uso de la leña.

La demanda de combustibles leñosos en México se concentra en la leña y las zonas rurales. La leña se recolecta o se compra en mercados locales, y en su mayor parte procede de bosques (poca de zonas agrícolas). La demanda viene sobre todo de los hogares.

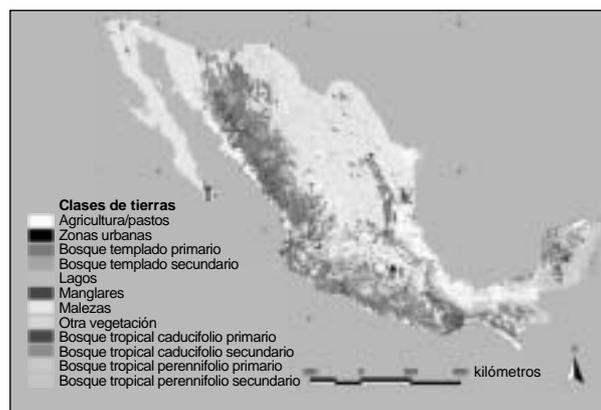
En el análisis, se consideraron «puntos calientes» las áreas con elevada demanda de leña, alta densidad y crecimiento de usuarios, fuerte arraigo del consumo de leña (en los aspectos social y cultural) y pocos o insuficientes recursos de combustibles leñosos. El análisis se centró en la leña, los hogares y los usuarios de leña exclusivamente.

lisis se centró en la leña, los hogares y los usuarios de leña exclusivamente.

- **Base espacial.** La unidad escogida fue el municipio, cuyo total en el país es 2 460. La base espacial fue una base de datos georreferenciados para todo el país disponible en el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) de México.
- **Módulo de demanda.** Las dos fuentes principales para la confección del módulo fueron los censos nacionales de población de 1980, 1990 y 2000 y una extensa colección de encuestas locales, regionales y nacionales sobre uso de energía en el sector doméstico.
- **Módulo de oferta.** Se obtuvieron estadísticas sobre uso de la tierra y cu-



2
Densidad de usuarios de leña a nivel de municipios, México, 2000



3
Mapa simplificado de la vegetación de México, 2000

4
Municipios necesitados de acción prioritaria respecto al uso y la disponibilidad de leña, México, 2000



bierta vegetal del Inventario Forestal Nacional 2000, realizado a escala 1:250 000 para todo el país. Las 69 clases originales de uso de la tierra y cubierta vegetal se redujeron a siete grandes clases (Palacio-Prieto *et al.*, 2000). Se supuso una productividad media de biomasa para cada clase de uso de la tierra y cubierta vegetal.

- **Módulo de integración.** La base de datos del SIG comprendía información sobre demanda y oferta de leña para cada uno de los 2 460 municipios. Las variables designadas para integrar la oferta y la demanda fueron presión sobre recursos de combustibles leñosos, déficit potencial de tales recursos y otras.
- **Identificación de zonas prioritarias.** Se agruparon los municipios en cinco categorías principales (alta, media-alta, media, media-baja y baja) para cada una de una serie de variables no correlacionadas (por ejemplo, consumo). Se procedió a una indización simple de todas las variables y a una nueva clasificación de los municipios en cinco clases de prioridad.

CONCLUSIONES

WISDOM es un instrumento iterativo para la planificación y el desarrollo de la dendroenergía. Facilita el análisis espacial de la oferta y la demanda de combustibles leñosos mostrando las situaciones locales en todo un país o una región. La identificación de «puntos calientes» puede ayudar a las autoridades a fijar prioridades. Estudios adicionales pueden después ayudar a encontrar maneras de resolver los principales problemas y realizar intervenciones.

WISDOM es un instrumento modular, abierto, adaptable a la información heterogénea recogida por los múltiples sectores interesados en la dendroenergía: silvicultura, industria energética, agricul-

tura, asuntos sociales, etc. WISDOM no reduce la necesidad de recopilar datos, sino que la recalca, ya que su fiabilidad depende de la cantidad y la calidad de datos disponibles. Los datos locales ayudan también a definir las lagunas específicas de información que perturban el análisis. Mediante aplicaciones reiteradas de WISDOM durante años se debería dar al análisis de la dendroenergía una congruencia cada vez mayor.

Los principales beneficios del uso de WISDOM pueden resumirse así:

- Permite una visión global del sector de la dendroenergía en todo el país o la región y ayuda a determinar áreas prioritarias para la intervención y para nuevas iniciativas dendroenergéticas.
- Aporta información esencial para la ordenación sostenible de los bosques, otras tierras arboladas y los árboles fuera de los bosques.
- Puede utilizarse para promover el desarrollo de la dendroenergía en cuanto energía localmente disponible y ecológica.
- Ayuda a aclarar el papel verdadero de los sectores forestal y agrícola en el suministro de combustibles leñosos. Es de esperar que favorezca así una más clara asignación de responsabilidades y promoverá sinergias.
- Permite identificar carencias críticas de datos.
- Combate la fragmentación de información y responsabilidad que limita fuertemente el desarrollo del sector.
- Permite concentrar las acciones en objetivos circunscritos, facilitando así el uso óptimo de los recursos humanos, institucionales y financieros disponibles. ◆



Bibliografía

- Achard, F., Eva, H., Stibig, H.J., Mayaoux, P., Gallego, J., Richards, T. y Malingreau, J.-P.** 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*, 297: 999.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI).** 1993. *Digital Chart of the World*. Redlands, California, Estados Unidos.
- FAO.** 1996. *Survey of tropical forest cover and study of change processes*. FAO Forestry Paper No. 130. Roma.
- FAO.** 2000. *Land Cover Classification System (LCCS): classification concepts and user manual*, por A. Di Gregorio y L.J.M. Jansen. Roma.
- FAO.** 2002. *Pan-tropical survey of forest cover changes 1980-2000*. Global Forest Resources Assessment (FRA) Working Paper No. 49. Roma.
- Marble, D.F.** 1998. Geographic information system technology and decision support systems. En *Proceedings of the thirty-second Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, Maui, Hawaii, Estados Unidos, 5-8 de enero de 1999. Los Alamitos, California, Estados Unidos, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- Palacio-Prieto, J.L., Bocco, G., Velázquez, A., Mas, J.F., Takaki-Takaki, F., Victoria, A., Luna-González, L., Gómez-Rodríguez, G., López-García, J., Palma, M., Trejo-Vázquez, I., Peralta, A., Prado-Molina, J., Rodríguez-Aguilar, A., Mayorga-Saucedo, R. y González, F.** 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 43: 183-203. ◆