

Los sistemas de información geográfica y la percepción remota. Herramientas integradas para los planes de manejo en comunidades forestales

FERNANDO ROSETE Y GERARDO BOCCO



INTRODUCCIÓN

La realización de un plan integral de manejo de los recursos naturales disponibles para una comunidad específica supone el conocimiento de los aspectos espacial y temporal de estos recursos. En otras palabras, se deben conocer su historia, la dinámica de su

desarrollo y aprovechamiento así como su arreglo o disposición en el espacio comunitario. Supone también que se contemple tanto el uso como la conservación de la diversidad biológica, paisajística y cultural presentes en la comunidad (Velázquez *et al.* 2001).

Existen varias herramientas para poder desarrollar planes integrales de manejo: unas son conceptuales y otras son técnicas. En este artículo se describen estos instrumentos geográficos básicos para apoyar el desarrollo de planes de manejo.

Las herramientas *conceptuales* se refieren a los métodos para la delimitación de unidades paisajísticas (ecogeográficas), con cierto grado de homogeneidad biofísica, necesarias para: 1) manejar el conocimiento acerca de la distribución de los recursos naturales, 2) evaluar la aptitud productiva del territorio y 3) evaluar los conflictos potenciales entre aptitud y uso actual. Estas unidades de paisaje permiten organizar espacialmente el territorio por medio del proceso conocido como *ordenamiento territorial*, que opera como elemento rector del plan de manejo integral comunitario.

Las herramientas *técnicas* se refieren a un conjunto de procedimientos que sirven para observar y monitorear los recursos naturales así como almacenar y analizar el resultado de estas observaciones. En la actualidad, estas técnicas de observación y análisis se implementan en sistemas computarizados, que globalmente se conocen como *sistemas de información geográfica* (SIG). Para la generación de datos actualizados sobre terrenos específicos se recurre habitualmente a la utilización de técnicas de *percepción remota*, apoyadas con levantamientos y verificaciones en campo. Ambas técnicas pueden emplearse tanto en el ámbito regional como en el local, por lo que es de gran utilidad su empleo en el establecimiento de planes integrales de manejo de recursos naturales en el ámbito de la comunidad.

CONCEPTOS

Las herramientas *conceptuales* referidas como unidades de paisaje o unidades ecogeográficas tienen por base las unidades de roca, relieve y suelos que describen los resultados de los cambios topográficos (rup-

turas de pendiente, cambios de altitud) en términos de las formas de relieve, la hidrología de las laderas y el desarrollo de suelos resultante. Además, estas unidades consideran la información sobre tipos de vegetación y hábitat de fauna, para poder configurar unidades integrales, biofísicas y de paisaje. Estos procesos de integración se realizan en el marco del SIG, con apoyo en trabajo de campo y percepción remota.

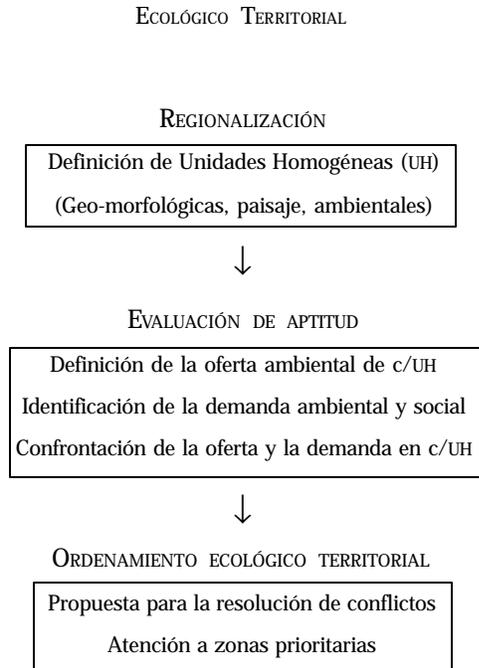
Estas son las unidades básicas que se evalúan en términos de su aptitud. A este proceso lo conocemos como *evaluación de tierras* y se realiza para diferentes sistemas productivos (agro-silvo-pastoriles), seleccionados por la comunidad. Cada unidad tendrá un cierto grado de aptitud para uno o más sistemas productivos. Este proceso desemboca en la definición de unidades no sólo biofísicas sino también productivas (ver Bronsveld *et al.* 1994 y Beek 1978).

Estas son las unidades de manejo comunitarias y representan la última etapa del análisis ecogeográfico implementado en un SIG. Estas unidades son parte básica de la información para la toma de decisiones locales generadas en un SIG y constituyen uno de los ejes fundamentales de los planes integrales de manejo comunitarios. El fin último es diversificar la actividad productiva comunitaria, con base en una adecuada interpretación de la relación oferta ambiental-demanda comunitaria en un marco de sostenibilidad, conservación y aprovechamiento.

El método de análisis para obtener un plan de ordenamiento del territorio coherente con la realidad consiste en abordar tres niveles clave de manera secuencial en el entendimiento del área de estudio. Estos niveles son la *regionalización ecológica* (RE), la *evaluación de tierras* (ET) (o evaluación de aptitud de los suelos) y el *ordenamiento territorial* (OT) propiamente dicho (Rosete y Bocco 1999) (figura 1).

La RE representa un primer nivel de trabajo, en donde se caracteriza al terreno en función del relieve (utilizando un sistema jerárquico de clasificación) y los suelos presentes. Las unidades resultantes, uni-

FIGURA 1. SECUENCIA DEL PROCESO DE ORDENAMIENTO



dades geo-pedológicas o morfo-edafológicas, son la materia prima para realizar una evaluación de tierras según su aptitud para diferentes tipos de utilización del suelo, de acuerdo con algún esquema conocido, como, por ejemplo, el de la FAO (ver FAO 1976, 1983, 1984 y 1992).

La síntesis de los resultados obtenidos en la ET representa la oferta ambiental del territorio en estudio. Esta oferta tiene que cotejarse con el uso actual del suelo (demanda) para detectar los conflictos y las coincidencias existentes. La relación RE-ET-OT es de crucial importancia para que los resultados obtenidos se apeguen a la realidad del terreno analizado, ya que en caso contrario, el esfuerzo y los recursos invertidos no generarán información útil y aplicable en la planeación de un espacio determinado (Rosete y Bocco 1999).

Si no se conoce con exactitud la oferta ambiental del espacio bajo estudio, al confrontarlo contra la demanda social, los resultados serán inexactos. En la situación de la planeación del desarrollo sustentable

el tomador de decisiones debe contar con información precisa en la definición de tipos de uso, ya que se encuentra en juego mucho más que el plan de ordenamiento en sí mismo.

TÉCNICAS

Las herramientas *técnicas* se refieren a un conjunto de procedimientos que sirven para observar y monitorear los recursos naturales así como almacenar y analizar el resultado de estas observaciones. En la actualidad, estas técnicas de observación y análisis se implementan en sistemas computarizados, que globalmente se conocen como *sistemas de información geográfica* (SIG) (para una revisión más completa se sugiere revisar Burrough 1986 y Valenzuela 1991a).

¿QUÉ SON LOS SIG?

Los SIG son sistemas que permiten la captura, ingreso, almacenamiento y análisis de datos geográficos así como la presentación de la información resultan-

te. El objetivo central de un SIG es generar información válida para la toma de decisiones. En este sentido, los tomadores de decisiones y los generadores de información deben ser una parte integrante del SIG; de lo contrario, el sistema no cumple con su cometido principal.

Un SIG es un poderoso grupo de herramientas para coleccionar, almacenar, recuperar, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real para un grupo particular de propósitos (Burrough 1986). Bocco *et al.* (1991) definen a un SIG como un conjunto de programas y equipo de computación que permite el acopio, manipulación y transformación de datos espaciales (mapas, imágenes de satélite) y no espaciales (atributos) provenientes de varias fuentes, temporal y espacialmente diferentes.

Los SIG están integrados por cuatro elementos: el módulo de entrada de datos (selección y captura), el módulo de manejo de datos (almacenamiento, recuperación, base de datos geográficos), el módulo de análisis de datos (modelamiento, reglas o normas de análisis, monitoreo) y el módulo de salida de la información (productos generados, intermedios o finales).

Los SIG son importantes por que integran información espacial y no espacial en un sistema simple, ofreciendo un marco consistente para el análisis de los datos geográficos. El objetivo general de los SIG es generar información válida para la toma de decisiones. Los objetivos específicos son manejar bases de datos grandes y heterogéneas referenciadas geográficamente, interrogar a las bases de datos sobre la existencia de ciertos fenómenos (qué sucede, en dónde y cuándo), permitir la interacción en forma flexible del sistema y el intérprete, incrementar el conocimiento sobre el fenómeno estudiado e implementar modelos sobre su comportamiento.

Las principales ventajas de un SIG en relación con otros sistemas no digitales son la gran capacidad de almacenamiento de datos, el hecho que es-

tos se almacenen y presenten en forma separada y el que se puedan presentar múltiples niveles de datos. También, ofrecen una gran capacidad de manejo de información, lo que permite editarla y actualizarla de forma rápida y eficiente, proporcionan velocidad en la operación del sistema, gran capacidad para establecer una relación coherente entre datos espaciales y sus atributos así como para manipularlos simultáneamente y una amplia capacidad de análisis y de implementación de modelos que representen a la realidad.

Sin embargo, los SIG presentan algunas limitaciones en comparación con los sistemas no digitales, entre las que tenemos: un costo relativamente alto de adquisición y mantenimiento del sistema, altos costos y problemas técnicos en la captura y transferencia de datos, insoslayable necesidad de formación de cuadros especializados para su operación y una falsa sensación de permanente exactitud (por tratarse de una tecnología relativamente novedosa, a la que se le otorga mayor verosimilitud).

Para generar datos especialmente para una comunidad en particular es muy común que se recurra a técnicas de interpretación de fotografías aéreas y/o de imágenes obtenidas desde satélites. Estas técnicas, denominadas en conjunto *de percepción remota*, se conocen comúnmente como fotointerpretación, utilizando estereoscopios, para poder apreciar las características tridimensionales de las formas del relieve, o bien como clasificación de cobertura del terreno, mediante el tratamiento computarizado de imágenes. Otra técnica que está ganando importancia es el uso del video convencional.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA PERCEPCIÓN REMOTA

Los estudios de la superficie de la tierra utilizando técnicas de percepción remota suponen el registro de la radiación electromagnética reflejada o emitida por

la superficie terrestre mediante sensores a larga distancia. Entre los sensores más comunes se encuentran las cámaras fotográficas, las cámaras de video y los satélites especializados.

Su objetivo de estudio es obtener información cualitativa y cuantitativa de la radiación electromagnética reflejada o emitida por la superficie terrestre. Las fotografías aéreas, las imágenes de satélite y las imágenes de radar son algunos ejemplos de información obtenida a partir de la percepción remota.

El método general de la percepción remota consta de cinco componentes principales: la energía, la fuente de radiación, el blanco sobre el cual incide la radiación, el sensor y la vía de transmisión. La fuente de radiación más importante y de la cual se derivan las radiaciones más utilizadas en la percepción remota es el sol.

La energía solar que llega a la Tierra puede reflejarse, absorberse, emitirse o transferirse en función de las propiedades físicas de los objetos. Los objetos (blancos o escenas) que registran los sensores remotos pueden ser de diversa índole, y cada uno de ellos tiene una respuesta diferente cuando un rayo de luz solar incide sobre su superficie, precisamente por sus características físicas particulares, ya que la respuesta de cada objeto en la superficie terrestre puede considerarse como única.

Los sensores remotos se dividen en activos y pasivos. Los primeros cuentan con una fuente de energía propia que dirigen hacia el blanco particular y posteriormente recogen la señal de regreso (como los satélites de radar). Los segundos registran directamente la energía reflejada y/o emitida de la superficie terrestre. Los sensores cuentan con instrumentos y mecanismos que permiten reconocer diferentes respuestas espectrales de la luz reflejada. Estos captan información de las diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético y la intensidad (reflectancia) del reflejo de los objetos en la superficie de la Tierra.

Para poder elegir adecuadamente el tipo de datos que requieren adquirirse mediante técnicas de percepción remota, utilizando imágenes de satélite, para un estudio específico en una comunidad, es necesario conocer las características de la información que puede estar a nuestro alcance. Para esto, debemos saber a qué se refiere cada una de esas características que tienen los datos generados por cada satélite en particular y decidir en función de nuestras necesidades y posibilidades.

Cuando hablamos de percepción remota tenemos que existen cuatro tipos de resolución:

Resolución espacial: es la distancia mínima entre dos objetos, de tal manera que el sensor los pueda separar como objetos distintos (tamaño de celda). Se refiere al objeto más pequeño que puede distinguirse como unidad independiente y es representada por el tamaño de un pixel (celda).

Resolución espectral: es el ancho del espectro electromagnético medido y el número de canales empleados, es decir, el número y ancho de las bandas espectrales registradas por el sensor.

Resolución radiométrica: es la sensibilidad del sensor para diferenciar una señal, es decir, qué partes del espectro electromagnético registra, su capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe.

Resolución temporal: es el lapso mínimo comprendido entre la toma de dos imágenes de una misma zona, esto es, la periodicidad con la que el sensor adquiere imágenes del mismo punto de la superficie terrestre.

Para poder interpretar las imágenes generadas por medio de la percepción remota es necesario darles un tratamiento previo, que consiste en la corrección, eliminando la distorsión propia del proceso de toma (adquisición) y recepción de la imagen, así como ajustarlas al relieve del terreno en particular, por medio



de la fotorrestitución, para las fotografías aéreas y la georreferenciación para las imágenes de satélite, en donde se ubica el área de estudio en relación con sus coordenadas geográficas.

Las diferentes bandas que los sensores registran se pueden analizar en forma individual para obtener información sobre recursos naturales y la evaluación de las actividades productivas sobre un terreno dado, pero el análisis se enriquece con la utilización de combinaciones de bandas.

La fotografía aérea es el resultado generado por percepción remota más difundido y utilizado. Este producto, aún con la disminución de la resolución espacial en las imágenes de satélite, seguirá siendo utilizado en el futuro por la amplia difusión de las técnicas con que se analizan las fotos y la existencia de un mayor grupo de intérpretes especializados en ese tra-

bajo y el menor costo relativo en comparación con las imágenes producidas por sensores en satélites.

LA APLICACIÓN DE LOS SIG Y LA PR EN LA ELABORACIÓN DE PROGRAMAS DE MANEJO FORESTAL COMUNITARIO

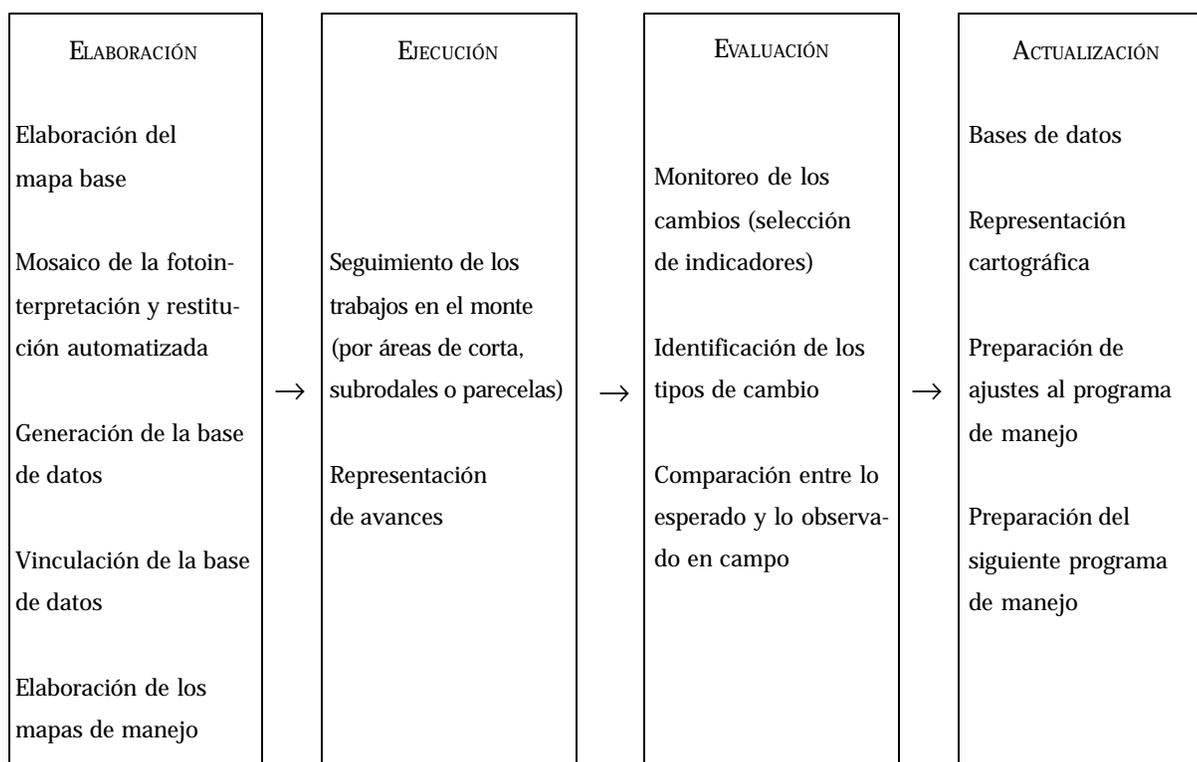
La aplicación de los SIG en el sector forestal puede darse en diversos ámbitos relacionados con esa actividad. Los SIG son una poderosa herramienta que permite elaborar y actualizar la cartografía forestal con base en fotografías aéreas, ubicar las diferentes áreas de corta y marcar los tratamientos efectuados, generar modelos del método de manejo forestal practicado así como predecir las tendencias o los escenarios futuros (como se muestra en Fregoso *et al.* 2001, Velázquez *et al.* 2001, Bocco *et al.* 2001a y Bocco *et al.* 1999).

De esta forma, podemos identificar que la utilización de los SIG y la PR en el manejo forestal puede auxiliarnos en los cuatro grandes componentes de un programa de manejo: elaboración, ejecución, evaluación y actualización, así como en la presentación de los documentos (mapas, textos, cuadros) a las autoridades correspondientes (figura 2).

Durante la elaboración podemos generar el mapa base, agregar información sobre diferentes aspectos (temas) del territorio de la comunidad, digitalizar el mosaico de la rodalización y restituirlo o digitalizar el resultado de la restitución mecánica, vincular bases de datos de los sitios de muestreo en campo con los subrodiales y realizar operaciones lógicas o aritméticas para identificar áreas de corta, programar la secuencia del ciclo y del turno o simular el crecimiento y desarrollo de la masa forestal a través del tiempo.

El mapa base es la plataforma topográfica con las referencias de las obras realizadas por la gente en el espacio territorial de la comunidad que, por un lado, sirve de referencia para ubicar los diferentes parajes y, por otro, como fuente de información sobre la topografía, el relieve y la altitud que se presenta en el

FIGURA 2. UTILIZACIÓN DE LOS SIG Y LA PR EN LOS CUATRO PRINCIPALES COMPONENTES DE UN PROGRAMA DE MANEJO FORESTAL



territorio. Se pueden generar capas de información sobre diversos temas, como el uso del suelo, los tipos de vegetación, los tipos de suelo, las unidades del relieve, la red hidrográfica o las características climáticas con base en la información existente, generada por medios de PR (validada en campo) o por levantamientos en campo.

Una vez que se tiene el mosaico de la subrodalización en forma digital se procede al etiquetamiento de cada rodal y subrodal, esto es, se le asigna un valor o categoría para identificarlo del resto de los subrodales. Durante este proceso se genera una base de datos asociada a cada subrodal identificado, misma que puede ser tan extensa como se desee, de tal forma que no sólo se le puede asignar su clave propia, la clase diamétrica a la que corresponde o las existencias reales totales, sino también otro tipo de

información, como el tipo de suelo, su profundidad, la inclinación del terreno, el porcentaje de pedregosidad o la existencia de otro tipo de recursos naturales de interés para la comunidad, como la fauna silvestre, los hongos comestibles y las plantas medicinales.

También es posible vincular los datos levantados en campo con los rodales y subrodales, de tal forma que podemos ampliar más nuestra base de datos relacionada a ellos con información como: la edad promedio del arbolado, el porcentaje de cobertura de cada especie, el ICA, el tiempo de paso, las existencias reales por hectárea, el tratamiento aplicado, etc.

Con esa base de datos es posible realizar operaciones aritméticas, como multiplicar la altura promedio por el diámetro promedio de cada rodal, u operaciones lógicas, como identificar las áreas arboladas sobre pendientes mayores a 30° o las zonas desmon-



tadas en donde no se ha establecido la regeneración natural y es necesario reforestar.

La ejecución o avance de los trabajos en el monte puede ser representada en el SIG, ya sea a nivel de parcela o de área de corta en general, lo que permite tener disponible en forma rápida una imagen del avance de los trabajos programados a realizar año con año, mes con mes, e incluso semana por semana. De esta forma es más fácil llevar el seguimiento en el cumplimiento del programa de manejo autorizado, así como detectar los rezagos o acciones emergentes ejecutadas en campo.

En la evaluación del programa de manejo los SIG y la PR son herramientas tan importantes como en la etapa de elaboración, ya que se pueden monitorear y representar los cambios ocurridos en el territorio de la comunidad por la realización de las actividades de manejo en el monte (actualización de la información, sea esta base de datos o cartografía) y hacer las comparaciones con la situación encontrada antes de la ejecución de los trabajos. Los cambios provocados

pueden ser tanto positivos como negativos a nivel productivo, forestal, ambiental o social.

De esta forma es posible identificar las transformaciones provocadas en campo como resultado del manejo forestal, por lo que la comparación entre lo esperado y lo observado puede resultar un proceso relativamente sencillo. Con estas herramientas es posible llevar un control sobre la regeneración natural en las zonas intervenidas, el reclutamiento de individuos, su crecimiento y desarrollo hasta alcanzar las tallas comerciales.

Sin embargo, también es posible monitorear y evaluar los cambios en el ambiente provocados por el manejo forestal, tales como el incremento en el aporte de materiales en suspensión hacia los cuerpos de agua, la presencia o ausencia de poblaciones de fauna silvestre o los impactos al suelo forestal.

Con base en los resultados de la evaluación del programa es posible que sea necesario realizar ajustes al programa de manejo originalmente aprobado. Toda la información almacenada en el SIG puede ser utilizada para la justificación y presentación de la información solicitada para la realización del trámite correspondiente a la autorización del ajuste necesario al programa de manejo.

El contar con información generada durante la etapa de elaboración representa un ahorro en tiempo y costo considerable, ya que no es necesario realizar de nuevo todos los documentos, mapas y tablas. Así mismo, cuando sea necesario presentar el programa de manejo para un nuevo ciclo de corta, toda la información base y del ciclo anterior estará disponible para su elaboración, por lo que se reduce el gasto realizado por la comunidad y el tiempo de elaboración del nuevo programa de manejo.

A continuación se describe, a nivel técnico, el procedimiento aceptado para la utilización de un SIG en la elaboración de un programa de manejo forestal (este procedimiento se basa en el trabajo desarrollado por Bocco *et al.* 2001b) (figura 3). Las fuen-

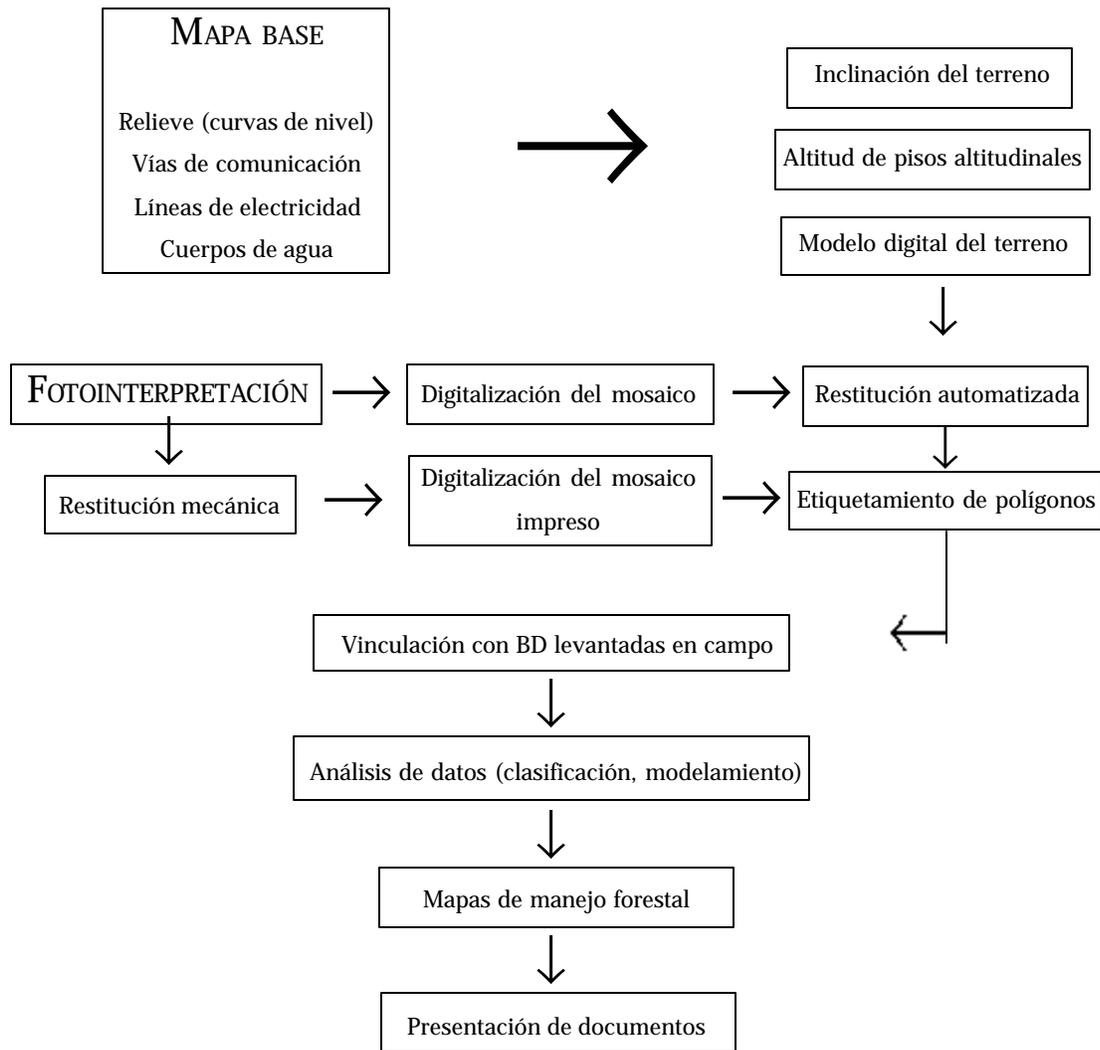
tes básicas de datos son aerofotografía reciente, una base topográfica de la comunidad a escala adecuada (en general 1:50,000 o más detallada) y cartografía temática (suelos, climas, etc.). En caso de no contarse con la base topográfica es imprescindible construir una mediante técnicas aerofotogramétricas convencionales. Esto escapa a las capacidades de un SIG estándar, aunque sí es posible manejarse aceptablemente la información ya generada, por lo que una vez que se cuenta con la base topográfica terminada (impresa) se proceda a su digitalización,

con la finalidad de ingresar la información contenida en la carta al SIG.

Sobre la base topográfica se digitalizan la red de brechas, caminos y carreteras, la red hidrográfica, los poblados y cualquier otro elemento creado por el hombre (hoyas de agua, vías férreas, líneas eléctricas, etc.).

Con la carta topográfica en forma digital se crea un modelo digital de terreno (MDT), que describe la forma del relieve del área en cuestión. Con este MDT se puede generar un mapa de pendientes, de

FIGURA 3. PROCEDIMIENTO ACEPTADO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANEJO FORESTAL



orientación de laderas, hipsométrico (altitud) o modelos sombreados del terreno. El mapa de pendientes es de importancia fundamental para decidir los tratamientos a realizar sobre la masa forestal y los trabajos de protección durante las actividades en el monte.

Es recomendable incorporar información sobre los tipos de suelo y las formas del relieve del área de estudio para que se pueda trabajar con áreas homogéneas en cuanto a estas variables ambientales, la vegetación forestal existente y sus dimensiones.

Estas áreas homogéneas son de gran utilidad para la planeación de las actividades productivas, ya que pueden funcionar como las unidades más gruesas de conservación y manejo de los recursos naturales, por lo que no solamente son de utilidad para la actividad forestal u otras relacionadas directamente (extracción de resina, aprovechamiento de hongos y plantas silvestres o manejo cinegético de alguna especie de fauna silvestre), sino también para la agricultura, la ganadería o alguna otra actividad productiva realizada en la comunidad.

En forma paralela se tiene que trabajar en la rodalización, por medio de fotointerpretación, de la superficie forestal. Una vez terminada la rodalización y la subrodalización en las aerofotografías, tiene que transferirse a la plancha topográfica que se digitalizó o a un fotomosaico corregido geoméricamente para los fines requeridos. Es muy importante recalcar que no se puede digitalizar directamente la rodalización en la aerofotografía, ya que es una representación en dos dimensiones de la realidad y se tiene que ajustar con la topografía del terreno. Normalmente este ajuste se realiza por medios mecánicos con base en una plancha topográfica y las aerofotografías trabajadas en un proceso conocido como restitución. Sin embargo, existen algunos SIG que pueden realizar el proceso de forma automatizada si se cuenta con el mosaico de la subrodalización en forma digital y el MDT de la base topográfica original.

El resultado de la restitución por medios mecánicos se puede digitalizar directamente, ya que el ajuste ha sido realizado. Una vez transferida la subrodalización, se procede a su digitalización. Una vez digitalizados los rodales y subrodales, que son manejados como polígonos en el ambiente del SIG, se procede a su etiquetamiento, es decir, a nombrar con un indicador distintivo cada uno de los polígonos generados. Posteriormente se pueden realizar las operaciones necesarias con los datos requeridos para alcanzar los objetivos del plan de manejo forestal así como la vinculación de las bases de datos generadas en campo y la clasificación de subrodales según su altura, diámetro, composición, volumen, ICA, etc.

También se pueden realizar cuantificaciones de los rodales y subrodales para agruparlos según su calidad y su tratamiento, combinar calidad y tipo de tratamiento, diseñar programas de protección a zonas semilleras, diseñar una red de brechas, etc. En otras palabras, se puede analizar el estatus de la masa forestal, modelar sus perspectivas y con base en ello proponer un manejo sustentable de los recursos forestales que permita diversificar la producción y conservarlos adecuadamente para no disminuir su capacidad productiva ni los beneficios ambientales que le brindan a la sociedad y al ecosistema.

Lo importante es conocer críticamente estas herramientas, sus alcances, sus limitaciones y la calidad de los datos iniciales. El grupo humano encargado de su utilización debe contar con una buena capacitación técnica, que incluya los aspectos conceptuales y tener una visión multidisciplinaria para poder manejar información de diversos temas: forestales, ambientales y socioculturales.

BIBLIOGRAFÍA

Beek, K.J. 1978. *Land evaluation for agricultural development. Some explorations of land use systems analysis*



- with particular reference to Latin America. ILRI, Wageningen, The Netherlands.
- Bocco, G., M. Mendoza y A. Velázquez 2001a. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping—a tool for land use planning in developing countries. *Geomorphology* 39:211-219.
- Bocco, G., F. Rosete, P. Bettinger y A. Velázquez 2001b. Developing a GIS program in rural Mexico. Community participation equal success. *Journal of Forestry* 99(6): 14-19.
- Bocco, G., M. Mendoza, A. Velázquez y A. Torres 1999. La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo. *Investigaciones Geográficas* 40:7-21.
- Bocco, G., J.L. Palacio y C.A. Valenzuela 1991. Integración de la percepción remota y los sistemas de información geográfica. *Ciencia y Desarrollo* XVII(97): 79-88.
- Bronsveld, K., H. Huizing y M. Omakupt 1994. Improving land evaluation and land use planning. *ITC Journal*. 1994(4): 359-365.
- Burrough, P.A. 1986. *Principles of geographic information systems for land resource assessment*. Claredon Press, Oxford.
- Cuanalo, H. 1977. El levantamiento fisiográfico de la República Mexicana y su utilización para la planificación del desarrollo rural. Proyecto de investigación. Chapingo, Colegio de Postgraduados, México.
- Cuanalo, H., E. Ojeda, A. Santos y C. A. Ortiz 1981. *Provincias, regiones y subregiones terrestres de México*. Chapingo, Colegio de Posgraduados, México.
- FAO 1992. *Land evaluation and farming system analysis for land use planning*. FAO Working Paper document. FAO, Roma; ITC, Enschede & Wageningen Agricultural University, Wageningen.
- 1984. *Land evaluation for forestry*. Forestry Papers 48. FAO, Roma.
- 1983. Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. *Soils Bulletin* 52. FAO, Roma.
- 1976. A framework for land evaluation. *Soils Bulletin* 32. FAO, Roma.
- Fregoso, A., A. Velázquez, G. Bocco y G. Cortéz 2001. El enfoque de paisaje en el manejo forestal de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Investigaciones Geográficas* 46: 58-77.
- Geissert, D. y J.P. Rossignol (coords.) 1987. *La morfoedafología en la ordenación de los paisajes rurales: con-*

- ceptos y primeras aplicaciones en México. INIREB, ORSTOM. Xalapa, Veracruz, México.
- Gómez, O.D. 1994. *Ordenación del territorio. Una aproximación desde el medio físico*. Ed. Agrícola Española e Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid. 238 pp.
- Grenier, P. 1986. Problemas de la ordenación del territorio en América Latina. *Revista Geográfica* 104: 5-18.
- Lugo-Hubp, J. 1990. El relieve de la República Mexicana. *Revista del Instituto de Geología*. UNAM 9(1): 82-111.
- Lugo-Hubp, J. y L. Córdova 1992. Regionalización geomorfológica de la República Mexicana. *Investigaciones Geográficas* 25: 25-63.
- Peuquet, D. J. 1984. A conceptual framework and comparison of spatial data models. *Cartographica* 21: 66-113.
- Rosete, F. y G. Bocco 1999. Ordenamiento territorial. Bases conceptuales y estrategias de aplicación en México. *Geografía Agrícola* 28: 21-39.
- Rosignol, J.P. 1987. La morfoedafología: un método de estudio del medio biofísico para la ordenación. En: Geissert y Rosignol 1987.
- Valenzuela, C. 1991a. The digital geographic information system as a management tool. *Impact of science on society* 156: 314-323.
- 1991b. Spatial databases. En: C. Valenzuela (ed.) 1991.
- Valenzuela, C. (ed.) 1991. *Introduction to geographic information systems*. ITC, The Netherlands.
- Velázquez, A., G. Bocco y A. Torres 2001. Turning scientific approaches into practical conservation actions: The case of comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mexico. *Environmental Management* 27(5): 655-665.
- Weir, M.J.C. 1991. Errors in geographic information systems. En C. Valenzuela (ed.) 1991.



Los revisores de este trabajo fueron: Daniel Reygadas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y Arturo Arreola del Instituto para el Desarrollo Sustentable de Mesoamérica A.C. (IDESMAC).

Fernando Rosete es subdirector de Ordenamiento ecológico regional y local. INE. Correo-e: frosete@ine.gob.mx.

Gerardo Bocco. Director general de investigación de ordenamiento ecológico y conservación de los ecosistemas. Correo-e: gbocco@ine.gob.mx.

Ilustraciones: Patsi Valdez.