



ALEJANDRO VELÁZQUEZ, JEAN FRANÇOIS MAS, RAFAEL MAYORGA SAUCEDO, JOSÉ LUIS PALACIO, GERARDO BOCCO, GABRIELA GÓMEZ RODRÍGUEZ, LAURA LUNA GONZÁLES, IRMA TREJO, JOSÉ LÓPEZ GARCÍA, MARDOCHEO PALMA, ARMANDO PERALTA, JORGE PRADO MOLINA Y FRANCISCO GONZÁLEZ MEDRANO

# el inventario FORESTAL NACIONAL 2000

FOTOGRAFÍAS DE HUGO BREHME

A lo largo de la historia, y particularmente en la actualidad, los bosques han sido uno de los recursos naturales fundamentales, pues la madera, una de las fuentes de energía y de materias primas más importantes en el planeta, proviene de ellos. Así mismo, los bosques son clave en el suministro de lo que hoy se denomina bienes servicios ambientales, además de poseer otras múltiples funciones y usos.

Actualmente, se estima que un tercio de la superficie terrestre continental (3.54 mil millones de hectáreas) aún se encuentra conformada por cubierta forestal. La proporción entre bosque y población humana, sin embargo, ha venido disminuyendo de 1.2 hectáreas *per cápita* en 1960 a 0.6 en 1995; la expectativa para 2025 es de 0.4. Los últimos datos de la FAO documentan un incremento en la superficie forestal de los países del norte, mientras que en los países del sur se registra un continuo proceso de deforestación. Esta acelerada pérdida de los bosques conlleva grandes problemas ambientales, entre los que se destacan las inundaciones, los deslizamientos de laderas, la pérdida de biodiversidad y por ende la productividad y otros fenómenos que traen consecuencias trágicas a las poblaciones humanas. El calentamiento global y sus repercusiones es resultado parcial de estas tasas aceleradas de deforestación, pues contribuye con alrededor de 25% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

En México, la situación es ligeramente más grave que la media mundial. Los datos de 1960, 1995 y las predicciones para 2025 son, respectivamente, de 0.8, 0.6 y 0.3 hectárea

de bosque *per cápita*. Las consecuencias de estos procesos de pérdida de la vegetación son cada vez más obvias y en ocasiones desastrosas. Las políticas de desarrollo rural que han fomentado la sustitución de la cobertura forestal (primaria) por otro tipo de coberturas de mayor producción a corto plazo (cultivos y pastizales inducidos) pero de bajo rendimiento a mediano y largo plazos son las causas principales de la deforestación. Por lo tanto, se hace urgente contar con estimaciones precisas de las tasas de deforestación en aras de identificar qué se pierde y en dónde ocurre para poder generar estrategias que conlleven a reducir la drástica pérdida de los bosques y todo el bagaje genético que albergan.

Las estimaciones de las tasas de deforestación para el México varían entre 370 mil y 1 500 millones hectáreas por año, esto es, entre 0.8 y 2% anual. Estas divergencias se deben principalmente a dos fuentes de error: la falta de datos de todo el territorio que sean consistentes obtenidos con métodos comparables y a la ausencia de un marco conceptual que permita identificar entidades geográficas denominadas según un sistema jerárquico y compatible con la literatura ya existente. Esta situación hace que las estimaciones no sean confiables y, como consecuencia, no se disponga de los insumos para fundamentar políticas enfocadas a contrarrestar los procesos de deforestación. Así, pese a los esfuerzos de diferentes sectores gubernamentales y sociales en México, se estima que, de la superficie original forestal del país, al menos 50 % ha desaparecido o se ha deteriorado de tal ma-

nera que ha perdido su papel ecológico original. Por lo tanto, es crucial promover políticas que conduzcan a un manejo adecuado del bosque remanente, que permita su aprovechamiento y conservación de forma integrada. Para ello, el inventario y el subsiguiente monitoreo del recurso forestal son insumos imprescindibles.

La vegetación es considerada como el componente del paisaje más dinámico, dada su susceptibilidad a cambios tanto naturales como los inducidos por el hombre. Ésta además, alberga múltiples recursos naturales para el uso directo e indirecto de los vertebrados en general y en especial para el hombre. Por éstas y otras razones que revelan su importancia, la vegetación (tanto la que aporta bienes maderables como los no maderables) necesita estar bien documentada en cuanto a diversidad, distribución, abundancia y grado o condición de conservación. Los inventarios forestales representan el mecanismo legal para reunir esta información, y hasta ahora se habían venido realizando esfuerzos aislados en México, siguiendo enfoques geográficos (mapeo de la cobertura), ecológicos (basado en los principios fisonómicos y florísticos) y forestales (con énfasis en la estimación volumétrica del recurso maderable). La base de datos generada a partir del inventario forestal 2000 reúne las bondades de estos tres enfoques y permite ser actualizada de manera expedita al estar organizada en un formato digital rigurosamente elaborado. Esta base de datos hace factible la comparación lógica con otras ya existentes, como las del INEGI (serie II) por haber sido diseñada para tal fin.



Indígenas de Atlixco, ca. 1925.

México es de 0.6 hectáreas *per cápita*; en Brasil (con una superficie aproximada a 4 veces mayor a la de México) es de 3.4 hectáreas *per cápita*; y en Colombia (con cerca de la mitad de la superficie de México) es de 1.5 ha *per cápita*. Los datos presentados en este estudio muestran un escenario más optimista, pues la superficie forestal *sensu stricto* (bosques y selvas) de México supera por 4% los datos estimados por la FAO. No obstante, México posee superficies forestales menores *per cápita* si se compara proporcionalmente a los tres países ya antes mencionados. Estos tres países muestran tasas de deforestación acelerada y nuestro país, a pesar de la pobre información existente, parece ir a la vanguardia. Por esta razón, resulta prioritario contar con bases de datos robustas, actualizables y disponibles para múltiples usuarios (*e.g.*, tomadores de decisiones, políticos, manejadores de recursos) que buscan estrategias de uso y conservación de la vegetación a largo plazo.

#### EL GRADO DE DETERIORO

Con base en los datos obtenidos se establecieron porcentajes y superficies de cada una de las formaciones vegetales y tipo de vegetación. En cuanto a las primeras, una proporción de cada formación se encuentra en algún grado de deterioro, por lo que los totales deben leerse tomando en cuenta que cierto porcentaje es considerado como área perturbada. Los “matorrales” cubren la mayor porción con casi 30%, esto es, alrededor de 55 millones de hectáreas; le siguen en orden descendente los “cultivos” con 23 por ciento y casi 45 millones; continúan los “bosques” con 17% y más de 30 millones; siguen las “selvas” con 15% y alrededor de 30 millones, y enseguida los pastizales con poco más de 10% y menos de 20 millones de hectáreas. Las otras coberturas cubren en su conjunto menos de 10% de la superficie total del país. La distribución espacial de estas formaciones de vegetación se muestra en el mapa que se encuentra en la tercera de forros del

*Inventario* (mapa de la distribución actual de la vegetación de México). Así, las tres formaciones de mayor cobertura del país (matorrales, bosques y selvas), cubren más de 61% del territorio nacional; pero cerca de 17% de la superficie del territorio nacional ocupada se encuentra considerado como vegetación secundaria derivada de selvas, bosques y matorrales. Es decir, el mapa muestra un escenario optimista, pues no denota las superficies de matorrales, bosques y selvas perturbadas que prosperan en el país. Como ejemplo, los bosques que ocupan 16.92% del país, incluyen 6.34% de áreas de bosques con predominio de especies secundarias herbáceas y arbustivas.

En lo que se refiere al tipo de vegetación, el “matorral xerófilo” cubre la mayor superficie con más de 50 millones de hectáreas; le siguen la “agricultura de temporal” y la “agricultura de riego y humedad”, con más de 20 millones cada una, esto es, casi 12%. Las selvas caducifolias y subcadu-



*Panorámica de Mil Cumbres, ca. 1925.*

cifolias cubren más de 20 millones de hectáreas y los pastizales un poco menos de esta misma cifra; los bosques de coníferas y latifoliadas menos de 15 millones, los de sólo latifoliadas 10 millones, y aquellos exclusivamente de coníferas alrededor de 8 millones; las selvas perennifolias y subperennifolias cubren 10 millones de hectáreas, mientras que tipos de vegetación como el bosque mesófilo de montaña, el mezquital y otros más no llegan siquiera a cinco millones de hectáreas.

#### **USO POTENCIAL DE LOS RESULTADOS**

Los resultados generados en el presente trabajo proporcionan una base de datos de gran utilidad para las tareas de manejo y conservación de la biodiversidad, entre las cuales se destacan tres líneas de trabajo: la identificación de áreas de alta heterogeneidad (diversidad Beta), la condición de las diversas áreas protegidas del país, y la vinculación entre las diversas bases de da-

tos existentes y entidades geográficas. El resultado inicial de este inventario muestra un sistema jerárquico de agregación de la vegetación que permite elaborar cuatro modelos cartográficos en forma rápida. El primer modelo, en la categoría de formación (escalas entre 1:8 millones y 1:4 millones), permitirá visualizar la heterogeneidad en todo el país y comparar la proporción de coberturas alteradas por el hombre con la de las coberturas naturales. El segundo modelo, en la categoría de tipo de vegetación (escalas entre 1:1 millones y 1:500 mil), aporta elementos para la planeación en los estados, la regionalización y la búsqueda de entidades ecológicas. El tercer mapa, en la categoría de comunidad (escalas entre 1:250 mil y 1:125 mil) muestra la complejidad para el manejo de diversas regiones en la categoría de grupo de municipios (región económica). Se podrán generar políticas de manejo y conservación de la biodiversidad con base en índices de heterogeneidad municipal y planes conjun-

tos con municipios vecinos que comparten comunidades y problemáticas afines. Además, permitirá identificar áreas de gran biodiversidad con alto grado de fragmentación. Con esta información se tendría la base para la elaboración de planes de manejo regional para modelos de aprovechamiento y conservación en municipios, comunidades, ejidos y de organizaciones sociales.

Existen numerosas evidencias empíricas sobre el papel de la cobertura vegetal en el balance hídrico en diferentes regiones ecológicas, así como las consecuencias negativas (directas e indirectas) causadas por la remoción de ésta en una cuenca. De manera análoga, la relación entre cobertura vegetal y erosión y conservación de suelos ha sido estudiada en forma detallada durante al menos 70 años. Así, los datos de cobertura proporcionados por el presente trabajo permitirán generar modelos de predicción de erosión en los cálculos de obras de conservación. Disponer de estos datos de

# LA METODOLOGÍA

En México se han desarrollado múltiples esfuerzos para la elaboración de cartografía de uso del suelo y temas relacionados, entre los que destacan los trabajos de Miranda y Hernández-X., J. Rzedowski, del INEGI, el Inventario forestal nacional periódico, de Dirzo y Maser, y el mapa de vegetación elaborado con base en imágenes AVHRR. Cada una de estas experiencias ha sido realizada con objetivos y con criterios diferentes, así como a escalas diversas (desde 1:50 000 hasta 1:8 millones). Por la diversidad de enfoques, objetivos e insumos, las comparaciones se dificultan. Por ejemplo, en algunos casos se enfatiza en la vegetación potencial y en otros en la cobertura vegetal real del terreno. Esta actividad comparativa, sin embargo, es imprescindible para múltiples fines, entre los que destacan el análisis del cambio del uso del suelo y la priorización de políticas de manejo, conservación y restauración de los recursos naturales en general.

En el país existen, principalmente, datos provenientes de dos inventarios forestales nacionales. El primero, iniciado en la década de los setenta, se basó en el uso de fotografías aéreas (escala 1:75 mil) y un periodo de trabajo de campo intenso (más de diez años). Los resultados se consideraron satisfactorios para el sector forestal por incluir información de calidad de sitio para cada entidad geográfica. Los datos, no obstante, resultaron desactualizados al momento de ser concluido debido a la duración de la interpretación y de los trabajos de campo, y a que la cartografía no fue elaborada con rigor. El segundo inventario se realizó en un periodo de 2 años y concluyó en 1994. Los insumos principales fueron imágenes de satélite (sensor Landsat TM 5); los resultados se representaron a una escala 1:250 mil. En este caso se redujo drásticamente el periodo

de desarrollo; sin embargo, se detectaron algunos problemas relacionados con inconsistencias en la leyenda (lo cual dificulta su correlación y comparación) y la calidad de los documentos utilizados para la interpretación (baja calidad de las imágenes impresas).

A principios del año 2000 se inició el trabajo de cartografía del nuevo inventario forestal. La transformación de un sistema de clasificación de la vegetación en una leyenda fue el primer reto de este estudio. Para tal fin se revisaron los sistemas más convencionales utilizados y de ahí, en conjunto con el INEGI y la SEMARNAP, se convocó a una serie de talleres que ayudaron a generar un sistema jerárquico que permite cambiar del nivel micro (al-

ta resolución) al macro (baja resolución). Este sistema de arreglo de la leyenda, además, es compatible con las experiencias de INEGI (serie I generada en los ochenta y serie II generada en los noventa y aún no disponible para el público en general), lo que facilita los estudios de cambio de uso de suelo y por ende las estimaciones sistemáticas de tasas de deforestación. Esta nueva leyenda permitió resolver tres problemáticas: la tipificación de la cobertura a diversos niveles de resolución espacial; una organización jerárquica de la vegetación que incluya criterios definidos para cada nivel de agregación; y una representación objetiva de la dinámica de la vegetación por incluir clases en continua transformación (el ni-

vel de subcomunidad). Los criterios para la cartografía de la vegetación combinaron enfoques biológicos (elementos como la fisonomía, fenología, composición florística, entre otros atributos) y espectrales (reflectancia de cada cobertura en las diferentes bandas espectrales). Para tal fin se vincularon, por medio de bases de datos digitales, las clases informativas existentes (INEGI serie II) y las espectrales generadas durante este proyecto. Las bases de datos de campo de INEGI y la supervisión por parte de los intérpretes de cada región permitió abordar las categorías con cierto grado de perturbación. Esto se indicó con entidades geográficas que incluyen la dinámica de la vegetación secundaria arbustiva y herbácea.

La segunda fase del proyecto, en paralelo con la anterior, consistió en la formulación del esquema técnico de interpretación usando datos actuales del último sensor de la familia Landsat (ETM+, con imágenes de noviembre de 1999 a mayo de 2000). De éstos se derivaron la representación cartográfica, la elaboración de la estructura de metadatos, y el diccionario y catálogo de datos, y la producción final, en concordancia con los lineamientos proporcionados por INEGI en cuanto a cartografía de la cobertura vegetal y uso del suelo (fig.1). Para la interpretación visual se utilizaron impresiones de los compuestos a color a escala 1:125 mil en plóters y papel ambos de muy alta calidad. El análisis de los patrones de las respuestas espectrales se complementó con los mapas digitales de vegetación y uso del suelo de INEGI (serie II). Se optó por la interpretación visual de imágenes después de una revisión bibliográfica *ad hoc*. Se prestó especial atención a las ligas entre hojas de INEGI, de tal manera que los extremos de cada mapa fueran coherentes con los de las hojas adyacentes. Asimismo, se realizó un

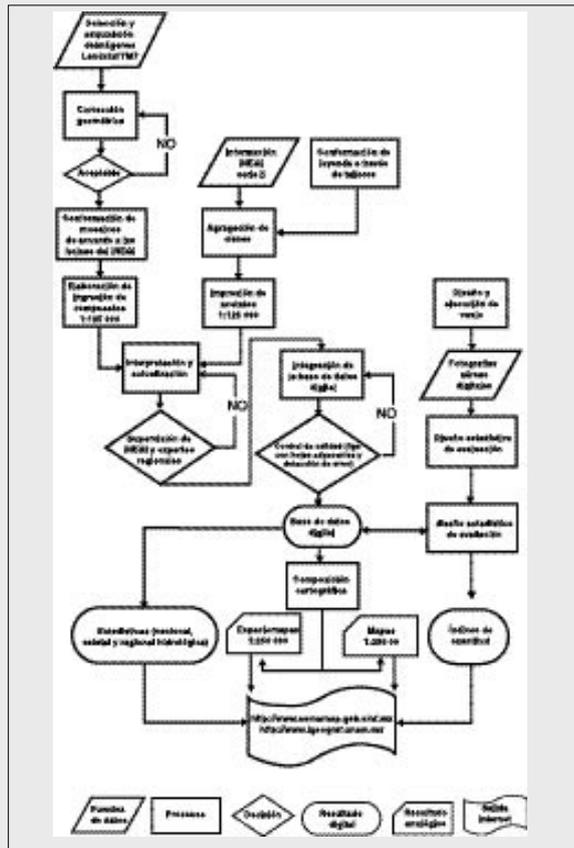


Figura 1. Diagrama de flujo que muestra los pasos metodológicos seguidos en este estudio.

control de calidad de la etiqueta de cada polígono tanto en formato analógico así como mediante un programa de cómputo que permite detectar los polígonos vecinos no probables. Simultáneamente, se elaboraron espaciomapas (es decir, composiciones de imágenes satelitales a color, con referencia geográfica) acompañados de la información topográfica básica y una leyenda simplificada de rasgos espectrales.

Tomando en cuenta que un mapa es un modelo de la realidad, y como en cualquier modelo existe un cierto grado de incertidumbre, se incluyó una evaluación de la exactitud mediante un índice. Para esto se diseñaron líneas de vuelo separadas por una distancia de 50 a 100 kilómetros. A lo largo de cada línea de vuelo se fotografió con cámaras digitales escala de 1: 8 mil a 1: 16 mil. Para la evaluación de la exactitud se optó por un diseño estadístico estratificado mediante el cual se seleccionaron aleatoriamente un cierto número de fotografías por categoría (tipo de vegetación) que expertos locales interpretaron visualmente para conformar una base de datos de referencia que sirvió de verdad de campo. La base de datos de referencia se comparó con la base de datos del modelo (mapa resultante) para calcular un índice de exactitud general y por categoría.

La conformación de la leyenda incluyó cuatro niveles jerárquicos: formaciones vegetales (incluye ocho categorías), tipo de vegetación (17 categorías), comunidad (47 categorías) y subcomunidad que indica el grado de deterioro para la vegetación natural y el tipo de cultivo para las categorías agrícolas; el nivel de subcomunidad sólo aplica para 28 de las 45 comunidades, lo cual da un total de 75 categorías en el nivel más detallado. El arreglo de estas 75 categorías guarda una relación estricta de acuerdo con el

grado de afinidad entre cada uno de los cuatro niveles jerárquicos; la formación bosque, por ejemplo, incluye 4 tipos de vegetación entre los cuales se encuentran las coníferas; éstas agrupan cuatro comunidades (bosques de táscate, oyamel, pino y matorral de coníferas). Cada una de estas comunidades, a su vez, tiene dos variantes en el nivel de subcomunidad, la primera que indica dominio de vegetación secundaria arbustiva y herbácea, y la segunda la condición de vegetación predominante primaria. La nomenclatura de la leyenda adoptó un enfoque predominantemente ecológico y muy difundido en los diversos sectores dedicados a la gestión y manejo de los recursos forestales.

Los productos obtenidos en el ámbito de este trabajo fueron los espaciomapas y mapas, escala 1: 250 000 para todo el territorio nacional; la base de datos de cubierta vegetal en formato vectorial de Arc/Info y el acervo de fotografías aéreas digitales. Se realizó también un importante esfuerzo para divulgar y documentar este trabajo a través de una página internet, metadatos, diccionario de datos y glosario donde se describen las categorías de la leyenda y se definen los términos técnicos utilizados.

Finalmente, los sistemas de clasificación de la vegetación (elaborados bajo enfoques predominantemente ecológicos) provienen de estudios escala 1 a 1 en los cuales se utilizan criterios observados en campo para clasificar la vegetación (composición florística, fenología, fisonomía, estructura, entre otros). El enfoque forestal también utiliza observaciones o mediciones en campo y las conjunta con entidades geográficas delimitadas con base en fotografías aéreas detalladas en las cuales se estiman parámetros como densidad, espesura y altura del estrato arbóreo. Las categorías resultantes son, por ejemplo "bosque de oyamel abierto", "selva

baja, mediana o alta". La principal limitación de estos dos enfoques es que la generación de la información necesaria para describir y cartografiar la vegetación toma una gran cantidad de tiempo, de tal manera que resulta inoperante en su ejecución para un país tan diverso, extenso y dinámico como México. Por el contrario, el mapeo de la cobertura vegetal basado en el uso de las imágenes de satélite presenta numerosas ventajas entre las cuales se pueden mencionar la visión sinóptica, el bajo costo, la rapidez de adquisición y procesamiento. Sin embargo, existen ciertas consideraciones que deben tomarse en cuenta.

1) La resolución espacial. En las imágenes Landsat que se utilizaron cada pixel mide aproximadamente 30 m, de tal manera que los objetos más pequeños que se pueden distinguir claramente son los que están representados por varios pixeles (1 hectárea). Con base en estas imágenes no es posible inducir con certidumbre criterios como densidad de árboles, por ejemplo.

2) La información espectral. Una imagen está compuesta por varias bandas que indican la cantidad de energía que reflejan las cubiertas del suelo en distintas porciones del espectro, generalmente del visible y del infrarrojo. No existe una correspondencia perfecta entre respuesta espectral y tipo de cubierta, es decir que dos cubiertas que se pretende distinguir pueden presentar respuestas espectrales muy similares o bien que a veces un mismo tipo de cubierta puede presentar distintas respuestas espectrales según su estado. Si se utilizan imágenes de una sola fecha no se pueden aprehender características como los cambios fenológicos de la vegetación en el transcurso del año. Durante la interpretación visual de una imagen de satélite el intérprete utiliza también criterios como la textura,

la forma o la ubicación de los objetos, así como su propio conocimiento, lo que limita parcialmente el problema de confusión espectral que mencionamos más arriba.

Las imágenes de satélite resultan ser una herramienta limitada si se pretende llegar a una clasificación que tenga el nivel de detalle de estudios realizados con trabajo de campo y con fotografías aéreas de pequeña escala. Resulta entonces muy atractiva la conjunción de ambos enfoques, lo cual reúne las ventajas y excluye las limitaciones de cada aproximación. En el *Inventario Nacional Forestal 2000* se buscó integrar estas ventajas, incluyendo los trabajos de campo de INEGI (escala 1:1) a partir de los cuales se derivan las etiquetas; la rodalización utilizada para la serie II del mismo INEGI que se representan en un formato vectorial en un sistema de información geográfica y las imágenes de satélite del año 2000 para lograr un producto actualizado, expedito y robusto técnicamente hablando. La estructura y conceptualización de la leyenda (simplificada de 642 a 75 categorías), la interpretación supervisada por diversos grupos de expertos y el procesamiento de la información satelital fueron condiciones imprescindibles para lograr un resultado aceptable en este estudio. La generación de una nueva cartografía basada únicamente en la información satelital no hubiera permitido llegar a este grado de detalle.





*Platanal, Atoyac, ca. 1923.*

manera general y regional, así como en lo referente a las cuencas, permite describir, explicar y predecir los patrones de erosión laminar y en cárcavas, y estimar la producción de sedimentos y la tasa de depósito en niveles de base locales y regionales. Asimismo, estos datos ofrecen la posibilidad de establecer escenarios de simulación para pérdida de suelos y para catástrofe de eventos extraordinarios. La cobertura vegetal y los cambios en el tiempo de la misma tienen un papel fundamental en ambos procesos. Particularmente, los riesgos y procesos influidos por la cobertura son aquellos desencadenados por eventos hidrometeorológicos extraordinarios, es decir, de alta magnitud pero de relativamente baja frecuencia. La cobertura vegetal, particularmente la forestal, actúa como elemento protector de las laderas frente a dichos eventos, cuya dinámica es influida por la interferencia antrópica en los patrones de cambio global. De la misma manera que en los casos anteriores, los datos proporcionados por este trabajo contribuyen a definir cuáles son las zonas susceptibles de

sufrir altos grados de afectación por efectos de eventos extraordinarios. Por lo tanto, el componente cobertura es clave en los modelos de predicción de desastres.

Uno de los indicadores más importantes de un desarrollo balanceado con la conservación de los recursos naturales, mundialmente y en nuestro medio, es la cuantificación del cambio en la cobertura y uso del suelo. La deforestación es un proceso cuyo desarrollo se ha acelerado en regiones intertropicales, a favor de políticas de incremento de la productividad económica (usos maderables), pero no del desarrollo integral, o bien, por falta de control en la implementación de políticas correctas. El cambio drástico de áreas perturbadas por áreas totalmente antropizadas, aunado al incremento del  $\text{CO}_2$  en la atmósfera producto de la actividad humana, ha sido considerado como la mayor causa de pérdida de germoplasma de manera global. Desde esta perspectiva, la conservación y restauración de la cobertura vegetal primaria y las diversas fases sucesionales son prioritarias para asegurar aspectos esenciales de la calidad de vida

del hombre. Así, los estudios detallados que documenten la dinámica del cambio de uso del suelo permitirán conocer las tendencias que llevan a que un tipo de vegetación sea sustituido por otro y por lo tanto las implicaciones que tiene esto en el  $\text{CO}_2$  existente. Con la información adicional de las tasas de incremento anual por especie característica de cada una de las comunidades de vegetación se podría calcular el total de  $\text{CO}_2$  que potencialmente es posible capturar por tipo. Esto, multiplicado por la superficie que ocupa cada comunidad, se podría traducir en el total de toneladas de  $\text{CO}_2$  que se capturan por año. El impacto que ejerce el cambio de uso de suelo en los patrones climáticos aún necesita ser evaluado y desarrollado, así como la información complementaria necesita ser generada por medio de futuras investigaciones, pero el insumo básico de todo el país ya se encuentra disponible en formato digital.

El uso de la percepción remota coloca al usuario en la necesidad de clasificar, no ob-

jetos naturales, como ocurre durante el trabajo de campo, sino objetos espectrales, es decir, caracterizados por su respuesta espectral en las bandas que el sensor detecta. Esta limitación determina la capacidad de discriminación de clases informativas (es decir, congruentes para su uso en la toma de decisiones) y debe ser compensada por la posibilidad de mapear grandes zonas (capacidad sinóptica de los sensores, sean fotos o imágenes). El inventario forestal indica que es posible fusionar un enfoque espectral de interpretación (cartografía de vegetación usando imágenes de satélite, con resolución de 30 m en el terreno), con datos preexistentes obtenidos mediante fotointerpretación, interpretación de imágenes de satélite, e intensa verificación de campo (datos proporcionados en formato digital por INEGI, serie II de cartografía de uso del suelo y vegetación). De esta manera, y siempre y cuando los intérpretes tengan buena experiencia de campo, una estrategia de mapeo puede beneficiarse de estos dos componentes. En cuanto a la interpretación de imágenes, haber optado por un esquema de trabajo visual (y no automatizado, supervisado o no), a partir de propuestas como las de Batista y Tucker, y Sader y colaboradores, permitió incorporar toda la experiencia de los intérpretes, y no invertir el tiempo en tratamientos automatizados que luego deben editarse de manera pormenorizada.

De este estudio se deriva la necesidad de actualizar y monitorear de forma permanente la cobertura vegetal. La realización de inventarios en lapsos de meses es complicado y arriesgado, considerando la diversidad de condiciones que caracterizan a México. Otros países (como Canadá, Japón, Costa Rica) cuentan con parcelas permanentes de monitoreo y un sistema de almacenamiento de la información que se va generando de manera local y periódica. Los inventarios forestales en estos países, por lo tanto, consisten en un ejercicio de actualización continuo. Esto se favorece, por un lado, al contar con información actualizada, y por el otro con la capacidad de generar información expedita. De esta forma se puede alimentar un sistema de información geográfica que apoye las tareas de toma de decisiones. Para tal fin, en México se hace necesario incluir la información de bases de datos ya existentes (INEGI, CONABIO) para incrementar de manera sustancial la exactitud y haber generado un mecanismo de integración de datos puntuales (observaciones de campo) con entidades cartográficas. Por otro lado, está pendiente la cartografía de

formas del relieve, a diferentes escalas, de tal manera que pueda ligarse a la cartografía de suelos y aptitud de uso, por un lado, y de vegetación, por el otro. Este instrumento sería de gran utilidad para tareas de evaluación de aptitud, conflictos de uso, y planificación del medio físico, todos ellos insumos críticos del ordenamiento ecológico.

El esfuerzo interinstitucional (SEMARNAP-INEGI-UNAM) resulta muy provechoso en la definición de metas, objetivos, estrategia y ejecución del proyecto de manera exitosa en un lapso menor al año. Las bases de datos espaciales (mapas y espacio-mapas) y estadísticas obtenidas conforman un acervo importante acerca de la información sobre recursos naturales del país. El reto consiste en utilizar esta información para enriquecer procesos analíticos tanto del gobierno como de los sectores académico, privado y social.



### AGRADECIMIENTOS

Los resultados provienen del proyecto Inventario Forestal Nacional 2000 realizado por el INEGI y la UNAM y financiado por SEMARNAP. Agradecemos el apoyo brindado por la M. en C. J. Carabias, el Dr. F. Tudela y el Dr. J. del Valle. El Dr. A. Challenger y la Biol. M. García Rendón ayudaron en la coordinación operativa y técnica del proyecto. Damos un especial reconocimiento al Biol. F. Takaki, Biol. A. Victoria y al Dr. J. Rzedowski por la colaboración en el desarrollo conceptual del proyecto y su ejecución técnica. La geógrafa M. E. García Villagómez elaboró el mapa que se muestra en la tercera de forros. Finalmente reconocemos el apoyo de los otros 52 colaboradores que trabajaron de tiempo completo en la ejecución de este proyecto.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, J., E. Hardy, J. Roach y R. Witmer. 1976. "A land use and land cover classification system for use with remote sensor data", en *Geological Survey Professional Paper 964*.

Batista, G. y C. Tucker. 1991. "Accuracy of digital classification versus visual interpretation of deforestation in the Amazon", en *Proceedings of the 6th SELPER Symposium*.

Dirzo, R. y O. Maser. 1996. "Clasificación y dinámica de la vegetación en México", en *Criterios y terminología para analizar la deforestación en México*, México, SEMARNAP.

FAO (Food and Agriculture Organization). 1999. *Situación de los bosques del mundo*. Roma, FAO.

Forster B.C. 1993. "Satellite Remote Sensing for Land Information in Developing Countries", en *Geocarto International* 8(1), pp. 5-15.

Gómez, G. 1999. "Mapa de vegetación usando imágenes AVHRR", en *Informe Técnico*, Instituto de

Geografía, UNAM.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1971. *Cartografía de uso de suelo y vegetación*, Serie I.

Inventario Forestal Nacional Periódico. 1994. Subsecretaría forestal y fauna silvestre México, D.F.

Mas, J. e I. Ramirez. 1996. "Comparison of land use classifications obtained by visual interpretation and digital processing", en *ITC-Journal* (3/4), pp. 278-283.

Masera, O. 1996. *Deforestación y degradación forestal en México*. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, Pátzcuaro.

Miranda, F. y E. Hernández-Xolocotzi. 1963. "Los tipos de vegetación de México y su clasificación", en *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 23.

Palacio, J. y L. Luna. 1995. "Clasificación espectral automática vs. clasificación visual. Un ejemplo al sur de la ciudad de México", en *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM 29, pp. 25-40.

Palacio Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velázquez, J.F. Mas, F. Takaki, A. Victoria, L. Luna González, G. Gómez Rodríguez, J. López García, M. Palma, I. Trejo Vázquez, A. Peralta, J. Prado Molina, A. Rodríguez Aguilar, R. Mayorga Saucedo y F. González Medrano. 2000. "La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000", en *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM 43, pp. 183-203.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. México, Limusa.

Sader, S., T. Stone y A. Joyce. 1990. "Remote sensing of tropical forests: an overview of research and applications using photographic sensors", en *Photog. Eng. and Remote Sensing* 55(10), pp. 1343-1351.

ALEJANDRO VELÁZQUEZ, JEAN FRANÇOIS MAS, R. MAYORGA SAUCEDO, JOSÉ LUIS PALACIO, LAURA LUNA GONZÁLES, IRMA TREJO, JOSÉ LÓPEZ GARCÍA, MANDROCHEO PALMA, ARMANDO PERALTA Y JORGE PRADO MOLINA, INSTITUTO DE GEOGRAFÍA; GERARDO BOCCO Y GABRIELA GÓMEZ RODRIGUEZ, INSTITUTO DE ECOLOGÍA; FRANCISCO GONZÁLEZ