171

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Impacto del Consumo de Leña en el Bosque de Santa Fe de la Laguna, Michoacán.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

P R E S E N T A :

VIRGINIA PUENTES ARAUJO

FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

DIRECTOR DE TESIS: DR. OMAR RAÚL MASERA CERUTTI

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:
"Impacto del consumo de leña en el bosque de Santa Fe de la Laguna, Michoacán"

realizado por Virginia Puentes Araujo

con número de cuenta 09577094-3 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario	Dr. Omar Raúl Masera Cerutti	
Propietario	M. en C. Virginia Cervantes Gutiérrez	
Propietario	M. en Ecol. Eduardo Alberto Pérez García	
Suplente	Biól. José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz	
Suplente	Biól. Edwin Eduardo Lebrija Trejos	

FACULTAD DE CIENCIAS
U.N.A.M.

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

A mi familia

Agradecimientos

Al Dr. Omar Masera por el apoyo y la dirección del trabajo.

A Eduardo Pérez, Virginia Cervantes y Benjamín Ordóñez por los valiosos comentarios y correcciones; a Edwin Lebrija por el apoyo, las sugerencias y la exhaustiva revisión del trabajo.

A GIRA A.C. por permitir el uso de su oficina y el préstamo de la camioneta, además de proveer el contacto con las autoridades de Santa Fe de la Laguna.

A Rafael por su asesoría en el procesamiento e interpretación de los datos estadísticos.

Al Ing. Rafael Sánchez-Concha por compartir su trabajo de Santa Fe de la Laguna.

A Vicente por la asesoría en la digitalización y al Dr. Bocco por permitir el uso de las instalaciones de su laboratorio.

Al Dr. Dan Klooster por su generosa ayuda y múltiples consejos.

Agradezco sinceramente a los que me ayudaron en el trabajo de campo: Dan, Edwin, Leonel; Memo, Miriam y Toño.

A los habitantes de la comunidad de Santa Fe de la Laguna por permitir la realización del trabajo en sus tierras.

A mis padres.

Resumen

Se evaluó el impacto forestal por uso de leña en un bosque de pino – encino del predio Santa Fe de la Laguna, donde se depende fuertemente del uso de dicho recurso para el sector doméstico y el productivo (alfarero). Se utilizaron cuatro métodos para medir el impacto: a) balance entre la oferta y la demanda de madera, b) análisis de las características poblacionales de la comunidad vegetal, c) comparación de las características de la comunidad vegetal con un sitio "control", y d) magnitud y tipo de extracción de madera según el grado de accesibilidad física al bosque. Se realizaron mediciones directas en campo y entrevistas, se trabajó con un sistema de información geográfica para la elaboración de mapas y se realizó también una intensa revisión bibliográfica. Los resultados del balance agregado entre oferta y demanda de madera, a nivel de predio, revelaron un déficit en el abastecimiento de coníferas que se satisface de un poblado vecino. Mediante la comparación con una comunidad "control" se notó que la composición florística difiere debido a la historia del uso del suelo y a la demanda actual de madera. Los atributos poblacionales evaluados mostraron una alta variación en densidad, volumen y cobertura forestal dadas las diversas influencias antropogénicas que han tenido un impacto diferencial en el bosque. En general, se encontraron más individuos de latifoliadas que de coníferas, especialmente con DAP < 15 cm. Para las latifoliadas, utilizadas como leña para uso doméstico, se encontró una relación directamente proporcional entre las zonas más accesibles del bosque y la intensidad de extracción, la cual es independiente de la abundancia del recurso. La mayor extracción de coníferas, por parte de los pobladores de Santa Fe, se da en los lugares más accesibles y con mayor abundancia del recurso. Sin embargo, la zona menos accesible desde el poblado presenta una comunidad de coníferas muy impactada; esto se atribuye al saqueo clandestino por pobladores ajenos a Santa Fe. Los métodos empleados en el trabajo son de gran utilidad para una primera valoración de las condiciones del bosque de manera rápida y sin grandes requerimientos de recursos económicos. Partiendo de esta aproximación se ofrecen recomendaciones para disminuir la demanda e incrementar la oferta de leña.

Prefacio

La conservación de los recursos naturales es un tema cada vez más importante dentro del ámbito científico, político y cotidiano. El manejo, y por lo tanto la conservación, depende de las perspectivas mencionadas; no se puede separar una de la otra para obtener resultados exitosos. Es decir, es necesario integrar los conocimientos de la ciencia con las prácticas y perspectivas de la gente que aprovecha los recursos y esto, a su vez, necesita ser apoyado por políticas adecuadas. La leña es un recurso que no está exento de estas premisas y por ello este trabajo intenta incluir aspectos sociales dentro del análisis ambiental.

En la introducción se expone la importancia del uso de leña a nivel mundial y nacional, la problemática en México como recurso cada vez más minado y la importancia de su estudio en comunidades y ejidos. Finalmente, se plantean los objetivos del trabajo.

El segundo capítulo inicia introduciendo el tema del acceso al recurso forestal, con énfasis en la distancia y la topografía, dos factores que determinan el impacto. También se habla de los impactos positivos y negativos que la extracción de leña tiene sobre los usuarios del recurso y el ambiente; además, explica el concepto del impacto ambiental con respecto a la extracción de leña. Posteriormente, se mencionan métodos para evaluar el impacto ambiental por el uso de leña, especificando los que se emplean en este trabajo.

En el tercer capítulo se describe el método empleado en el estudio, mismo que incluye labor en campo, entrevistas, elaboración de mapas, revisiones bibliográficas y análisis de datos. En el siguiente capítulo se describe la comunidad de estudio. Se empieza con una descripción de las características físicas y biológicas del predio Santa Fe de la Laguna. También se mencionan aspectos sociales que influyen en el uso del suelo y se habla brevemente del aprovechamiento del bosque. Finalmente, se describen las prácticas de recolección de leña.

En el quinto capítulo se evalúa el estado general de la comunidad arbórea. Se compara la demanda del recurso con su oferta, mediante datos de consumo y productividad del bosque,

para después evaluar el estado del bosque mediante distintos parámetros poblacionales. También se hace una comparación con un bosque "control".

En el sexto capítulo se presentan los resultados del cálculo de las velocidades de desplazamiento de leñadores en distintas pendientes, los cuales fueron utilizados para la elaboración del mapa de tiempo de acceso. Éste se compara con otro mapa que no toma en cuenta el relieve del terreno para los cálculos de tiempo de acceso. A esto le sigue la evaluación del impacto sobre el recurso según el tiempo de acceso. El último capítulo contiene las conclusiones del trabajo.

Contenido

Capítulo I
Introducción

Uno de los grandes problemas a nivel mundial es satisfacer adecuadamente las necesidades energéticas. Muchos países, especialmente aquéllos en vías de desarrollo, dependen en gran medida de la energía generada por combustión de biomasa (Wereko-Brobby y Hagen, 1996). El 59% de la bioenergía utilizada en el mundo proviene de la leña (Horta y Trossero, 1998). En México, el 46% de la energía residencial en 1990 provenía de leña, con un 91% de la población rural dependiendo de este combustible (Masera, 1997). Así, la demanda se estima en 37 millones de m^3 $año^{-1}$, en otras palabras, 4.6 veces la cantidad de madera comercial cosechada legalmente en el país (Masera, 1993).

Desgraciadamente, los recursos forestales están disminuyendo. Se estima que la deforestación nacional de bosques y selvas oscilaba entre 370000 y 670000 ha $año^{-1}$ a principios de los años 90 (Masera, 1997 y Ordóñez, 1998); por otro lado, Velázquez *et al.* (2001) mencionan cifras entre 370 mil y 1.5 millones de ha $año^{-1}$. Entre las causas directas de la disminución de las áreas forestales se pueden mencionar al cambio en el uso del suelo para la ganadería y la agricultura, los incendios forestales (naturales y provocados), las plagas y enfermedades, así como la tala clandestina (Masera, 1996; Merino, 1997). De modo indirecto, la pérdida forestal se debe a los pocos beneficios económicos que brindan los bosques con respecto a usos alternativos del suelo, a problemas institucionales para el manejo adecuado de éstos y a la pobreza rural (Merino, 1997).

En México, el 80% de los bosques son propiedad comunal y ejidal (Merino, 1997). Muchos son utilizados con fines de subsistencia, los cuales incluyen a la extracción de leña como uno de sus aprovechamientos. Comúnmente se asume que dicha actividad no afecta considerablemente a los bosques, pero los resultados aún son inciertos (Mercer y Soussan, 1992). A pesar de que el uso de leña tenga una larga historia en los poblados[1], el crecimiento poblacional, la presión de otras actividades en el uso del suelo y la falta de

[1] De ahora en adelante para las comunidades de asentamientos humanos se utiliza la palabra poblado para hacer diferencia con las comunidades vegetales.

alternativas para la utilización de otros recursos puede ocasionar que las prácticas tradicionales de manejo ya no sean sustentables.

Para poder evaluar el impacto de la extracción de leña se necesitan conocer los patrones de extracción, los usos del suelo y los antecedentes de aprovechamiento del bosque (Poffenberger, 1990); éstos dependen de aspectos socioeconómicos, socioculturales, técnicos y ambientales (Masera, 1995).

Para realizar este estudio se escogió al poblado de Santa Fe de la Laguna. Éste pertenece al municipio de Quiroga (Michoacán), el cual se considera que está en una situación muy crítica en cuanto a su consumo de leña[2]. Por esto último se necesitan evaluar los modos e intensidades de extracción con el objeto de buscar las modificaciones necesarias para que el aprovechamiento de sus recursos sea sustentable (Masera y Ordóñez, 1997). Santa Fe de la Laguna depende fuertemente del uso de leña para el sector doméstico y para la cocción de sus productos alfareros (Masera *et al.*, 1997a). De este modo, uno de los usos sustanciales del bosque para el poblado es la obtención de leña.

El presente trabajo se realiza como respuesta a las particularidades mencionadas y pretende, como objetivo general, evaluar el impacto que tiene la extracción de leña sobre el bosque de Santa Fe de la Laguna, Michoacán.

Como objetivos particulares se proponen:

- Describir las prácticas de extracción de leña de los pobladores.
- Realizar un balance entre la demanda y oferta de leña.
- Determinar el estado de conservación del bosque de Santa Fe de la Laguna.
- Determinar la influencia del tiempo de acceso al bosque en las prácticas de extracción y en el impacto forestal.

[2] 2392 municipios de México fueron comparados; los criterios utilizados para la evaluación fueron: 1) número, densidad y crecimiento de usuarios de leña, 2) resilencia del consumo y 3) productividad de los recursos forestales.

Capítulo II
Marco teórico

Accesibilidad al recurso forestal

El acceso a la biomasa del bosque es uno de los factores que determina el consumo y la forma de obtención de leña. En un mismo lugar, el acceso al recurso puede variar a través del tiempo (Muni, 1999). Según Muni (1999), los factores que afectan el acceso al recurso forestal son:

- Derechos sobre el terreno.
- Patrones de colecta (frecuencia de colecta y tiempo disponible).
- Edad y condición física del leñador.
- Factores sociales como posición socioeconómica, normas y tradiciones, fuentes alternativas de ingresos y de empleo, etc.
- Factores físicos como clima, altitud, topografía, infraestructura o distancia, tipo de vegetación y obstáculos naturales como ríos y cañadas.

Un trabajo que abarque todos estos factores es difícil; con este estudio nos concentraremos en el análisis de los factores físicos del terreno, en particular la distancia y la topografía. Por lo tanto, de aquí en adelante, al hablar de acceso se estará haciendo referencia a la distancia física. Ingram (1971) divide la accesibilidad en relativa e integral. El acceso relativo es el grado en que dos lugares en la misma superficie están conectados; el acceso integral de un sitio es el grado de interconexión con todos los demás sitios en una misma superficie. En otras palabras, el acceso integral se mide tomando en cuenta el conjunto de los accesos relativos de un sitio.

El acceso al bosque para obtener leña se puede medir en función del tiempo que los leñadores tardan en llegar a él, dada la distancia y la topografía del terreno. Al incrementar la pendiente, el tiempo requerido para caminar la misma distancia aumenta porque se requiere de mayor esfuerzo físico (Muni, 1999).

Tomando en cuenta que el acceso influye en el consumo y la forma de obtención de leña y que esto a su vez determina el impacto sobre el bosque, se puede asumir una relación entre

el acceso y el impacto. Así, se espera que los lugares más accesibles presenten mayor impacto.

Impacto social del uso de leña

El uso de leña brinda varios beneficios para sus usuarios. Por lo general, el recurso está ampliamente disponible y se produce localmente, y así, se evita la dependencia en los mercados externos. También suele ser gratis o económicamente más accesible que otros combustibles y se puede almacenar en los hogares (Hall, 1997). En algunas regiones, como en el sector rural de México, cocinar con leña forma parte esencial del proceso de los platillos cotidianos.

Sin embargo, con problemas de escasez de leña se acentúan impactos sociales negativos. Las consecuencias pueden reflejarse en la dieta, al disminuir el número de alimentos servidos por día o al preparar con mayor frecuencia alimentos que tengan un menor tiempo de cocción (Mercer y Soussan, 1992; Brouwer *et al.*, 1997). También se puede modificar el modo de extracción del recurso. Muchos de los usuarios incrementan el tiempo dedicado a esta tarea; además pueden aumentar y/o cambiar las personas responsables de la extracción. El tiempo adicional invertido en la extracción implica que otras actividades, ya sean recreativas, escolares o económicas sean limitadas. Se ha visto que muchos niños abandonan la escuela por la necesidad de conseguir el recurso (Mercer y Soussan, 1992; Brouwer *et al.*, 1997; Padilla *et al.*, 1999).

Otras de las respuestas a la menor disponibilidad del recurso forestal es el cambio del tipo de combustible usado. Esto puede implicar la utilización de gas LP u otros combustibles más modernos, o conformarse con biomasa de menor calidad tal como arbustos o desechos agrícolas (Soussan *et al.*, 1992). La decisión en la utilización de uno u otro combustible depende del contexto económico, social y cultural. En el sector rural mexicano se ha visto que el gas se acepta pero como un combustible complementario; es decir, no reemplaza a la leña totalmente (Masera, 1993). Además, la leña puede seguir siendo el recurso más accesible (Sokona, 1997), ya sea por redes deficientes de abastecimiento de otros combustibles, o por la imposibilidad de pagar o de hacer las inversiones iniciales de una estufa o un cilindro de gas (Patiño, 1989). El uso de combustibles de menor calidad puede tener consecuencias en la salud, especialmente en mujeres, por la producción excesiva de humo durante la preparación de alimentos (Mercer y Soussan, 1992).

Impacto ambiental del uso de leña

Actualmente no existe un modelo que explique la complejidad funcional de los ecosistemas (Arroyo *et al.*, 1997). Por ello, es difícil evaluar el impacto de las actividades humanas sobre el ambiente; tal es el caso de la extracción de leña. Una medición de impacto es la diferencia generada en el ecosistema con y sin la extracción de leña en el transcurso del tiempo. En la Figura 1 se ejemplifica un posible impacto sobre el volumen de madera en el bosque, debido a la extracción de leña a través del tiempo. En este caso, el impacto es negativo puesto que la extracción genera una disminución en el volumen de madera del bosque.

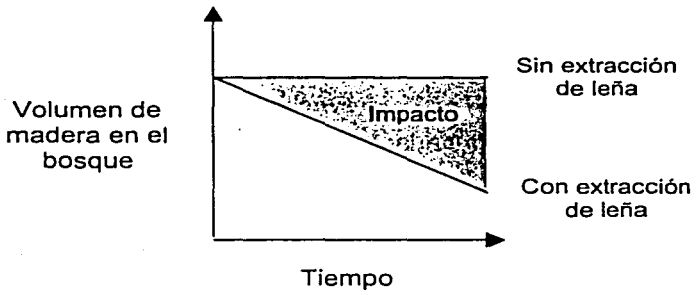


Figura 1. Ejemplificación de un posible impacto sobre el volumen de madera en el bosque, debido a la extracción de leña a través del tiempo.

Esta manera de medir el impacto es poco práctica puesto que, en áreas naturales, normalmente no se pueden comparar los resultados con un control; además, las mediciones se tienen que efectuar continuamente por periodos prolongados (Lélé, 1994). Aunque algunos autores señalan que cualquier tipo de uso del suelo tiene como resultado cierto grado de deterioro sobre la biota (Nepstad *et al.*, 1992), también se ha visto que, a través de un manejo adecuado, la extracción de leña puede traer beneficios ambientales o al menos contribuir minimamente a la degradación forestal (Mercer y Soussan, 1992). Hay literatura que señala la insignificancia de esta actividad en términos de deforestación y se llega a reportar que puede fomentar la replantación (Bensel y Kummer, 1996) y la riqueza de las especies (Rao *et al.*, 1990). Peters (1996) propone que la intensidad de los efectos, sean positivos o negativos, dependerá de los modos y magnitudes de extracción, del tipo de recurso y de las especies aprovechadas con respecto a la composición florística del bosque.

La ventaja ambiental más valiosa que tiene el uso de leña es su carácter potencialmente renovable. Esto implica que a través de un manejo adecuado, la gente puede seguir aprovechando indefinidamente el recurso con una mínima alteración de las características de la comunidad y del ecosistema.

Cabe señalar que a diferencia de los combustibles fósiles, la madera tiene un bajo contenido de azufre, lo cual evita la contaminación por sulfuro; tampoco presenta los riesgos de contaminación por accidentes cuando es transportada (Patiño, 1989; Hall y House, 1994). También se puede lograr que las emisiones de CO_2 por la quema sean compensadas por su recaptura en el mismo tipo de combustible (Masera, 1993).

Sin embargo, algunos autores (Johns, 1988; Nepstad *et al.*, 1992; Masera, 1993; Dudley *et al.*, 1995; Peters, 1996) afirman que el mal aprovechamiento del bosque puede tener consecuencias ambientales serias. A continuación se señalan algunas de las posibles consecuencias ambientales:

Efectos en las comunidades vegetales: pérdida de la diversidad genética, disminución de la densidad, la cobertura forestal y el área basal, simplificación de la estructura de tamaños, y daños a especies no aprovechadas.

Efectos en el ecosistema: erosión edáfica, compactación del suelo, pérdida de nutrientes, alteración hidrológica (cambios en tasas de evapotranspiración, disminución de mantos acuíferos), modificación del microclima (aumento de temperatura, disminución en la humedad atmosférica), incremento en las variaciones extremas del clima, asolve de lagos y reservorios hídricos, modificación en la frecuencia e intensidad de incendios y emisiones de gases de invernadero.

Medición del impacto ambiental por el uso de leña

En este estudio el impacto ambiental se evalúa con el propósito de determinar el efecto de la extracción de leña sobre el bosque. En la literatura se mencionan distintos métodos para medir dicho impacto.

Los estudios longitudinales[3] son especialmente útiles para captar la dinámica social y medir la productividad del bosque en el tiempo. La información se toma a través de los años y después se compara con el fin de observar incrementos o decrementos en la productividad del bosque. Aunque este método provee excelente información, pocas veces se practica debido a que se requiere de muchos años de estudio (Lélé, 1994).

El análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo es un buen estimador de la sustentabilidad ecológica a largo plazo. Una opción es evaluar las propiedades edáficas y compararlas a las de una zona "control". También se puede medir el flujo de nutrientes realizando un balance entre los que entran y salen del sistema. Desgraciadamente, estos análisis requieren de largos periodos de tiempo para obtener resultados (Lélé, 1994).

Muchos de los estudios que evalúan los problemas de abastecimiento de leña se han basado en balances entre la demanda y la oferta (Mercer y Soussan, 1992). Esto es una primera aproximación para medir el impacto. El balance consiste en restar el consumo o la extracción a la productividad del bosque. El método asume que el recurso y la extracción se distribuyen de manera homogénea en el área estudiada y que la oferta del bosque es el crecimiento del recurso. El método no toma en cuenta variaciones en las condiciones edáficas y climáticas, en los efectos de la competencia intra e interespecífica y en los diferentes patrones de cosecha. Idealmente, el balance tiene que incluir al incremento corriente anual (haciendo diferencias entre el fuste, las ramas y la hojarasca), a la supervivencia, a la regeneración y a la formación de madera muerta (Lélé, 1994).

Otro modo de medir el impacto sobre el bosque es comparando el estado del bosque manejado respecto al de uno "control". La información se obtiene en un mismo tiempo. Aquí se tiene que asegurar que las condiciones abióticas, como el tipo de suelo y el clima, sean semejantes.

Dos de los métodos mencionados de medición de impacto implican la estimación de la productividad del bosque, la cual se mide restando la tasa de respiración de los tejidos a la productividad primaria bruta (PPB)[4] de los tejidos fotosintéticos (Begon *et al.*, 1996). La productividad primaria neta (PPN) de cada especie se extrapola a nivel de toda la

[3] Estudios que se realizan con medidas continuas a través del tiempo.
[4] La PPB es el total de energía fijada por la fotosíntesis.

comunidad. Generalmente no es posible efectuar estas mediciones y mucho menos predecir las respuestas fisiológicas de los individuos a las condiciones ambientales que afectan a la productividad (e.g. la disponibilidad de agua, la luz, la temperatura, la disponibilidad de nutrimentos, la textura y profundidad del suelo, la herbivoría, etc). De una manera más simplificada, la PPN se puede estimar mediante la siguiente ecuación:

$$PPN = (W_{t+1} - W_t) + D + H$$

Donde $W_{t+1} - W_t$ es la diferencia en biomasa entre dos tiempos de cosecha, D es la biomasa perdida por la descomposición y H es la biomasa consumida por herbivoría. La pérdida de biomasa por herbivoría en árboles generalmente afecta mínimamente a la PPN[5] y es común que no se considere dado el trabajo que implica su medición; además, en términos prácticos dicha producción no estaría disponible para ser extraída. La cantidad de biomasa que pasa a formar parte de la materia orgánica en descomposición se puede medir a través de trampas que acumulan la caída de hojas y ramas (Barbour *et al.*, 1999).

En los bosques, la manera más común y práctica de medir la productividad es a través de un análisis dimensional. Dicho análisis asume que un parámetro fácilmente medible del árbol (por ejemplo, la altura o el diámetro a nivel del pecho) se puede correlacionar directamente con su volumen. De este modo solamente se requieren muestreos destructivos para determinar la pendiente y la intercepción de la línea de regresión que corresponde a la correlación (Barbour *et al.*, 1999).

En este trabajo se determinó el impacto mediante estudios transversales[6] considerando dos niveles. El primer nivel evaluó el impacto sobre la totalidad del bosque, a través del balance entre la demanda y la oferta de leña y a través de la valoración de su estado mediante parámetros poblacionales (i.e. volumen, cobertura, estructura de tamaños), para luego compararlos con una comunidad "control". El segundo nivel consistió en dividir al bosque en zonas según su tiempo de acceso desde el poblado de Santa Fe y evaluar cómo este acceso afecta al estado del bosque.

---

[5] Solamente en casos de plagas por invertebrados la pérdida puede ser sustancial.
[6] Estudios realizados en un mismo periodo de tiempo.

Capítulo III
Materiales y métodos

Santa Fe y el uso de leña

Límite del área de estudio

El área estudiada corresponde al límite del predio Santa Fe de la Laguna. Esta área fue delimitada en fotografías aéreas[7] y transferidas al plano base de la carta topográfica E14A22 de INEGI a través de un Estéreo Sketch para el *Programa de manejo forestal de tipo especial para el predio "Comunidad indígena Santa Fe de la Laguna" ubicada en el Municipio de Quiroga, Michoacán* (Sánchez-Concha, 1998a).

Uso del suelo y demanda de leña

A través de una búsqueda bibliográfica se obtuvo información sobre aspectos sociales, económicos e históricos que han influenciado el uso del suelo en el pasado y que contribuyen a determinar su estado actual. También se revisaron trabajos que estiman el consumo de leña para cocción de alimentos y barro[8], además del uso de madera para construcción.

Panorama de la recolección de leña

Con el objeto de plasmar el panorama de la recolección y uso de leña en el predio, se realizaron 17 entrevistas abiertas. Tres de ellas, dos con autoridades y una con un comunero, se hicieron en San Jerónimo Purenchécuaro, donde leñadores de Santa Fe talan árboles clandestinamente. En Santa Fe, otras nueve de las entrevistas se dirigieron a leñadores y se les acompañó durante sus actividades de extracción de leña en el bosque; entre los leñadores habían mujeres y señores con y sin bestia de carga. Tres entrevistas más se realizaron a mujeres que iban a recolectar leña, aunque no se les acompañó en su labor. También se participó en dos recorridos dentro del bosque de Santa Fe con autoridades del poblado.

---

[7] Vuelo de INEGI, en mayo de 1990, escala media 1:25,000, en blanco y negro, formato normal de 23x23 cm.

[8] En el producción de los artículos alfareros, el barro se cuece en hornos especiales que utilizan leña.

Impacto sobre el bosque

Inventario forestal

Los datos analizados provienen de 61 muestras de dimensiones fijas y 371 de dimensiones variables tomadas del inventario realizado por ingenieros forestales para elaborar el Programa de Manejo Forestal (PMF) del poblado. Los sitios de dimensiones variables se levantaron usando una cuña óptica con Factor de Área Basal igual a 1 m^2 ha^{-1}. Las muestras de dimensiones fijas consistieron en censar todos los árboles encontrados dentro de sitios circulares de 1000 m^2 cuyo diámetro a nivel del pecho (DAP) fuese $\geq$ 15 cm (la medición se realiza a una altura de 1.3 m); así mismo se consideraron a renuevos (DAP < 7.5 cm) e incorporados (DAP 7.5 – 15 cm) dentro de sitios circulares de 100 m^2.

El muestreo se realizó en forma sistemática; sobre el plano del terreno se trazó una retícula con líneas equidistantes (con 100 m de separación) tanto transversal como verticalmente. Cada vértice de la retícula indicaba la ubicación de un sitio de muestreo. Las superficies de 1000 y 100 m^2 se delimitaron con cuerdas de 17.84 m y 5.64 m, respectivamente; comenzando desde un punto central se trazaron radios hacia la periferia para formar ocho divisiones (Figura 2). Los levantamientos de sitios fijos se intercalaron entre los sitios variables.

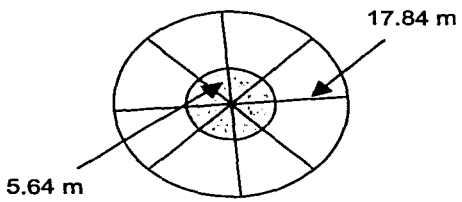


Figura 2. Forma de lanzamiento de radios, y estacado en la periferia, de un sitio circular de 100 (zona sombreada) y 1000 m^2 de muestreo (ambas zonas).

En cada sitio de dimensión variable, se midieron los árboles interceptados por el relascopio simplificado[9] con la finalidad de estimar el volumen de coníferas y latifoliadas por separado. En los sitios de dimensiones fijas, también a nivel de estos dos grupos florísticos, se evaluaron los siguientes parámetros:

- DAP de individuos con DAP ≥ 15 cm,
- cobertura del dosel, evaluada en categorías porcentuales con intervalos de 20%,
- diámetro de tocones ≥ 15 cm,
- crecimiento por año para coníferas (tiempo de paso) y
- regeneración (cantidad de renuevos e incorporados)

Es importante explicar que en el PMF, dado su objetivo, el bosque se dividió en rodales (o áreas clasificadas según el uso del suelo y el tipo de vegetación). Los rodales arbolados se agruparon según la altura y cobertura de los árboles así como la dominancia de los géneros. En esta tesis, para las evaluaciones de impacto, se emplean los datos crudos levantados en el inventario más no aquellos sintetizados en los rodales. Se aprovecharon, sin embargo, dos aspectos de la división de rodales. Por un lado, se pudo identificar una zona reforestada[10] hace 15 ó 20 años, de forma tal que su exclusión evitó sesgos en el análisis. Por otro lado, los rodales fueron utilizados para realizar una comparación de los datos del inventario forestal con muestreos levantados durante este estudio. Tal comparación tuvo el propósito de detectar las diferencias que dado el tiempo transcurrido pudiesen invalidar el empleo de los datos del inventario.

Para la comparación se escogieron dos rodales con frecuente extracción de leña. En cada uno se muestrearon tres sitios siguiendo el mismo formato del inventario forestal para sitios de dimensiones fijas. El análisis consistió en comparar, a través de pruebas paramétricas, el volumen existente y extraído y la densidad de ambos levantamientos; se utilizó el programa SPSS (SPSS Inc., 1997). Se recurrió a métodos no-paramétricos cuando no hubo homocedasticidad. A partir de esos resultados, se aprovecharon los levantamientos del PMF (con excepción de la zona reforestada) y los realizados en este trabajo para analizar el impacto forestal (ver Figura 3).

---

[9] Instrumento utilizado para medir el diámetro, la altura y/o el área basal de los árboles. Para los diámetros, las lecturas se realizan midiendo los árboles interceptados en un giro de 360° desde un mismo punto.

[10] Esta zona, además de estar reforestada, tiene valor religioso; en ella hay una capilla y el poblado estableció reglas que prohiben la extracción en ese lugar.

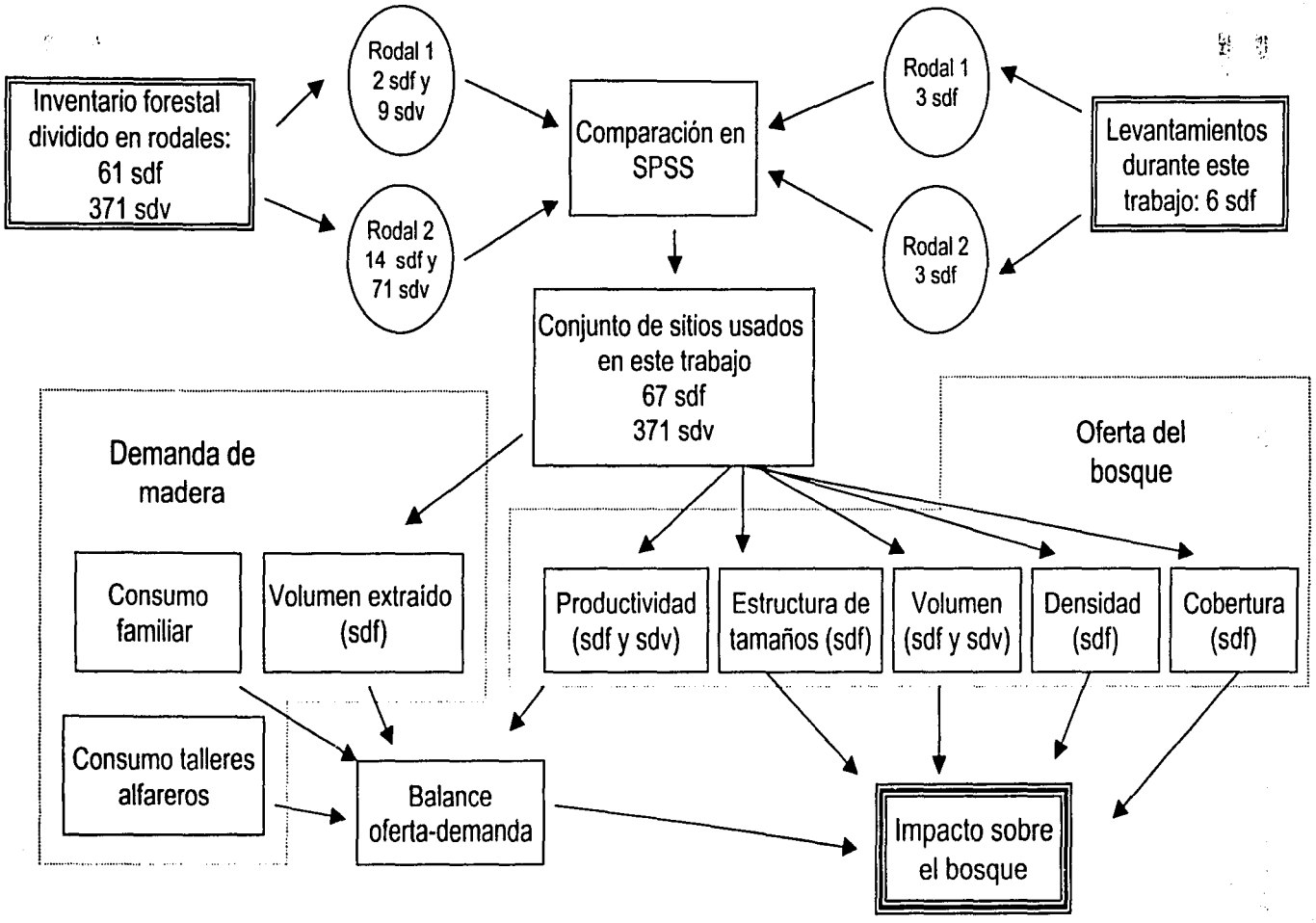


Figura 3. Marco conceptual de la determinación del impacto del bosque por uso de leña. Se indica el número de sitios de dimensiones fijas (sdf) y variables (sdv) utilizados para el análisis y los tipos de sitios aprovechados en el análisis para cada uno de los parámetros usados en la evaluación del impacto sobre el bosque.

Balance entre la demanda y oferta de madera

Se evaluó el impacto del uso de leña a través de un balance entre el consumo y la oferta de leña; esto da un panorama general sobre la situación de abastecimiento del combustible, indicando si hay un déficit o un excedente. El balance se puede definir como:

Balance neto = productividad del bosque – extracción del bosque

La productividad del bosque (oferta) se obtuvo a través del incremento corriente anual (ICA). Partiendo de los datos del inventario forestal del PMF y de los muestreos realizados para este estudio[11], el ICA fue calculado de la siguiente manera:

$$ICA = (10 \times ER)/(TP \times DN)$$

donde ER es la media armónica de la existencia real por hectárea (m^3 ha^{-1}), TP es la media armónica del tiempo de paso (años cm^{-1}) y DN es el diámetro promedio de los árboles muestreados (cm). Para la estimación del ICA de latifoliadas, el tiempo de paso se obtuvo a través de tablas de incrementos que fueron utilizadas en el PMF. El ICA se calculó para todo el bosque.

La extracción de madera en el bosque (demanda) se estimó a partir de los resultados de mediciones directas en el consumo (Kg. $día^{-1}$) por cocción y por hornos alfareros, llevadas a cabo para el proyecto FAO/MEX/TCP/4553(A) (Masera *et al.*, 1997a), además de la madera utilizada para la construcción de viviendas. La demanda también se calculó, con información obtenida en los muestreos realizados, a través de la evaluación del volumen de árboles extraídos del bosque (tocones).

Determinación del estado del bosque

El estado del bosque se evaluó a partir de la densidad, el volumen existente y extraído, la cobertura y la estructura de tamaños. El procesamiento se hizo en SPSS (SPSS Inc., 1997) y se compararon los resultados con una comunidad "control".

[11] Los renuevos e incorporados no están considerados en los cálculos del ICA.

Impacto forestal según el tiempo de acceso al bosque

Velocidad de desplazamiento

Se determinó la accesibilidad del bosque a partir de las distancias, del poblado de Santa Fe al recurso, y del efecto de la pendiente sobre la velocidad de desplazamiento de los leñadores. Así, fue necesario medir el tiempo de desplazamiento de leñadores en las distintas categorías de pendientes encontradas en la zona de estudio:

Pendiente moderada	0 - 15%	(0 - 8.5°)
Pendiente acentuada	15 - 30%	(8.5 - 16.7°)
Pendiente muy acentuada	30 - 45%	(16.7 - 24.2°)

Aunque hay pendientes mayores de 45%, no se logró obtener ninguna medición de éstas porque los leñadores pasan por caminos alternos, menos inclinados. Los caminos escogidos para las mediciones estaban cercanos al poblado. En Santa Fe existen diversas salidas principales y los caminos, a medida que se van alejando del poblado, se vuelven cada vez más ramificados, convirtiéndose en angostos senderos en los cuales resultaba difícil obtener mediciones dado que era necesario ver el inicio y el final del camino para medir los tiempos de recorrido. También por esta razón se escogió registrar el tiempo de desplazamiento en una distancia de 50 metros. Las mediciones se realizaron durante las mañanas (de las 7 a las 12 horas) de los meses de febrero y marzo del año 2000; este es el horario en que la gente sale a recolectar leña. Los leñadores incluían mujeres y hombres con y sin bestia de carga. Las mediciones se hicieron procurando que las personas no modificaran el paso por efecto del observador.

Debido a la topografía de la comunidad y a la posición del poblado, la gente camina de subida hacia la zona de extracción de leña y regresa con su carga a favor de la pendiente. Consecuentemente, se tomó el tiempo de las siguientes combinaciones de variables: subida/sin carga, bajada/con carga y bajada/sin carga (para los leñadores dueños de bestias de carga).

Las distancias reales se transformaron a distancias horizontales mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Distancia horizontal} = \text{distancia real} \times \cos\{\tan^{-1}(\text{pendiente\%})\}$$

El tiempo de recorrido de la distancia real fue asignado a la distancia horizontal de manera que pudiese expresarse la velocidad de desplazamiento en un mapa bidimensional. Se obtuvo el promedio y la desviación estándar de las velocidades a favor y en contra de la pendiente. Se hicieron pruebas paramétricas para analizar las diferencias entre las combinaciones de tipos de leñadores y categorías de pendientes.

Elaboración de mapas

A partir de la carta topográfica E14A22 escala 1:50000 (INEGI, 1985b), se digitalizó manualmente el mapa de curvas de nivel del predio mediante el uso del programa ILWIS (ITC, 1990). Este mapa se trabajó con los distintos módulos del programa IDRISI (Eastman, 1997) (Figura 4). Utilizando el módulo SURFACE se elaboró el mapa de pendientes. Este mapa está expresado en porcentaje, dónde el 100% equivale a una pendiente de 45 grados. Se clasificó el gradiente de pendientes de este mapa usando el módulo RECLASS para formar las siguientes categorías: 0 – 8.1° (0 – 15%), 8.1 – 16.7° (15 – 30%), 16.7 - 24.2° (30 - 45%) y mayor de 24.2° (45%).

Usando este mismo módulo, se atribuyó a cada categoría de pendiente el valor de la velocidad de desplazamiento. Se asignó el valor de "1" al tiempo promedio obtenido para la categoría de pendiente 0-15%. El resto de los valores se calcularon haciendo relación a esta cifra. Se procedió así puesto que el programa toma como fricción neutra al valor uno, cualquier valor superior indica una fricción, cualquier valor inferior indica un impulso.

Posteriormente, se elaboró el mapa de acceso con el módulo COST. Para su construcción se utilizaron tanto el mapa con los valores correspondientes a cada categoría de pendiente como un mapa del poblado. Con estos dos mapas, el tiempo de desplazamiento a los distintos sitios se calculó mediante la suma consecutiva de los valores encontrados en los pixeles; el poblado fue siempre el punto de inicio. Con el módulo RECLASS se clasificaron las regiones en las siguientes categorías de tiempo de acceso: 0-30, 30-75, 75-120 y 120-270 minutos.

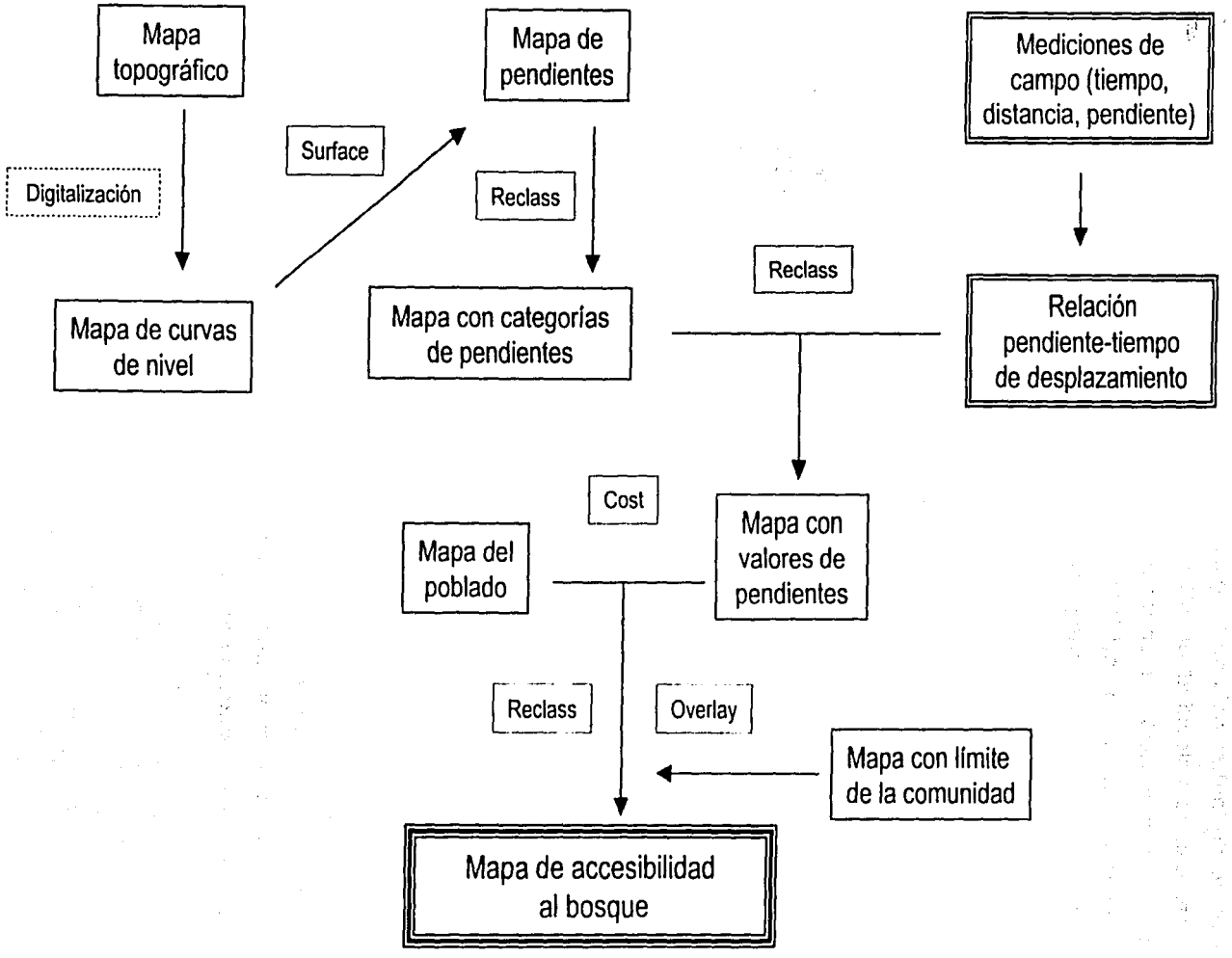


Figura 4. Marco conceptual de la elaboración del mapa de accesibilidad. La digitalización se realizó en ILWIS (ITC, 1990) y el mapa se elaboró en IDRISI (Eastman, 1997). El mapa del poblado fue elaborado por GIRA, A.C.

Para apreciar las diferencias producidas por la topografía del predio en la accesibilidad física al bosque, se produjo otro mapa de acceso que, mediante la anulación de los efectos de la pendiente, solamente contempla la distancia. Este mapa también se elaboró en el módulo COST utilizando el mapa del poblado pero, a diferencia del mapa con los distintos valores de fricción, el valor de todos los pixeles fue de "1". Así, este mapa se basa exclusivamente en distancia pues suma el mismo valor de cada pixel a partir del lugar de origen. Con el módulo RECLASS se clasificaron las regiones en las siguientes categorías de tiempo de acceso: 0-30, 30-75 y 75-120 minutos. Ambos mapas (con y sin efecto de la pendiente) fueron comparados para cumplir con el objetivo mencionado.

Evaluación de la influencia del acceso físico al bosque

Para evaluar el efecto del tiempo de acceso en el impacto forestal se compararon, mediante pruebas paramétricas, los volúmenes existentes y extraídos, la cobertura y la estructura de tamaños de las cuatro regiones definidas en el mapa de acceso. La Tabla 1 muestra el número y tipo de sitios levantados según la categoría de tiempo de acceso al bosque.

Tabla 1. Tamaño de la muestra según la categoría de tiempo de acceso al bosque. sdf = sitios de dimensiones fijas, sdv = sitios de dimensiones variables.

Categoría de acceso (minutos)	Superficie total (ha)	No. sdf	% de la superficie total muestreada mediante sdf	No. sdv	% de la superficie total muestreada mediante sdv	% de superficie total muestreada (sdf + sdv)
1 (0 30)	15	1	0.7	3	2.0	2.7
2 (30 75)	771	26	0.3	149	1.9	2.3
3 (75 120)	564	22	0.4	118	2.1	2.5
4 (120 270)	498	18	0.4	99	2.0	2.4
Total	1848	67	0.4	369	2.0	2.4

Capítulo IV

Santa Fe de la Laguna y el uso de leña

Ubicación geográfica

Santa Fe de la Laguna se encuentra en la Región Purépecha, al noreste del Lago de Pátzcuaro en el municipio de Quiroga, Michoacán (Figura 5), entre los 19° 39' 05" y 19° 44' 14" N y los 101° 29' 49" y 101°34'10" O. El predio colinda con el lago de Pátzcuaro, seis comunidades y pequeñas propiedades (INEGI, 1985b).

Medio físico

El predio se encuentra dentro del Eje Neovolcánico, en las laderas de una formación volcánica de 3345 m snm conocida como el Zirate (Mapa 1). Otros cerros importantes encontrados dentro de esta ladera son: Huayamo (2260 m snm), Cerro de las Rosas (2380 m snm), Acumara (2600 m snm), Pemba (2630 m snm) y Pucuaremo (2670 m snm). En total, la altitud del predio fluctúa dentro de los 2040 y 3345 m snm (INEGI, 1985b).

Santa Fe de la Laguna tiene dos tipos de clima debido a las diferencias altitudinales. En las partes más altas del cerro Zirate el clima es, según la clasificación de Köppen modificada por E. García (1988), el más húmedo del los semi-fríos con lluvias en verano, con menos de 5% de lluvia invernal y cuya fórmula climática es C(E)(w2)(w). En el resto de la comunidad el tipo de clima es el más húmedo de los climas templados subhúmedos con lluvias en verano y menos de 5% de lluvia invernal, es decir, C(w2)(w) (Sánchez-Concha, 1998a).

La temperatura media anual es de 16° a 18° C. La precipitación total varía entre 1000 y 1200 mm año-1, concentrándose en los meses de mayo a septiembre. Hay de 20 a 40 días con presencia de heladas y de 2 a 4 días con granizo por año (Sánchez-Concha, 1998a). En el predio hay tres tipos de suelos: Andosol ócrico, Luvisol crómico y Acrisol órtico. En general son suelos jóvenes formados a partir de cenizas volcánicas, rocas basálticas, tobas, brechas y andesitas (INEGI, 1985a).

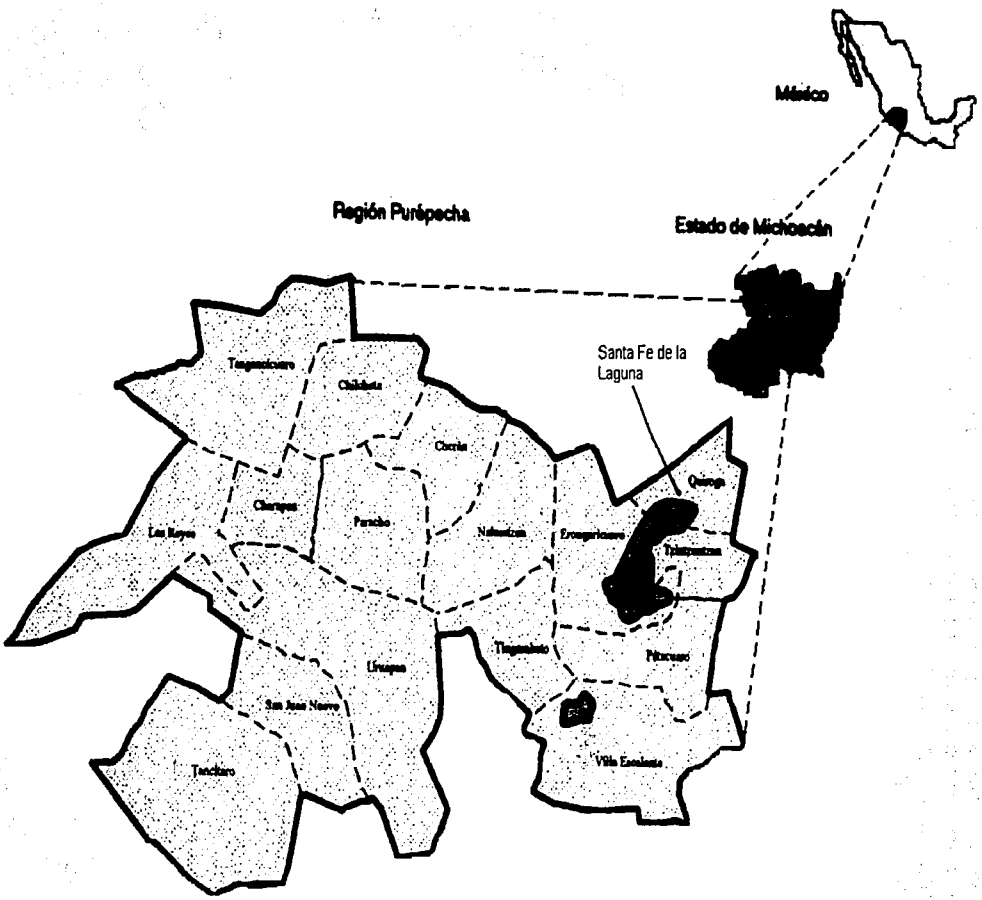
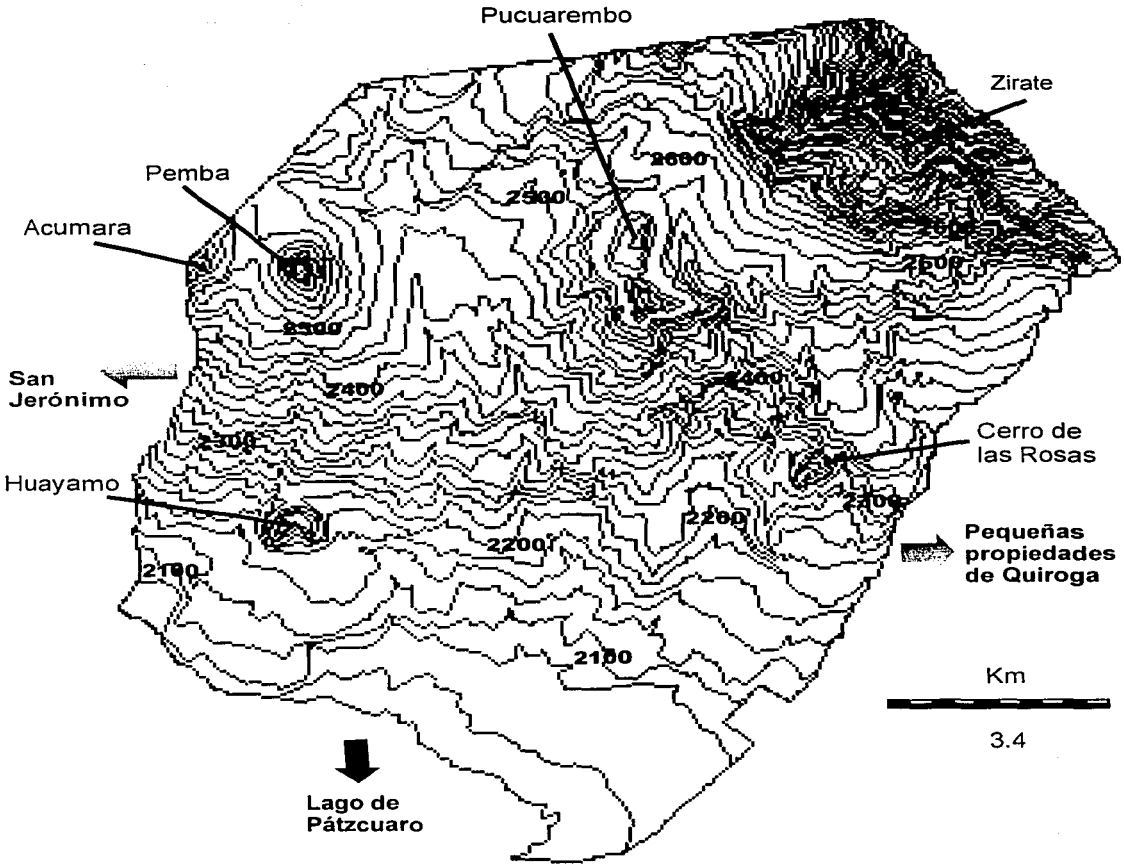


Figura 5. Ubicación geográfica del predio Santa Fe de la Laguna.



Mapa 1. Topografía de Santa Fe de la Laguna. Este mapa fue digitalizado manualmente en ILWIS (ITC, 1990) a partir de la carta topográfica E14A22 de INEGI (1985b); las cotas tienen intervalos de 20 metros. Las flechas muestran la ubicación de los poblados más relevantes para el estudio y al Lago de Pátzcuaro; se señalan los cerros del predio de Santa Fe.

Vegetación

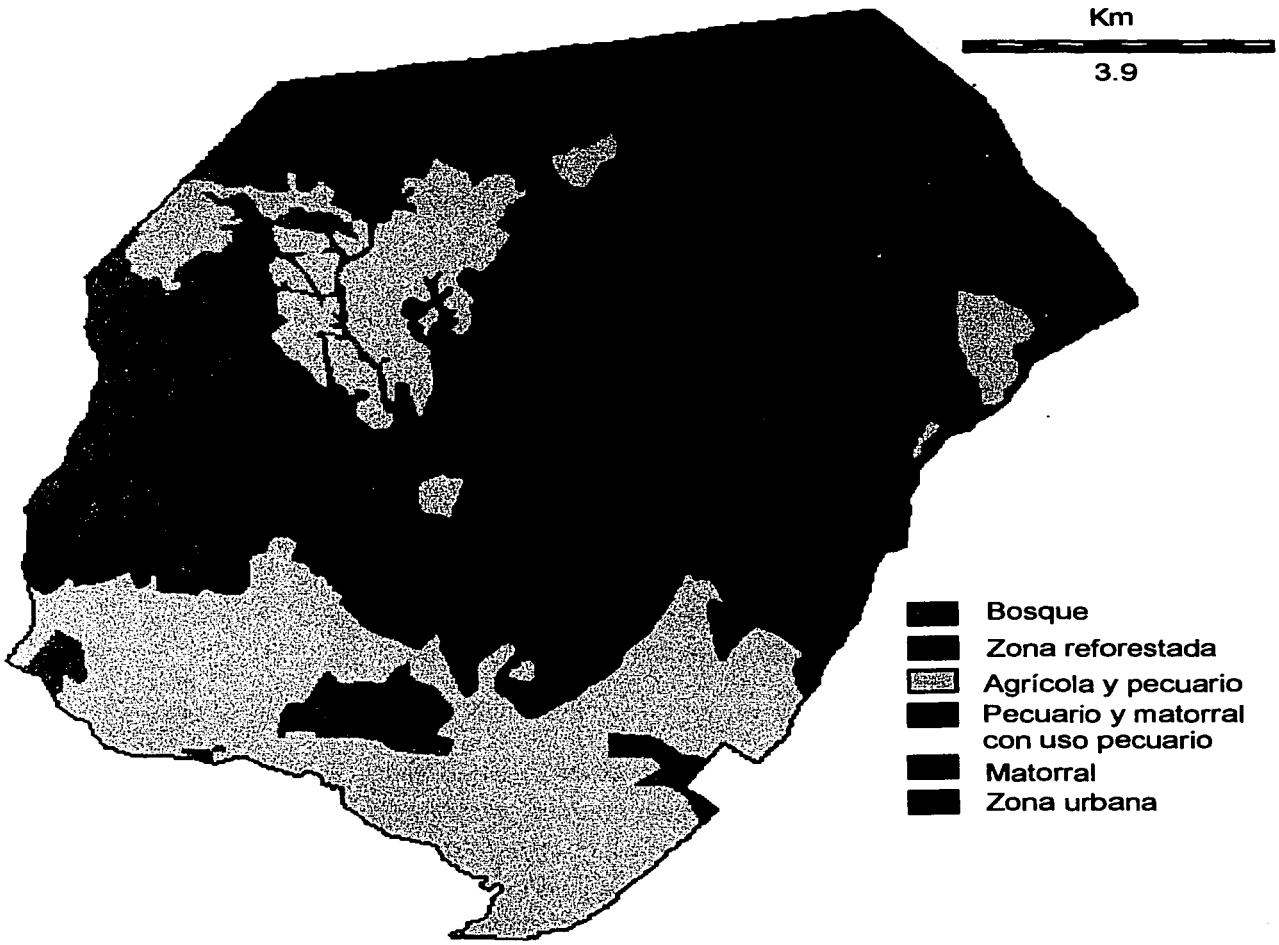
El bosque de Santa Fe de la Laguna abarca 1992 hectáreas de pinares, encinares y bosques mixtos de pino y encino encontrados entre los 2200 y 3300 m snm. El resto del predio corresponde a áreas de uso agrícola (224 ha), pecuario (129 ha), agrícola y pecuario (1086 ha), matorral (986 ha) y matorral con uso pecuario (449 ha); el poblado ocupa 120 hectáreas (Mapa 2).

Según el inventario forestal realizado por Sánchez-Concha (1998a) se llegan a encontrar hasta seis especies de pinos. *Pinus leiophylla* es la especie más común, seguida por *P. michoacana* y *P. herrerai*. En reforestaciones se han recuperado las especies de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae* e introducido al *P. ayacahuite* var. *brachiptera*. En sitios más elevados se pueden encontrar ejemplares de *Abies religiosa* aunque éstos son muy escasos. También hay varias especies de encinos tales como: *Quercus magnoliaefolia, Q. rugosa, Q. crassifolia, Q. castanea, Q. laurina, Q. obtusata* y *Q. scytophylla*. Además, se encuentran otras latifoliadas como *Arbutus xalapensis* (madroño), *Alnus* sp. (aile), *Styrax ramirezii (garrapato), Crataegus mexicana (*tejocote), *Prunus capulli* (capulín), *Fraxinus udeii* (fresno) y *Clethra mexicana* (palo baqueta) (Sánchez-Concha, 1998a).

Actividades económicas

Casi el 70% de los habitantes consideran a la alfarería su actividad primaria (Klooster, enviado). Sin embargo, este es un trabajo poco redituable, puesto que los precios de venta no integran el costo de la labor familiar (la cerámica se elabora dentro del núcleo familiar) ni el valor de los recursos naturales consumidos tales como el barro y la leña. Además, por falta de recursos para abrillantar la cerámica, hay grupos de alfareros que se ven forzados a vender su producción a intermediarios dentro del poblado.

La agricultura por su parte, se ha vuelto una actividad escasa o complementaria a la alfarería y solamente se practica con fines de subsistencia; tan sólo el 3% de la población se dedica a esta actividad (Klooster, enviado). En general, la gente se siente más segura con la producción alfarera puesto que no corren riesgos como la perdida de la cosecha debido a condiciones climáticas desfavorables o a plagas. Por otro lado, muchos de los habitantes tampoco tienen acceso a tierras fértiles o posibilidades económicas para invertir en fertilizantes e insecticidas. En general, las tierras se han degradado tanto que algunos de



Mapa 2. Cobertura y uso del suelo de Santa Fe de la Laguna. Reclasificación del mapa elaborado por GIRA A.C. (Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada) para el proyecto de Ecoproducción.

los cultivos, como el frijol, ya no se dan en los terrenos. Así, las tierras de cultivo se han ido abandonando gradualmente (Gortaire, 1971; Sánchez-Concha, 1998a).

Otro factor que complica la actividad agrícola es el pastoreo que se da libremente en las zonas retiradas y más fértiles, donde es difícil cercar los terrenos contra el ganado. En un censo agropecuario de 1991 se estimó que habían 593 bovinos divididos en 71 dueños. También es común la renta de tierras a ganaderos de Quiroga y poblados vecinos (Sánchez-Concha, 1998a).

Historia del uso del suelo

En 1534 se fundó Santa Fe de la Laguna, con aproximadamente 300 familias y alrededor de 1200 habitantes. Fue un poblado diseñado para ser autosuficiente. Las tierras le pertenecían a todos los habitantes del pueblo, sin poder ser conmutadas, vendidas o enajenadas; cada familia tenía acceso a pequeñas estancias y a desarrollar sus propias huertas en condición de usufructo mientras vivieran dentro del poblado. También habían tierras destinadas al uso común donde todos los pobladores las tenían que trabajar; estas abarcaban un total de 250 hectáreas (Gortaire, 1971).

Para el año 1571, la población había aumentado a 340 familias (Gortaire, 1971). El aprovechamiento del bosque se intensifico y su extensión disminuyó debido tanto a las nuevas construcciones como a la formación de terrenos agrícolas y pastizales mediante la roza, tumba y quema (Brand, 1951). Dicho sistema siguió en práctica hasta hace relativamente poco tiempo.

En el siglo veinte, el bosque fue talado clandestinamente por personas del poblado adyacente (Quiroga) para satisfacer sus necesidades de construcción y cubrir los requerimientos de sus pequeñas industrias de fabricación de juguetes y muebles. En entrevistas con miembros de Santa Fe, se notó que ellos atribuyen el estado deteriorado del bosque a esta extracción clandestina. Mencionan que los habitantes de Quiroga han prácticamente acabado con los oyameles (*Abies religiosa*), afectado fuertemente a algunas latifoliadas como los madroños (*Arbutus xalapensis*) y eliminado los pinos de tallas más grandes. Además se reporta que, en 1967, integrantes de Quiroga tenían bajo su uso el 16% de los pastizales y terrenos agrícolas de Santa Fe. A principios de los ochenta, la mayor parte de estas tierras fueron recuperadas después de disputas políticas y el clandestinaje

cesó dada la organización de grupos de vigilancia (Dimas, 1982; Zarate, 1993; Klooster, 1999).

Por otro lado, las actividades socioeconómicas dentro de Santa Fe han provocado un cambio en el uso del suelo y del bosque. Desde mediados de siglo, la alfarería ha desplazado a las actividades agrícolas debido a las emigraciones temporales, a un menor costo de inversión y a la evasión de los riesgos de la actividad agrícola antes mencionados. A través de entrevistas, se observó que los terrenos agrícolas se han ido abandonando y que se ha incrementado la demanda de leña de pino, puesto que es la especie preferida para la cocción del barro.

Los pobladores han tratado de mejorar el bosque mediante la reforestación de pinos; sin embargo, no hay registros precisos de las superficies reforestadas, ni de las cantidades de árboles plantados, ni del éxito de las reforestaciones. De cualquier forma, según las autoridades del predio, las dos últimas reforestaciones (1998 y 1999) apoyadas por el gobierno no aparentan haber tenido el éxito de las realizadas años atrás. Hay leñadores que no respetan la zona cercada y rehúsan dejar de atravesarla con sus animales de carga (e.g. se tuvieron que colocar trancas como respuesta a las amenazas de cortar el alambrado protector). Además se vio que los muros de piedra, también puestos para delimitar el lugar, tienen partes incompletas y el ganado que ronda libremente puede introducirse a la zona reforestada.

Los incendios forestales también han afectado al bosque, pero desafortunadamente no se ha llevado un registro de ellos. Fue común encontrar troncos con la corteza quemada durante los recorridos por el bosque.

Del bosque se ha obtenido a su vez leña para uso doméstico, en especial para la cocción de alimentos. Actualmente, el 75% de la población utiliza exclusivamente leña y otro 23% es usuario mixto de leña y gas para cocinar alimentos (Masera *et al.* 1997a). El uso de fogones de tres piedras es común y actualmente se esta intentando implementar el uso de estufas ahorradoras de leña para disminuir su consumo. Otra fuente de consumo la constituyen la gran cantidad de fiestas que se celebran en el pueblo durante todo el año; sin embargo, el gasto no se ha cuantificado.

Hábitos de recolección de leña

A partir de las entrevistas y las salidas al campo, se observó que los leñadores comienzan su recorrido de recolección de leña entre las seis y diez de la mañana. Los que madrugan normalmente cruzan al territorio del predio adyacente. Los señores utilizan machete y soga para amarrar la carga a sus espaldas o cuentan con algún burro, mula, yegua o caballo; cuando poseen bestia de carga, usan un hacha en lugar del machete permitiéndoles cosechar más volumen de leña. Las señoras utilizan una hoz y es común que formen grupos para salir al bosque.

Las personas sin bestia de carga van a sitios más cercanos y generalmente necesitan salir por leña casi todos los días. Cuando se necesita más leña de lo que pueden cargar, los niños ayudan, aunque no se les exige que participen activamente en la colecta.

Los hombres y las mujeres a pie generalmente colectan ramas de los arbustos (jara), del suelo y de los árboles. En el suelo encuentran ramas caídas o desperdicios de otros leñadores; para ellos son especialmente útiles las puntas de los árboles talados que los leñadores con hacha consideran muy delgadas e inútiles. Con el machete o la hoz, los leñadores eliminan las hojas para llevarse la pura madera y las hojas se aprovechan para crear una capa amortiguadora entre la espalda y la carga de leña. La gente joven carga bultos más pesados y con ramas que llegan hasta los 7 cm de diámetro. Ellos prefieren madera que ya se encuentra seca porque esta lista para utilizar y es menos pesada.

Los hombres que tienen bestias de carga talan árboles de tallas desde los 10 cm hasta los 45 cm DAP dejando el tocón. Además del tronco también juntan las ramas. Muchas veces no logran cargar toda la madera y la dejan en el bosque para regresar otro día. Por lo general, un hombre no logra acumular más de una a dos cargas debido al tiempo y esfuerzo requerido. Para los leñadores es más fácil cortar pinos secos y reconocen que es mejor para el bosque cortar árboles que están muertos o van a morir, por lo que también escogen árboles plagados. A diferencia, los encinos son cortados vivos porque la madera endurece demasiado una vez que están secos.

Los leñadores tardan de 45 a 150 minutos en la recolección de leña dependiendo tanto del género y edad del leñador como del modo de extracción. Sumado a este tiempo están los 40

a 80 minutos que normalmente demoran en llegar a los sitios de recolección y un tiempo semejante para el regreso, dando un total de 125 a 310 minutos destinados a esta actividad.

Las mujeres que recolectan leña generalmente son solteras, viudas o sus esposos se encuentran fuera del pueblo (migración temporal). En estas circunstancias, las mujeres que se dedican a la alfarería normalmente recurren a comprar pino de vendedores que clandestinamente sacan madera de San Jerónimo, pues no logran recolectar suficiente leña para abastecer las necesidades domésticas y alfareras.

Capítulo V
Impacto forestal del uso de leña

Comparación de muestras del inventario forestal

Los datos del inventario forestal se compararon con los muestreos levantados durante este estudio, con la finalidad de hallar diferencias que, dado el tiempo transcurrido, pudiesen invalidar su empleo. Los resultados demostraron diferencias significativas solamente en el volumen existente y el volumen extraído de latifoliadas en uno de los dos rodales comparados. Son diversos los factores que pudiesen explicar estos resultados. Lo cierto es que, en general, se demuestra que el estado del bosque en 1998 es muy semejante al de 1999, por lo que el empleo de los datos crudos del inventario es aceptable. Los resultados del análisis se muestran en el Anexo 1.

Balance entre demanda y oferta de leña

El balance entre la demanda y la oferta de leña permite una primera aproximación sobre el impacto del aprovechamiento forestal. Como se ha mencionado, en Santa Fe la demanda proviene del uso doméstico (cocción y construcción) y de la elaboración de alfarería. La oferta depende de la productividad del bosque.

Demanda de madera

Masera *et al.* (1997) estimaron un consumo promedio de leña de encino para la cocción de alimentos por familia[12] (con un promedio de 5.16 personas) de 10.44 kg día^{-1}. Esto da un consumo para el poblado de 3947 m^3 año^{-1}, tomando en cuenta las 731 familias que en 1997[13] emplearon leña para la cocción de alimentos.

La construcción de viviendas también requiere de madera. Se estimó que en las casas el techo utiliza un promedio de 2.6 m^3 de pino; sumado a este volumen, está el empleado para el cuarto de cocina que en promedio es de 0.1 m^3 de pino y una misma cantidad de encino. Los pinos utilizados (preferiblemente *Pinus michoacana* y *P. pseudostrobus*) son de 10 a 15

[12] Se midió el consumo de leña durante una semana en seis familias de la comunidad de Santa Fe de la Laguna.
[13] Para pasar de peso a volumen se empleó la densidad estimada para el encino de 0.7 ton m^{-3}.

cm de DAP. Tomando en cuenta las familias que viven en el pueblo, y el tiempo de recambio de la madera, estas cifras dan un consumo total de 73.3 y 6.2 m^3 $año^{-1}$ de pino y encino, respectivamente (GIRA y Sánchez-Concha, 1999).

Para la cocción del barro, el promedio del consumo mensual de leña de pino por horno alfarero es de 835 kg ó 7516 m^3 $año^{-1}$. Para el cálculo se tomaron en cuenta solamente los hornos utilizados regularmente (450 de los 600 encontrados en el pueblo) y una densidad para el pino de 0.6 toneladas por m^3 (Masera *et al.*, 1997a).

Sumando las cifras provenientes de los tres factores generadores de la demanda (alimentación, construcción y alfarería), el consumo total de madera al año es de 11543 m^3. Dado que en la mayoría de los casos la cocción de barro se realiza con coníferas y la cocción de alimentos con latifoliadas, entonces la demanda puede dividirse en 7589 y 3954 m^3 $año^{-1}$ de coníferas y latifoliadas, respectivamente.

Las estimaciones del volumen extraído del bosque realizadas a través de los tocones medidos arroja cifras mucho menores. Para las coníferas y latifoliadas se estima una extracción de 1258 y 1230 m^3 $año^{-1}$, respectivamente, dando un total de 2488 m^3 $año^{-1}$.

La diferencia entre los cálculos de las mediciones directas del consumo y del volumen extraído del bosque se podría deber a una serie de factores. Por un lado, el volumen extraído estimado a través de los tocones da un total que no toma en cuenta la extracción de madera del suelo forestal o de ramas. Por otro lado, como se mencionó en el capítulo anterior, la leña también se obtiene de arbustos y esto no se contempla en este sistema de medición. Además, para las coníferas, la diferencia encontrada también se debe a que gran parte de la demanda se satisface del bosque de la comunidad adyacente, aunque, desafortunadamente, no hay cifras que aproximen la cantidad saqueada.

Oferta de madera

Para obtener el promedio del ICA de las coníferas, se calculó el promedio del volumen existente de los sitios, la media armónica del tiempo de paso y el promedio del DAP de este grupo de árboles. Con la ecuación ya mencionada en el capítulo III, se obtuvo un incremento promedio de 1.95 m^3 ha^{-1} $año^{-1}$, el cual da un total de 3611 m^3 $año^{-1}$ para las 1848 ha

consideradas. El ICA para el grupo de latifoliadas se calculó en el PMF a través de tablas obtenidas de Klepac (1975). La estimación para la comunidad es de 5554 m^3 $año^{-1}$.

En total, el bosque crece 9165 m^3 $año^{-1}$. Asumiendo que los incrementos no se ven afectados por fenómenos ecológicos, ésta sería la cantidad máxima de extracción posible (dividida en las cantidades respectivas para los dos grupos florísticos) para que el bosque no disminuya en volumen. Si la extracción rebasa estas cifras, el incremento disminuiría año con año. Si la extracción es menor, se esperaría que el bosque crezca en volumen existente y que su ICA aumentara año con año.

A pesar de estas cifras, en el PMF (Sánchez-Concha, 1998a) se recomienda extraer solamente 1749 m^3 $año^{-1}$, dividido en 860 y 889 m^3 para coníferas y latifoliadas, respectivamente, con el fin de aumentar el volumen existente.

Balance

El balance se establece restando la demanda de la oferta. En la Tabla 2 se resumen las estimaciones de demanda y oferta y se muestran los balances calculados. El panorama con mayor déficit total está al restar el valor del consumo estimado por mediciones directas ("consumo") al de la oferta especificada en la recomendación técnica del PMF (-9794 m^3). El déficit disminuye considerablemente (-740 m^3) al utilizar el calculo de la demanda según los árboles talados ("por extracción"). Cuando el balance se hace entre el ICA y la extracción medida a través de los tocones ("por extracción") se llega a tener un excedente (6676 m^3).

Santa Fe no funciona como un sistema cerrado, por lo que los datos de demanda y oferta se tienen que tomar con cautela. Hay una diferencia (-9055 m^3) considerable entre la demanda calculada a partir del consumo directo de las viviendas y aquella tomada de los tocones; la discrepancia se divide en 2724 y 6331 m^3 para latifoliadas y coníferas, respectivamente. Esto se puede atribuir a tres factores: a) hay leña obtenida de la comunidad de San Jerónimo, b) los tocones medidos sólo contemplan diámetros $\geq$ 15 cm, c) se extrae leña de arbustos y d) se aprovechan ramas sobre los suelos forestales o de árboles en pie.

Tabla 2. Balance entre la demanda y la oferta de madera. Por consumo = estimaciones obtenidas a partir de las mediciones directas realizadas por Masera *et al.* (1997a) y los cuestionarios sobre construcción de viviendas, Por extracción = estimaciones obtenidas mediante el cálculo de volumen correspondiente a los tocones, ICA = estimaciones del incremento corriente anual, Recomendación técnica = estimación recomendada en el Programa de Manejo Forestal del predio (Sánchez-Concha, 1998a).

	Fuente	Latifoliadas	Coníferas	Total
Demanda (m^3 $año^{-1}$)	Por consumo	3954	7589	11543
	Por extracción	1230	1258	2488
Oferta (m^3 $año^{-1}$)	ICA	5554	3611	9165
	Recomendación técnica	889	860	1749
Balance (m^3 $año^{-1}$)	ICA – consumo	1600	-3978	-2378
	Recomendación técnica – consumo	-3065	-6729	-9794
	ICA – extracción	4323	2353	6676
	Recomendación técnica – extracción	-341	-398	-740

Las cifras de oferta también difieren. Entre el ICA y el volumen de extracción sugerido en el PMF ("Recomendación técnica") hay 7416 m^3 de diferencia. La sugerencia de extracción de volumen en la recomendación técnica se basa en los fustes y eso es solamente una de las formas que los leñadores aprovechan el bosque para obtener leña; por otro lado, las cifras están dadas para que haya un crecimiento de biomasa forestal. Por estas razones, los resultados de un balance usando la recomendación técnica y el consumo medido directamente en las viviendas ("consumo") sería errado. Tampoco es adecuado usar el ICA y la extracción medida por los tocones ("extracción") puesto que esta última es una subestimación de la demanda. Sigue habiendo un déficit, pero mucho menor (-739 m^3), en el caso del balance usando la recomendación técnica y la "extracción"; estos son parámetros que coinciden más que el resto en sus criterios (se basan en los fustes). En el balance usando el ICA y el "consumo" hay un excedente con las latifoliadas (1600 m^3) pero no así con las coníferas (-3978 m^3). Aquí caemos en el problema de que no tenemos cifras de cuánto volumen de pino se extrae de San Jerónimo por lo que sería riesgoso concluir que se está minando el recurso de coníferas en el bosque de Santa Fe.

Estado del bosque

El bosque de Santa Fe de la Laguna está fragmentado; los parches de bosque se concentran sobre los cerros y terrenos de pendientes acentuadas. En la Tabla 3 se muestran algunas de las características del bosque. La cobertura, densidad (no. de árboles) y volumen existente (existencias) dejan ver que el bosque es muy heterogéneo.

El porcentaje de cobertura de las copas oscila entre 20 y 60% con un promedio de 45%. Se notó que en las zonas más abiertas hay un fuerte crecimiento del estrato arbustivo. La densidad, por su parte, presenta una variación de 30 a 890 árboles ha^{-1} con un promedio de 240 árboles ha^{-1} y el volumen oscila entre 4.6 y 439.8 m^3 ha^{-1} con un promedio de 89 m^3 ha^{-1}.

Hay un mayor número y volumen promedio por hectárea de latifoliadas (existencias) que de coníferas. Además existe, en términos porcentuales, una mayor extracción de coníferas (11 y 10% para el número y volumen de coníferas, respectivamente, en comparación de 8 y 6% para las latifoliadas).

Tabla 3. Descripción de parámetros poblacionales para el bosque de Santa Fe de la Laguna. N = número de muestras, D.E. = desviación estándar.

	N	Promedio	D. E.	Varianza	Valor mínimo	Valor máximo
Cobertura (%)	23	44.7	11.2	124.6	20	60
No. árboles ha^{-1}	67	239.7	141.0	19868.6	30	890
Existencias (m^3 ha^{-1})	436	89.3	69.5	4832.3	4.6	439.8
Extracciones anuales (m^3 ha^{-1})	436	1.4	9.2	84.1	0.0	184.4
No. coníferas ha^{-1}	67	79.0	97.7	9543.7	0	470
No. latifoliadas ha^{-1}	67	160.7	146.2	21380.1	0	890
Existencias coníferas (m^3 ha^{-1})	436	33.6	43.6	1901.2	0.0	247.8
Existencias latifoliadas (m^3 ha^{-1})	436	55.7	65.8	4334.0	0.0	432.9
Extracciones anuales coníferas (m^3 ha^{-1})	436	0.68	2.8	7.6	0.0	47.6
Extracciones anuales latifoliadas (m^3 ha^{-1})	436	0.67	6.8	46.5	0.0	136.7

Actualmente se extraen 1.4 m^3 ha^{-1} $año^{-1}$ (extracciones) lo que equivale a 1.5% de la vegetación. La mayoría de esta extracción proviene de árboles entre los 15 y 30 cm de diámetro (Tabla 4). Para las coníferas, el 87% de los tocones están en las categorías diamétricas de 15 a 30 cm y no se encontró ningún tocón que rebasara los 45 cm de diámetro. Para las latifoliadas, casi el 66% de los tocones pertenecen a dichas categorías de diámetro. Desafortunadamente, no se midieron los tocones con diámetro menor a 15 cm, lo que constituye una limitación para el análisis.

Tabla 4. Porcentaje de tocones encontrados, por categoría diamétrica, en el bosque de Santa Fe.

Categoría de diámetro (cm)	% de tocones de coníferas	% de tocones de latifoliadas
15	30.4	13.8
20	20.0	20.7
25	6.5	6.9
30	30.4	24.1
35	10.9	10.3
40	2.0	6.9
45	0	3.4
50	0	6.9
60	0	3.4
90	0	3.4

En la Figura 6 se observa la estructura de tamaños de coníferas y latifoliadas, la cual se asemeja a una "J" invertida. El mayor porcentaje de individuos corresponde a renuevos e incorporados. Para las coníferas, los renuevos y los incorporados constituyen el 54 y 44% de los individuos, respectivamente; para las latifoliadas, los renuevos e incorporados abarcan el 46 y 53%, respectivamente. Esto indica que el bosque se está regenerando y que en el futuro una gran cantidad de estas plántulas van a incrementar considerablemente el volumen y la densidad del bosque. En la figura se observa a su vez que el número total de latifoliadas por hectárea en la categoría diamétrica de 15 cm es 365% mayor al de coníferas. De hecho, las coníferas tienen un promedio de individuos menor que las latifoliadas para todas las

categorías de DAP y el número de renuevos sugiere que hay una mayor regeneración de latifoliadas.

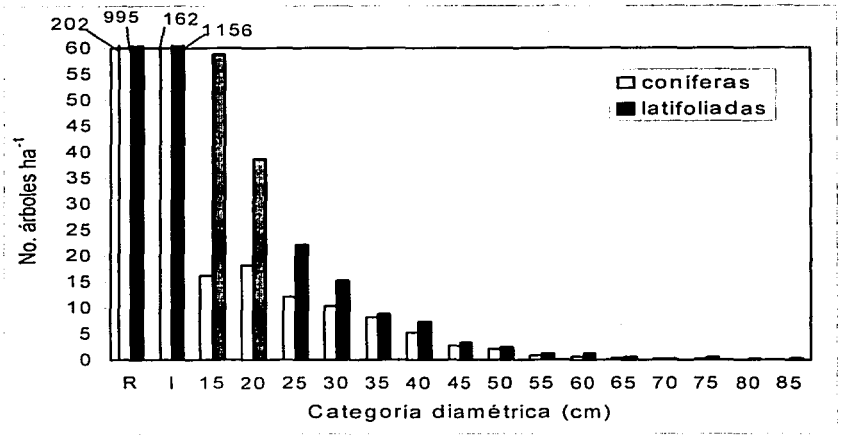


Figura 6. Estructura de tamaños de latifoliadas y coníferas para el bosque de Santa Fe de la Laguna. R = renuevos (0 - 7.5 cm DAP), I = incorporados (7.5 –15 cm DAP).

Para la determinación del estado del bosque con respecto a una comunidad "control", el bosque de Santa Fe de la Laguna se comparó con el de San Jerónimo Purenchécuaro. San Jerónimo es un poblado adyacente que presenta una comunidad vegetal con las mismas condiciones edáficas y climáticas, pero el aprovechamiento difiere debido a diferencias socioeconómicas[14]. La comparación realizada (Tabla 5) muestra que, aunque el poblado de Santa Fe tiene más hectáreas totales de bosque, el área por habitante y el porcentaje de superficie arbolada es semejante entre los dos predios. Sin embargo y como se ha mencionado, el aprovechamiento que se hace del bosque si marca diferencias. El 99% de los habitantes de Santa Fe depende de su bosque para la cocción de alimentos y otro 70% para la producción alfarera, mientras que en San Jerónimo el 80% cocina con leña (de éstos, el 68% corresponde a usuarios mixtos de leña y gas) y el tipo de artesanías elaboradas no requieren del uso de madera. Por ello, Santa Fe tiene un mayor aprovechamiento del bosque

[14] La información sobre San Jerónimo Purenchécuaro se tomó del *Programa de Manejo Forestal de Tipo Especial para el Predio "Comunidad Indígena San Jerónimo Purenchécuaro" Ubicado en el Municipio de Quiroga* (Sánchez-Concha, 1998b).

en cuanto a la extracción de leña (especialmente de pinos por las necesidades artesanales) y esto nos permite, al comparar la vegetación, valorar el efecto de la extracción de leña en el estado del bosque.

Otro punto importante de la comparación realizada es que la presencia de ganado vacuno en Santa Fe es más de cuatro veces la cantidad presente en San Jerónimo. Esta actividad no debe omitirse del análisis pues también es una determinante del estado del bosque y es por ello tiene que considerarse en la valoración del impacto.

Actualmente, el promedio de latifoliadas por hectárea en Santa Fe es más del 300% de las encontradas en San Jerónimo. De forma contraria, Santa Fe presenta la mitad de coníferas que San Jerónimo. Esto sugiere que el aprovechamiento de pino para la cocción de barro en Santa Fe ha disminuido este recurso, favoreciendo a las latifoliadas. En San Jerónimo, el aprovechamiento se ha centrado en las latifoliadas y el abandono de terrenos agrícolas, unas décadas atrás, ha estimulado la recolonización por pinos. El impacto por ganado podría ser otro factor responsable de la distribución de grupos florísticos observada en Santa Fe. La presencia de ganado con acceso libre al bosque afecta la sobrevivencia de las plántulas, especialmente a la regeneración de pinos; los encinos son más resistentes debido a la capacidad de regeneración vegetativa.

Los resultados permiten concluir que el bosque de Santa Fe presenta un impacto heterogéneo, pues hay una alta variación en la densidad, en el volumen y en la cobertura de los dos grupos florísticos. Dicho impacto ha sido generado tanto por la extracción de leña como por la presencia de ganado vacuno y los antecedentes agrícolas. Por otro lado, las actividades comerciales (alfarería) que tiene el poblado están requiriendo una demanda de madera de pino que su bosque no puede satisfacer sin tener consecuencias ambientales negativas. Aunque sin cifras exactas, sabemos que la madera de coníferas también se toma del poblado adyacente y por lo tanto que el bosque de Santa Fe no recibe toda la presión. El beneficio a nivel local puede resultar engañoso, toda vez que no hay un acuerdo legal para la extracción de pinos de San Jerónimo, ni sus pobladores están recibiendo beneficios por la madera que extraen los leñadores de Santa Fe. Esto podría generar problemas futuros, entre ambas comunidades, que influyan negativamente en el aprovechamiento de los recursos de la zona.

Tabla 5. Comparación entre Santa Fe de la Laguna y San Jerónimo Purenchécuaro.

	Santa Fe de la Laguna	San Jerónimo Purenchécuaro
Antecedentes de aprovechamiento del bosque	Tala clandestina y de subsistencia	Tala clandestina y de subsistencia; resinación; 500 m^3 talados por efectos de plagas (1995)
Habitantes	4005	1991
Viviendas totales	775	476
Viviendas que cocinan exclusivamente con leña (%)	75	12
Viviendas que cocinan con leña y gas (%)	24	68
Promedio de pendientes (%)	25	20
Altitud del bosque (m snm)	2040-3345	2040-3360
Cabezas de ganado vacuno	593	120-130
Pescadores (%)	3	4
Agricultores (%)	3	4
Artesanos (%)	68	34
Comerciantes (%)	21	12
Profesionales (%)	2	15
Emigración (%)	3	32
Tipo de artesanías	Alfarería; elaboración de delantales bordados	Figuras en popote; trabajos de cera; elaboración de vestidos
Superficie arbolada (%)	40	42.3
Superficie arbolada (ha)	1926*	1312
Superficie arbolada por habitante (ha)	0.50	0.66
Cobertura promedio de copas (%)	45	57
Volumen promedio de coníferas (m^3 ha^{-1})	33.54	66.87
Volumen promedio de latifoliadas (m^3 ha^{-1})	55.71	18.12

(Tabla 5. Continúa)

	Santa Fe de la Laguna	San Jerónimo Purenchécuaro
Coníferas extraídas (m^3 ha^{-1} $año^{-1}$)	0.68	0.32
Latifoliadas extraídas (m^3 ha^{-1} $año^{-1}$)	0.67	1.42
Recomendación técnica de corta de coníferas (m^3 ha^{-1} $año^{-1}$)	0.43	1.01
Recomendación técnica de corta de latifoliadas (m^3 ha^{-1} $año^{-1}$)	0.45	0.31

*No se esta tomando en cuenta las 66 hectáreas reforestadas que corresponden a una zona protegida por cuestiones religiosas.
Fuente: Masera, *et. al.* 1997a; Masera *et. al.* 1997b; Sánchez-Concha, 1998a; Sánchez-Concha, 1998b; Klooster, enviado.

Capítulo VI

Influencia del acceso físico sobre el impacto ambiental

Accesibilidad física al bosque

El bosque se puede dividir en zonas según el tiempo que se requiere para llegar a ellas y así analizar como se relaciona el impacto forestal con la accesibilidad al bosque. La distancia lineal, por sí sola, no da un panorama real del tiempo de acceso, pues la topografía también afecta la velocidad de desplazamiento. Como consecuencia, se midió el tiempo de desplazamiento de leñadores en tres categorías de pendientes y bajo diferentes condiciones de desplazamiento (a favor/en contra de pendiente, con/sin carga). Además, se tomaron en cuenta a los 3 tipos de leñadores existentes, i.e. mujeres, hombres con bestia de carga y hombres sin bestia de carga.

Para el análisis se transformaron los tiempos de desplazamiento a velocidades. Las velocidades se compararon entre las distintas categorías y direcciones de pendientes. En la Tabla 6 se muestra que la magnitud de la pendiente genera diferencias significativas entre las velocidades de desplazamiento de leñadores, pero no así las direcciones a favor y en contra de la pendiente dentro de cada grupo.

Tabla 6. Prueba de Tukey entre los tiempos de desplazamiento de leñadores en las distintas categorías de pendientes. Los valores de cada grupo corresponden a los promedios de velocidad en m hr^{-1} en distancia horizontal. Los subconjuntos son grupos que presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Los grupos de un mismo subconjunto no tienen diferencias significativas ($p > 0.99$).

Pendiente (%)	Dirección	Subconjuntos 1	2	3
0–15	en contra	4409		
0–15	a favor	4490		
15–30	en contra		3015	
15–30	a favor		2845	
30–45	en contra			1835
30–45	a favor			1623

Dado que no se encontraron diferencias significativas en las velocidades de desplazamiento a favor y en contra de la pendiente, los análisis subsecuentes se realizaron considerando únicamente las categorías de pendientes. En la Tabla 7 se muestra la velocidad de desplazamiento para cada uno de los tipos de leñadores considerados. En este análisis más detallado se siguen observando las diferencias en la velocidad de desplazamiento pero, adicionalmente, dentro de cada categoría se observa una tendencia de aumento en la velocidad del tipo M < H < H/B. Es importante destacar la ausencia de mujeres con bestia de carga y la presencia única de hombres con bestia de carga en la categoría de pendiente de 30–45%.

Tabla 7. Velocidad de desplazamiento de leñadores en tres categorías de pendientes. Los valores están convertidos a distancias horizontales. M = mujeres, H = hombres, H/B = hombres con bestias de carga, N = número de muestras, D.E. = desviación estándar, E.E. = error estándar.

Pendiente (%)	Tipo de leñador	N	Promedio (m hr^{-1})	E.E.	D.E.	Varianza
0–15	M	14	4039	145	544	295644
	H	13	4300	87	313	97751
	H/B	24	4765	114	559	312248
15–30	M	5	2565	336	752	565928
	H	9	2781	217	651	424007
	H/B	8	3326	202	571	325843
30–45	H/B	7	1744	70	184	33913

En la Tabla 8 se comparan estadísticamente las velocidades de desplazamiento de cada tipo de leñador en las distintas categorías de pendientes. Las diferencias significativas entre las velocidades de desplazamiento de leñadores se encuentran en la categoría de pendiente 0–15%, entre los hombres que tienen bestias de carga y los leñadores a pie (mujeres y hombres). Para los demás casos no hay diferencias significativas. Puesto que las diferencias sólo se dan en los casos mencionados y que al pasar las velocidades al mapa, las diferencias existentes se vuelven minimas dada la escala, se optó por tratar de forma conjunta a las velocidades de desplazamiento de los distintos tipos de leñadores.

Tabla 8. Comparación estadística de la velocidad de desplazamiento (m hr^{-1}) de los leñadores en cada categoría de pendiente. La categoría de pendiente 30-45% presenta solamente un tipo de leñador (hombres con bestias de carga) por lo que no se realiza la prueba. M = mujeres, H = hombres, H/B = hombres con bestias de carga, E.E. = error estándar.

Pendiente (%)	Tipo de leñador (I)	Tipo de leñador (J)	Diferencia entre promedios (I-J)	E.E.	p	Intervalo de confianza (95%)	
						Mínimo	Máximo
0–15	M	H	-260	194	0.380	-730.0	209.1
	M	H/B	-726	170	**0.000***	-1136.2	-316.2
	H	H/B	-466	174	**0.026***	-885.6	-45.9
15–30	M	H	-216	361	0.823	-1131.5	700.2
	M	H/B	-761	369	0.124	-1697.3	174.8
	H	H/B	-546	314	0.218	-1343.5	252.2

*hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los promedios.

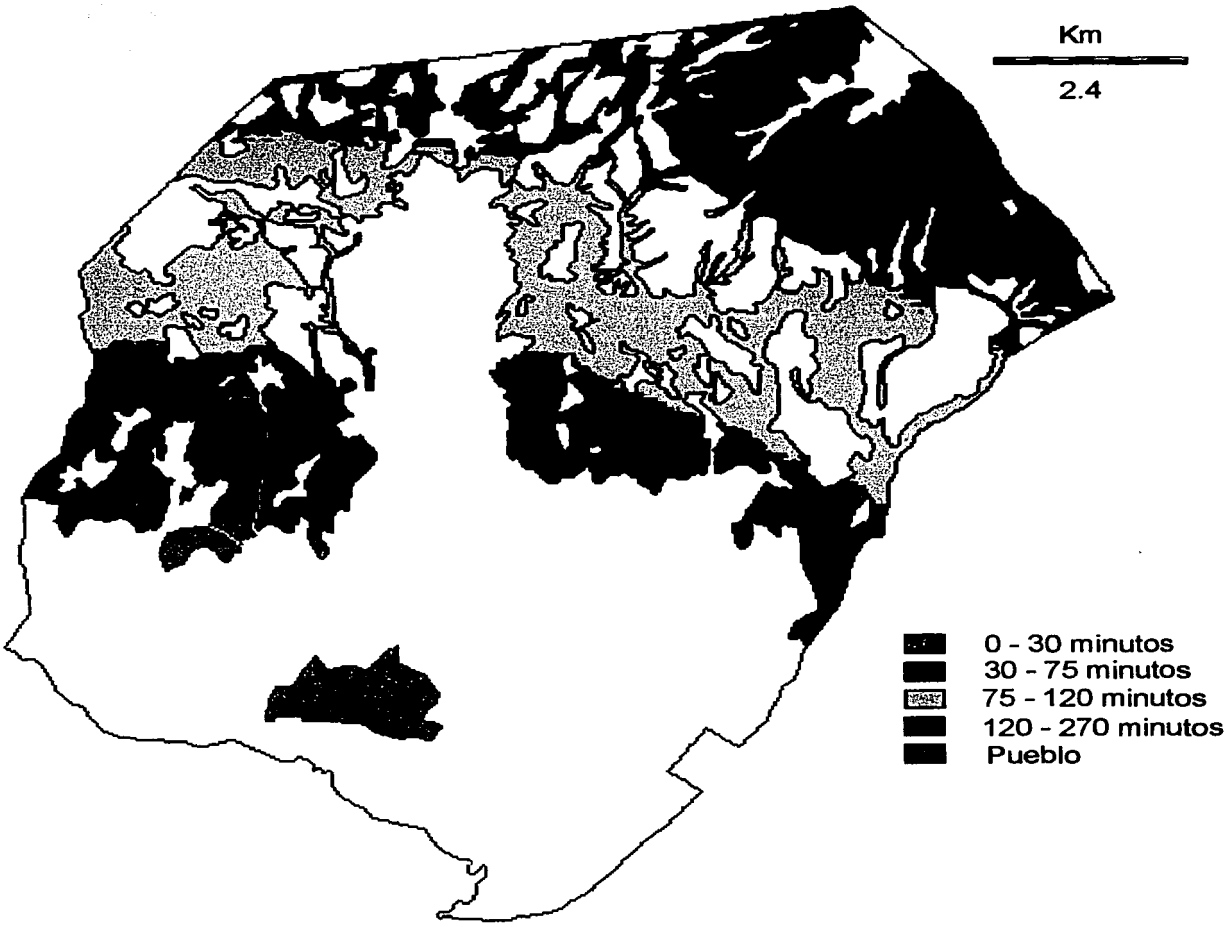
En la Tabla 9 se muestran los valores de velocidad y del pixel que se utilizaron para la elaboración del mapa de tiempo de acceso físico al bosque. La velocidad de metros por hora se convirtió a segundos por cada 10 metros, puesto que los pixeles del mapa están a una escala de 10 x 10 metros. El módulo COST de IDRISI funciona con valores relativos, de este modo, la primera categoría de pendiente (0–15%) correspondería al valor base de 1.00; el resto se calcula a partir de este valor.

Tabla 9. Velocidad promedio de desplazamiento de leñadores en las tres categorías de pendientes y su respectivo valor de pixel. N = número de muestras.

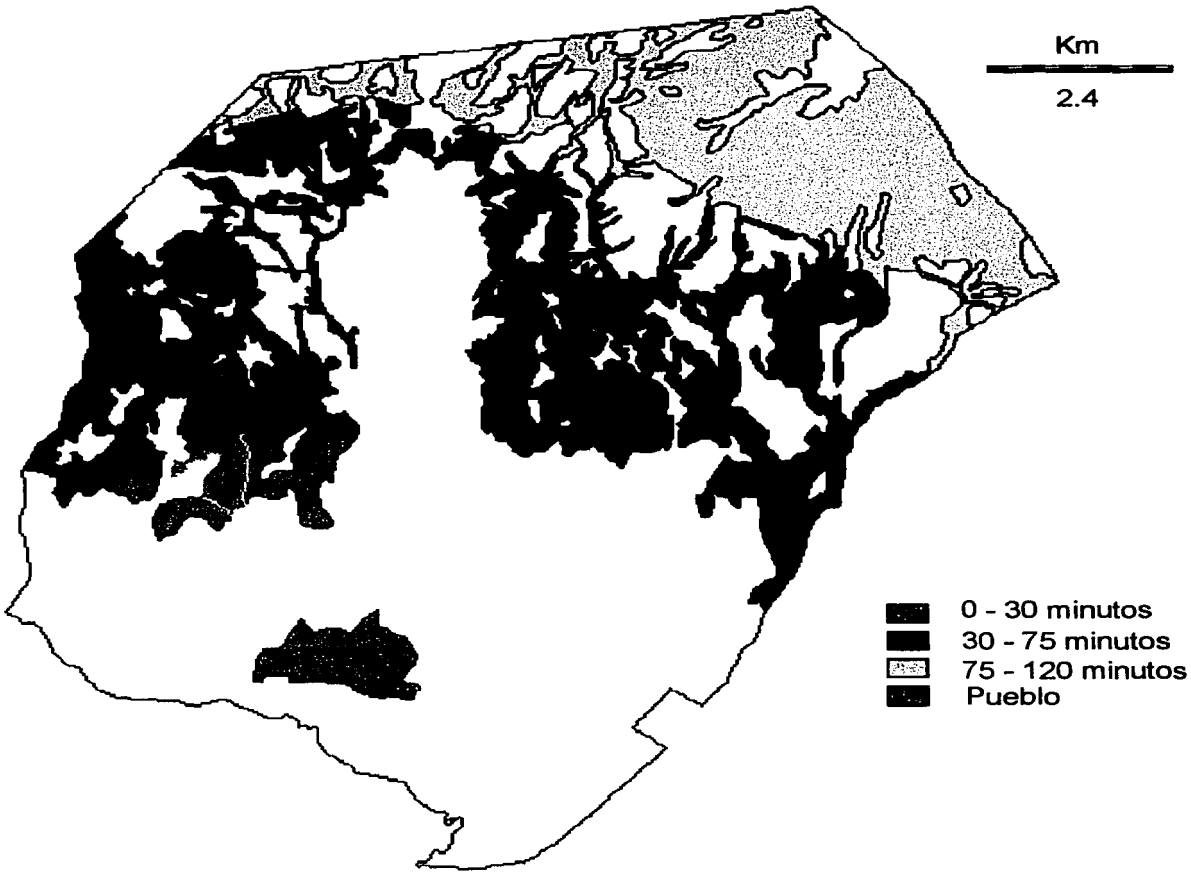
Pendiente (%)	N	Velocidad ($m\ hr^{-1}$)	Velocidad (seg. 10 m^{-1})	Valor del pixel
0–15	61	4450	8.1	1.00
15–30	22	2930	12.3	1.52
30–45	7	1729	20.8	2.57

Con estos valores se elaboró el mapa de tiempo de acceso físico al bosque tomando en cuenta la distancia desde el poblado y la topografía del predio (Mapa 3). El Mapa 3 muestra que las zonas más accesibles están a menos de media hora del poblado, mientras que las más retiradas están a casi 5 horas.

Con el Mapa 4 se aprecia con más claridad el efecto de las pendientes en el tiempo de acceso al bosque. En éste, el tiempo de acceso físico se calculó asumiendo un terreno plano para toda la comunidad. La velocidad de desplazamiento de los leñadores equivale a la obtenida en las mediciones de campo para la primera categoría de pendientes (0–15%), es decir, 4450 m hr^{-1} u 8 segundos para desplazarse 10 metros. De este modo, las zonas más lejanas quedan a dos horas de camino. Es evidente que las pendientes generan un factor de resistencia importante que influye fuertemente en el tiempo de acceso al bosque. En la Tabla 10 se muestran las hectáreas de superficie dentro de cada categoría de tiempo de acceso físico.



Mapa 3. Tiempo de acceso al bosque considerando la distancia del pueblo y el relieve. Elaborado en IDRISI (Eastman, 1997). Las zonas en blanco corresponden a superficies sin bosque y la zona delimitada con amarillo corresponde a un área reforestada.



Mapa 4. Tiempo de acceso considerando solamente la distancia al poblado. Elaborado en IDRISI (Eastman, 1997) asumiendo una superficie plana. Las regiones en blanco corresponden a superficies no cubiertas de bosque y la zona delimitada con amarillo corresponde a un área reforestada.

Tabla 10. Superficie de bosque contenida en cada categoría de tiempo de acceso. Las categorías fueron determinadas según la distancia al poblado y el efecto de la topografía.

Categoría de acceso (tiempo en minutos)	Acceso según distancia lineal (ha)	Acceso según distancia lineal y topografía (ha)
1 (0–30)	54	15
2 (30–75)	1158	771
3 (75–120)	636	564
4 (120–270)	-	498

Impacto por tiempo de acceso al bosque

Los porcentajes de cobertura arbórea son semejantes de la segunda a la cuarta categoría de acceso; todos se aproximan al 45%. A diferencia, en la zona más accesible del bosque los árboles tan sólo alcanzan una cobertura del 20% (Figura 7). La cobertura juega un papel importante porque ejerce un control biótico sobre el microclima del sitio: cuando las bosques son muy abiertos, como en la primera categoría de acceso, la temperatura aumenta y se pierde humedad (Barbour *et al.* 1999). Estas condiciones favorecen la regeneración de algunas especies de pinos, puesto que requieren de mucha luz para su sobrevivencia y crecimiento.

El volumen[15] total de madera en el bosque aumenta junto con el tiempo de acceso (Figura 8). Sin embargo, se encontraron diferencias al analizar los grupos arbóreos por separado. El volumen de latifoliadas mantiene el patrón de aumento mencionado, pero sucede lo contrario con las coníferas, esto es, su volumen disminuye con el tiempo de acceso. Hay un cambio gradual en el tipo de vegetación dominante a medida que el bosque es menos accesible: de ser predominantemente un bosque de coníferas pasa a uno de latifoliadas.

[15] Hay una correlación positiva entre el volumen y la densidad, por lo que el análisis se hizo a partir de los resultados del primero (ver Anexo 2).

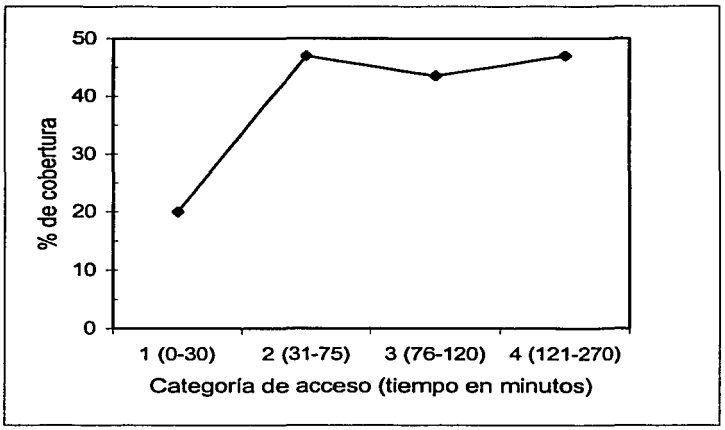


Figura 7. Relación entre porcentaje de cobertura arbórea y zonas de distinto tiempo de acceso. El porcentaje de cobertura de los grupos florísticos de latifoliadas y coníferas se refiere al espacio vertical ocupado por las copas de los árboles.

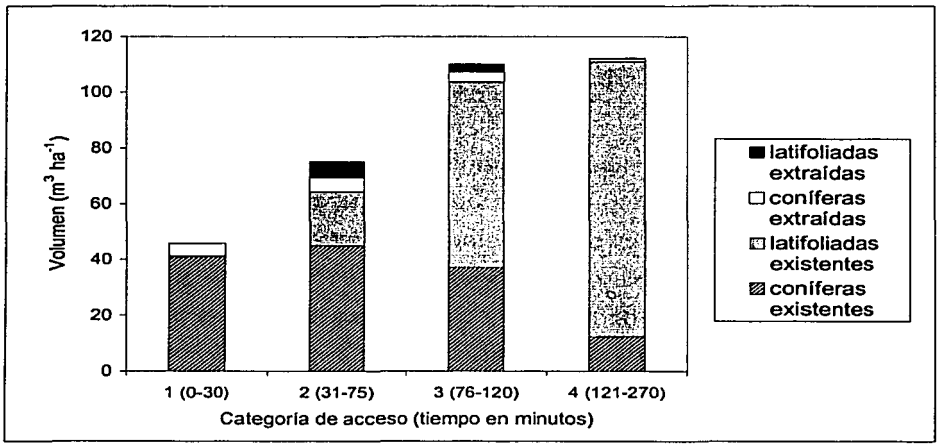


Figura 8. Relación entre volumen arbóreo y zonas de distinto tiempo de acceso. El volumen extraído corresponde a los árboles talados en los últimos cinco años de los cuales permanece el tocón; el volumen existente corresponde a los árboles encontrados físicamente en el bosque.

En la zona más accesible, casi el 90% de la vegetación existente corresponde a coníferas y cerca del 10% a coníferas extraídas en los últimos 5 años. Aquí la presencia de latifoliadas es mínima. Cabe notar que el área del acceso 1 corresponde solamente a 15 hectáreas y por lo tanto esto no significa que el predio tenga una gran cantidad de coníferas para ofrecer. También vale mencionar que dicha zona fue reforestada con plantas de este grupo hace 15 ó 20 años y, como veremos más adelante, sus tallas no rebasan los 35 cm de DAP.

Los patrones de distribución descritos pueden deberse a que las condiciones físicas del terreno los favorecen o a que el manejo que históricamente se le ha dado al bosque así lo haya determinado. Con respecto al primer factor, puede decirse que aunque hay tres tipos de suelos, todos desarrollan bosques mixtos de encinos y de pinos. Los dos tipos de clima encontrados en la comunidad favorecen distintas especies, pero todas de coníferas y latifoliadas (Rzedowski, 1988). Con estas características se puede decir que la vegetación encontrada no es atípica de las condiciones físicas del terreno, pero no podemos hacer un análisis más preciso puesto que nuestros datos están a nivel de género.

Los patrones de aprovechamiento de los grupos florísticos nos permiten aclarar más sobre la distribución actual. En el poblado existen preferencias claras entre los recursos y sus usos finales. Como se ha mencionado, la madera de pino es apreciada para la cocción de barro en la producción alfarera y para el techado de las casas, mientras que la leña de latifoliadas es preferida para la cocción de alimentos. Ello ha producido que las latifoliadas tengan más tiempo de ser aprovechadas, pues no fue hasta mediados del siglo pasado que los pinos comenzaron a ser muy cotizados debido al auge de industrias alfareras dentro del poblado. La explotación de latifoliadas no ha presentado un problema en cuanto al deterioro del bosque, pues el recurso sigue siendo abundante y suficiente[16]. No es igual el caso de las coníferas; durante los años 70 y 80 su demanda y saqueo por parte del poblado de Quiroga fue desmesurada (las zonas retiradas del poblado de Santa Fe son las más accesibles para el de Quiroga, i.e., las zonas de acceso 3 y 4 del Mapa 3) y actualmente, la demanda de leña de los alfareros de Santa Fe también es importante.

[16] Aunque según las entrevistas realizadas no había que ir tan lejos para obtener latifoliadas una generación atrás, por lo que es probable que la zona de acceso 1 sí haya sufrido un deterioro ya sea por el aprovechamiento de leña o por los efectos de la ganadería y/o agricultura.

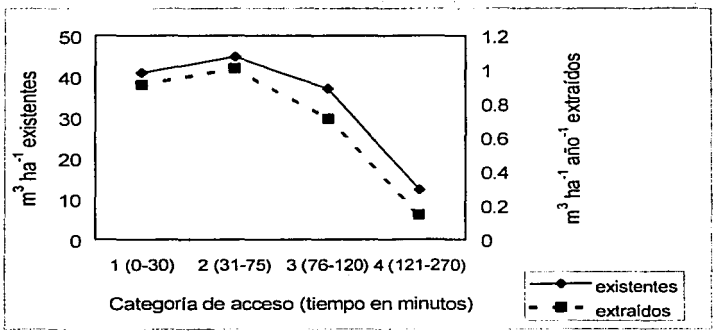
Al analizar los patrones de extracción vemos que la segunda categoría de acceso tiene el mayor porcentaje de latifoliadas extraídas en relación con sus existencias (Tabla 11). En efecto, el 29% de las latifoliadas o casi la tercera parte del recurso de esta categoría de acceso fue extraída en los últimos cinco años. Para las coníferas, el porcentaje extraído es muy semejante en las distintas zonas de acceso, aunque la cantidad de volumen extraído va disminuyendo con la menor accesibilidad física de las zonas. Para las coníferas, las curvas de existencia y extracción obedecen a un mismo patrón (Figura 9), es decir, la intensidad de extracción coincide con la cantidad de coníferas encontradas. De este modo, la extracción de coníferas puede estar determinada por la abundancia y calidad del recurso, la facilidad de acceso o ambos factores.

Tabla 11. Volumen extraído con respecto a las existencias totales por categoría de acceso. El porcentaje se calculo en los últimos cinco años.

Categoría de acceso (minutos)	Latifoliadas (%)	Coníferas (%)
1 (0–30)	0	11
2 (30–75)	29	11
3 (75–120)	4	10
4 (120–270)	1	6

Para las latifoliadas, la cantidad volumétrica extraída disminuye a partir de la categoría de acceso 2 junto con la disminución en la accesibilidad física del bosque, a pesar de que el recurso es más abundante. En la zona de acceso 1, la escasa oferta de latifoliadas es la responsable de que sea mínima la tala de este grupo florístico. Sin embargo, esto no quiere decir que ahí no se este recolectando leña para uso doméstico. En las salidas al campo se vio que las mujeres efectivamente iban a esa zona, pero aprovechaban tanto "desechos" de otros leñadores que talan pinos completos como leña de arbustos y ramas de latifoliadas que en este método no están contempladas. Así, la obtención de latifoliadas, en cuanto a la tala de árboles enteros, obedece el patrón de accesibilidad física; la mayor extracción está en la zona donde el recurso es más accesible y después disminuye independientemente de la oferta del recurso.

Coníferas



Latifoliadas

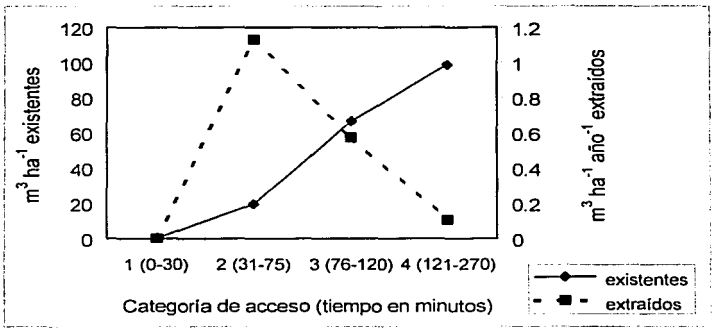


Figura 9. Relación entre volumen existente y extraído en zonas de distinto tiempo de acceso. El volumen existente corresponde a los árboles encontrados físicamente en el bosque y el volumen extraído corresponde a los árboles talados anualmente (los valores presentan fracciones puesto que son promedios de extracción).

La estructura de tamaños para ambos grupos florísticos en las distintas categorías de acceso se observa en la Figura 10. Para las coníferas, la primera categoría de acceso presenta individuos de tallas muy semejantes y una estructura relativamente plana. Esto se debe a la ya mencionada reforestación del área. Resulta interesante que no haya presencia de regeneración. En la segunda categoría de acceso, la estructura se asemeja a una J invertida, patrón esperado para una población normal de árboles (Barbour *et al.*, 1999). Las dos zonas menos accesibles tienen una estructura plana; presentan sin embargo, junto con la segunda categoría de acceso, individuos de tallas más grandes que el acceso 1 (con DAPs de hasta 75 cm) e individuos de regeneración. Se puede decir que la mejor situación para las coníferas se encuentra en la segunda categoría de acceso, donde no sólo hay más individuos sino que están distribuidos de manera adecuada en términos de lo esperado para una población sana. La última categoría de acceso (120 a 270 minutos) es la más impactada actualmente, pero la regeneración indica que podría aumentar su volumen en el futuro.

Para las latifoliadas, en la categoría de acceso 1, todos los individuos pertenecen a la categoría diamétrica de 15 cm o a incorporados. A partir de la segunda categoría de acceso, la estructura de tamaños de latifoliadas forma una curva semejante a la J invertida y los árboles llegan a tener tallas de 85 cm de DAP. Tener individuos de estos tamaños es especialmente importante porque se ha visto que la etapa de mejor fructificación[17] de los *Quercus* está entre los 50 y 150 años; esta etapa corresponde a DAPs entre 75 y 80 cm (Montoya, 1988). De la segunda a la tercera categoría de acceso, la cantidad de individuos con DAP entre 15 y 30 cm aumenta considerablemente. En general, la región encontrada entre 75 y 270 minutos del pueblo (la zona menos accesible) presenta la mejor situación para las latifoliadas, dada la estructura y cantidad de individuos encontrados, mientras que la primera categoría de acceso (0–30 minutos) muestra la peor situación. En esta última sin embargo se presenta una clara regeneración.

[17] Cantidad de fruto por unidad de superficie de copa.

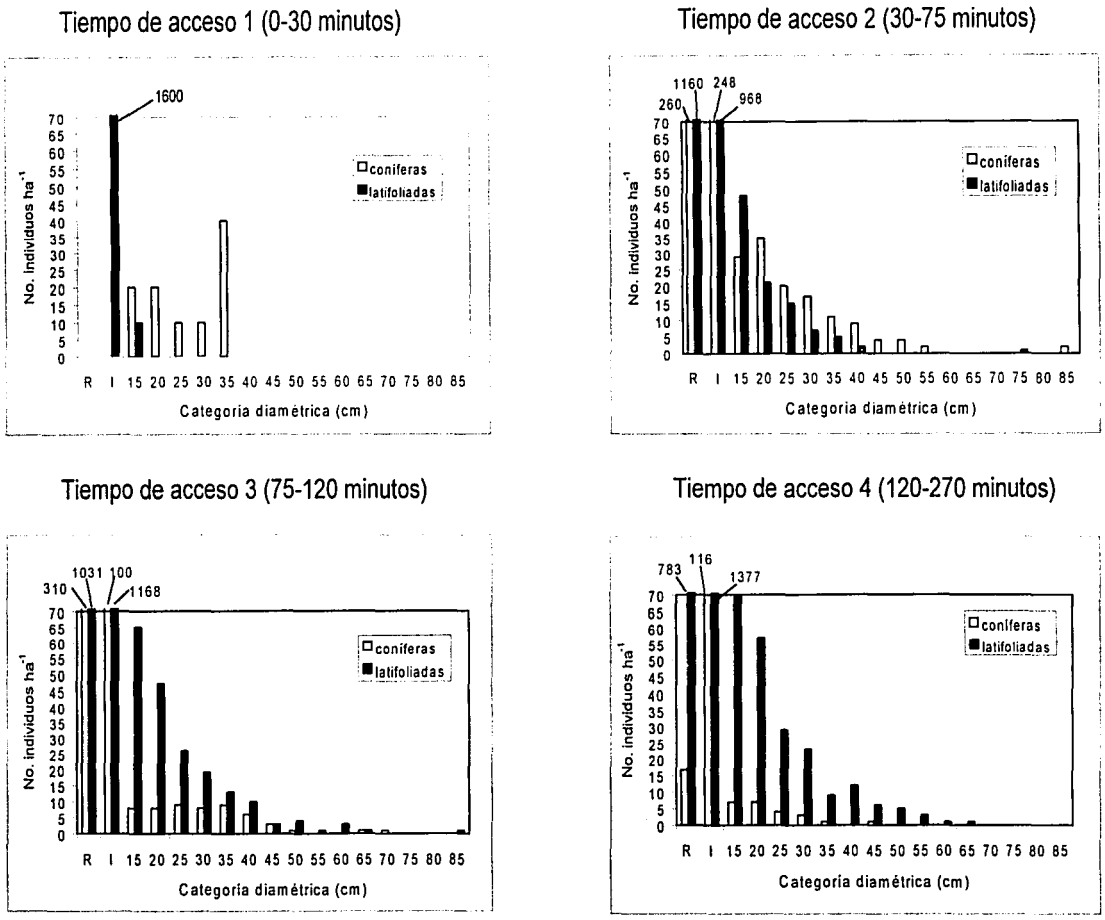


Figura 10. Distribución del número de coníferas y latifoliadas, de acuerdo a la categoría diamétrica, en zonas con distinto tiempo de acceso. R = renuevos (0 – 7.5 cm DAP), I = incorporados (7.5 – 15 cm DAP).

Capítulo VII
Conclusiones

La historia del uso del suelo en Santa Fe es compleja. Por más de 500 años el bosque ha estado influenciado por la acción de incendios forestales; extracción clandestina de madera; extracción de leña para la alfarería, la cocción doméstica y las fiestas; pastoreo de animales; deforestación para la creación de parcelas agrícolas (con roza, tumba y quema); regeneración natural por abandono de tierras agrícolas; y reforestaciones. Todo esto, en mayor o menor medida, ha determinado la composición, densidad y estructura del bosque.

En Santa Fe existe una tradición de uso de leña de latifoliadas para la cocción de alimentos. Según el análisis, esto no aparenta tener un impacto negativo en las condiciones del bosque, como tampoco aparenta tenerlo la madera obtenida para la construcción de viviendas. Sin embargo, en el transcurso de los últimos 50 años la situación productiva en Santa Fe ha ido cambiando, lo cual, a futuro, podría modificar esta visión. Es un hecho que los comuneros van dependiendo y apropiándose cada vez más de la producción de loza verde, la cual se ha vuelto una característica distintiva del poblado. Como consecuencia, la madera de pino se ha vuelto más cotizada y se ha constituido como un recurso necesario para la economía familiar, especialmente a medida que la autosuficiencia alimenticia se va quedando atrás. Se estima que el poblado consume más de 7500 m^3 de coníferas al año en los hornos alfareros. Esta cifra sobrepasa a la de la madera de coníferas que el bosque de Santa Fe puede ofrecer sin empobrecerse. Nuevamente, tanto las entrevistas como los resultados de volumen extraído calculado a partir de los tocones sugieren que no hay una sobre explotación o al menos no en la dimensión esperada si los recursos se tomaran exclusivamente del bosque de Santa Fe. El hecho de que el balance entre el ICA y la estimación a partir de tocones del volumen extraído de leña de coníferas de un total positivo, nos hace pensar que la extracción efectuada en el bosque de San Jerónimo es suficiente para no generar afectaciones serias al bosque de Santa Fe.

Con respecto a la estructura del bosque, éste presentó una alta variación en la densidad, el volumen y la cobertura de la comunidad vegetal. En general, hay más individuos de latifoliadas que de coníferas por categoría diamétrica. La cobertura, por su parte, es

adecuada para el tipo de bosque; sin embargo, son pocos los individuos que presentan tallas mayor a los 50 cm de DAP. Para los intereses de los leñadores esto no constituye un problema, pues la talla preferida de corta está dentro de la categoría de 30 cm de DAP; no obstante, esta ausencia de individuos grandes podría estar repercutiendo en la regeneración. Los resultados muestran que la cantidad de renuevos e incorporados de coníferas es mucho menor al de latifoliadas, las cuales tienen la capacidad de reproducirse vegetativamente.

Al comparar el bosque de Santa Fe con el de la comunidad "control", i.e. San Jerónimo, se observó que las coníferas conforman, en promedio, el 79% del volumen arbóreo en el bosque de San Jerónimo, mientras que en Santa Fe conforman en promedio el 38%. El volumen total por hectárea es muy semejante en ambos predios, sin embargo existen diferencias en el uso del suelo; actualmente las principales son: a) consumo doméstico de leña, b) consumo productivo de leña y c) presencia de cabezas de ganado vacuno. Estos tres factores tienen mayor intensidad en Santa Fe de la Laguna. Adicionalmente, San Jerónimo ha tenido aprovechamiento de resina, mientras que en Santa Fe hubo un periodo de saqueo de coníferas por personas ajenas al predio (aunque no hay una estimación de la cantidad extraída, el volumen fue importante y además recayó principalmente en los árboles con mayores tallas). Es probable que las diferencias observadas en la composición de los bosques se deban a los tipos de aprovechamiento, y dado que han sido múltiples, sería equívoco atribuirlo solamente a la extracción de leña. No obstante, se puede decir que ha habido y hay una mayor demanda de madera de coníferas en Santa Fe y que esto ha contribuido a que actualmente las latifoliadas sean el grupo con mayor presencia en el bosque.

Otro de los análisis del trabajo mostró con claridad que la accesibilidad del bosque afecta los patrones de extracción de leña. Para determinar la accesibilidad fue necesario tomar en cuenta la topografía del terreno, pues las pendientes y los cerros afectan considerablemente el tiempo que se invierte para llegar a los sitios de cosecha. De los resultados obtenidos se concluye que existe una preferencia por extraer en las zonas más accesibles, especialmente en el caso de los hombres y las mujeres que salen a pie. La accesibilidad tiene por tanto una importante relación con la generación del impacto forestal. Se notó que el volumen arbóreo total aumenta a medida que el bosque es menos accesible. Haciendo el análisis por grupo florístico se observó que, para las latifoliadas, la extracción se intensifica con la facilidad en el acceso al bosque, independientemente de la abundancia del recurso. Para las coníferas,

la extracción es mayor en las zonas más cercanas al poblado, aunque esto coincide con una mayor oferta de árboles con las tallas de tala preferidas; el porcentaje de volumen extraído en relación al volumen existente es muy semejante en las distintas zonas de acceso. La zona menos accesible a los pobladores de Santa Fe es la más pobre en coníferas, esto posiblemente se deba a que dicha región fue la menos cuidada por los comuneros y la más cercana al poblado de Quiroga, facilitando así la extracción clandestina del recurso.

En términos de los pobladores, debe notarse que los habitantes con menos recursos económicos son los más dependientes del bosque y, por lo tanto, los más afectados por su degradación. En este grupo se incluye a mujeres solteras o viudas, alfareros que se ven obligados a vender sus productos a intermediarios y hombres sin animales de carga que necesitan salir a diario por leña o, en su defecto, comprarla. Independientemente de su estatus socio-económico, es indudable que casi todos los comuneros se verían perjudicados si no se pudieran abastecer del bosque.

Sobre la evaluación del impacto forestal generado por la extracción de leña se concluye que el método empleado en el trabajo es útil para obtener una buena aproximación inmediata. Se pudo aprovechar información de trabajos previos para cumplir con los fines de este estudio y también utilizar herramientas simples y accesibles, e.g. IDRISI, para complementar el análisis. La integración del conocimiento de la gente no solo enriqueció la interpretación del análisis sino que representó información esencial para la comprensión de la situación presente.

Con la experiencia del trabajo es posible enunciar algunos aspectos en los que habría que profundizar más. Sería importante medir como la tipología del leñador influye en la cantidad y la calidad de extracción; en esta investigación se realizó una descripción inicial que fue fundamental para evidenciar la existencia de diferencias en los patrones y las estrategias de extracción. La atención de éstas se considera de suma importancia. También sería conveniente hacer un estudio con mayor detalle taxonómico, i.e. a nivel de especie, lo cual ayudaría a evaluar con mayor certeza el estado de conservación del bosque y comprender mejor la dinámica de éste. Igualmente sería conveniente hacer un estudio semejante para San Jerónimo para así complementar la información pertinente a la extracción de leña.

A partir de estas conclusiones y considerando las observaciones hechas al método se proponen diversas recomendaciones:

- Seguir fomentando estufas y hornos ahorradores de leña; las primeras para la cocción de alimentos y los segundos para la cocción de barro. Ya hay prototipos introducidos. En el caso de las estufas está el modelo 'Lorena', originalmente diseñado en Guatemala. Un estudio en la región del Lago de Pátzcuaro mostró que más del 80% de las mujeres que utilizan el dispositivo consideran que se ahorra leña; sin embargo, hay una alta variación en la calidad de las estufas, lo cual afecta su eficiencia (Puentes y Masera, 1999). También ya se han comenzado a elaborar y probar ciertos diseños de hornos eficientes. Estos se encuentran en una etapa inicial de desarrollo junto con alfareros del predio. Necesitan continuarse estos esfuerzos.

- Mejorar las condiciones de venta de los productos alfareros para cubrir los costos reales de producción, especialmente las del producto no acabado, o el que se vende a los intermediarios. Con precios más justos, los alfareros no se verían obligados a producir en cantidad y se podrían concentrar en mejorar la calidad.

- Implementar programas de reforestación y de recuperación de suelos degradados que involucren a la mayoría de los comuneros de Santa Fe. Sería ideal seguir aprovechando los apoyos del gobierno para las reforestaciones pero sin perder la coordinación y el consentimiento de los miembros del predio. Es importante que las plántulas lleguen de buen tamaño, que sean de especies que los comuneros consideren necesarias, que se designen las áreas de acuerdo a las preferencias de los pobladores y que haya participación de la gente para plantarlas correctamente. Hay un total de 1435 ha de matorral donde se podría mejorar o recuperar el suelo forestal.

- Desarrollar un acuerdo con San Jerónimo Purenchécuaro para evitar problemas futuros debido a la tala clandestina.

Referencias

- Arroyo M., C. Donoso, R. Murúa, E. Pisano, R. Schlatter e I. Serey. 1997. *Toward an ecologically sustainable forestry project: concepts, analysis and recommendations.* Universidad de Chile, Departamento de Investigación y Desarrollo.

- Barbour M.G., J.H. Burk, W.D. Pitts, F.S. Gilliam y M.W. Schwartz. 1999. *Terrestrial plant ecology.* Benjamin & Cummings, impreso por Addison Wesley Longman, Inc. Menlo Park, California.

- Begon M., J.L. Harper y C.R. Townsend. 1996. *Ecology: individuals, populations and communities.* 3ª Edición, Blackwell Science, Londres.

- Bensel T.G. y D.M. Kummer. 1996. Fuelwood consumption and deforestation in the Philippines. *Human Organization* 55: 498-500.

- Brand D. 1951. *Quiroga: a mexican Municipio.* Washington D.C: Smithsonian Institution, Institute of Social Anthropology, Publication no.11.

- Brouwer I.D., J.C. Hoorweg y M.J. Van Liere. 1997. When households run out of fuel: responses of rural households to decreasing fuelwood availability, Ntcheu District, Malawi. *World Development* 25: 255-266.

- Dimas N. 1982. *Forma y composición de la tenencia de la tierra en Santa Fe de Laguna.* México: SEP/INI.

- Dudley N., J.P. Jeanrenaud y F. Sullivan. 1995. *Bad harvest? The timber trade and the degradation of the world's forests.* Earthscan Publications Limited, Londres.

- Eastman R.J. 1997. *IDRISI 2.0 para Windows.* (Sistema de cómputo). Clark University, Massachusetts.

- García E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen.* 4a edición. Editado por la autora, México D.F.

- Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA) y R. Sánchez-Concha. 1999. *Anexo I: estado del recurso forestal y mecanismos de participación comunitaria en Santa Fe de la Laguna.* Reporte del Proyecto de Ecoproducción para la Fundación Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA).

- Gortaire A. 1971. *Santa Fe: presencia etnológica de un pueblo-hospital.* Tesis de Maestría en Antropología Social, México, UIA.

- Hall D.O. 1997. Biomass energy "forever" in non-OECD countries? Why it is important to know what is going on and how this can be determined. En: R. Priddle. *Conference Proceedings: Biomass Energy, Key Issues and Priority Needs.* Paris, Francia, 3-5 febrero, pp. 57-78.

- Hall D.O. y J.I. House. 1994. Trees and biomass energy: carbon storage and/or fossil fuel substitution? *Biomass and Bioenergy* 6: 11-30.

- Horta Nogueira L.A. y M.A. Trossero. 1998. *Introducing WEIS: the FAO Wood Energy Information System.* En: Biomass Energy: Data, Analysis and Trends. IEA Workshop, Paris, Francia.

- INEGI. 1985a. Carta Edafológica E14A22, Esc. 1:50,000.

- INEGI. 1985b. Carta Topográfica E14A22, Esc. 1:50,000.

- Ingram D.R. 1971. The concept of accessibility: a search for an operational form. *Regional Studies* 5:101-7.

- International Institute for Aerospace and Earth Science (ITC). 1990. *Integrated Land and Management Information System (ILWIS) for windows 8* (Programa de Cómputo). Eschede, Países Bajos.

- Johns A.D. 1988. Effects of "selective" timber extraction on rain forest structure and composition and some consequences for frugivores and folivores. *Biotropica* 20: 31-37.

- Klepac D. 1975. *Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales.* E.N.A., Chapingo, México.

- Klooster D. 1999. Caciquismo, clandestinaje y cambio institucional: el caso comparativo de San Martín Ocotlán, Oaxaca. Una aportación a la mesa "La Gestión de los Bosques Comunitarios del Sur de México" del *Taller de Análisis Sobre el Deterioro de los Recursos Forestales y el Cambio Institucional en el Campo en México.*

- Klooster D. enviado. *Environmental orthodoxy, environmental history, and environmental future: forest change since 1960 in a pair of indigenous communities in highland Michoacan, Mexico.*

- Lélé S. *Sustainable use of biomass resources: a note on definitions, criteria, and practical application.* (para ser publicado en Energy for Sustainable Development: en una edición especial dirigida a escritos selectos de Biorecursos '94 conferencia dada el 3 al 7 Octubre de 1994 en Bangalore).

- Masera O. y M. Ordóñez. 1998. *Determinación de municipios críticos por consumo de leña: resumen nacional y detalle para los estados de Michoacán, Oaxaca y Guerrero.* Proyecto: FAO/MEX/TCP/4553(A), Dendroenergía para el Desarrollo Rural.

- Masera O. 1997. *Uso y conservación de energía en el sector rural: el caso de la leña.* Documento de Trabajo No. 21. GIRA A.C., Pátzcuaro, Michoacán.

- Masera O., J. Navia, G. Ruiz, J.C. Cedeño, S. Ochoa, A. Huerta y C. Molina. 1997a. *Documento Comunitario: uso de leña en Santa Fe de la Laguna, Michoacán.* Proyecto FAO/MEX/TCP/4553(A), GIRA-Instituto de Ecología, UNAM. Mayo.

- Masera O., J. Navia, J.C. Cedeño y S. Ochoa. 1997b. *Documento comunitario: uso de leña en San Jerónimo Purenchécuaro, Michoacán.* Proyecto FAO/MEX/TCP/4553(A), GIRA-Instituto de Ecología, UNAM. Junio.

- Masera O. 1996. *Deforestación y degradación forestal en México.* Documento de Trabajo No. 19. GIRA A.C., Pátzcuaro, Michoacán.

- Masera O. 1995. *Socioeconomic and environmental implications of fuelwood use dynamics and fuel switching in rural Mexico*. University of California, Berkeley.

- Masera O. 1993. *Sustainable fuelwood use in rural Mexico, volume I: current patterns of resource use.* Lawrence Berkeley Laboratory, Energy & Environment Division, University of California.

- Mercer D.E. y J. Soussan. 1992. Fuelwood problems and solutions. En Sharma N.P.: *Managing the world's forests: looking for balance between conservation and development.* Kendall & Hunt Publishing Company, Iowa.

- Merino L. 1997. *El manejo forestal comunitario en México y sus perspectivas de sustentabilidad.* Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM. Cuernavaca, Morelos.

- Montoya J.M. 1988. *Encinas y encinares*. Ediciones Mundi-prensa, Madrid.

- Muni S. 1999. *Determination of potential community forestland through a GIS based spatial analysis of forest resource accessibility: a case study of Middle Hills of Nepal.* International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Holanda.

- Nepstad D.C., F. Brown, L. Luz, A. Alechandre y V. Viana. 1992. Biotic impoverishment of Amazonian forests by rubber tapers, loggers, and cattle ranchers. *Advances in Economic botany* 9: 1-14.

- Ordóñez A. 1998. *Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso para el bosque templado: San Juan Nuevo, Michoacán*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F.

- Padilla A., R. Sánchez, L. Briceño y E. Urbina. 1999. The role of biomass in a pilot town of Venezuelan Andes. *Renewable Energy* 16: 981-984.

- Patiño V.F. *La madera como combustible*. Primera Reunión Nacional Sobre Dendroenergía. 8 y 9 de noviembre de 1989, SEDE, División de Ciencias Forestales, Chapingo, México.

- Peters C.M. 1996. *The Ecology and Management of Non-timber Forest Resources.* World Bank Technical Paper, No. 322. Washington D.C.

- Poffenberger M. 1990. *Keepers of the forest: land management alternatives in Southeast Asia*. Ataneo de Manila University Press, Estados Unidos de América.

- Puentes V. y O. Masera. 1999. Evaluación del programa de difusión de estufas eficientes de leña tipo Lorena en la región Lago de Pátzcuaro, Michoacán. En: *Memorias: XXIII Semana Nacional de Energía Solar*. Morelia, Michoacán. Octubre 1999, pp. 177-82.

- Rao P., S.K. Barik, H.N. Pandey y R.S. Tripathi. 1990. Community composition and tree population structure in a sub-tropical broad-leaved forest along a disturbance gradient. *Vegetatio* 88:151-162.

- Rzedowski J. 1988. *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México.

- Sánchez-Concha R. 1998. *Programa de Manejo Forestal de Tipo Especial para el Predio "Comunidad Indígena Santa Fe de la Laguna" Ubicado en el Municipio de Quiroga, Mich.* México.

- Sokona Y. 1997. Priorities for the development of biomass statistics and use. En: Priddle R. *Conference Proceedings: Biomass Energy, Key Issues and Priority Needs.* Paris, Francia, 3-5 febrero, pp. 35-38.

- Soussan J., D.E Mercer y P. O'Keefe. 1992. Fuelwood policies for the 1990's. *Energy Policy,* February: 137-144.

- SPSS Inc. 1997. *SPSS 8.0 para Windows* (Programa de cómputo). Chicago.

- Velázquez A., J.F. Mas, R. Mayorga, J.L. Palacio, G. Bocco, G. Gómez, L. Luna, I. Trejo, J. López, M. Palma, A. Peralta, J. Prado y F. Medrano. El inventario forestal nacional 2000. *Ciencias.* 64:12-19.

- Wereko-Brobby C.Y. y E.B. Hagen. 1996. *Biomass conversion and technology.* John Wiley & Sons, Chichester.

- Zarate E. 1993. *Los señores de la utopía.* El Colegio de Michoacán / CIESAS, Zamora, Michoacán.

Anexo 1

Se muestran los resultados del análisis estadístico efectuado para comparar las muestras del inventario forestal (levantamiento de febrero - abril, 1998) con los muestreos realizados durante este estudio (levantamiento de mayo - junio, 1999). La comparación se llevó a cabo en dos rodales con frecuente extracción (denominados 1 y 2).

Densidad

Tabla A1.1 Promedio y medidas de dispersión de los individuos de coníferas y latifoliadas encontrados en los levantamientos (1998 y 1999) de los rodales. R = rodal, N = número de muestras, D.E. = desviación estándar, E.E. = error estándar, V = varianza.

R	Grupo florístico	Levantamiento	N	Promedio (ind. ha^{-1})	D.E.	E.E.	V
1	Coníferas	1998	2	75.0	77.8	55.0	6050.0
		1999	3	76.7	86.2	49.8	7433.3
	Latifoliadas	1998	2	235.0	120.2	85.0	14450.0
		1999	3	293.3	123.4	71.3	15233.3
2	Coníferas	1998	14	116.4	107.4	28.7	11532.4
		1999	3	106.7	117.2	67.7	13733.3
	Latifoliadas	1998	14	94.3	85.5	22.8	7303.3
		1999	3	160.0	65.6	37.9	4300.0

Para las coníferas, hay ligeras diferencias entre los dos promedios calculados entre el inventario forestal (1998) y el levantamiento de 1999. Para las latifoliadas, los promedios son mayores en el levantamiento de 1999.

Tabla A1.2 Prueba de t para el número de individuos de coníferas y latifoliadas encontrados en los levantamientos (1998 y 1999) de los rodales. R = rodal, N = número de muestras, gl = grados de libertad.

R	Grupo florístico	N 1998	N 1999	t	gl	Prueba de t p (2 colas)	Diferencia entre promedio	Intervalo de confianza (95%) Mínimo	Máximo
1	Coníferas	2	3	0.022	3	0.984	1.7	-240.9	244.3
	Latifoliadas	2	3	0.522	3	0.638	58.3	-297.2	413.8
2	Coníferas	14	3	-0.141	15	0.890	-9.8	-157.2	137.7
	Latifoliadas	14	3	1.243	15	0.233	65.7	-47.0	178.4

En ninguno de los casos se pudo comprobar diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre la densidad en los levantamientos de 1998 y 1999.

Volumen existente

Tabla A1.3 Promedio y medidas de dispersión del volumen existente de coníferas y latifoliadas encontradas en los levantamientos (1998 y 1999) de los rodales. R = rodal, N = número de muestras, D.E. = desviación estándar, E.E. = error estándar, V = varianza.

R	Grupo florístico	Levantamiento	N	Promedio (m^3 ha^{-1})	D.E.	E.E.	V
1	Coníferas	1998	11	16.9	14.3	4.3	205.9
		1999	3	39.3	40.6	23.4	1644.8
	Latifoliadas	1998	11	29.7	42.2	12.7	1782.2
		1999	3	105.1	63.1	36.4	3982.8
2	Coníferas	1998	85	41.9	40.3	4.4	1622.0
		1999	3	79.5	64.3	37.1	4136.8
	Latifoliadas	1998	85	22.2	29.8	3.2	888.0
		1999	3	45.0	26.8	15.5	716.8

Los promedios del volumen existente son mayores en el levantamiento de 1999. En el primer rodal, las latifoliadas del levantamiento de 1999 tienen en promedio 354% más volumen. Las varianzas también son mayores para el levantamiento de 1999, con excepción del segundo rodal para las latifoliadas. Cabe señalar que estas diferencias en las varianzas se pueden deber a la cantidad de sitios muestreados para los distintos levantamientos.

Tabla A1.4 Prueba de t para el volumen existente de coníferas y latifoliadas encontradas en los levantamientos (1998 y 1999) de los rodales. R = rodal, N = número de muestras, gl = grados de libertad.

R	Grupo florístico	N 1998	N 1999	t	gl	p (2 colas)	Prueba de t Diferencia entre promedios	Intervalo de confianza (95%) Mínimo	Intervalo de confianza (95%) Máximo
1	Coníferas	11	3	1.628	12	0.129	22.4	-7.6	52.4
	Latifoliadas	11	3	2.496	12	**0.028***	75.4	9.6	141.2
2	Coníferas	85	3	1.564	86	0.121	37.7	-10.2	85.6
	Latifoliadas	85	3	1.301	86	0.197	22.7	-12.0	57.5

*hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Solamente en el caso de las latifoliadas del primer rodal se encontraron diferencias significativas; el volumen existente es mayor en el levantamiento de 1999.

Volumen extraído en los últimos 5 años

Tabla A1.5 Promedio y medidas de dispersión del volumen extraído en los últimos 5 años de coníferas y latifoliadas encontradas en los levantamientos (1998 y 1999) de los rodales. R = rodal, N = número de muestras, D.E. = desviación estándar, E.E. = error estándar, V = varianza.

R	Grupo florístico	Levantamiento	N	Promedio (m^3 ha^{-1} 5 $años^{-1}$)	D.E.	E.E.	V
1	Coníferas	1998	11	0.85	2.20	0.66	4.84
		1999	3	0.60	1.04	0.60	1.08
	Latifoliadas	1998	11	0.00	0.00	0.00	0.00
		1999	3	62.50	51.21	29.57	2622.88
2	Coníferas	1998	85	6.83	26.64	2.89	709.62
		1999	3	3.90	3.48	2.01	12.13
	Latifoliadas	1998	85	9.80	74.20	8.05	5505.77
		1999	3	17.57	20.04	11.57	401.74

La mayor diferencia en los promedios de volumen extraído se da entre las latifoliadas del primer rodal con 0.00 y 62.50 m^3 ha^{-1} 5 $años^{-1}$ para los levantamientos de 1998 y 1999, respectivamente.

Tabla A1.6 Prueba de t para el volumen extraído en los últimos 5 años de coníferas y latifoliadas encontradas en los levantamientos (1998 y 1999) de los rodales. Se incluye la prueba de Levene para evaluar el cumplimiento del supuesto de que las varianzas de los dos grupos son iguales ($p \leq 0.05$); si esta F no es significativa el supuesto no es violado. R = rodal, N = número de muestras, V = varianza, gl = grados de libertad.

R	Grupo florístico	N		Prueba de Levene			Prueba de t					
		1998	1999	F	p	V	T	gl	p (2 colas)	Diferencia entre promedios	Intervalo de confianza (95%)	
											Mínimo	Máximo
1	Coníferas	11	3	0.349	0.566	iguales	-0.184	12	0.857	-0.2	-3.2	2.7
1	Latifoliadas	11	3	46.566	0.000	distintas	2.114	2	0.169	62.5	-64.7	189.7
2	Coníferas	85	3	0.243	0.624	iguales	-0.189	86	0.850	-2.9	-33.7	27.8
2	Latifoliadas	85	3	0.005	0.946	iguales	0.180	86	0.857	7.8	-77.9	93.5

En ninguno de los casos de la tabla A1.6 se pudieron comprobar diferencias significativas ($p \leq 0.05$). También cabe notar que las varianzas para el rodal 1 en la comparación de latifoliadas son significativamente distintas. Esto viola un requisito de la prueba de t por lo que las pruebas no paramétricas se vuelven más confiables. En este caso, al aplicar la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla A1.7) sí se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$); el rango medio es más del doble para el levantamiento de 1999.

Tabla A1.7 Prueba de Kruskal-Wallis para el volumen extraído en los últimos 5 años de latifoliadas encontradas en los levantamientos (1998 y 1999) para el rodal 1. R = rodal, N = número de muestras, R.M. = rango medio, gl = grados de libertad.

R	Grupo florístico	Levantamiento	N	R.M.	χ^2	gl	p
1	Latifoliadas	1998	11	6.00	12.78	1	0.000*
		1999	3	13.00			

*hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Anexo 2

La relación entre el volumen existente y la densidad se calculó a través de la correlación de Pearson; esta es una prueba paramétrica que da una medida de descripción numérica de la correlación entre dos variables.

Tabla A2.1 Correlación entre el volumen existente y la densidad. N = número de sitios comparados. r = coeficiente de correlación de Pearson.

	N	r	p
Coníferas	73	0.769	≤ 0.01
Latifoliadas	73	0.649	≤ 0.01

Para ambos grupos florísticos hay una correlación positiva. Es decir, cuando aumenta el número de individuos también aumenta el volumen existente.